



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Esta es la portada no se imprime

**CONSIDERACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES
EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**

Héctor Raúl Chen García
Asesorado por: Ing. César Augusto Castillo Morales

Guatemala, mayo de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES
EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

**HÉCTOR RAÚL CHEN GARCÍA
ASESORADO POR: ING. CÉSAR AUGUSTO CASTILLO MORALES**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Guatemala, mayo de 2003

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los requisitos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

Consideraciones para la prevención de desastres naturales en el diseño geométrico de carreteras

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de julio de 2001.

HÉCTOR RAÚL CHEN GARCÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Ricardo Arturo Rodas Romero
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

ACTO QUE DEDICO

- A MIS PADRES** Lázaro Chen Sic, Isabel García, por su amor, ayuda, comprensión y ejemplo, que Dios los bendiga y les dé paz en recompensa por sus sacrificios.
- A MIS HERMANOS** Por haberme alentado y brindado su comprensión.
- A MIS SOBRINOS** Con mucho cariño.
- A MIS FAMILIARES** Con respeto y cariño.
- MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS, EN ESPECIAL A** Joel Lorenzo Ramos Soberanis, Joel Estuardo Palma, Ellios Rodríguez, William Castillo, Eddie Rodríguez, Marco Vinicio Romero, Milton Santizo, Wágner Mejía Bustamante, Mónica Mazariegos, Evelyn Ortiz, por su convivencia y amistad.
- A VÍCTOR BAY, GERSON CUJCUY, CARMEN ARENAS Y HÉCTOR MARIO BARRIOS CELADA** Por toda la colaboración que me brindaron para hacer posible este trabajo de graduación, y por brindarme apoyo, seguridad y confianza y por su amistad sincera.
- A LA MEMORIA DE MI GRAN AMIGO** Edgar Omelio Cifuentes (†)
- A USTED** Con respeto y cariño.

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, porque Él da la sabiduría y de Su boca viene el conocimiento y la inteligencia.

Al ingeniero **César Augusto Castillo Morales**, por su valiosa colaboración como asesor de este trabajo de graduación.

Al ingeniero Augusto René Pérez Méndez por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A todas las personas que contribuyeron de alguna manera con este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. RIESGOS NATURALES.	1
1.1. ¿Qué es riesgo?	1
1.2. ¿Qué son elementos de riesgo?	2
1.3. ¿Qué es riesgo total?	2
1.4. Mecanismos de reducción del riesgo.	4
1.4.1. Medidas estructurales	5
1.4.2. Medidas no estructurales.	6
1.5. Marco estratégico para la atención de desastres.	6
1.5.1. Sección de fortalecimiento institucional.	6
1.5.2. Sección de información e investigación	7
1.5.3. Sección de fortalecimiento de controles técnicos. . .	7
2. ELEMENTOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA EN LAS CARRETERAS	9
2.1. Consideraciones viales	10
2.2. Consideraciones de señalización.	11
2.3. Consideraciones peatonales	12

3.	CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES.	15
3.1.	Aspectos generales	16
3.2.	Tipos de vehículos.	16
3.3.	Conteo de tránsito.	19
3.3.1.	El tránsito promedio diario anual TPDA.	20
3.3.2.	El tránsito de la hora pico o de punta.	21
3.3.3.	El factor de la hora pico FHP.	23
3.3.4.	La composición del tránsito.	24
3.3.5.	La distribución direccional de las corrientes de tránsito (D)	24
3.3.6.	Las proyecciones de la demanda del tránsito.	26
4.	PLANIFICACIÓN VIAL PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS ANTE LOS DESASTRES NATURALES.	33
4.1.	Criterios generales para la selección de una ruta nueva o un cambio de línea	34
4.2.	Consideraciones generales en la etapa de planificación.	35
4.3.	Otras consideraciones.	38
4.4.	Evaluación de las zonas de alto riesgo en el país.	40
	CONCLUSIONES.	45
	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA	49
	ANEXOS	51

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno (amenaza)
D	Distribución direccional
E	Elementos de riesgo (exposición)
FHP	Factor hora pico
GIS	Sistema de información geofísica
R_t	Riesgo total
S	Influencia de las condiciones locales (susceptibilidad)
TPDA	Tránsito promedio diario anual
V	Vulnerabilidad

GLOSARIO

Desastre	Evento de carácter natural.
Fenómenos geodinámicos	Son causados por movimientos de tierra.
Fenómenos geofísicos	Ocurren como consecuencia de lluvias o temblores.
Fenómenos hidrometeorológicos	Son causados principalmente por vientos con extrema velocidad debido a zonas de baja presión.
Gestión de desastres	Conjunto de las actividades relacionadas con reconstrucción y rehabilitación.
Gestión de riesgo	Actividades que se llevan a cabo antes del desastre.
Mitigación de desastres	Conjunto de actividades que tienen como objetivo reducir la vulnerabilidad.
Prevención	Conjunto de actividades que tienen como objetivo reducir la amenaza.

Riesgo total	Cuantificación de los daños esperados ante la ocurrencia de un determinado fenómeno natural.
Riesgo	Es la posibilidad de daño o pérdida a la cual se encuentra expuesta una infraestructura.
Riesgos antrópicos	Se refiere al área social, peligros tecnológicos y biológicos.
Riesgos físicos	Se refiere a los geológicos, hidrológicos y meteorológicos.

RESUMEN

El riesgo natural es una posibilidad de daño o pérdida a la cual se encuentra una infraestructura, los elementos de esta infraestructura son los que la van a predisponer al riesgo.

Para ello es necesario buscar mecanismos que reduzcan el riesgo a la que están expuestos, claro está, esto conlleva un análisis de costo/beneficio de la inversión para mitigar dichos daños.

Dentro del marco estratégico para la atención de desastres es necesario crear instituciones de fortalecimiento institucional, de información e investigación y de controles técnicos.

Aspectos muy importantes que tienen que tomarse en cuenta para prevenir impactos desastrosos de gran magnitud en la infraestructura vial del país es aplicar correctamente todas las normas establecidas para el diseño geométrico de carreteras. Es necesario evitar los cambios abruptos en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.

Una planificación vial para mitigar el efecto ante los desastres naturales es muy importante para estos tiempos, es necesario tener un banco de datos actualizados sobre las zonas que presentan alto riesgo en el país, pero sería de más beneficio si estas zonas de alto riesgo se evaluaran constantemente, para brindarle a las instituciones que se dedican a la construcción de carreteras, datos exactos, mitigando de esta manera, la vulnerabilidad de la red vial del país.

OBJETIVOS

- **General**

Determinar los aspectos generales para la prevención de desastres naturales.

Concienciar a los planificadores de estructuras viales para que incluyan, en el diseño geométrico de carreteras, medidas de prevención para mitigar el efecto de los desastres naturales.

- **Específicos**

1. Establecer los mecanismos para reducir el riesgo de destrucción de la infraestructura vial del país ante los desastres naturales.
2. Localizar los lugares de alto riesgo para las infraestructuras viales del país ante los desastres naturales.
3. Servir como documento de consulta para los diseñadores de infraestructuras viales del país.
4. Orientar la planificación vial para la mitigación de los efectos ante los desastres naturales en el país.
5. Motivar la inclusión de medidas de mitigación ante los desastres naturales en el diseño geométrico de las carreteras.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país se caracteriza por su variedad topográfica, por su clima, por sus fenómenos naturales y atmosféricos. Estos fenómenos naturales han golpeado duramente al país, también la infraestructura de toda clase existente ha sufrido los efectos de los fenómenos naturales que nos han azotado.

Se ha tenido la mala experiencia que, después de que ocurre un desastre natural lo que se observa es un efecto desastroso en todo tipo de infraestructura, destrucciones a gran escala en viviendas, en vidas humanas y en las redes viales del país.

Posteriormente a estas catástrofes viene la etapa de reconstrucción que trae como consecuencia las altas inversiones para reparaciones que únicamente van a servir para un determinado tiempo de vida, porque bien sabemos que una carretera reparada o parchada ya no es la misma.

Por todo esto que ha sido visto y vivido, es necesario tener un plan de contingencia para minimizar el riesgo, para mitigar la vulnerabilidad de la red vial del país. En este caso particular, la red vial, infraestructura de suma importancia en el país para el desarrollo de todo tipo, en especial, la economía.

Si una carretera queda dañada u obstruida y su reparación exige demasiado tiempo, el transporte se paraliza, el producto se pierde (si es del producto que tiene que llegar a su destino a debido tiempo), como consecuencia, la economía se paraliza.

Este plan de contingencia va más allá de un plan que sirva para reparar los daños ocasionados por un desastre natural en la red vial del país. Este plan de contingencia va desde el nacimiento de un proyecto hasta la construcción de una carretera.

Cuando se esté diseñando una carretera es necesario considerar, con toda seriedad, las normas de diseño geométrico de carreteras plasmadas en los manuales, como también se tienen que tomar en cuenta los fenómenos naturales que puedan afectar dicha carretera. Es razonable que no se pueda hacer mayor cosa contra los terremotos, pero sí contra los deslizamientos y las inundaciones que tanto daño le hacen a la red vial del país.

1. RIESGOS NATURALES

Representan la posibilidad de daño o pérdida a la cual se encuentra expuesta una infraestructura ante los desastres naturales.

1.1. ¿Qué es riesgo?

Es la posibilidad de daño o pérdida a la cual se encuentra expuesta una infraestructura y se encuentra relacionada con la realización de acciones específicas que prevengan posibles consecuencias negativas.

La evaluación y el manejo del riesgo fueron desarrollados originalmente para sistemas bien estructurados, en los cuales existía un alto grado de control. Sin embargo, el manejo del riesgo se ha extendido a problemas sin estructuración ni control, tales como la degradación y los desastres naturales. Puesto que estos problemas no son productos que puedan ser diseñados y manipulados y no existe un punto de vista unificado para enfrentarlos, son necesarios elementos y enfoques amplios e integrados que fortalezcan la administración y planificación.

El manejo del riesgo ante los desastres naturales conlleva la administración y planificación de recursos e inversiones, en medidas que reduzcan las consecuencias negativas, tanto sociales como económicas, de la población y la infraestructura en general.

Algunas características importantes en el manejo del riesgo ante desastres naturales, es que su principal propósito es minimizar las pérdidas potenciales, además, se deben analizar los resultados de eventos muy remotos para considerar sus verdaderos efectos y aunque algunos desastres naturales tienen probabilidades muy bajas de ocurrencia, las pérdidas potenciales que resultan al ocurrir un evento, pueden ser inaceptables. Por esa razón, las decisiones deben tomarse para prevenir situaciones extremas con posibilidad de que se repitan.

La posibilidad de reducir el riesgo se basa en la cuantificación, de manera que permita tomar decisiones sobre las inversiones a realizar. Se puede utilizar la evaluación del impacto de un fenómeno actual y el costo de reposición de los bienes expuestos a una amenaza.

1.2. ¿Qué son los elementos de riesgo?

La exposición a un riesgo depende de los elementos de la infraestructura (bienes y servicios) y la población potencialmente en riesgo en un área donde ya ha sido identificada una amenaza. La evaluación puede hacerse basado en la zonificación del uso del suelo y la densidad de población. Esta evaluación requiere la realización de censos de población e inventarios de infraestructura dentro de la región específica con sus características.

1.3. ¿Qué es riesgo total?

Es la cuantificación de los daños esperados ante la ocurrencia de un determinado fenómeno natural. Esta cuantificación puede realizarse en términos de vidas humanas perdidas, heridas o pérdidas económicas.

El riesgo total puede integrar todos los elementos descritos en los numerales anteriores de la siguiente forma:

$$R_t = A * S * E * V$$

En donde:

R_t = Riesgo total

A = Probabilidad de ocurrencia del fenómeno (amenaza)

S = Influencia de las condiciones locales (susceptibilidad)

E = Elementos de riesgo (exposición)

V = Vulnerabilidad

Puesto que la susceptibilidad generalmente está incluida en la evaluación de la amenaza y la exposición de riesgo se evalúa en conjunto con la vulnerabilidad, esta ecuación podría ser simplificada así:

$$R_t = A * V$$

Es decir:

Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad

1.4. Mecanismos de reducción del riesgo

La evaluación del riesgo conlleva un análisis costo/beneficio de la inversión que se realice en la mitigación de los daños que puedan sucederse ante un desastre. Esto permite definir prioridades de inversión de obras que reduzcan los posibles efectos adversos, para ser incluidos en los planes de inversión y desarrollo del país.

Esta reducción del riesgo se logra mediante la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura, puesto que es evidente que no puede hacerse nada por reducir el factor amenaza natural, esto significa que no puede evitarse que suceda un sismo o la formación de un huracán.

Como ejemplo podemos citar que la amenaza sísmica se puede reducir mediante un diseño estructural capaz de resistir este evento, sin considerar los períodos de ocurrencia, ya que es imposible poder evitar que suceda.

Puesto que el riesgo es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, los esfuerzos deben enfocarse a reducir estos factores, principalmente la vulnerabilidad, ya que ésta depende de la actividad humana. De aquí que dada la alta variedad de amenazas y la amplitud de su ubicación, asociados con los períodos de ocurrencia, se puede establecer que mejorando las normas y técnicas de diseño y construcción, se pueden reducir algunos factores de la vulnerabilidad, siendo éstos algunos de los mecanismos más efectivos.

Existen ciertas amenazas que pueden ser ubicadas con gran exactitud, tales como los deslizamientos o las inundaciones, sin embargo, no se pueden establecer los períodos de ocurrencia, únicamente se indican las zonas de alto riesgo de ocurrencia, sin precisar cuando sucederán.

En el caso de las inundaciones, las medidas a efectuar para reducir la vulnerabilidad, están dadas para evitar que suceda el evento, o sea la construcción de obras en áreas de alto riesgo, aunque no siempre justifiquen en gran medida el costo económico de las estructuras realizadas para contener las inundaciones.

Para los deslizamientos, deben realizarse obras que eviten el evento más que para resistir sus efectos, ya que muchas veces el costo económico de la obra para sostener las masas de tierra tienden a ser superiores al propio valor del proyecto.

En todo caso, pueden distinguirse dos tipos de medidas contra los desastres naturales: las estructurales y las no estructurales.

1.4.1. Medidas estructurales

Las medidas estructurales están diseñadas para contener y resistir el evento, pudiendo ser la reubicación de carreteras, reforzamiento de estructuras, construcción de muros de contención, obras de drenaje para estabilización, construcción de diques y otros tipos de contención de inundaciones, etc.

1.4.2. Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales son aquellas que dependen específicamente de factores ajenos al evento en sí, como el ordenamiento del uso del suelo, reubicación de poblaciones, capacitación a la población sobre cómo enfrentar los peligros, seguros contra desastres, sistemas de alerta, etc. Otras medidas podrían estar enfocadas hacia la revisión de códigos y reglamentos de diseño, mantenimiento y construcción y la preparación de planes de contingencia.

1.5. Marco estratégico para la atención de desastres

Establece los lineamientos generales para el diseño de estrategias globales y la identificación de necesidades, que deben ser establecidos por las oficinas gubernamentales, con el fin de aumentar las acciones preventivas, con una mayor cobertura y con resultados tangibles. Podríamos definir las en los siguientes grupos.

1.5.1. Sección de fortalecimiento institucional

La sección de fortalecimiento institucional incluye las acciones que deben considerarse dentro de las instituciones responsables del desarrollo y la planificación (ver anexos, tabla 4).

1.5.2. Sección de información e investigación

La sección de información e investigación es donde se establecen actividades tendientes a mejorar la disponibilidad de información oportuna y actualizada, ayudando al proceso de toma de decisiones, dándonos además, los vacíos donde se deben enfocar los futuros estudios de investigación y documentación de información.

1.5.3. Sección de fortalecimiento de controles técnicos

La sección de fortalecimiento de controles técnicos es la sección de los organismos responsables de la ejecución vial en sus distintas actividades.

2. ELEMENTOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA CIRCULACIÓN SEGURA EN LAS CARRETERAS

Los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, las carreteras mismas y los controles que se aplican para normar su operación, son elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tránsito.

La seguridad en las carreteras es un tema que tiene íntima relación con la tecnología automotriz, como la tiene también con la educación vial y, sin lugar a dudas con las prácticas de diseño, la construcción y el mantenimiento de las carreteras.

A futuro, hay que intervenir en la adopción y aplicación de mejores normas de diseño, donde de manera deliberada y sistemática se incorporen los conceptos de seguridad desde la fase de planificación hasta la operación de las carreteras, con la esperanza de que futuros avances en la educación vial contribuyan por su parte a generar cambios positivos y resultados más estimulantes en materia de seguridad.

El buen conocimiento de los factores humanos, ya sea de la persona en su calidad de conductor, de peatón o de pasajero, o ya se trate de la determinación de sus características, habilidades y limitaciones, lo que resulta esencial para el buen diseño de carreteras seguras y funcionales. Para muchos expertos en transporte, por ejemplo, la clave para una conducción exitosa, está en la eficiente recepción y procesamiento de información visual por parte del conductor, para la toma de decisiones oportunas. Cabe entonces preguntarse en qué medida, tiempo y lugar, el diseño, las condiciones ambientales y el arreglo de los dispositivos para el control del tránsito están contribuyendo a proporcionar al conductor la información que requiere. En tanto se identifiquen deficiencias o situaciones confusas, será del caso corregirlas para minimizar su efecto negativo en la conducción segura que es la meta a alcanzar.

2.1. Consideraciones viales

El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, que deben evitarse los cambios abruptos en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio (ver anexo, figura 1 y tablas 1,2 y 3).

La administración de los accesos a las carreteras, particularmente en las intersecciones, es a menudo esencial para la segura y eficiente operación de dichas carreteras, sobre todo cuando enfrentan condiciones de altos volúmenes de tránsito. La administración de los accesos es la práctica de controlar dichos accesos desde las propiedades adyacentes a la vía, determinando la localización, número, espaciamiento y diseño de los puntos de acceso, lo cual involucra la consideración de las maniobras de giro y cruce que deberán incorporarse en el diseño de la geometría de las intersecciones. El control de los accesos es reputado como el factor de diseño que tiene mayor incidencia en la seguridad y en la preservación de la capacidad de las carreteras, aunque su aplicación no es de carácter universal y más bien se contradice con la función de otras vías, cuyo objetivo primordial es proporcionar amplio acceso a las propiedades colindantes, en desmedro de la propia seguridad.

2.2. Consideraciones de señalización

Un principio de seguridad vial a respetar es que los soportes de las señales dentro del derecho de vía no deben actuar como barreras, que puedan ser mortales al ser impactadas por un vehículo fuera de control. Es ahora común en los países desarrollados contribuir a la seguridad vial mediante la instalación de señales en soportes que se rompen al recibir el impacto de un vehículo. Los soportes se fracturan en la base y el poste se dobla o cae al suelo, sin ofrecer resistencia ni causar daño alguno.

Sin sacrificio de su visibilidad, las señales y sus sistemas de soporte deben localizarse en áreas protegidas, como detrás de barreras, en estructuras elevadas o en la parte alta de un talud de corte.

Los soportes de señales no deben agruparse, tampoco deben espaciarse a menos de dos metros entre sí, a menos que su diseño haya sido confirmado en pruebas de ruptura.

La parte inferior de una señal debe estar montada a un mínimo de dos metros sobre el terreno, para que al ser impactada por un vehículo no se incruste en el parabrisas delantero del mismo, antes bien pase la señal y su soporte por encima del vehículo en mención.

Los postes de servicio público no deben instalarse en el exterior de curvas horizontales, ni en el centro de las curvas de las esquinas de las intersecciones. En general, se recomienda que la colocación de los postes de servicio público debe seguir los mismos principios que se aplica a los soportes de las señales de tránsito, excepto en los casos en que el daño ocasionado pueda ser mayor por la caída del poste sobre peatones o instalaciones. Los postes de servicio público deben ser colocados en los límites del derecho de vía, si ello es posible y práctico, para reducir la posibilidad de que sean impactados.

2.3. Consideraciones peatonales

Los peatones y ciclistas son frecuentes víctimas de accidentes en las carreteras, debido a su elevada presencia en las vías, al irrespeto con que son tratados por los conductores y a su desconocimiento de las mínimas reglas de tránsito que entre otras cosas, les obligan a circular por la izquierda para advertir la presencia de los vehículos que se acercan.

Un hombro con superficie de grava y ancho suficiente es a menudo la provisión mínima deseable para la circulación peatonal por la carretera. La continuación de estos hombros en los puentes es una medida adicional importante para la seguridad peatonal. En las proximidades de las áreas urbanas deben construirse aceras separadas físicamente de la pista y, deseablemente para mayor seguridad, dentro de los límites del derecho de vía de la carretera.

Los carriles para ciclistas deben ser de un mínimo de 1.2 metros de ancho y de 1.5 metros cuando la velocidad del tránsito automotor sea mayor de 55 kilómetros por hora. Los carriles para ciclistas contiguos a la pista de rodamiento de la carretera deben ser de un solo sentido de circulación, el mismo del carril contiguo. Cuando sea aconsejable construir carriles para circulación de bicicletas en ambos sentidos, debe procurarse que exista una separación física con la pista principal o proporcionar barreras protectoras.

3. CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES

Los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, las carreteras mismas y los controles que se aplican para normar su operación, son los cuatro elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tránsito. Las carreteras y sus intersecciones, estas últimas con su usual concentración de complejos y diversos movimientos, deben diseñarse con suficiente capacidad para satisfacer los requerimientos de las demandas de dicho tránsito, durante todo el período seleccionado para el diseño de las instalaciones. La capacidad, a su vez, puede ser limitada por aspectos adversos de su entorno, relacionados con interferencias de peatones, frecuencia de intersecciones, condiciones del terreno y factores climáticos que afectan la visibilidad, disminuyendo la velocidad y las condiciones físicas y anímicas de los conductores.

Tan importante como ofertar mediante un buen diseño la capacidad requerida de una carretera, es brindarla en condiciones de óptima seguridad y eficiencia en los costos de operación de los vehículos. En la sección de anexos, figuras 1,2 y tablas 1,2 y 3 se incluyen algunas normas que se tienen que tomar en cuenta para el diseño de una carretera.

3.1. Aspectos generales

Es importante que al llevar a cabo la planificación de un proyecto para la construcción de una carretera, se tomen en cuenta todas las especificaciones de la Dirección General de Caminos, para la mejor circulación de los vehículos, obtener la comodidad y seguridad del pasajero y de la carga que se transporte.

3.2. Tipos de vehículos

Los vehículos de diseño son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras del país, por lo que al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación de cada uno de ellos, se brinda al diseñador los controles y elementos a los que se deben ajustar los diseños para hacer posible y facilitar su circulación irrestricta. De cada tipo de vehículo utilizado para diseño, se seleccionan a propósito para adoptar las condiciones más favorables, aquellos de mayores dimensiones físicas y de radios de giro mayores dentro de su clasificación tipológica.

La tipología de los vehículos automotores que circulan por las carreteras del país admite que, en primer término, se ubiquen en un extremo los vehículos livianos que son los más numerosos en la corriente vehicular e incluyen los automóviles compactos y subcompactos, los jeeps, las camionetas agrícolas y los pick-ups, siendo todos ellos representados por el automóvil tipo.

Los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación, no admiten una sola representación, sino que requieren ser desglosados para su correcta identificación como elementos condicionantes de algunos aspectos del diseño geométrico de las carreteras. Por los menos, resulta claro que en esta categoría se encuentran los autobuses sencillos –no los autobuses articulados, que únicamente operan en ciertas rutas urbanas de la ciudad de Guatemala,- junto a una diversidad de vehículos pesados para el transporte de mercancías, que es preciso particularizar en cuanto a sus características y exigencias en materia de diseño.

Sin una sola industria automotriz en Guatemala, limitados ahora al ensamble y fabricación de ciertos tipos de carrocerías, todos los vehículos automotores que circulan por calles y carreteras de la región son importados, por lo que sus dimensiones, capacidades y características técnicas son producto de la mezcla heterogénea de diferentes marcas y modelos de vehículos procedentes de países desarrollados, como Estados Unidos y Japón, o de mayor desarrollo relativo, como Brasil y México.

Ciertos datos de tránsito y los registros nacionales de vehículos automotores destacan en el país la presencia relativamente importante del camión tipo C3, que corresponde a un camión de tres ejes, uno delantero y dos ejes tándem atrás, utilizado con preferencia para el acarreo de mercancías a distancias cortas o medianas. En términos de carga transportada por las carreteras del país, su participación es, sin embargo, bastante limitada, por consiguiente menos significativa que la aportada por la combinación vehicular identificada T3-S2, que consiste en la integración operativa de una unidad de tracción o cabezal de tres ejes, acoplado con un semiremolque de dos ejes en tándem.

El movimiento crecientemente importante y porcentualmente significativo de carga de importación y exportación por carreteras, en contenedores de 40, 45 y hasta 48 pies de longitud, con origen o destino a los puertos marítimos, se realiza utilizando este tipo de combinación de transporte que ha resultado práctica para las necesidades del país.

Aunque su presencia es en la actualidad bastante reducida, es posible que la combinación tipo T3-S3, o sea la combinación del mismo cabezal anterior con un semiremolque de tres ejes, pudiera en el futuro llegar a ser importante para el transporte por las carreteras del país.

Pudieran incentivar este movimiento la aplicación más efectiva de controles en los límites establecidos para los pesos y dimensiones de los vehículos por carretera, que tornaría atractivo utilizar este tipo de unidades en virtud de su mayor capacidad de carga viva, para la movilización de embarques más pesados. Algunas empresas guatemaltecas que realizan autotransporte, se han adelantado a esta idea.

Mención aparte por sus características muy propias, merecen las combinaciones de vehículos que operan en el transporte de la caña de azúcar hacia los ingenios en la temporada de la zafra, operando en las carreteras dentro de áreas restringidas a su zona de influencia. Se trata de la combinación de una unidad de tracción de gran potencia, que arrastra enganchados dos pesados remolques hasta de 40 pies de longitud, provisto cada uno de cuatro ejes, o un semirremolque con un remolque.

La configuración de la sección transversal de estos remolques se ensancha desde la base hacia arriba, para facilitar la operación de carga de las unidades e incrementar su capacidad de carga viva, reduciendo de paso el espacio libre de los carriles contiguos y, con su movimiento bamboleante, aportando su cuota de inseguridad a la circulación del tránsito general por dichas carreteras.

3.3. Conteo de tránsito

El buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del período seleccionado de diseño, sea que se trate de una nueva carretera existente que se propone reconstruir o ampliar.

Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

La medición de los volúmenes de flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, lo mismo que mediante investigaciones de origen y de destino (O/D) que, dependiendo de la metodología utilizada, arrojan datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes.

En las intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los accesos a las mismas, durante períodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

3.3.1. El tránsito promedio diario anual, TPDA

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición. El TPDA entre las carreteras de las ciudades de Guatemala y Escuintla fue de 24,000 vpd en el año 1999.

La configuración característica del mapa de intensidades del tránsito rural por las carreteras principales del país, disminuye a partir de la capital, donde alcanza sus mayores cifras y plantea las mayores exigencias de inversión y capacidad instalada, hasta las fronteras terrestres que, como efectivas barreras físicas al movimiento vehicular, provocan el estrangulamiento del tránsito que, normalmente, resulta ser inferior a los 1,000 vpd, en muchos casos por debajo de los 500 vpd.

Estos extremos contrastes en el cuadro de las demandas, ajustadas convenientemente al año de diseño por tendencias de crecimiento que, solamente en lo que respecta al indicador del crecimiento del registro de vehículos automotores, es del orden de ocho a diez por ciento anual, apuntan lógicamente a la necesidad creciente de dotar al país de más y mejores carreteras, provistas cuando menos de cuatro carriles de circulación y posiblemente regida por controles en los accesos e intercambios.

Operando en forma complementaria a las ubicuas carreteras convencionales de dos carriles, donde por fortuna es posible capitalizar en la experiencia del país de diseño de los años recién pasados.

3.3.2. El tránsito de la hora pico o de punta

Siendo el TPDA una medida muy genérica de la intensidad del tránsito a lo largo de un día, se vuelve necesario tomar en debida cuenta las variaciones extremas que registra el movimiento vehicular a lo largo de las veinticuatro horas del día, para seleccionar las horas de máxima demanda como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras.

El tránsito de la hora pico o de la hora punta, recoge la necesidad de referir el diseño no a la hora máxima que se registra en un año ni a la hora promedio, sino a una hora intermedia que admita cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de demandas horarias extremas, que podrían quedar insatisfechas o con menores niveles de comodidad para la conducción.

Para determinar el volumen de tránsito de la hora pico se acostumbra graficar la curva de datos de volúmenes de tránsito horario registrados durante todo un año en una estación permanente de registro de movimiento vehicular por carretera, mostrando en el eje de las ordenadas aquellos volúmenes registrados de mayor a menor, como porcentajes de TPDA, en tanto que en el eje de las abscisas se anota el número de horas por año en que el tránsito es mayor o igual al indicado.

La hora máxima puede llegar a representar desde el veinte y cinco hasta el treinta y ocho por ciento del TPDA, la última cifra correspondiente a la experiencia de recuentos de tránsito en la república mexicana. La curva desciende bruscamente hasta su punto de inflexión, que ocurre normalmente en la denominada trigésima hora de diseño o 30HD , lo cual significa que al diseñar para ese volumen horario, cabe esperar que existen 29 horas en el año en que el volumen será excedido. Esto es, que no resulta práctico ni económico incrementar el diseño al doble, si tal fuere el caso, para reducir las horas de congestionamiento, como tampoco corresponde tolerar un mayor número de horas de dicho congestionamiento para reducir en menor cuantía los requerimientos del diseño.

El volumen de tránsito de la hora pico o 30HD se sitúa normalmente entre doce y diez y ocho por ciento del TPDA en el caso de las carreteras rurales, con un término medio bastante representativo de quince por ciento de dicho TPDA.

En carreteras urbanas, este volumen se ubica entre ocho y doce por ciento del TPDA, por lo que es válida la práctica de utilizar un 10 por ciento del TPDA como valor de diseño, a falta de factores propios obtenidos de las investigaciones de tránsito.

3.3.3. El factor de la hora pico, FHP

El factor de la hora pico o FHP, se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad.

Entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico. O sea que al afectar los volúmenes horarios de diseño por este factor, se están asumiendo las condiciones más exigentes de la demanda, a las cuales debe responder la propuesta de solución de reconstrucción, mejoramiento o ampliación de una carretera determinada.

La decisión de afectar o no el volumen horario de diseño por este factor, muy utilizado en los cálculos de capacidad y niveles de servicio, depende del grado en que las fluctuaciones del movimiento vehicular durante la hora máxima, por su relevante significación, afectan las decisiones operativas y de diseño de la carretera.

En muchas soluciones viales en el área rural, los analistas se limitan a examinar las condiciones promedio durante la hora pico. En general, se considera que cuando el FHP es menor de 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.

3.3.4. La composición del tránsito

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados, como camiones, autobuses y vehículos recreativos tipo campers, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y los espesores de los pavimentos.

El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que son mayores las pendientes y menores las distancias de visibilidad disponibles. En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas métricas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

3.3.5. La distribución direccional de las corrientes de tránsito

La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles, muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación, de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes de tránsito en ambas direcciones, que a mayor desbalance hará mayor la necesidad de brindar la capacidad suficiente, incrementando el número de carriles necesarios.

En las horas pico de la mayoría de las carreteras rurales, entre el cincuenta y cinco y el setenta por ciento del tránsito total se mueve en un solo sentido, por lo que la utilización de un sesenta por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable, a falta de otros elementos de juicio. En casos extremos como las carreteras a zonas turísticas, se ha llegado a alcanzar hasta un ochenta por ciento del total circulando en un solo sentido.

En una carretera de carriles múltiples, es frecuente encontrar que la carga del tránsito en el sentido predominante durante la hora pico alcanza hasta sesenta por ciento más vehículos que la corriente de sentido contrario.

De ahí la importancia de investigar localmente estos factores al diseñar una carretera o, alternativamente, deducir por inferencia con casos semejantes de la experiencia local, los parámetros a aplicar para la situación más probable.

Al diseñar intersecciones a nivel de intercambios, es necesario cuantificar mediante recuentos volumétricos visuales, de investigaciones de origen y destino o de ambos tipos de estudios de tránsito, los volúmenes de todos los movimientos claves durante la hora de diseño. La distribución obtenida mostrará, en algunos casos, considerables sorpresas en la distribución de los flujos, en particular cuando se trata de comparar datos de los movimientos vehiculares durante las horas de mayor demanda, que en un sentido ocurren durante las horas de la mañana y, quizá, durante las horas de la tarde mostrarán un cuadro diametralmente opuesto.

3.3.6. Las proyecciones de la demanda de tránsito

Para determinar las proyecciones de tránsito de una carretera se utiliza una diversidad de procedimientos, que van desde los más complejos y sofisticados a base de modelos econométricos hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo o dependen solamente del buen juicio y criterio del diseñador. Entre ellos, dos procedimientos son universalmente aceptados, aunque cabe señalar que a mayor incertidumbre en las estimaciones a futuro, mayor será la conveniencia de complementar los estudios con un análisis de sensibilidad para prever situaciones extremas en las perspectivas a largo plazo.

El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un período mínimo de diez años de duración, para desprender de ellas las hipótesis de crecimiento más probable del tránsito durante los años venideros en sus diferentes componentes de la corriente vehicular.

El segundo método reconoce que los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño de las obras viales, a menos que se conozcan de antemano factores que pueden influir en su futuro comportamiento.

Bajo este criterio general se busca establecer relaciones razonables de tipo estadístico entre el comportamiento del tránsito (variable dependiente) y el de otros conocidos indicadores socioeconómicos nacionales o locales, que tienen incidencia en el transporte automotor, como los registros de consumo de combustible (gasolina, diesel o ambos) en el transporte, la tenencia de vehículos, el comportamiento del Producto Interno Bruto, el crecimiento de la población económicamente activa, (variables independientes) que permitan obtener proyecciones aceptables acerca de los futuros volúmenes de tránsito por las carreteras.

3.4. Velocidades de operación

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito.

Y, que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

3.5. Capacidad de las carreteras

En la ecuación oferta-demanda de una carretera, del lado de la demanda se sitúa el volumen de diseño, que es el volumen de tránsito horario proyectado para utilizar dicha carretera en el año de diseño, o sea al término de un período de proyección que, ya se ha dicho, es normalmente de veinte años.

La oferta, por su parte, se mide mediante la capacidad, que es el máximo volumen horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o una sección de la carretera, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

Es indispensable también conocer la capacidad en los estudios de planificación de las redes de carreteras, cuando se trata de establecer la suficiencia con que los componentes de dichas redes están sirviendo al tránsito existente o, por la misma línea, programar en orden de prioridad las necesidades de inversión a corto y mediano plazo, para enfrentar con la debida antelación los efectos del crecimiento del tránsito.

El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica, que se mide en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. A medida que se alcanza la capacidad de una carretera, el flujo vehicular se torna menos estable, porque las brechas disponibles para maniobrar en la corriente del tránsito se reducen. En estas condiciones, la operación se vuelve difícil de sostener por largos períodos, se forman largas colas y el flujo se torna forzado o se interrumpe.

Bajo condiciones ideales del tránsito y de las vías, las autopistas tienen una capacidad de 2,000 automóviles o vehículos livianos por carril por hora. En carreteras de dos carriles, por otra parte, se alcanzan capacidades de 2,800 automóviles por hora en ambos sentidos de la circulación. Las condiciones ideales se alcanzan con flujos ininterrumpidos, sin interferencia lateral de vehículos y peatones, sin mezcla de vehículos pesados en la corriente del tránsito, con carriles normales de 3.6 metros de ancho, hombros de ancho apropiado, altas velocidades de diseño y carencia de restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase.

La capacidad de una arteria o de una carretera urbana, por otra parte, está en función de la capacidad de sus intersecciones más críticas.

3.6. Otras consideraciones

Dentro de las otras consideraciones tenemos la evaluación del impacto ambiental, complemento del diseño geométrico (ver anexo, figura 2).

Durante el proceso de diseño geométrico de las carreteras, al igual que en todas las etapas de su desarrollo y puesta en operación, es importante identificar los potenciales impactos ambientales del proyecto y adoptar las disposiciones necesarias para evitar y mitigar sus efectos negativos, hasta donde ello sea posible. Las legislaciones ambientales vigentes en algunos países así lo requieren, como también lo requieren y exigen las agencias internacionales y los organismos de cooperación bilateral que apoyan el desarrollo vial del país.

El más sofisticado diseño geométrico de una carretera puede ser desestimado si, en el análisis de sus elementos justificados, no se incorporan parejamente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.

Una deficiente administración ambiental del proyecto, genera una percepción negativa del mismo, creando un mal ambiente para el desarrollo de futuras carreteras: se generan retrasos y elevaciones en los costos y se adoptan, como consecuencia, soluciones de compromiso que dejan lugar para muy escasas satisfacciones entre los proyectistas y los usuarios.

Es muy bien sabido que por todos sus positivos efectos, las carreteras pueden generar también impactos negativos en las comunidades aledañas y en el ambiente natural.

Las personas pueden ser afectadas indirectamente por el proyecto, mediante la alteración de su modo de vida, la pérdida de los lazos comunitarios, el incremento del ruido (ver anexo, figura 2), la contaminación y la mayor generación de accidentes viales.

Las carreteras tienden a generar desarrollo donde previamente no existía, hecho valorado negativamente en tanto ocasiona alteraciones en ambientes sensitivos y modifica el régimen de vida de las poblaciones indígenas. Alteraciones en el ambiente natural pueden incluir erosión del suelo, cambios en las corrientes de agua y en el nivel freático, modificaciones en la vida animal y vegetal. Como agentes de cambio, las carreteras alteran el balance existente entre la gente y su ambiente natural.

Para lograr un desarrollo sostenible durante el diseño de una carretera, hay que conciliar sus innegables aportes positivos con su costo sobre el ambiente. Este cambio de óptica involucra tres aspectos fundamentales. En primer lugar, está la identificación del abanico total de los impactos de la carretera sobre el ambiente natural y social dentro de su zona de influencia directa. En segundo lugar, está la cuantificación y medición de estos impactos, bajo procedimientos que en ciertos casos no están suficientemente desarrollados, como decir la medición del efecto sobre la salud de la contaminación del aire por las emisiones tóxicas de los vehículos. En tercero y último lugar, están los procedimientos a aplicar para evitar, mitigar y compensar por esos efectos negativos, que en balance deben ser minimizados frente a los beneficios de la apertura o el mejoramiento de una determinada obra vial.

El término de evaluación ambiental se aplica al riguroso análisis de los impactos de las alternativas de desarrollo de una carretera. La evaluación ambiental no es una actividad aislada a ejecutar en un momento del tiempo, debe verse antes bien como un proceso continuo que está integrado en el ciclo del proyecto durante la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento y la operación de la carretera.

Los costos de un estudio de impacto ambiental completo se estiman en el rango de 5 a 10 por ciento de los costos de preparación de los proyectos.

Un estudio más limitado o plan de acción para analizar determinados impactos se conoce como un plan de mitigación o plan de manejo ambiental. Mediante un proceso de tamizado, se identifica la magnitud potencial de los impactos y la profundidad de los estudios requeridos, mientras que el alcance considera el rango de impactos, el área afectada y la duración de los impactos, para establecer los límites o el rango de los factores ambientales a estudiar.

4. PLANIFICACIÓN VIAL PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS ANTE LOS DESASTRES NATURALES

El tema de planificación vial para la mitigación de los efectos ante los desastres naturales en el diseño geométrico de carreteras, deriva su importancia a la prevención de posibles riesgos de desastres naturales de una futura carretera cuando inicie su operación. Tanto su planificación, como su diseño y construcción deben ser evaluados desde una perspectiva armoniosa con el entorno del proyecto, de manera que se reduzca en lo posible, daños a la carretera, a los usuarios y sus bienes.

El concepto del riesgo, debe ser considerado y evaluado para el futuro trazo de la carretera, debido principalmente a que se conocen las zonas o áreas que son vulnerables a ciertos tipos de fenómenos naturales, los cuales muchas veces trascienden fronteras políticas y deben ser analizados también desde una perspectiva con carácter regional.

Cuando se trate de un proyecto nuevo, puede considerarse ventajoso el análisis para la selección de la ruta, debido a que recae en el proyectista el seleccionar un trazo de la carretera, que minimice los efectos de posibles desastres naturales. Debe prestar atención a todo tipo de detalles, los cuales están incluidos en los estudios realizados a los mapas topográficos que cubren diferentes temas, además debe contar con fotografías aéreas y realizar visitas e inspecciones al lugar donde se construirá la carretera, conversando con los pobladores sobre el comportamiento de la naturaleza en el trazo previsto y los fenómenos naturales más comunes en la región.

4.1. Criterios generales para la selección de una ruta nueva o un cambio de línea

El trazo de una nueva ruta o el cambio de línea de una ruta existente, conlleva la realización de una obra completamente nueva y como tal, se deben considerar los siguientes aspectos iniciales para la selección de una ruta con menos riesgo a los desastres naturales:

4.1.1. La ruta debe ser trazada buscando evitar en lo posible el movimiento de tierra, que provoque una desestabilización del terreno, que en un futuro ocasione deslizamientos de tierra, hundimientos, derrumbes, etc.

4.1.2. En lo posible, se debe buscar atravesar la menor cantidad posible de cursos de agua, tanto permanentes como temporales, los cuales pueden dañar estructuras de drenaje como terraplenes y taludes de la carretera.

4.1.3. Es preferible realizar un trazo sobre suelos estables y con buena permeabilidad, de tal manera que se minimicen los problemas ocasionados por las aguas subterráneas en sitios con niveles freáticos poco profundos, los que pueden producir asentamientos y otros.

4.1.4. La identificación de los sitios potenciales para la obtención de materiales pétreos, bancos de materiales, botaderos, etc. es requerido para disminuir los riesgos de materiales sueltos que puedan llegar a la carretera y ocasionar accidentes.

A los cauces de ríos pueden llegar en un buen porcentaje materiales extraídos de estas canteras y no utilizados, los que podrán dañar laderas de cultivos, bloquear estructuras de drenaje y puentes y en general, contaminar posibles fuentes de agua.

4.2. Consideraciones generales en la etapa de planificación

Es importante que al llegar a esta etapa, se deberá planear y a la vez, programar todas las actividades que se ejecutarán en los diferentes trabajos, según sea el caso.

Esta acción permitirá la concertación de medidas técnicas y si es el caso, sociales, que deberán implementarse para la ejecución de la obra.

Aunque una obra vial ocasiona, inevitablemente, impactos sobre su entorno, la intensidad y gravedad de éstos, sumados a los generados por los fenómenos naturales, tiende a ser mayor cuando se ha omitido una adecuada planificación que reduzca sustancialmente los riesgos a la infraestructura. Por eso es imprescindible conocer la dimensión de los futuros daños, a fin de que se incorporen las medidas necesarias en todas las etapas del diseño y planificación de la carretera, para prevenirlos o minimizarlos.

A este respecto, ciertas consideraciones generales pueden ayudar a reducir estos riesgos, estando orientada a cubrir lo siguiente:

4.2.1. Se deberá cumplir con las normativas ambientales, en lo nacional y regional, incluidas en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, principalmente con las que reducen riesgos a desastres naturales.

4.2.2. Se deberá cumplir con las normas en materia del diseño geométrico de la carretera, reduciendo en lo posible, trazos en zonas inestables o con exceso de obras de protección.

4.2.3. La utilización del mapa geológico de la región debe servir de base, especialmente donde se cortará la carretera, para establecer el trazo definitivo de la misma y reducir la inestabilidad del terreno.

4.2.4. Se debe analizar la red de drenaje con el objeto de tener una aproximación de las zonas inundables, las áreas susceptibles a sufrir daños por avenidas (correntadas) y otros fenómenos provocados por escorrentía superficial, para definir la colocación de obras de drenaje menor y mayor. A este respecto, los antecedentes de fenómenos naturales de la región cobran valor cuando se tiene un historial que reporta inundaciones, deslizamientos de tierra o flujos de lodo, áreas degradadas y erosión, que estén dentro o cercanos a los futuros trazos carreteros sugeridos, con el objeto de desarrollar los mapas de vulnerabilidad correspondientes.

4.2.5. El proceso de planificación corresponde efectuarlo al proponente de la construcción de la vía, que en la mayoría de los casos es de carácter gubernamental (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda), dado que incluye además, el establecimiento de políticas viales, estudio de necesidades de transporte, vulnerabilidad de la ruta a desastres naturales, estudios de prefactibilidad técnica, económica, ambiental y análisis financieros.

4.2.6. En las etapas de estudio y diseño, se realizarán trabajos multidisciplinarios detallados de localización de la ruta y sus alternativas relacionadas con el uso de la tierra, impacto ambiental, impacto social, vulnerabilidad a desastres naturales y las que involucran los aspectos técnicos.

4.2.7. Dado que al suscitarse un desastre natural, trasciende el área del proyecto, es necesario conocer la infraestructura alternativa que ayude a solventar la emergencia vial y a salvaguardar vidas humanas, reduciendo los daños potenciales con opciones accesibles.

4.2.8. La importancia de un buen estudio de impacto ambiental reside en que el mismo revisa y observa el diseño de la carretera y vigila el que se incorporen medidas ambientales; evalúa el uso de maquinaria y equipo y sus impactos en el uso de materiales, a fin de no desestabilizar terrenos o contaminar posibles fuentes de abastecimiento de agua.

La disposición de sobrantes y escombros debe ser supervisada para que los mismos sean depositados en zonas que permanezcan estables bajo los efectos de los fenómenos naturales.

4.3. Otras consideraciones

Durante la etapa de planificación, se deben evaluar otras condiciones que pueden ser adversas durante el proceso de construcción de una carretera, las cuales deben ser consideradas como parte integral del proyecto vial. Éstas pueden observarse además, dentro del proceso de mantenimiento y operación de la carretera, por lo que es conveniente minimizar estas condiciones, a fin de que durante todo el ciclo vial se reduzcan sustancialmente los efectos causados por los desastres naturales.

Estas consideraciones pueden ser expresadas como parte del proceso de planificación de una carretera y su aplicación, debe tener carácter prioritario para el proceso de contratación de la obra.

Se debe poner especial énfasis a las siguientes consideraciones de tipo general, aplicadas a lo largo del ciclo vial:

4.3.1. Al realizar mejoramiento de sección, cambios de línea o trazos nuevos, se debe considerar el inminente retiro de vegetación y árboles, los cuales mantenían estable los taludes y terraplenes naturales. El diseño debe considerar, en lo posible, estas acciones y de sucederse, recomendar la reposición de la capa vegetal a un estado similar al original.

4.3.2. El cruce por corrientes de agua es inevitable para el trazo geométrico de una carreteras. Sin embargo, debe evitarse en lo posible, el cambio de ruta de estos cauces sin la debida protección a las orillas. Se debe analizar el nuevo comportamiento del río y los posible daños a la carretera, realizando las obras necesarias para minimizar posible daños al suscitarse un desastre natural.

4.3.3. Si la explotación de bancos de materiales y préstamos, puede generar áreas inestables de terrenos que sean vulnerables a deslizamientos o a desprendimientos de rocas sobre la carretera, éstos deben ser cuidadosamente trabajados para reducir este riesgo. Es conveniente que el mapa geológico de la zona pueda proponer áreas de explotación que minimicen estos efectos.

4.3.4. En general, todo proceso de planificación que conlleve a la reducción de riesgos generados por desastres naturales, debe estar relacionado con el proceso de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto y sus obras de mitigación, las cuales consideran no sólo a la carretera sino a su entorno natural y ambiental.

4.3.5. Puesto que es inevitable que pueda planificarse y diseñarse una carretera que no se vea afectada por los desastres naturales, se hace necesario contar con una estrecha comunicación con las instituciones nacionales, regionales e internacionales, que puedan brindar todo tipo de colaboración e información de índole técnica, que pueda servir de consulta al personal responsable de la planificación del proyecto vial.

Además, se debe poseer una base de información que incluya especificaciones de construcción, manual de normas de diseño geométrico de carreteras, mapas de zonas de amenazas naturales, boletines estadísticos de desastres naturales y cualquier otro documento que pueda servir de guía y consulta para la toma de decisión final sobre la realización de un proyecto de carreteras.

4.4. Evaluación de las zonas de alto riesgo en el país

Por su ubicación geográfica, Guatemala es centro de una serie de desastres naturales que afectan todo su territorio y en algunos casos, algunos desastres pueden trascender fronteras políticas, siendo afectado también por desastres naturales que se susciten en otros países.

Guatemala es atravesado por una cadena volcánica de más de 35 volcanes, dentro de los cuales se encuentran 3 volcanes activos, cuenta con una cadena de montañas que sobrepasan los 3,500 msnm, cuenta con más de 36 ríos de gran magnitud, más un sinnúmero de pequeños ríos y quebradas, toda la región es afectada anualmente por tres tormentas tropicales y/o huracanes de mediana magnitud y cíclicamente, como mínimo, por uno de gran magnitud.

Guatemala se encuentra en la intersección de tres placas tectónicas que cada año ocasionan más de 1000 sismos de diversa magnitud, también es afectada además por los sismos ocurridos en otros países (México y El Salvador).

Debido a la tala inmoderada de los bosques, se han provocado zonas de erosión con alto riesgo de ocurrencia de correntadas de lodo durante la época lluviosa y desprendimiento de material o derrumbes durante la época seca, los cuales aumentan en ocurrencia por efectos de otros desastres naturales (sismos).

El análisis de riesgo en el cual se encuentra una carretera, tanto en el proceso de planificación como el de construcción y operación, incluye la evaluación de todos aquellos elementos considerados como relevantes para la comprensión de daños existentes y sus efectos en un determinado ambiente.

El conocimiento del fenómeno es proveído por varias ciencias naturales como la meteorología, hidrología, geomorfología, geología, sismología y vulcanología. El conocimiento de la vulnerabilidad incluye aspectos físicos, sociales y económicos.

Para tornar una amenaza de riesgo en una herramienta eficaz para el desarrollo, es imprescindible contar con información suficiente en términos de calidad y cantidad, la cual puede ser obtenida de diversas fuentes, yendo desde los sensores remotos que miden el crecimiento de los cultivos, hasta aquéllos que evalúan la actividad volcánica, desde récords históricos de inundaciones o terremotos hasta actividades de catastro poblacional, incluyendo aquellos que miden el conocimiento y sensibilidad del público a los fenómenos naturales que pueden ocasionar desastres.

Partiendo de esta diversidad de datos, puede ser ensamblado un mosaico completo de los diferentes actores que intervienen para la percepción del riesgo en términos probabilísticos. Hay varios pasos en el análisis de riesgo basados en los procesos relativos a la elaboración de mapas de riesgo y análisis de vulnerabilidad. Ellos establecen la naturaleza, localización y escala de riesgo de ciertas zonas del país donde es conveniente considerar ciertas acciones a fin de minimizar este riesgo. Esta información puede ayudar a los que toman decisiones para seleccionar mejores trazos geométricos, con niveles de seguridad aceptables y económicamente factibles.

Al evaluar las zonas de riesgo existentes en el país, resulta que hay condiciones de vulnerabilidad en ciertas áreas, las que son expuestas a un peligro potencial como resultado de un fenómeno natural, por lo que es recomendable tomar en consideración:

- a) La naturaleza, severidad y frecuencia del evento que amenaza;
- b) El área que potencialmente será afectada; y
- c) El tiempo y la duración del impacto.

El análisis de peligrosidad atañe a las propiedades del peligro en sí (ej. ciclones, crecidas, sismos, erupciones volcánicas, etc.) y su efecto directo, pero excluyendo al efecto en el ambiente socioeconómico, puesto que esto particularmente forma parte del análisis de vulnerabilidad.

El análisis de peligrosidad principia con la adquisición de datos: series existentes y mapas de zonas peligrosas; datos científicos (meteorológicos, hidrológicos, sismológicos, vulcanológicos, oceánicos, etc.); otros mapas (topográficos, geológicos, etc.); *folklore* local y récords históricos (ver anexo, mapas 7,8 y 9). Estos datos son luego analizados.

Una forma efectiva de presentar el análisis de peligrosidad es mediante los mapas de zonas de peligro. Estos mapas pueden estar a escala macro o micro; en el caso de ciclones, tormentas tropicales y huracanes, se mapean la ruta, velocidad de los vientos, zonas de origen y final; para crecidas y desbordamientos, los mapas de zonas de inundación indica el ensanchamiento de la zona de influencia; para deslizamientos de taludes y terraplenes el mapa debe indicar las zonas de ocurrencia y de ser posible la magnitud de la masa desprendida, y así, de acuerdo al evento.

Todos estos datos son analizados para llegar a establecer la tasa de peligrosidad de la zona donde se construirá la carretera. El nivel de precisión y sofisticación del análisis dependerá de la percepción del riesgo y de los recursos disponibles.

Finalmente, se llega a expresar la probabilidad de ocurrencia del evento en términos de tiempo. Las probabilidades son calculadas en la base de datos científicos y datos históricos. Cada día existen herramientas más novedosas y sofisticadas para ayudar al mapeo de zonas de peligrosidad. De igual manera surte importancia el hecho de que la base de datos sea actualizada constantemente, para poder disponer realmente de información importante.

En resumen, este análisis de peligrosidad se restringe a establecer cierta probabilidad de que un evento de una cierta proporción ocurra en cierta área, en un tiempo o épocas dadas y es el planificador el responsable de considerar ciertas ocurrencias naturales en donde se está estableciendo la nueva carretera, para minimizar en lo posible los daños a la vía en el momento que el fenómeno natural suceda.

CONCLUSIONES

1. La prevención de daños a las estructuras viales tenderá a disminuir a medida que se conozca el riesgo natural al que se puede ver afectada una carretera y de las acciones que se realicen al aceptar este riesgo y las obras que brinden protección en caso de ocurrencia.
2. A pesar de que se han realizado avances en el país, relacionados con los estudios de vulnerabilidad del sector transporte, especialmente en la incorporación de esta variable en los proyectos de inversión, la infraestructura de carreteras y de transporte por carreteras es altamente vulnerable a peligros naturales.
3. Se estima que el componente de información sobre desastres naturales, en la formulación de proyectos de inversión, con miras a reducir la vulnerabilidad de la infraestructura vial del país, no es un aspecto de carácter decisivo para el planificador de carreteras.
4. Valorar el riesgo ante un desastre natural, es de suma importancia en el diseño geométrico de los proyectos de infraestructura vial.
5. Hay que adoptar, como parte de la planificación de un proyecto vial, las medidas de mitigación que resulten en la reducción de la vulnerabilidad de la carretera ante un desastre natural.
6. En términos de transporte terrestre no existen mecanismos formales de asistencia nacional en materia de reducción de vulnerabilidad.

7. La supervisión y control de medidas de mitigación con miras a reducir la vulnerabilidad ante los desastres naturales en los proyectos viales, es un aspecto que debe vigilarse estrictamente, siendo ésta la situación en que más se falla durante la ejecución de un proyecto de carreteras.

RECOMENDACIONES

1. Los profesionales están entrenados para planear, diseñar y supervisar la construcción de la infraestructura vial, pero, además de estas actividades es necesario que adquieran e incorporen medidas de mitigación en el diseño vial, a fin de reducir la vulnerabilidad de las carreteras ante desastres naturales.
2. Debido a que las acciones y obras de ingeniería que se realizan para reducir la vulnerabilidad de la carretera ante un desastre natural, son comúnmente onerosas, se hace necesario un cambio de actitud al momento de planificar un proyecto vial, considerando varias opciones en el trazo geométrico, las cuales serán cuantificadas y comparadas con las obras de mitigación, para que den por resultado, un trazo final equilibrado económicamente y con menor grado de vulnerabilidad.
3. Las medidas de mitigación a los desastres naturales en la infraestructura vial deben apoyarse en incentivos que son más efectivos que las medidas pasivas basadas en leyes de restricción y control.
4. Establecer una agencia coordinadora independiente al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda MICIVI que pueda implementar medidas de mitigación o en su defecto, fortalecer en este caso, a instituciones ya establecidas, tipo el Comité Nacional de Emergencias (CONRED).

5. La reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales en la infraestructura vial no debe ser un elemento aislado respecto a la planificación de la carretera, sino debe ser dinámico y con carácter de inclusión de nuevas propuestas en las fases de construcción, operación y mantenimiento de la carretera.

6. Es necesario que durante la elaboración del estudio de factibilidad de la carretera, la evaluación del impacto ambiental sirva como base de decisión para la planificación y selección del trazo final de la carretera.

BIBLIOGRAFÍA

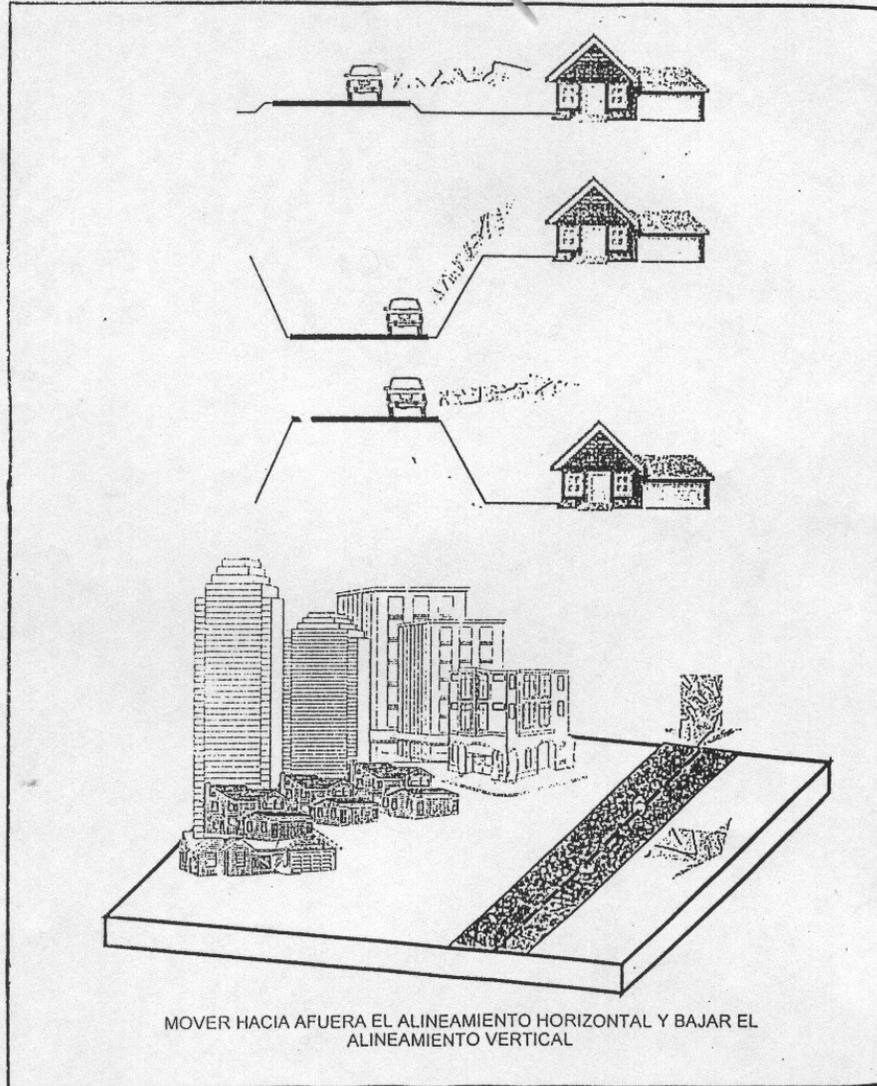
1. B.I.D. Banco Interamericano de Desarrollo. El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe. 56 pp. Marzo, 2000.
2. B.I.D. Banco Interamericano de Desarrollo. Un tema del desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. CEPAL, BID, 65 pp. Marzo, 2000.
3. CONRED. Comisión Nacional para la reducción de desastres. Módulo de planificación. 23 pp.
4. CNE. Comisión Nacional de emergencias. El ciclo de los desastres. Guatemala, 1993.
5. Chávez Ordóñez, Lissette Anabella. Funcionamiento de un plan de contingencia, en caso de emergencias por desastres naturales, para la red de carreteras del país. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, mayo de 2001.
6. Masure, Philippe. Gestión de riesgos y planeamiento preventivo en megaciudades. Naciones Unidas. Mayo 1994.
7. Mizutani, Shinjiro. Gestión de desastres en áreas metropolitanas. Naciones Unidas, mayo, 1994.
8. Mora, Sergio. El impacto de las amenazas naturales en Costa Rica. VII Seminario Nacional de Geotecnia. Asociación costarricense de Geotecnia. Noviembre, 1997.
9. O.E.A. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Desastres, planificación y desarrollo-manejo de amenazas naturales para reducir los daños. Washington, D. C. 1991.
10. O.E.A. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado. Washington, D.C. 1993.

11. SIECA. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Sistema regional de transporte centroamericano. 35 pp. Abril, 1999.
12. SIECA. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Plan regional de reducción de desastres. CEPREDENAC, 45 pp. 2000.
13. Suárez, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia, 1998.
14. Universidad de Costa Rica. Estrategia del sector transporte para su incorporación al plan básico del plan regional de reducción de desastres. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos estructurales LANAMME. 85 pp. Marzo, 2000.

ANEXOS

Figura 2

ADAPTACIÓN DE LOS ALINEAMIENTOS VERTICAL Y HORIZONTAL, PARA REDUCIR EFECTO DE RUIDO



MOVER HACIA AFUERA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y BAJAR EL ALINEAMIENTO VERTICAL

Tabla 1

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADOS FINI

T.P.D. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (Mts.)	ANCHURA DE TERRESTRE (Mts.)	RELLENO (Mts.)	DERECHO DE VIA (Mts.)	RADIO MÍNIMO (Mts.)	PERCENTAJE MÁXIMO (Mts.)	MINORIA (Mts.)	RECOMENDADA (Mts.)	PASTAJA VERDEADA PASO (Mts.)	RECOMENDADA (Mts.)
3,000	REGIONES LLANAS	100	2 x 7.20	24		50	375	3.	180	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4.	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5.	70	100	350	400
1,500	REGIONES LLANAS	60	7.20	12		25	225	6.	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7.	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8.	40	50	180	200
900	REGIONES LLANAS	80	6.50	11		25	225	6.	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7.	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8.	40	50	180	200
500	REGIONES LLANAS	80	6.00	11		25	225	6.	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7.	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8.	40	50	180	200
100	REGIONES LLANAS	50	5.50	9.50	8.50	25	75	8.	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9.	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10	REGIONES LLANAS	40	5.50	9.50	8.50	15	47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

ESTRUCTURAS:

CARGA: M15-S-12
 ALTURA LIBRE: 4.75 mts
 ANCHO RODADURA: 3.90 mts

ESFUERZOS UNITARIOS:
 - Concreto Clase "A": 3,000,000 Libras / Pulgada cuadrada
 Acero de Refuerzo: 18,000,000 Libras / Pulgada cuadrada
 Acero Estructural: 33,000,000 Libras / Pulgada cuadrada

(*) Distancia de Vibración de Paredes = Longitud máxima de Curva Vertical

NOTAS:

- 1.- T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
 - 2.- La sección típica para Carreteras Tipo "A" incluye las vertientes de 1.50 mts. de Ancho
 - 3.- Los datos de las Estructuras son sugeridos para todos los tipos de la Carretera, con excepción de la "Tipica A", en donde el ancho es doble
 - 4.- La calidad de la Capa de recubrimiento de la Calzada podrá ser para Carreteras Tipo "A": Homogénea, Concreto Asfáltico (Frio o Caliente) o Tratamiento Superficial Múltiple; para Tipo "B" y "C": Concreto Asfáltico (Frio o Caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "D", Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "E", Tratamiento Superficial Simple y para Tipo "F": Recubrimiento de Materiales Selectos
- Los Reclutamientos para las Carreteras, desde el Tipo "A" al "F", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

Tabla 2

* RADIO	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Db=27 e% Ls	Δ	Db=30 e% Ls	Δ	Db=33 e% Ls	Δ	Db=37 e% Ls	Δ	Db=40 e% Ls	Δ	Db=43 e% Ls	Δ	Db=46 e% Ls	Δ	Db=50 e% Ls	Δ	Db=53 e% Ls	Δ	Db=56 e% Ls	Δ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	1.45 92	BN 17	0'51"	BN 23	1'09"	BN 28	1'24"	1.4	34	1'42"	1.9	39	1'57"	2.5	45	2'15"	3.1	50	2'30"	3.8	56	2'48"	4.7	62	3'06"	5.5	67	3'21"	6.4	72	3'39"	7.2	77	3'54"	8.0	82	4'09"	8.8	87	4'24"	9.6	92	4'39"	10.4	97	4'54"	11.2	102	5'09"	12.0	107	5'24"	12.8	112	5'39"	13.6	117	5'54"	14.4	122	6'09"	15.2	127	6'24"	16.0	132	6'39"	16.8	137	6'54"	17.6	142	7'09"	18.4	147	7'24"	19.2	152	7'39"	20.0	157	7'54"	20.8	162	8'09"	21.6	167	8'24"	22.4	172	8'39"	23.2	177	8'54"	24.0	182	9'09"	24.8	187	9'24"	25.6	192	9'39"	26.4	197	9'54"	27.2	202	10'09"	28.0	207	10'24"	28.8	212	10'39"	29.6	217	10'54"	30.4	222	11'09"	31.2	227	11'24"	32.0	232	11'39"	32.8	237	11'54"	33.6	242	12'09"	34.4	247	12'24"	35.2	252	12'39"	36.0	257	12'54"	36.8	262	13'09"	37.6	267	13'24"	38.4	272	13'39"	39.2	277	13'54"	40.0	282	14'09"	40.8	287	14'24"	41.6	292	14'39"	42.4	297	14'54"	43.2	302	15'09"	44.0	307	15'24"	44.8	312	15'39"	45.6	317	15'54"	46.4	322	16'09"	47.2	327	16'24"	48.0	332	16'39"	48.8	337	16'54"	49.6	342	17'09"	50.4	347	17'24"	51.2	352	17'39"	52.0	357	17'54"	52.8	362	18'09"	53.6	367	18'24"	54.4	372	18'39"	55.2	377	18'54"	56.0	382	19'09"	56.8	387	19'24"	57.6	392	19'39"	58.4	397	19'54"	59.2	402	20'09"	60.0	407	20'24"	60.8	412	20'39"	61.6	417	20'54"	62.4	422	21'09"	63.2	427	21'24"	64.0	432	21'39"	64.8	437	21'54"	65.6	442	22'09"	66.4	447	22'24"	67.2	452	22'39"	68.0	457	22'54"	68.8	462	23'09"	69.6	467	23'24"	70.4	472	23'39"	71.2	477	23'54"	72.0	482	24'09"	72.8	487	24'24"	73.6	492	24'39"	74.4	497	24'54"	75.2	502	25'09"	76.0	507	25'24"	76.8	512	25'39"	77.6	517	25'54"	78.4	522	26'09"	79.2	527	26'24"	80.0	532	26'39"	80.8	537	26'54"	81.6	542	27'09"	82.4	547	27'24"	83.2	552	27'39"	84.0	557	27'54"	84.8	562	28'09"	85.6	567	28'24"	86.4	572	28'39"	87.2	577	28'54"	88.0	582	29'09"	88.8	587	29'24"	89.6	592	29'39"	90.4	597	29'54"	91.2	602	30'09"	92.0	607	30'24"	92.8	612	30'39"	93.6	617	30'54"	94.4	622	31'09"	95.2	627	31'24"	96.0	632	31'39"	96.8	637	31'54"	97.6	642	32'09"	98.4	647	32'24"	99.2	652	32'39"	100.0	657	32'54"	100.8	662	33'09"	101.6	667	33'24"	102.4	672	33'39"	103.2	677	33'54"	104.0	682	34'09"	104.8	687	34'24"	105.6	692	34'39"	106.4	697	34'54"	107.2	702	35'09"	108.0	707	35'24"	108.8	712	35'39"	109.6	717	35'54"	110.4	722	36'09"	111.2	727	36'24"	112.0	732	36'39"	112.8	737	36'54"	113.6	742	37'09"	114.4	747	37'24"	115.2	752	37'39"	116.0	757	37'54"	116.8	762	38'09"	117.6	767	38'24"	118.4	772	38'39"	119.2	777	38'54"	120.0	782	39'09"	120.8	787	39'24"	121.6	792	39'39"	122.4	797	39'54"	123.2	802	40'09"	124.0	807	40'24"	124.8	812	40'39"	125.6	817	40'54"	126.4	822	41'09"	127.2	827	41'24"	128.0	832	41'39"	128.8	837	41'54"	129.6	842	42'09"	130.4	847	42'24"	131.2	852	42'39"	132.0	857	42'54"	132.8	862	43'09"	133.6	867	43'24"	134.4	872	43'39"	135.2	877	43'54"	136.0	882	44'09"	136.8	887	44'24"	137.6	892	44'39"	138.4	897	44'54"	139.2	902	45'09"	140.0	907	45'24"	140.8	912	45'39"	141.6	917	45'54"	142.4	922	46'09"	143.2	927	46'24"	144.0	932	46'39"	144.8	937	46'54"	145.6	942	47'09"	146.4	947	47'24"	147.2	952	47'39"	148.0	957	47'54"	148.8	962	48'09"	149.6	967	48'24"	150.4	972	48'39"	151.2	977	48'54"	152.0	982	49'09"	152.8	987	49'24"	153.6	992	49'39"	154.4	997	49'54"	155.2	1002	50'09"	156.0	1007	50'24"	156.8	1012	50'39"	157.6	1017	50'54"	158.4	1022	51'09"	159.2	1027	51'24"	160.0	1032	51'39"	160.8	1037	51'54"	161.6	1042	52'09"	162.4	1047	52'24"	163.2	1052	52'39"	164.0	1057	52'54"	164.8	1062	53'09"	165.6	1067	53'24"	166.4	1072	53'39"	167.2	1077	53'54"	168.0	1082	54'09"	168.8	1087	54'24"	169.6	1092	54'39"	170.4	1097	54'54"	171.2	1102	55'09"	172.0	1107	55'24"	172.8	1112	55'39"	173.6	1117	55'54"	174.4	1122	56'09"	175.2	1127	56'24"	176.0	1132	56'39"	176.8	1137	56'54"	177.6	1142	57'09"	178.4	1147	57'24"	179.2	1152	57'39"	180.0	1157	57'54"	180.8	1162	58'09"	181.6	1167	58'24"	182.4	1172	58'39"	183.2	1177	58'54"	184.0	1182	59'09"	184.8	1187	59'24"	185.6	1192	59'39"	186.4	1197	59'54"	187.2	1202	60'09"	188.0	1207	60'24"	188.8	1212	60'39"	189.6	1217	60'54"	190.4	1222	61'09"	191.2	1227	61'24"	192.0	1232	61'39"	192.8	1237	61'54"	193.6	1242	62'09"	194.4	1247	62'24"	195.2	1252	62'39"	196.0	1257	62'54"	196.8	1262	63'09"	197.6	1267	63'24"	198.4	1272	63'39"	199.2	1277	63'54"	200.0	1282	64'09"	200.8	1287	64'24"	201.6	1292	64'39"	202.4	1297	64'54"	203.2	1302	65'09"	204.0	1307	65'24"	204.8	1312	65'39"	205.6	1317	65'54"	206.4	1322	66'09"	207.2	1327	66'24"	208.0	1332	66'39"	208.8	1337	66'54"	209.6	1342	67'09"	210.4	1347	67'24"	211.2	1352	67'39"	212.0	1357	67'54"	212.8	1362	68'09"	213.6	1367	68'24"	214.4	1372	68'39"	215.2	1377	68'54"	216.0	1382	69'09"	216.8	1387	69'24"	217.6	1392	69'39"	218.4	1397	69'54"	219.2	1402	70'09"	220.0	1407	70'24"	220.8	1412	70'39"	221.6	1417	70'54"	222.4	1422	71'09"	223.2	1427	71'24"	224.0	1432	71'39"	224.8	1437	71'54"	225.6	1442	72'09"	226.4	1447	72'24"	227.2	1452	72'39"	228.0	1457	72'54"	228.8	1462	73'09"	229.6	1467	73'24"	230.4	1472	73'39"	231.2	1477	73'54"	232.0	1482	74'09"	232.8	1487	74'24"	233.6	1492	74'39"	234.4	1497	74'54"	235.2	1502	75'09"	236.0	1507	75'24"	236.8	1512	75'39"	237.6	1517	75'54"	238.4	1522	76'09"	239.2	1527	76'24"	240.0	1532	76'39"	240.8	1537	76'54"	241.6	1542	77'09"	242.4	1547	77'24"	243.2	1552	77'39"	244.0	1557	77'54"	244.8	1562	78'09"	245.6	1567	78'24"	246.4	1572	78'39"	247.2	1577	78'54"	248.0	1582	79'09"	248.8	1587	79'24"	249.6	1592	79'39"	250.4	1597	79'54"	251.2	1602	80'09"	252.0	1607	80'24"	252.8	1612	80'39"	253.6	1617	80'54"	254.4	1622	81'09"	255.2	1627	81'24"	256.0	1632	81'39"	256.8	1637	81'54"	257.6	1642	82'09"	258.4	1647	82'24"	259.2	1652	82'39"	260.0	1657	82'54"	260.8	1662	83'09"	261.6	1667	83'24"	262.4	1672	83'39"	263.2	1677	83'54"	264.0	1682	84'09"	264.8	1687	84'24"	265.6	1692	84'39"	266.4	1697	84'54"	267.2	1702	85'09"	268.0	1707	85'24"	268.8	1712	85'39"	269.6	1717	85'54"	270.4	1722	86'09"	271.2	1727	86'24"	272.0	1732	86'39"	272.8	1737	86'54"	273.6	1742	87'09"	274.4	1747	87'24"	275.2	1752	87'39"	276.0	1757	87'54"	276.8	1762	88'09"	277.6	1767	88'24"	278.4	1772	88'39"	279.2	1777	88'54"	280.0	1782	89'09"	280.8	1787	89'24"	281.6	1792	89'39"	282.4	1797	89'54"	283.2	1802	90'09"	284.0	1807	90'24"	284.8	1812	90'39"	285.6	1817	90'54"	286.4	1822	91'09"	287.2	1827	91'24"	288.0	1832	91'39"	288.8	1837	91'54"	289.6	1842	92'09"	290.4	1847	92'24"	291.2	1852	92'39"	292.0	1857	92'54"	292.8	1862	93'09"	293.6	1867	93'24"	294.4	1872	93'39"	295.2	1877	93'54"	296.0	1882	94'09"	296.8	1887	94'24"	297.6	1892	94'39"	298.4	1897	94'54"	299.2	1902	95'09"	300.0	1907	95'24"	300.8	1912	95'39"	301.6	1917	95'54"	302.4	1922	96'09"	303.2	1927	96'24"	304.0	1932	96'39"	304.8	1937	96'54"	305.6	1942	97'09"	306.4	1947	97'24"	307.2	1952	97'39"	308.0	1957	97'54"	308.8	1962	98'09"	309.6	1967	98'24"	310.4	1972	98'39"	311.2	1977	98'54"	312.0	1982	99'09"	312.8	1987	99'24"	313.6	1992	99'39"	314.4	1997	99'54"	315.2	2002	100'09"	316.0	2007	100'24"	316.8	2012	100'39"	317.6	2017	100'54"	318.4	2022	101'09"	319.2	2027	101'24"	320.0	2032	101'39"	320.8	2037	101'54"	321.6	2042	102'09"	322.4	2047	102'24"	323.2	2052	102'39"	324.0	2057	102'54"	324.8	2062	103'09"	325.6	2067	103'24"	326.4	2072	103'39"	327.2	2077	103'54"	328.0	2082	104'09"	328.8	2087	104'24"	329.6	2092	104'39"	330.4	2097	104'54"	331.2	2102	105'09"	332.0	2107	105'24"	332.8	2112	105'39"	333.6	2117	105'54"	334.4	2122	106'09"	335.2	2127	106'24"	336.0	2132	106'39"	336.8	2137

Tabla 3

ANCHO CALZADA	VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VÍAS																			
	TÍPICA "E" 6.60					TÍPICA "D" 6.00					TÍPICA "C" 6.60					TÍPICA "B" 7.20				
	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
1"	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
2"	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
3"	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
4"	0.60	0.60	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
5"	0.70	0.70	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
6"	0.80	0.80	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
7"	0.80	0.90	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
8"	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
9"	0.90	1.00	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
10"	1.00	1.10	1.20	1.20	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
11"	1.00	1.10	1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
12"	1.10	1.20	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13"	1.10	1.20	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14"	1.20	1.30	1.40	1.40	1.40	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
15"	1.20	1.40	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
16"	1.30	1.40				1.20														
17"	1.30	1.50				1.30														
18"	1.40	1.50				1.30														
19"	1.40	1.60				1.40														
20"	1.50	1.60				1.40														
21"	1.50	1.70				1.50														
22"	1.60	1.70				1.50														
23"	1.60	1.80				1.60														
24"	1.70	1.80				1.60														
25"	1.70					1.60														
26"	1.80					1.60														
27"	1.80					1.60														
28"	1.90					1.60														
29"	1.90					1.60														
30"	2.00					1.60														
31"	2.00					1.60														
32"	2.10					1.60														
33"	2.10					1.60														
34"	2.20					1.70														
35"	2.20					1.70														
36"	2.30					1.80														
37"	2.30					1.80														
38"	2.40					1.90														

- 1.- LOS SOBRE-ANCHOS FUERON CÁLCULADOS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE LA AASHO
- 2.- EL SOBRE-ANCHO SE REPARTIRÁ PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL 6 PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- SOBRE LAS LÍNEAS HORIZONTALES LOS VALORES CÁLCULADOS FUERON MENORES DE 0.60 MIS., PERO MAYORES QUE 0.30 MIS EN CASO DE SER MENORES DE 0.30 MIS. NO SE USARÁ SOBRE-ANCHO
- 4.- PARA ANCHO DE CALZADA Y SOBRE-ANCHOS MAYORES DE 7.20 MIS., Y VELOCIDADES MAYORES DE 70 MPH LAS CURVAS NO SERÁN SOBRE-ANCHADAS
- 5.- ANCHOS DE CALZADA Y SOBRE-ANCHOS EN METROS
- 6.- VELOCIDADES EN MPH = KILOMETROS POR HORA
- 7.- AN = ANCHO NORMAL

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE INGENIERÍA, S.L.C.

Tabla 4

ELEMENTOS CLAVES DE LA GESTION DE RIESGOS

Elementos claves de la gestión de riesgos					
Fase anterior: prevención y reducción de riesgos			Fase posterior: recuperación		
Identificación de riesgos	Mitigación y prevención	Transferencia de riesgos	Preparativos	Respuesta de emergencia	Rehabilitación y reconstrucción
Evaluación de amenazas naturales (frecuencia, magnitud y localización)	Obras de mitigación física y estructural	Seguro y rescuro de infraestructura pública y bienes privados	Sistemas de alerta temprana y de comunicaciones	Asistencia humanitaria	Rehabilitación y reconstrucción de infraestructura crítica dañada
Evaluación de la vulnerabilidad (población y bienes expuestos)	Ordenamiento territorial y códigos de construcción	Instrumentos de mercados financieros (bonos para catástrofes, "hedge funds" indexados según las condiciones meteorológicas, etc.)	Planes para improvisos (compañías de servicios públicos)	Limpieza, reparaciones temporales y restablecimiento de servicios	Gestión macroeconómica y presupuestaria (estabilización, protección de gastos sociales)
Evaluación de riesgos (la agudeza y la vulnerabilidad)	Incentivos económicos para la mitigación	Privatización de servicios públicos con reglamentación en materia de seguridad (energía, agua, transporte, etc.)	Redes de instituciones que responden en emergencia (locales y nacionales)	Evaluación de los daños	Reactivación de sectores afectados (exportaciones, turismo, agricultura, etc.)
Vigilancia de las amenazas naturales y elaboración de pronósticos (SIG, preparación de mapas y formulación de situaciones hipotéticas)	Educación, capacitación y concientización sobre riesgos y prevención	Fondos para calamidades (nacionales o locales)	Refugios y planes de evacuación	Mobilización de recursos para la recuperación (públicos, multilaterales, seguros)	Incorporación de componentes de mitigación de desastres en actividades de reconstrucción

Creación y fortalecimiento de sistemas nacionales de prevención y respuesta a los desastres: estos sistemas forman una red integrada e intersectorial de instituciones que aborda todas las fases antedichas de reducción de riesgos y recuperación tras los desastres. Las áreas en las cuales se necesita apoyo son normativa y planificación, reforma de marcos jurídicos y regulatorios, mecanismos de coordinación, fortalecimiento de instituciones participantes, planes nacionales de acción, políticas de prevención y desarrollo institucional.

Fuente: Informe especial, Banco Interamericano de Desarrollo, BID, marzo 2000.

