



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA PARA
FRENADO EN CARRETERAS”**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES

P R E S E N T A :

JONATHAN ENRIQUE RAMÍREZ SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESINA: **ING. GUILLERMO L. ESQUIVEL CASTAÑEDA**

MÉXICO, D.F.

MAYO 2015

DEDICATORIA.

A Dios. A mis padres Sara y Víctor. A mis hermanos Nallely, Erick y Josué. A mi familia. A mi asesor Ing. Guillermo Esquivel Castañeda. Al Ing. Luis Alberto Leal Ortiz, A la UNAM y sobre todo, a Carol por estar incondicionalmente.

ÍNDICE GENERAL.

1. INTRODUCCIÓN.....	vi
2. ANÁLISIS DEL SISTEMA CARRETERO DE MÉXICO.....	4
2.1. Historia de caminos.....	4
2.2. Evolución de la red de caminos.	8
2.3. Actualidad del sistema carretero mexicano.....	10
3. TOPICOS Y GENERALIDADES DE CARRETERAS	13
3.1. Definición de términos.....	13
3.2. Clasificación de carreteras.....	17
3.2.1. <i>Clasificación por su transitabilidad.</i>	17
3.2.2. <i>Clasificación administrativa.</i>	18
3.2.3. <i>Clasificación técnica oficial.</i>	18
3.3. Niveles de servicio en carreteras.	19
3.4. El conductor.	21
3.4.1. <i>Factores que afectan al conductor.</i>	21
3.4.2. <i>Tiempo de Reacción.</i>	22
3.5. Vehículo de proyecto.	22
3.6. Velocidad de proyecto.....	26
3.7. Velocidad de operación.....	27
3.8. Distancia de visibilidad.....	27
3.8.1. <i>Distancia de visibilidad de parada.</i>	27
3.8.2. <i>Distancia de visibilidad de rebase.</i>	29
3.9. Volumen de tránsito.	32
3.9.1. <i>Determinación del volumen de tránsito.</i>	33
3.10. Sección transversal.	34
3.10.1. <i>Corona</i>	34
3.10.2. <i>Subcorona</i>	35
3.10.3. <i>Cunetas y contracunetas</i>	36
3.10.4. <i>Taludes</i>	37

3.10.5. Partes complementarias.....	37
3.10.6. Derecho de vía.....	38
4. PARAMETROS DE DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO.....	39
4.1. Principios básicos.....	39
4.2. Tipos de rampa de frenado.....	41
4.3. Consideraciones de diseño.....	43
4.4. Estudios previos.....	44
4.4.1. Estudios topográficos.....	44
4.4.2. Estudios geotécnicos.....	45
4.5. Determinación del sitio donde se ubicara la rampa.....	46
4.6. Diseño elementos geométricos de las rampas para frenado.....	48
4.6.1. Ancho.....	48
4.6.2. Longitud.....	49
4.6.3. Espesor de la cama de frenado.....	51
4.6.4. Dispositivos complementarios.....	52
4.7. Materiales utilizados para conformar la cama de frenado.....	52
4.8. Drenaje y Subdrenaje.....	53
4.9. Rescate de vehículos.....	54
4.10. Señalamiento.....	55
4.10.1. Señalamiento horizontal.....	56
4.10.2. Señalamiento Vertical.....	59
4.11. Mantenimiento.....	63
5. NORMATIVIDAD APLICABLE.....	65
5.1. Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos.....	66
5.2. Ley Orgánica De La Administración Pública Federal.....	67
5.3. Leyes Ordinarias.....	67
5.3.1. Ley Federal Sobre Metrología Y Normalización.....	67
5.3.2. Ley De Caminos, Puentes Y Autotransporte Federal.....	67
5.4. Reglamentos.....	68

5.5. Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, Rampas de emergencia para frenado en carreteras.	68
6. CONCLUSIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1. Calzadas para recorrer el lago de Texcoco para unir con tierra firme la isla de Tenochtitlan.</i>	4
<i>Figura 2. Camino empedrado por donde circulaban carretas después de la colonización española.</i>	5
<i>Figura 3. Primeros automóviles limitados a transitar por calles y calzadas urbanas en México.</i>	7
<i>Figura 4. Corredores troncales carreteros.</i>	11
<i>Figura 5. División de la red carretera de México.</i>	12
<i>Figura 6. Representación gráfica de la clasificación por su transitabilidad.</i>	17
<i>Figura 7. Clasificación general de los vehículos. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT 1991, P. 69.</i>	23
<i>Figura 8. Sección transversal típica.</i>	34
<i>Figura 9. Fuerzas actuantes en el vehículo.</i>	39
<i>Figura 10. Tipos de rampa de frenado.</i>	42
<i>Figura 11: Líneas canalizadoras.</i>	58
<i>Figura 12: Señal restrictiva "Prohibido estacionarse".</i>	59
<i>Figura 13: Señal SID 9 ó SID 11 "Rampa de frenado".</i>	60
<i>Figura 14: Señal en puente SID 15 "Rampa de frenado".</i>	60
<i>Figura 15: Señal informativa de recomendación "Pruebe sus frenos".</i>	61
<i>Figura 16: Señal informativa de recomendación "Vehículos sin frenos siga la raya roja".</i>	61
<i>Figura 17: Señal informativa de recomendación " Ceda el paso a vehículos sin frenos".</i>	62
<i>Figura 18: Señal de información general "Rampa de frenado a 500 m".</i>	62
<i>Figura 19: Señales diversas OD-5 y OD-6.</i>	63
<i>Figura 20: Pirámide de Kelsen para identificar las jerarquías de las normas.</i>	65
<i>Figura 21: Pirámide de Kelsen particularmente enfocada a las normas que rigen al diseño de rampas de frenado de emergencia.</i>	66

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1: Factores que afectan al conductor.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2: Características de los vehículos de proyecto.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3: Velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte para cada tipo de camino.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4: Valores de aceleración para la distancia de visibilidad de paso.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5: Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 6: Características de materiales para cama de frenado.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 7: Coordenadas cromáticas.</i>	<i>58</i>

1. INTRODUCCIÓN.

La principal manera en México para trasladar personas y mercancías de un lugar a otro es a través del sistema carretero existente en el país, por lo cual se debemos contar con un sistema adecuado para que el tránsito de los vehículos usuarios sea de manera rápida, cómoda y segura. Ya que para el caso de los transportistas el tiempo en que se lleva un cargamento de un lado a otro es fundamental para la logística de sus operaciones y de la misma forma sucede con la persona que necesita trasladarse de un lado a otro.

De esta forma se tiene que tomar en cuenta que, las condiciones de las nuevas carreteras que se construyan y la conservación de las carreteras ya existentes, deben de cumplir con las necesidades que el usuario exija para el adecuado recorrido de los vehículos por estas carreteras.

Se debe poner atención especial a la seguridad vial, ya que existe un gran número de accidentes que conllevan a pérdidas económicas por carga, daños a vialidades y, sobre todo, pérdida de vidas humanas. Por lo que se debe de equipar a las carreteras con las condiciones necesarias para evitar en mayor medida los accidentes y reducir el índice de siniestralidad que ocurre en las carreteras del país.

Esto es posible atendiendo a colocar una señalización suficiente y adecuada para la correcta comunicación que debe existir entre el vehículo usuario con la carretera, al momento de proyectar buscar rutas adecuadas para evitar pendientes elevadas y prolongadas, además de curvas muy cerradas e inadecuadas para el diseño de la carretera. Y la construcción de dispositivos de seguridad que ayuden a minimizar los accidentes y los efectos de estos.

Entre las causas de accidentes más comunes se encuentra la falla de frenos ante pendientes prolongadas que ocasionaban la pérdida de control del vehículo por parte de los conductores, esto es más frecuente en vehículos de carga debido al cambio frecuente de velocidad originado por las características propias de la orografía existente en México que genera pendientes prolongadas y de elevada

inclinación. De tal manera que los vehículos utilizan constantemente los frenos o utilizan la acción retardante de los motores al llevarlos embragados a velocidades bajas. Provocando que el conductor realice acciones temerarias para detener el vehículo de formas inseguras, ya sea saliendo fuera de la carretera o recargándose sobre el corte del talud. Las cuales son maniobras inseguras que ponen en riesgo la integridad del vehículo, personas y mercancías de abordo.

Para evitar se realicen este tipo de maniobras poco seguras se ha implementado la construcción de rampas de emergencia para frenado de manera integral a las nuevas carreteras de altas especificaciones o la adecuación posterior de las rampas de emergencia para frenado a las carreteras ya existentes, especialmente donde se detecta que existe un alto índice de accidentes y que su principal causante de estos son las fallas mecánicas de los vehículos que transitan por pendientes prolongadas en las carreteras.

Por lo anterior, se tiene la necesidad de contar con parámetros que sirvan como guía para realizar el diseño de rampas de emergencia para frenado y que en este trabajo se desarrollaran de manera amplia con el fin de formar un criterio adecuado a la persona encargada de proyectar estas rampas de emergencia para frenado.

Para desarrollar este tema se describirá en el capítulo uno un marco histórico que tendrá como objeto describir los antecedentes de las carreteras en México y su evolución en el tiempo. Y se mencionara la actualidad del sistema carretero y las tendencias que tiene el crecimiento carretero. Esto con el fin de familiarizarse con el sistema carretero existente en el país, y sensibilizar al lector con la importancia que tiene este sistema de transporte.

En el segundo capítulo se analizaran los tópicos y generalidades de las vías terrestres, y en específico las relacionadas con carreteras. Con el fin de definir los conceptos y los elementos que son necesarias para el diseño de carreteras. Contemplando un enfoque general para después pasar al ámbito particular de los aspectos que engloba el diseño de rampas de emergencia par frenado.

En el tercer capítulo se desarrollara los aspectos y parámetros necesarios que se deben de considerar para el diseño de rampas para frenado de emergencia. Teniendo en cuenta las consideraciones de diseño, así como los estudios previos que se deben realizar, definir las dimensiones necesarias de los elementos de las rampas para el buen desempeño de estas y recordar que el mantenimiento adecuado es una parte importante para que las rampas no queden obsoletas.

2. ANÁLISIS DEL SISTEMA CARRETERO DE MÉXICO.

2.1. Historia de caminos.

En el apogeo de las civilizaciones mayas y aztecas México era un país de caminantes. Antes de 1500 no se conocían ni bestias ni vehículos, sin embargo el comercio se extendía por toda Mesoamérica a través de miles de kilómetros de senderos recios, angostos, empinados, largos, sin que un hombre pudiera transcurrir por ellos buscando siempre la distancia más corta.

La carga se llevaba en las espaldas de los hombres. Había un sector de la población los tamemes, especializado en la trasportación. En donde para el paso fluido de los hombres eran necesarias especificaciones mayores, existían amplios y caminos bien hechos, como las calzadas que cruzaban el gran lago de Texcoco para unir con tierra firme la isla de Tenochtitlan, capital del imperio azteca. O las calzadas de hasta cien kilómetros de largo y nueve metros de ancho, en línea recta, todas empedradas y con puentes que facilitaban el paso por los bosques y pantanos del área maya. Pero predominaban los senderos, miles de kilómetros de senderos.



Figura 1. Calzadas para recorrer el lago de Texcoco para unir con tierra firme la isla de Tenochtitlan.

A la llegada de los españoles, con la introducción de los caballos, los palanquines de los carros tirados por mulas o caballos, hubo que modificar las características físicas de los caminos. Se alteraron las rutas, la pendiente se hizo más suave y la huella más amplia. También se abrieron nuevos caminos, se hicieron rutas a las minas, a la colonización de los desiertos del norte.

Así a finales del virreinato había en México 7,000 kilómetros de caminos reales por los que se podía transitar en carretas y 19,000 kilómetros de caminos de terracería. Poco después de la llegada de los españoles, el tameme, el hombre que transportaba, fue sustituido por el arriero, cuando se autorizó a los indígenas a valerse de animales en el acarreo de bultos. Así surgió la arriería que a fines del siglo XVIII comprendía el 10% del valor total de la “industria” nacional. Entre Veracruz y México se empleaban 70 mil mulas y en 1807 a la ciudad de México llegaron 200 mil.



Figura 2. Camino empedrado por donde circulaban carretas después de la colonización española.

En los inicios del siglo XIX, durante su permanencia en México, Humboldt hizo esta observación: “Sobre la Mesa Central se viaja en coches de cuatro ruedas, en todas direcciones, pero a causa del mal estado de los caminos no se ha establecido carreteo, por lo que prefiere el uso de acemias; de modo de que millares de caballos y mulas, en largas recuas cubren los caminos de México”. Así la calidad de los caminos e media no por la comodidad para transitaren carta, sino por el tamaño de las recuas que podían recorrerlo. Un buen camino era el que soportaba recuas de hasta cien mulas. A partir de 1821, en que México se hace independiente, hasta 1867, en que el presidente Juárez destina por primera vez una parte del presupuesto a la apertura y conservación de caminos, no se hacen obras importantes.

Es hasta 1850 cuando se inaugura el primer ferrocarril con un tramo de trece kilómetros entre Veracruz y El Molino. Pero de hecho es hasta 1873 cuando se inicia la era ferrocarrilera de México, al inaugurarse el ferrocarril México-Veracruz, con 470 kilómetros. Para 1911 había en México 19,000 kilómetros de vías férreas en explotación. Los ferrocarriles invariablemente concesionados a extranjeros. Eran principalmente vehículos para la explotación de nuestros productos mineros y agrícolas hacia el norte. Estaban principalmente concebidos para acarrear las materias primas a los centros fabriles de capital extranjero.

Durante los años finales del siglo XIX y a principios del siglo pasado, el énfasis estuvo puesto en la concesión de la red ferroviaria. Poco se hizo en materia de caminos, solo se construyeron del orden de 1,000 kilómetros, principalmente para alimentar las estaciones de los ferrocarriles y en menor grado para comunicar zonas que carecían de él.

En 1910 se inicia la revolución Mexicana. Las batallas se libran principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia, puesto que el dominio del único sistema de comunicación decide por sí mismo el destino de las contiendas. Eran estaciones, más que ciudades, lo que había que controlar. En 1825 todas las vías y todo el sistema ferroviario había sufrió las consecuencias de la lucha:

puentes volados, estaciones incendiadas, locomotoras dinamitadas, carros volcados, etc.

En el lapso en que duro la lucha revolucionaria, en Europa y Norteamérica crecía vigorosamente la industria automotriz y la red caminera. En 1925 los automovilistas de México estaban limitados, en ese entonces, a transcurrir por calles y calzadas urbanas. El transporte de personas y mercancías de una ciudad a otra tenía que hacerse a través de los ferrocarriles, cuyo deterioro en aquellas épocas los aproximaba al colapso.

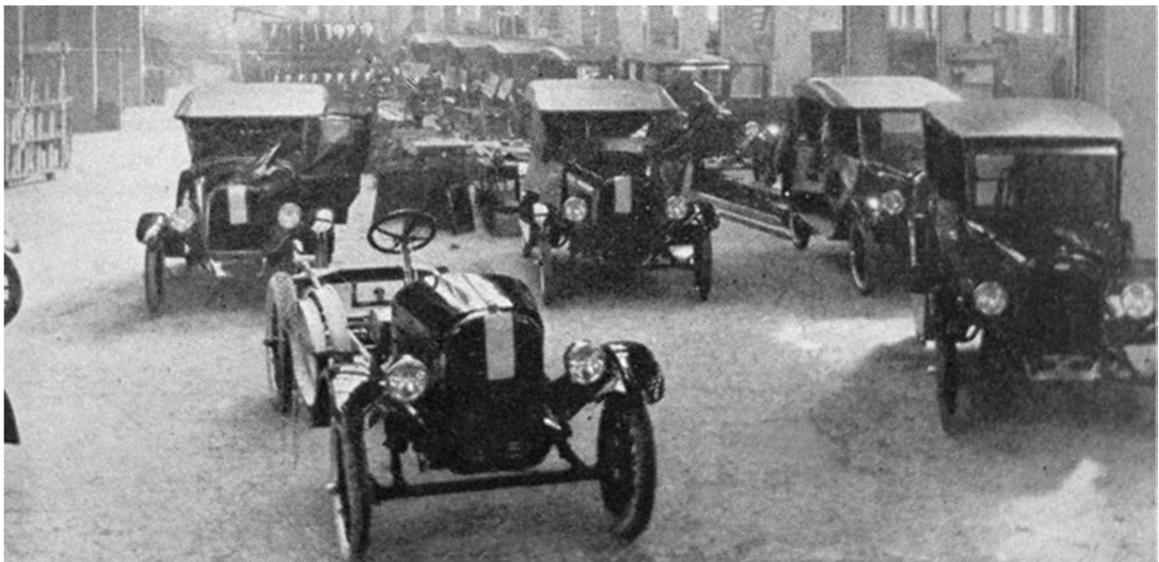


Figura 3. Primeros automóviles limitados a transitar por calles y calzadas urbanas en México.

En otros países, los antiguos caminos se fueron modificando paulatinamente y las especificaciones para el tránsito de carretas se fueron convirtiendo en especificaciones para el tránsito de automóviles. En México en 1925, los caminos carreteros estaban destruidos, difícilmente admitirían adaptación. Había entonces que comenzar prácticamente de cero.

2.2. Evolución de la red de caminos.

El primer esfuerzo caminero del país, realizado entre 1925 y 1930, produjo 1,420 kilómetros de carretera, y que el 1% de nuestro territorio quedara vinculado a través del automóvil y el camino. Para ello se gastaron 54 millones de pesos, a precios corrientes. Fueron tres las áreas que se comunicaron: Las ciudad de México con las ciudades de Pachuca, Puebla y Acapulco; la Ciudad de Mérida con el Puerto de Progreso y Valladolid, y por ultimo Monterrey con Nuevo Laredo.

En la década de 1931 a 1940 se agregaron a la red 8,500 kilómetros; en este último año se disponía de una red de 9,920 kilómetros, con la cual quedaba comunicado por el automóvil y el camión el 9% del área de la república, con una erogación que había significado 277 millones de pesos.

Es la ciudad capital, México, el punto de partida de la mayoría de los caminos construidos en esa década. Así parte el camino de México a Nuevo Laredo en la frontera con Estados Unidos, pasando por las ciudades de Valles y de Victoria; el de México a Veracruz pasando por Perote y Jalapa, en tanto que se unía a Córdoba con Veracruz; el de México a Guadalajara, de na enorme importancia y que pasaba por Morelia y por Toluca, con un ramal importante a Irapuato, León, Aguascalientes y Zacatecas; y por último el que partía de México al Puerto de Tuxpan, Pasando por Pachuca, que ya había sido comunicada en la década anterior.

Hubo en esta década de 1930 a 1940 seis obras camineras que no vinculaban, necesariamente, con la capital de la república. Cuatro daban servicio a poblaciones fronterizas con los Estados Unidos: el de Chihuahua con Ciudad Juárez; el de Saltillo con Piedras Negras; el de Monterrey con Reynosa, y finalmente el de Ciudad Victoria con Matamoros. Mediante estas obras quedaban vinculadas al territorio nacional cinco de las principales ciudades fronterizas. Los otros tramos importantes construidos en esta época son: el de Torreón a Monterrey y el de Aguascalientes a Tampico pasando por San Luis. Además se

había unido a la ciudad de Oaxaca con Puebla y consecuentemente con la ciudad de México.

En la década que va de 1940 a 1950 se agregaron 12,530 kilómetros, con lo que se llegó a una red total de 22,450kilometros con lo que queda comunicado el automóvil y el camión el 10% del territorio del país. Las obras realizadas en este lapso implicaron una inversión de 1, 796 millones de pesos a precios corrientes. Dos obras singulares sobresalen en esta época, la terminación de la carretera panamericana que unía a Ciudad Juárez, Chihuahua en la frontera con los estados unidos de América, y Ciudad Cuauhtémoc, Chiapas, en la frontera con Guatemala, Pasando por la Ciudad de México y la Carretera México-Nogales en la frontera con estados unidos, al terminarse el tramo de Tepic a Nogales, que fue pavimentado en la década siguiente. Además de estas Obras destaca la terminación de la carretera Durango-Torreón, la de Mérida a Campeche, la de Jiquilpan a Colima, la de Piedras Negras a Villa Acuña y la de Veracruz a Coatzacoalcos.

Entre 1950 y 1960 se construyen 22, 440 kilómetros más de carreteras, con lo que se duplica la red existente en 1950, alcanzando una longitud total de 44 890 kilómetros, con lo que quedaba vinculado por automóvil y camión el 27% del territorio del país, con una inversión que en esa década fue de 5 000 millones de pesos a precios corrientes. Entre las obras más relevantes de este periodo esta la unión de San Luis Potosí con Piedras Negras pasando por saltillo, la de Coatzacoalcos con Salina Cruz y la de Coatzacoalcos con Villahermosa, el Carmen y Champotón, así como el inicio de una muy extensa red de caminos menores.

En la década siguiente, que va de 1960 a 1970, se suman a la red carretera nacional 26,630 kilómetros más para culminar en 1970 con la longitud total de 71,520 kilómetros con lo que queda comunicado o vinculado a través del automóvil y el camión, el 31% del país, la erogación que significo esa infraestructura fue de 11, 959 millones a precios corrientes. Para esta época, la mayor parte de los caminos troncales del país habían quedado terminados por lo

que la obra caminera de 1960 a 1970 se significa por la gran cantidad de caminos alimentadores y de interconexión con los troncales.

2.3. Actualidad del sistema carretero mexicano.

México es un país día con día en el comercio y la industria en conjunto con las comunicaciones y transportes que son las principales motores del país. Y la modernización es el punto clave para el desarrollo en donde el principal medio de transporte es el terrestre. Las circunstancias anteriores demandan un sistema carretero que ofrezca más movilidad en el transporte de bienes y servicios.

Actualmente México tiene una superficie territorial de más de 2 millones de kilómetros cuadrados y una población de 125.24 millones de habitantes, de los cuales la gran mayoría de ellos se desplazan por medio del transporte carretero, siendo este el principal medio de comunicación para los mexicanos y para el movimiento de mercancía. En detalle el 67% del movimiento domestico de carga se hace por carretera y el 99% del movimiento de pasajeros se hace por el mismo modo de transporte.

El ritmo de crecimiento de la inversión pública y privada destinada a la ejecución y conservación de infraestructura a coadyuvado a satisfacer las necesidades de transporte de la población y potenciar al máximo las actividades productivas del país. Sin embargo la cobertura y accesibilidad de esta infraestructura se encuentra aún por debajo de estándares competitivos nivel internacional. La red carretera está por debajo de países desarrollados e incluso de países de desarrollo similar al nuestro, tomando en cuenta que el factor de densidad carreta se obtiene de dividir la longitud total del sistema carretero entre la superficie total del país.

Uno de los elementos más importantes de la red carretera de México lo constituyen los quince corredores troncales carreteros, que interconectan las cinco mesorregiones en que se divide el país con una longitud total de 19, 245.3 kilómetros. Los cuales se mencionan a continuación:

a) Longitudinales:

- Transpeninsular de Baja California
- México-Nogales con ramal a Tijuana
- Querétaro-Ciudad Juárez
- México-Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras
- Veracruz- Monterrey con ramal a Matamoros
- Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo
- México-Puebla-Progreso
- Peninsular de Yucatán
- Costera Pacifico



Figura 4. Corredores troncales carreteros.

b) Transversales:

- Mazatlán-Matamoros
- Manzanillo-Tampico con ramales a Lázaro Cárdenas
- Altiplano
- México-Tuxpan
- Acapulco-Veracruz
- Circuito Transistmico

La red carretera actual tiene una longitud superior a los 366 mil kilómetros, está integrada por distintos tipos de carretas según su jurisdicción. Las carreteras federales a cargo de la SCT, CAPUFE y empresas concesionarias de la SCT suman 48,660 kilómetros que a su vez está dividida en una red básica, que es compuesta por autopistas de cuota y carreteras de libre peaje, y secundaria. La red alimentadora cuenta con una cantidad de 77,964 kilómetros y los restantes kilómetros corresponden a la red rural.

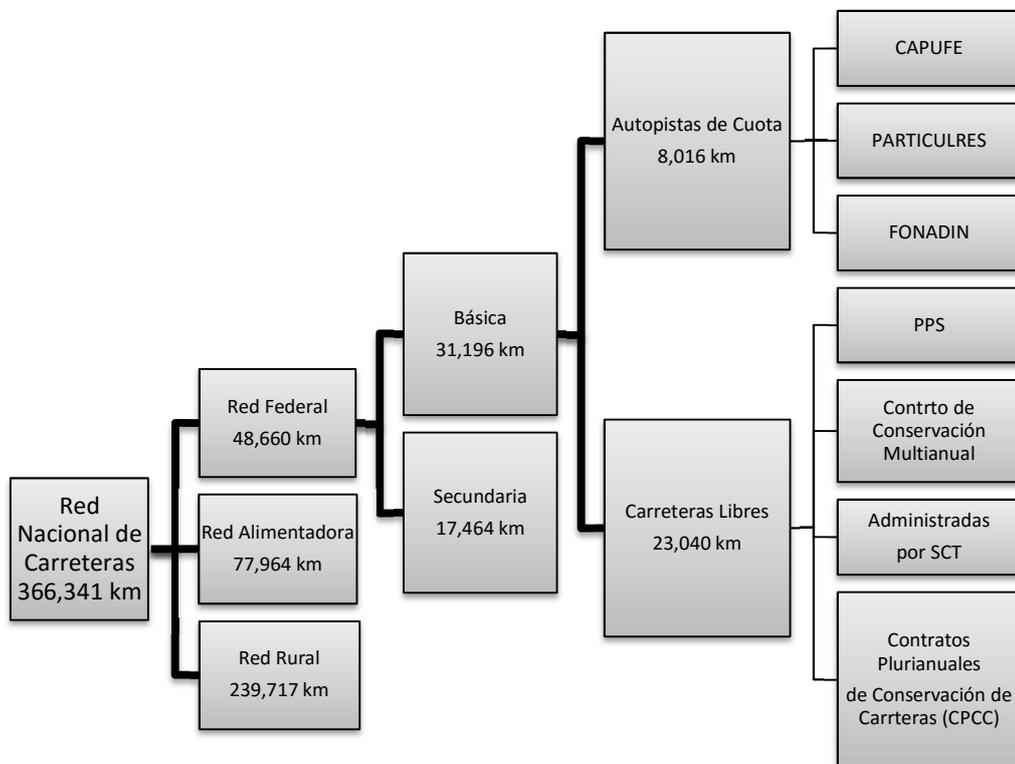


Figura 5. División de la red carretera de México.

3. TOPICOS Y GENERALIDADES DE CARRETERAS

3.1. Definición de términos.

Debido a que en el presente documento se utilizaran constantemente algunos términos técnicos que pueden quedar en ambigüedad, se realiza este apartado para que se tenga por entendido las siguientes definiciones:

Acceso: Parte pavimentada de la rampa de emergencia para frenado que conecta el arroyo vial de la carretera con la cama de frenado.

Acotamiento: Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueteta o de la faja separadora.

Alineamiento horizontal: Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.

Alineamiento vertical: Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano vertical.

Ampliación en curva: Incremento al ancho de corona y de calzada en el lado interior de las curvas en el alineamiento horizontal.

Arroyo vial: Franja destinada a a circulación de los vehículos, delimitada por los acotamientos o las banquetetas.

Banqueta: Faja destinada a la circulación de peatones, ubicada generalmente a un nivel superior que el nivel de la calzada.

Bombeo: Pendiente transversal descendente de la corono o subcorona a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.

Cama de frenado: Parte de la rampa de emergencia para frenado que propiamente detiene el vehículo con el material granular suelto que se coloca en la superficie. La configuración de la cama de frenado determina el tipo de rampa.

Bordillo: Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el escurrimiento de agua erosione el talud del terraplén.

Calzada: Parte de la corona destinada al tránsito de los vehículos.

Camino de servicio: Franja pavimentada aledaña a la cama de frenado, acondicionada para retirar los vehículos que entren a la rampa de emergencia para frenado y dar mantenimiento a la cama de frenado.

Cero: En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o del corte y el terreno natural.

Contracuneta: canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

Corona: Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén o entre las aristas inferiores de un corte al nivel del eje de dicha superficie, sin contar las cunetas.

Cuneta: Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona contigua a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.

Defensa: Dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la carretera.

Derecho de vía: Superficie de terreno aledaño a la carretera cuyas dimensiones fijan las dependencias gubernamentales que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o sus servicios auxiliares.

Drenaje: Conjunto de elementos que permiten captar y desalojar el agua de lluvia o de escurrimientos superficiales.

Faja separadora central: es la zona que se dispone para prevenir que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles del sentido contrario.

Grado de curvatura: Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte (20) metros de longitud.

Grado máximo de curvatura: Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto

Guarniciones: Elementos prácticamente enterrados que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla de la calzada.

Hombro: En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por esta y el talud interior de la cuneta.

Horizonte de proyecto: Año futuro que corresponde al final del periodo previsto en el periodo de la carretera.

Lavadero: Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.

Macizo de anclaje: Elemento normalmente de concreto hidráulico empotado en el terreno para el apoyo firme de las grúas, que se utilizan para rescatar los vehículos averiados.

Pendiente: Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.

Pendiente gobernadora: Es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.

Pendiente máxima: Es la mayor pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.

Pendiente mínima: Es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener en los tramos de corte para el buen funcionamiento del drenaje en las coronas y las cunetas.

Plaza de cobro: Sitio de la autopista donde se ubican las casetas en las que se cobran las cuotas para su utilización.

Rasante: Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

Rampa de emergencia para frenado: Es una franja auxiliar conectada al arroyo vial, especialmente acondicionada para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas, principalmente en sus sistemas de frenos, desacelerando en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando, en su caso, la acción de la gravedad.

Sección transversal: Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.

Sobreelevación: Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga.

Subdrenaje: Conjunto de elementos denominados subdrenes, que permiten captar y desalojar el agua que se infiltra en el piso o el suelo.

Talud: inclinación de la superficie de los cortes o terraplenes.

Tangentes horizontales: Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.

Tangentes verticales: Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.

Transición: Distancia que se utiliza para pasar de una tangente a una curva y viceversa.

Transito Promedio Diario Anual: Número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un año, dividido entre números de días del año.

3.2. Clasificación de carreteras.

Las carreteras se clasifican de manera diferente en distintos lugares, para este trabajo se mencionaran los tipos de clasificación que existen en México.

3.2.1. Clasificación por su transitabilidad.

Corresponde a las etapas de construcción de la carretera, subdividiéndose en:

1. Terracerías: Este tipo de carretera se construye hasta la subrasante (terreno natural, cortado y nivelado), siendo transitable únicamente en tiempo de secas.
2. Revestida: Cuando la subrasante se ha mejorado con una capa de material granular. Siendo transitable todo el tiempo.
3. Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha aplicado una capa de material granular mejorado con adhesivos aglutinantes (pavimentos).

La clasificación anterior se representa gráficamente de la siguiente manera:



Figura 6. Representación gráfica de la clasificación por su transitabilidad.

3.2.2. Clasificación administrativa.

Las carreteras de acuerdo a su construcción y quien se encuentre a cargo de ellas se clasifican en:

1. Federales: Son costeadas en su totalidad por la federación, por lo que se encuentran a su cargo.
2. Estatales: son construidas con la cooperación del 50% del Estado y el otro 50% por la Federación, estas carreteras quedan a cargo de las juntas locales de caminos.
3. Vecinales o rurales: Son construidas con una aportación de una tercera parte por parte de los vecinos beneficiados, otra tercera parte por aportación del Estado, y el tercio restante por aportación de la Federación, quedando a cargo de su construcción y conservación las Juntas Locales de Caminos o Sistema de Caminos.
4. De Cuota: Son aquellas que se encuentran a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, siendo recuperable a través de cuotas de paso.
5. Concesionada: Se otorgan por medio de una concesión a particulares y son construidos y operados por estos durante el tiempo que dura la concesión.

3.2.3. Clasificación técnica oficial.

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino ya que toman en cuenta los volúmenes de tránsito al final del periodo económico y las especificaciones geométricas aplicadas en México.

En México la Secretaría de Comunicaciones Y Transportes clasifica técnicamente las carreteras en:

1. Tipo Especial: para un tránsito diario promedio anual (T.P.D.A.) superior a 3,000 vehículos, que equivalen a un tránsito horario máximo de 360 vehículos o más. Estos caminos requieren de un estudio especial, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo designándoles A2 y A4, respectivamente.
2. Tipo A: Para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, es decir un tránsito horario máximo de 180 a 360 vehículos.
3. Tipo B: Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo de 60 a 180 vehículos.
4. Tipo C: Para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos y un tránsito máximo horario de 6 a 60 vehículos.

3.3. Niveles de servicio en carreteras.

Se define que el nivel de servicio en carreteras es la medida cualitativa que describe las condiciones de circulación en una corriente vehicular, caracterizada generalmente por ciertos parámetros tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad para maniobrar, interrupción de la circulación, comodidad y seguridad.

Se distinguen seis niveles de servicio, para la identificación de las condiciones existentes al variar la velocidad y los volúmenes de tránsito en una carretera. Los niveles de servicio son designados con letras de la A a la F, siendo A la mejor medida y la F la peor medida, comprenden la clasificación total de las operaciones de tránsito que pueden ocurrir.

- Nivel de servicio A: Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas.
- Nivel de servicio B: Corresponde a la zona de flujo estable, con velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones de tránsito.

- Nivel de servicio C: Se encuentra en la zona de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobra están más estrechamente controladas por los altos volúmenes de tránsito.
- Nivel de servicio D: Se aproxima al flujo inestable con velocidades de operación aun satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación.
- Nivel de servicio E: No puede describirse solamente por la velocidad pero representa la operación a velocidades aún más bajas que el nivel D, con volúmenes de tránsito correspondiente a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.
- Nivel de servicio F: Corresponde a circulación forzada, las velocidades son bajas y los volúmenes superiores a los de la capacidad. En estas condiciones generalmente se producen colas de vehículos a partir del lugar en el que se produce la restricción. Las velocidades se reducen y pueden producirse paradas debidas al congestionamiento.

Se puede considerar que los niveles de servicio A, B y C se desempeñan de manera estable y actualmente el 80.42% de la red carretera de México funcionan de esta manera. El 11.43% de la red del flujo vehicular se aproxima a inestable, donde la velocidad de operación aun es satisfactoria y corresponde al nivel de servicio D. y el restante 8.15% de la red carretera se encuentra en un flujo vehicular inestable con problemas de saturación y de congestionamiento, correspondiente a los niveles de servicio E y F.

3.4. El conductor.

El conductor es el sujeto que maneja el mecanismo de dirección, se define como el cerebro del vehículo, el cual una vez al volante dispone de gran libertad de acción, tanto de fijar su destino y la elección de su itinerario para llegar al mismo, esta elección aunque es inherente a la propia naturaleza humana del conductor está influenciada por factores externos e internos que afecten a la vía, al conductor y al vehículo mismo.

3.4.1. Factores que afectan al conductor.

Para el estudio del comportamiento del conductor es necesario identificar los factores que lo afectan y que pueden llevar a ocasionar accidentes, estos se clasifican en internos y externos, los cuales se definen a continuación:

FACTORES INTERNOS	PSICOLOGICOS	MOTIVACIÓN EXPERIENCIA PERSONALIDAD ESTADO DE ANIMO
	FISICOS	VISTA ADAPTACIÓN LUMINICA ALTURA DEL OJO OTROS SENTIDOS
	PSICOSOMATICOS	CANSANCIO SEXO EDAD
FACTORES EXTERNOS	TIEMPO METEOROLOGICO USO DEL SUELO TRÁFICO CARACTERISTICAS DE LA VÍA ESTADO DEL FIRME	

Tabla 1: Factores que afectan al conductor.

3.4.2. Tiempo de Reacción.

El tiempo de reacción es el factor más importante a tomar en cuenta para el trazado de cualquier vía. Ante la aparición de un obstáculo o de una situación inesperada durante la conducción, se producen una serie de sucesos que se describen a continuación:

- a) Presencia: Aparece el obstáculo sobre la vía.
- b) Percepción: Los rayos de la luz rebotan sobre el objeto y llegan a la retina del conductor.
- c) Transmisión: La retina convierte y transmite los datos al cerebro.
- d) Reconocimiento: El cerebro procesa los datos y reconoce el objeto.
- e) Decisión: El conductor analiza las posibles alternativas ante la situación existente, en base a datos similarmente anteriormente almacenados, para finalmente tomar una decisión al respecto.
- f) Acción: El cerebro envía impulsos por medio de los nervios motores a los músculos implicados, que actúan ejecutando la maniobra correspondiente.

Todos estos acontecimientos suceden en un intervalo relativamente corto de tiempo denominado, tiempo de reacción y que se define como el tiempo transcurrido desde que se presenta una determinada situación hasta que el conductor decide que hacer y ejecuta la maniobra. Se considera que el tiempo de reacción humana oscila entre medio de un segundo en condiciones óptimas del conductor, hasta los tres segundos en personas de edad avanzada o en personas afectadas por la ingestión de bebida alcohólicas, por lo anterior y para el diseño y para el trazado de las vías se consideran como dos segundos como tiempo de reacción humana.

3.5. Vehículo de proyecto.

El vehículo de proyecto es un automotor seleccionado con las dimensiones y características operacionales usadas para determinar las características de proyecto tales como ancho de la vía sobre las tangentes, radios de curvatura horizontal, alineamiento vertical. La selección de un vehículo de proyecto tiene un

importante punto de apoyo en la ejecución y costo de la carretera, el uso de vehículos de proyecto más grandes implica instalaciones con mejor circulación y características de seguridad, mientras que el uso de vehículos más pequeños da por resultado costos menores en cuanto a construcción e impacto del medio ambiente.

El método más comúnmente usado para describir el flujo de tránsito en México es de acuerdo a los 9 tipos de vehículos definidos por la SCT indicados en la figura 7: clasificación general de los vehículos.

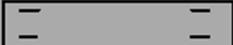
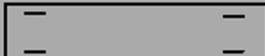
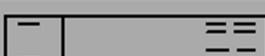
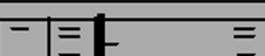
TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
					C3
		3			T2 - S1
					T2 - S2
					T3 - S2
		5			T2 - S1
					R2

Figura 7. Clasificación general de los vehículos. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT 1991, P. 69.

Elegir un vehículo de proyecto adecuado generalmente requiere un compromiso entre ejecución y costo. Por un lado el vehículo de proyecto seleccionado para una carretera en particular, debe tener dimensiones y radio de viraje no más pequeños que casi todos los vehículos, lo cual se espera que usen las instalaciones razonablemente, por otro lado puede ser irracional proyectar una vía para un vehículo grande que pueda usar la vía solo ocasionalmente.

El vehículo de proyecto debe seleccionarse de manera que represente un porcentaje representativo del tránsito que circula por el camino y las tendencias de los fabricantes a cambiar las características de los vehículos. Con base en la normatividad de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, se ha establecido cuatro tipos de vehículos para proyecto para los vehículos tipo A_P y A_C , otro para representar los vehículos tipo B, C_2 y C_3 , otro para representar los vehículos tipo T_2-S_1 y T_2-S_2 y, finalmente, otro para representar los vehículos tipo T_3-S_1 y demás combinaciones de más de cinco ejes.

Dado a que en gran parte de la red nacional el volumen de tránsito es bajo, se a optado por introducir un quinto vehículo de proyecto representativo de los vehículos tipo C_2 , el cual se emplearía en el proyecto de caminos secundarios que, por su composición de tránsito, no ameritan proyectarse para vehículos mayores.

En la tabla 2: características de los vehículos de proyecto, se resumen las características de los vehículos de proyecto. La denominación de estos vehículos están en función de la distancia entre ejes extremos; de tal forma que el vehículo DE-1525 representa un vehículo con una distancia entre sus ejes extremos de 15.25 metros.

CARACTERISTICAS			VEHICULO DE PROYECTO						
			DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525		
D	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678		
I	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525		
M	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	-	-	-	397	915		
E	Distancia entre ejes del semiremolque	DES	-	-	-	762	610		
N	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92		
S	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61		
I	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	-	-	-	-	122		
O	Distancia entre ejes tándem semiremolque	Ts	-	-	-	122	122		
N	Distancia entre ejes interiores tractor	Dt	-	-	-	397	488		
E	Distancia entre ejes interiores tractor y semirremolque	Ds	-	-	-	701	793		
S	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259		
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259		
E	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412		
N	Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114		
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	6	61		
CM	Altura de faros traseros	Hl	61	61	61	61	61		
Angulo de desviación del haz de luz de los faros		α	1°	1°	1°	1°	1°		
Radio de giro mínimo (cm)		R _G	732	1040	1281	1220	1372		
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	W _V	2500	4000	7000	11000	14000		
	Vehículo cargado	W _C	5000	10000	17000	25000	30000		
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)		W _C /P	45	90	120	180	180		
VEHÍCULOS REPRESENTADOS POR EL PROYECTO			Ap y Ac	C2	B -C3	T2-S1 T2-S2	T3-S2 Y OTROS		
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS(DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO			Ap y Ac	99	100	100	100		
			C2	30	90	99	100		
			C3	10	75	99	100		
			T2-S1	0	0	1	80	99	
			T2-S2	0	0	1	93	78	100
			T3-S3	0	0	1	18	90	98
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICANDO CUYA RELACIÓN PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO.			Ap y Ac	98	100	100	100		
			C2	62	98	100	100		
			C3	20	82	100	100		
			T2-S1	6	85	100	100		
			T2-S2	6	42	98	98		
			T3-S3	2	35	80	80		

Tabla 2: Características de los vehículos de proyecto.

3.6. Velocidad de proyecto.

Es la velocidad máxima segura que se puede mantener en una sección específica de una vía, cuando la configuración del proyecto geométrico de la vía sea el que rija. Una vez seleccionada, todas las características pertinentes de la vía deben estar relacionadas a la velocidad del proyecto, para obtener un proyecto balanceado. Algunas características tales como las curvas horizontales y las curvas verticales, la elevación y la distancia de visibilidad, se encuentran directamente relacionadas con la velocidad de proyecto. Cuando se hace una modificación a la velocidad de proyecto, muchos elementos de la vía cambian.

La selección de la velocidad de proyecto es una de las más importantes decisiones que un proyectista debe hacer, dado que tiene un efecto profundo en el costo y en la seguridad de las instalaciones. Una sola velocidad de proyecto debe dirigirse a una sola instalación, una vez seleccionada, la velocidad de proyecto se debe mantener y no alterarse.

La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino, los volúmenes de tránsito y el uso de la tierra. Un camino en terreno plano o con lomerío suave justifica una velocidad de proyecto mayor que la correspondiente a la de un camino en terreno montañoso. Un camino que cruce una región poco habitada justifica una velocidad de proyecto mayor que otro situado en una región poblada.

Basándose en la topografía de México se puede establecer como límites para la velocidad de proyecto 30 km/h y 110 km/h. asimismo la variación recomendada para la variación de proyecto de diferentes caminos, debe estar basada en incrementos de 10 km/h. Incrementos mayores causarían una diferencia muy grande en los elementos de proyecto.

La tabla 3: Velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaria de Comunicaciones y Transporte para cada tipo de camino, registra Las velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT).

VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES				
TIPO DE CAMINO	TOPOGRAFÍA			
	PLANA O CON POCO LOMERIO.	CON LOMERIO FUERTE.	MONTAÑOSA, PERO POCO ESCARPADA.	MONTAÑOSA, PERO MUY ESCARPADA.
TIPO ESPECIAL	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
TIPO A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
TIPO B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
TIPO C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

Tabla 3: Velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte para cada tipo de camino.

3.7. Velocidad de operación.

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular en un tramo de un camino, bajo condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad de proyecto del tramo.

3.8. Distancia de visibilidad.

La longitud de carretera que un conductor ve continuamente delante de él, cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables, se llama distancia de visibilidad. En general se consideran dos distancias de visibilidad: la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase.

3.8.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Se considera obstáculo aquel que tenga una altura igual o mayor a 0.15 metros, estando situados los ojos del conductor a 1.15 metros sobre la

rasante del eje de la pista de circulación, es necesario que todos los puntos de una carretera estén provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada.

Si en una sección de carretera o camino resulta imposible o prohibitivo lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de proyecto, se deberá señalar dicho sector con la velocidad de operación con el objetivo de hacer seguro dicho sector.

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos términos:

- a) Distancia de reacción: Es la distancia que corre el vehículo desde que el conductor percibe el obstáculo hasta que decide que acción tomar, esta distancia está representada por la siguiente fórmula.

$$Dr = \frac{Vt}{3.6}$$

Dónde:

Dr = Distancia de reacción, en metros.

V = Velocidad del proyecto, en kilómetros por hora.

t = Tiempo de reacción, en segundos (generalmente de 1 a 2.5 segundos).

- b) Distancia de frenado: Es la distancia que se recorre desde el momento que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene, se representa de la siguiente manera para terreno a nivel y terreno en pendiente respectivamente:

$$Df = \frac{V^2}{254f}$$

$$Df = \frac{V^2}{254(f \pm P)}$$

Dónde:

Df = Distancia de frenado, en metros.

V = Velocidad del proyecto, en kilómetros por hora.

f = Coeficiente de fricción (varia de 0.2 a 0.9, recomendable 0.4).

P = Pendiente de la carretera, en fracción decimal y los signos serán (+) subiendo y (-) bajando.

3.8.2. Distancia de visibilidad de rebase.

Es la distancia de visibilidad mínima que debe estar disponible para que el conductor del vehículo pueda sobrepasar a otro u otros que marchan por el mismo carril a una velocidad menor, con comodidad, seguridad y sin peligro de chocar con otro vehículo que venga en dirección contraria y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Al calcular la velocidad de paso en un camino de dos vías, se hacen las siguientes suposiciones con respecto al comportamiento del conductor:

- El vehículo que se rebasa va a una velocidad uniforme menor que la de proyecto.
- El vehículo que sobrepasa tiene que reducir su velocidad a la del vehículo que es rebasado mientras recorre la parte del camino donde la parte del camino donde la distancia de visibilidad no es segura para pasar.
- Cuando se llega a la zona segura de sobrepaso, el conductor del vehículo que quiere sobrepasar requiere un corto periodo para examinar la situación y decidir si es seguro el sobrepaso o no, al cual se le conoce como periodo de percepción y reacción.
- Si se ejecuta el sobrepaso, este se logra acelerando sobre la operación.
- El tránsito por el carril opuesto aparece en el momento en que se comienza la maniobra de sobrepaso y llega al lado del vehículo que sobrepasa cuando la maniobra es completada.

Esta maniobra que se ha supuesto con todas las suposiciones respecto al conductor requiere de la consideración de los siguientes tres elementos:

- a) Distancia D_1 , recorrida durante el tiempo de percepción y reacción: En esta distancia se adopta un tiempo (t_1) de percepción y reacción de tres

segundos y se supone que el vehículo que sobrepasa llevaba una velocidad (V) de proyecto y después ha reducido su velocidad hasta igualar la del vehículo rebasado, la cual se considera de 15 kilómetros por hora, esta distancia queda representada por la siguiente formula:

$$D1 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right) t1 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right) 3 = 0.83(V - m)$$

La distancia (D1) se recorre mientras que el vehículo que sobrepasa se mantiene a una distancia (S) del que lo procede, calculando esta distancia de la siguiente manera:

$$S = 0.189(V - m) + 6$$

Una vez completada la maniobra de sobrepaso, el vehículo que lleva más velocidad habrá recorrido una distancia de 2S con relación al vehículo rebasado. Durante la maniobra de rebase el vehículo de mayor velocidad a estado acelerando a razón de (a) km/hora/seg., por lo tanto el tiempo (t2) requerido se expresa de la siguiente manera:

$$t2 = \sqrt{\frac{14.4 S}{a}}$$

- b) Distancia D2, recorrida por el vehículo que sobrepasa mientras realiza la operación de rebase: Esta distancia es la que recorre el vehículo que pasa con respecto al sobrepasado más la distancia recorrida por este último en el mismo tiempo, y se expresa de la siguiente manera:

$$D2 = 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) t2$$

- c) Distancia D3, recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto durante la operación de sobrepaso: Una vez iniciada la maniobra de sobrepaso aparece en sentido contrario un tercer vehículo circulando a la

velocidad de proyecto (V), la distancia (D3) se expresa con la siguiente ecuación:

$$D3 = \left(\frac{V}{3.6}\right) t2$$

De acuerdo a lo anterior se concluye que la distancia de visibilidad mínima para pasar a un vehículo, se expresa con la siguiente ecuación:

$$D = D1 + D2 + D3 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right) t1 + 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) t3 + \left(\frac{V}{3.6}\right) t3$$

Dónde:

D = Distancia de visibilidad, en metros.

V = Velocidad de proyecto del camino en kilómetros por hora.

m = Diferencia de velocidades entre los dos vehículos, en kilómetros de hora.

S = Distancia mínima de seguridad en metros entre los dos vehículos.

t1 = Tiempo de percepción y reacción para iniciar la maniobra, en segundos.

t2 = Tiempo en segundos, en el cual el vehículo que sobrepasa tarda en recorrer la distancia (D2), mismo en el cual el vehículo del carril contrario tarda en recorrer la distancia (D3).

En cambio, si el vehículo sobrepasa a dos en lugar de a uno solo, deberá mantenerse acelerando mientras recorre la distancia (D2) durante el tiempo (t3), el cual se expresa de la manera siguiente:

$$t3 = \sqrt{\frac{2.16 S}{a}}$$

La distancia de sobrepaso (D2) y la distancia de visibilidad de paso (D) quedaran de la siguiente manera:

$$D2 = 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) t3$$

$$D = D1 + D2 + D3 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t1 + 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t3 + \left(\frac{V}{3.6}\right)t3$$

Los valores de aceleración (a) que se utiliza n las ecuaciones para el cálculo de distancia de visibilidad de rebase se muestran en la tabla 4: Valores de aceleración para la distancia de visibilidad de paso.

Velocidad de Proyecto en km/hr	Aceleración a en km/hr por segundo, para m=diferencia entre V y la velocidad del vehículo sobrepasado.			
	15	24	32	40
	Sobre paso de un vehículo.			
50	4.2	4.6	5.1	5.7
65	3.4	3.7	4.2	4.6
80	2.7	3.0	3.4	3.7
95	2.1	2.2	2.7	3.0
110	1.6	1.8	2.1	2.2
	Sobrepaso de dos vehículos.			
50	4.0	4.5	5.0	5.5
65	3.2	3.5	4.0	4.5
80	2.6	2.9	3.2	3.5
95	1.9	2.2	2.5	2.9
110	1.4	1.8	1.9	2.2

Tabla 4: Valores de aceleración para la distancia de visibilidad de paso.

3.9. Volumen de tránsito.

El volumen de transito es la cantidad de vehículos que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido, las unidades empleadas son: vehículos por día o vehículos por hora. El transito promedio diario anual (T.P.D.A.), es el promedio de los volúmenes de transito que circulan durante 24 horas en un año, se emplea para los estudios económicos de la vía y para efectuar distribuciones de fondos. Para proyectar los aspectos geométricos de un camino se emplean los volúmenes horarios máximos, los cuales resultan de dividir el número de vehículos que pasan por un determinado punto en un periodo, a estos horarios máximos también se les denomina volumen directriz.

3.9.1. Determinación del volumen de tránsito.

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera, se utilizan como fuente los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, los aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

- a) Estudios de origen y destino: Su objetivo primordial es conocer el movimiento de tránsito en cuanto a los puntos de partida y de términos de los viajes; adicionalmente se obtienen datos del comportamiento del tránsito, tanto en lo que se refiere a su magnitud y composición como a los diversos tipos de productos que se transportan.

El método más apropiado para estudios en carretas es el de las entrevistas directas, ya que se obtienen en forma rápida y eficiente el origen, destino y punto intermedio de viaje de cada conductor entrevistado. Se registran rutas de los diferentes tipos de vehículos y productos o pasajeros que transportan por cada sentido, así como las longitudes de recorrido.

- b) Muestreos de tránsito: Se realiza instalando estaciones de aforo en toda la red carretera, procurando que estas estaciones capturen el tránsito representativo de cada tramo y a su vez registren el tránsito promedio diario. El conteo de los vehículos se realiza por contadores manuales o electromecánicos registrando los volúmenes cada hora y clasificándolos en vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados.
- c) Estaciones maestras: Con el objetivo de complementar tanto los muestreos de tránsito como los estudios de origen y destino, se han instalado en diferentes tramos de la red, provistas de contadores automáticos, cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año. Las casetas de cobro funcionan como estaciones maestras ya que registran los volúmenes de tránsito, así como

su composición en forma continua, permitiendo conocer las variaciones estacionales.

3.10. Sección transversal.

Se puede definir según el manual de proyecto geométrico editado por la SCT como el corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensión de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. Los elementos que integran y definen la sección transversal son: la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas y las partes complementarias en la figura 8 se muestra una sección transversal típica de un camino en una tangente del alineamiento horizontal.

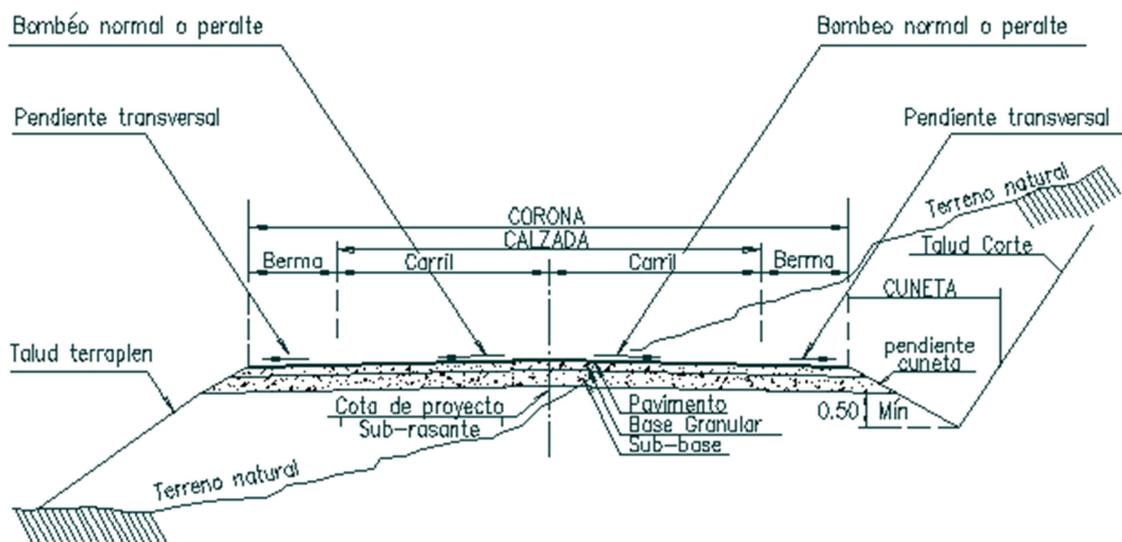


Figura 8. Sección transversal típica.

3.10.1. Corona

La corona, como se definió anteriormente, es la superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén o entre las aristas inferiores de un corte al nivel del eje de dicha superficie, sin contar las cunetas. En la sección transversal está definida por una línea. Los elementos que define la corona son:

- a) Rasante: Línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En sección transversal es representada por un punto.
- b) Pendiente transversal: Es la pendiente que se le da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal. Se representan tres casos:
- Bombeo: Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
 - Sobreelevación: Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga.
 - Transición del bombeo a la sobreelevación: Para pasar del bombeo a la sobreelevación es necesario hacerlo de manera gradual en una longitud adecuada que permita hacer adecuadamente el cambio de pendientes transversales.
- c) Calzada: Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y construido por uno o más carriles con ancho suficiente para el adecuado tránsito de los vehículos, dependiendo si se encuentra en tangente o en curva puede variar el ancho del mismo carril.
- d) Acotamientos: Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banquetta o de la faja separadora.

Tiene como ventajas principales: Dar seguridad al usuario al proporcionar un ancho adicional fuera de la calzada, proteger de la humedad y posibles erosiones a la calzada, mejorar la visibilidad en los tramos en curva, facilitar los trabajos de conservación y dar una mejor apariencia al camino.

3.10.2. Subcorona

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es representada por una línea.

Se entiende por terracería, el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno

natural y la subcorona define los espesores de corteo terraplén en cada punto de la sección.

Se entiende por pavimento, a la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendida entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzo transmitidos a la capa de terracerías, no les causen deformaciones perjudiciales. Al mismo tiempo proporcionan una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por la capa sub-base, la capa base y la carpeta, definiendo esta ultima la calzada del camino.

Los elementos que definen la subcorona son:

- a) Subrasante: la subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.
- b) Pendiente transversal: La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación.
- c) Ancho: El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche.

3.10.3. Cunetas y contracunetas

Son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

- a) Cunetas: son zanjas que se construyen en los tramos de corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objetivo de recibir el agua que escurre de la corona y los taludes de corte.

Normalmente la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1 metro medido horizontalmente dl hombro de la corona al fondo de la cuneta, su talud es generalmente de 3:1, del fondo de la cuneta parte el talud del corte.

- b) Contracunetas: Zanjas de sección trapezoidal que se excavan arriba de la línea de ceros para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno natural con el fin de lograr una intercepción eficiente del escurrimiento laminar. Las dimensiones están y localización está determinado por el escurrimiento posible, la configuración de terreno y las características geotécnicas de los materiales que lo forman.

3.10.4. Taludes

El talud es la inclinación del parámetro de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta, y en terraplenes queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

3.10.5. Partes complementarias

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que ocurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino.

- a) Guarniciones: Son elementos parcialmente enterrados, de concreto hidráulico que se emplean principalmente para delimitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. El tipo y ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y por lo tanto en la seguridad y utilidad del camino.
- b) Bordillos: Son elementos que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros del terraplén con el fin de encausar el agua que escurra por la corona y que no provoque erosiones en el talud del terraplén. El caudal recogido se descarga por los lavaderos construidos sobre el talud del terraplén.
- c) Banquetas: Fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella. En caminos, rara vez son necesarias.
- d) Fajas separadoras: zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o para dividir carriles del mismo sentido pero diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas separadoras centrales y a las segundas se les conoce como fajas separadoras laterales.

3.10.6. Derecho de vía

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

En general conviene que el ancho de vía sea uniforme pero habrá ocasiones en que para alojar intersecciones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho.

4. PARAMETROS DE DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO.

4.1. Principios básicos.

Partiendo de la suposición de él caso que un vehículo este completamente fuera de control y que el sistema de frenos haya fallado por completo, el cual se consideraría como el caso más desfavorable, se pueden identificar las fuerzas actuantes en el vehículo y que afectan la velocidad de este e incluye al motor, frenos y todas las fuerzas que actúan en el vehículo. Las fuerzas del motor y de los frenos se desprecian por lo mencionado anteriormente. Y resulta que la sumatoria de las fuerzas en el vehículo, es la inercia (F_i), el aire (F_a), la resistencia al rodado (F_r) y la pendiente (a). En la figura 9 se muestra la representación de las fuerzas actuantes en el vehículo.

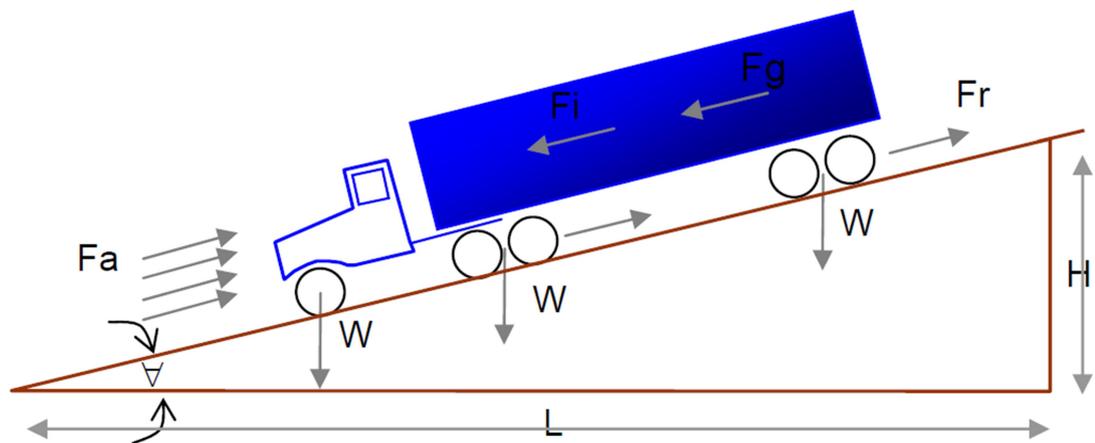


Figura 9. Fuerzas actuantes en el vehículo.

Dónde:

F_i = Fuerza de inercia.

F_a = Resistencia del aire.

F_g = Fuerza por pendiente.

F_r = Resistencia al rodado.

W = Peso del vehículo.

H = Altura

α = Ángulo de inclinación.

L = Longitud.

La fuerza de inercia (F_i) se resiste al movimiento del vehículo a menos que sobre el vehículo actúe una fuerza externa. La fuerza de inercia (F_i) puede ser superada por un incremento o una disminución de la velocidad del vehículo, en donde la resistencia al rodado (F_r) y la pendiente pueden romper la inercia de un vehículo. La (F_r) es la resistencia al movimiento generado por el área de contacto de los neumáticos y la superficie de rodamiento. Esta fuerza es aplicable únicamente cuando el vehículo está en movimiento y su influencia depende del tipo de superficie. La pendiente se expresa como la fuerza requerida para mover un vehículo, a través de una distancia vertical; la cual es positiva (ascendente) o negativa (descendente).

La resistencia del aire (F_a) es una fuerza negativa que retarda el movimiento al estar en contacto con un área frontal del vehículo. El aire causa una importante resistencia al movimiento cuando se tienen velocidades superiores a los 80 km/hr y es irrelevante cuando se tienen velocidades menores a 30 km/hr. El efecto de la resistencia del aire ha sido despreciable en el cálculo de la longitud de rampas para frenado, esto debido a que es un pequeño factor de seguridad en el diseño de las rampas para frenado.

4.2. Tipos de rampa de frenado.

Una rampa de frenado es una franja auxiliar conectada al arroyo vial, especialmente acondicionada para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas, principalmente en sus sistemas de frenos, desacelerando en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando, en su caso, la acción de la gravedad.

Se identifican tres categorías para clasificar los tipos de rampas, estas son:

- a) Gravitacionales: Las rampas gravitacionales tienen un material granular compactado densamente en la superficie de rodamiento, confiando principalmente en la fuerza de la gravedad para disminuir la velocidad y detener el vehículo. Este tipo es de gran longitud, debe tener una pendiente importante. Un inconveniente es que una vez se haya logrado que el vehículo se detenga, este comience a descender debido a que el vehículo no cuenta con su sistema de frenos, generando una condición de riesgo para el conductor y otros vehículos que circulan por el camino, por lo que su utilización es reducida y la menos recomendada.

- b) Camas de frenado: Existen tres diseños predominantes clasificados por la pendiente: pendiente descendente, pendiente horizontal y pendiente ascendente y son construidas normalmente paralelas y adyacentes al camino. Este tipo de rampas utiliza material granular suelto, de manera tal que aumente la resistencia al rodado para la detención de los vehículos. Las camas de frenado con pendiente ascendente tienen la ventaja de utilizar la inclinación al terreno como complemento a los materiales granulares de la cama de frenado y reducir así su longitud. En donde la topografía no lo permita la utilización de camas de frenado con pendiente horizontal o descendente son otra opción que tienen la particularidad de que se requerirá una mayor longitud de cama de frenado.

- c) Montículos de Arena: Están compuestas generalmente de arena suelta y seca, y su longitud normalmente no sobrepasa los 120 m. La influencia de la gravedad depende de la pendiente de la superficie, el incremento de la resistencia al rodado es suministrado por la arena suelta, sin embargo las desaceleraciones en montículos de arena son muy severas para el conductor, además de que la arena puede ser afectada por el clima. Debido a estas circunstancias, este tipo de rampa no resulta ser tan segura como las camas de frenado.

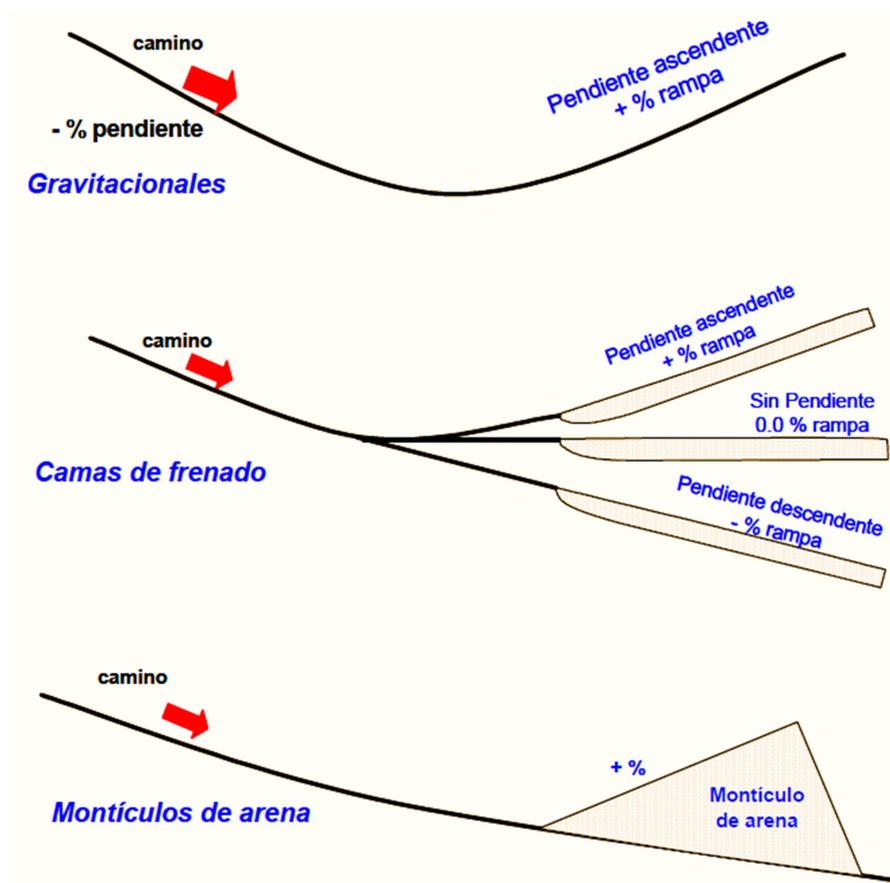


Figura 10. Tipos de rampa de frenado.

Los procedimientos usados para el diseño y análisis de las rampas de frenado son esencialmente los mismos para cada una de las categorías o tipos identificados, se requiere como datos la velocidad de entrada a la rampa, la pendiente longitudinal de la misma y el material a utilizar en la cama, en donde este último tiene un papel muy importante ya que influye directamente en el factor resistencia al rodamiento requerido para disminuir y detener de forma segura los vehículos.

4.3. Consideraciones de diseño.

Es de suma importancia considerar que el conductor que un vehículo fuera de control, no se encuentra en condiciones de tomar decisiones o de realizar acciones complejas. Es por eso que al diseñar una rampa de frenado, incluyendo su señalización, el proyectista debe brindar las condiciones necesarias para que el conductor conozca la existencia de este dispositivo, entienda las indicaciones para realizar las maniobras oportunas y tener la confianza de ingresar de manera segura a este dispositivo y que no continúe con el flujo vehicular.

Las condiciones mínimas que debe cumplir una rampa de frenado son:

- a) Contar con un acceso amplio y una buena visibilidad de toda la rampa la mayor cantidad de tiempo posible.
- b) Tener una longitud suficiente.
- c) Colocar los materiales adecuados y contar con un camino de servicio para auxiliar a y remover a los vehículos así como para el mantenimiento de la rampa.
- d) Contar con una señalización adecuada.

De tal manera que teniendo en consideración estos cuatro puntos se puede realizar de manera más adecuada el diseño de una rampa para frenado de emergencia.

4.4. Estudios previos.

4.4.1. Estudios topográficos

Son el conjunto de actividades de campo y gabinete necesarias para representar gráficamente y a una escala convenida, la topografía de un lugar mediante sus proyecciones horizontales y verticales, conocidas como planimetría y altimetría respectivamente. Identificando sobre la topografía los puntos característicos de las obras que existan en el lugar y las que se proyecte.

Para identificar el lugar en donde se deberá construir la rampa par frenado de emergencia es necesario contar con datos confiables sobre la configuración del terreno, para determinar si la geometría de la rampa es posible construirla en ese lugar, si se deberá realizar adaptaciones al sitio o elegir otra opción más factible.

El levantamiento topográfico se puede llevar a cabo por medio de brigadas y equipo necesario con el objetivo de obtener los datos de la configuración del terreno, estos deberán ser como mínimo:

- Vías de comunicación existente.

Tales como Caminos, carreteras, vías férreas. Registrando su esviaje e igualdades de cadenamiento.

- Líneas de energía eléctrica.

Registrando el esviaje, voltaje y altura de conductores sobre el terreno

- Ductos.

Con su diámetro, profundidad y tipo de fluido que conducen.

- Construcciones.

Identificar tipos y dimensiones de estas construcciones.

- Ríos, canales, embalses y arroyos.

Se registrara el esviaje del mismo, la elevación del N.A.M.E. y/o en su caso el nivel freático observado y detectado en campo.

Se deberá también de realizar la monumentación de puntos de control y bancos de nivel, esto con el fin de referenciar dicho levantamiento en el sitio. También es importante realizar un informe fotográfico de los trabajos realizados para poder tener evidencia y un aspecto grafico representativo de la zona en donde se realizará la construcción de la rampa de frenado.

4.4.2. Estudios geotécnicos.

Son los estudios que se realizan al subsuelo donde se pretende construir la rampa de frenado, y zonas de influencia cercanas, como taludes de corte. Para identificar la calidad de los materiales del suelo, el tipo de material, la capacidad del portante del suelo y la identificación de fallas geológicas que influya en el desarrollo del proyecto.

Sera necesario realizar el reconocimiento de la zona en estudio utilizando cartas geológicas y fotografías aéreas, con el fin de detectar unidades geológicas de suelo y/o rocas, detectando además problemas generales y particulares.

Será necesario la realización de sondeos, preferentemente pozos a cielo abierto con una profundidad mínima de 2.5 m, por la presencia de roca o por la presencia del nivel freático. Se identificara la estratigrafía del sondeo así como la obtención de muestras representativas para cada uno de los estratos encontrados, las muestras se enviaron a laboratorio para determinar las propiedades de cada uno de los materiales.

Cuando se presenten casos de corte significativos, será necesario el uso de estudios geofísicos, tomando en cuenta cortes significativos donde la subrasante de la rampa está por debajo de 20 m del terreno natural y no exista la profundidad de determinar la calidad de los materiales a esa profundidad mediante pozos a cielo abierto. Previo a la realización del estudio geofísico se deberá tener la certeza de que no exista un lugar para ubicar la rampa de frenado. Ya que el costo

del movimiento de tierras elevaría el costo de la construcción de la rampa de frenado.

En caso de identificar que las condiciones del suelo no son favorables para la construcción de la rampa de frenado, se debe identificar algún método de mejoramiento previo a la construcción de la rampa, para evitar problemas posteriores.

Es importante identificar y realizar estudios a bancos de préstamo cercanos, para que el material granular a utilizar en la cama de frenado cumpla con la calidad requerida.

4.5. Determinación del sitio donde se ubicara la rampa.

Para determinar donde es necesaria una rampa de frenado, involucra una serie de aspectos que no forman una metodología clara debido a las particularidades del proyecto carretero, la configuración topográfica y demás elementos que influyen directamente para la determinación de la ubicación de una rampa de frenado.

Los principales factores que existen son:

- a) Análisis estadístico de los accidentes dirigido a las salidas del camino, los impactos contra taludes o cortes en tangente o cualquier tipo de accidente que se relacione a la falla en el sistema de frenos de vehículos.
- b) La relación de la condición que presenta el sistema de frenos de un vehículo al ser constantemente utilizado.
- c) El volumen de tránsito y la participación de los vehículos pesados.
- d) El número de carriles en pendiente.
- e) La presencia de curvas horizontales con radios reducidas previas a la rampa.

Teniendo en consideración los factores anteriores se ha podido concluir los siguientes puntos a tomar en consideración para ubicar una rampa para frenado de emergencia para caminos nuevos o en operación:

- Se debe ubicar un punto de la pendiente que permita interceptar la mayor cantidad de vehículos fuera de control y antes del lugar en donde se restringen accidentes o donde exista un sitio de alto riesgo por falla en el sistema de frenos.
- Se debe construir antes de las curvas horizontales de radio reducido que no puedan ser enfrentadas de manera segura por vehículos fuera de control, ya que seguramente el vehículo saldrá fuera del camino antes de llegar a esta.
- En tramos descendentes mayores de 8 km, se considerara la instalación de rampas para frenado de emergencia a cada 4 o 5 km, a partir de la cresta de la curva vertical con la intención de captar el mayor número de vehículos con fallas en sistemas de frenos y evitar se aceleren de manera insegura.
- En carreteras de un carril por sentido, la rampa se ubicara del costado derecho y de preferencia previo a una curva horizontal izquierda de tal manera que el acceso a la cama de frenado sea una prolongación de la tangente previa a la curva.
- En carreteras de dos o más carriles por sentido que cuenten con una amplia faja separadora central se puede alojar del costado izquierdo y de preferencia previo a una curva horizontal derecha de tal forma que el acceso a la cama de frenado también sea una prolongación de la tangente previa a la curva. En cualquier caso lo que se pretende es que los vehículos que ingresen lo hagan lo más directo posible y de forma segura ya que una vez dentro de la cama de frenado se pierde la maniobrabilidad del vehículo.

- La rampa debe tener una buena visibilidad y una deflexión con respecto al trazo del camino menor o igual a 5 grados.

En términos generales para caminos nuevos o en operación, se justifica la colocación de una rampa de frenado en las siguientes situaciones:

- a) Sitios con estadísticas de accidentes causados por vehículos pesados fuera de control, debido a averías en sus sistemas de frenos.
- b) Zonas con una participación importante de vehículos pesados y con una pendiente sostenida superior a 5% y que además se cumpla la siguiente condición.

$$L * i^2 > 60$$

Dónde:

L = Longitud d la pendiente del camino. (km)

i = Pendiente Longitudinal del camino. (%)

- c) Tramos en los que exista una alta posibilidad de que los vehículos con el sistema de frenos dañados puedan acelerarse a velocidades toleradas por el alineamiento horizontal o hasta 140 km/hr.

4.6. Diseño elementos geométricos de las rampas para frenado.

Para el diseño geométrico de las rampas para frenado de emergencia se tomaran en cuenta los siguientes aspectos con el fin de obtener las dimensiones de los elementos que integran este dispositivo y que sean los más adecuados a las particularidades de las distintas rampas de frenado que se pueden presentar.

4.6.1. Ancho.

Se debe garantizar que el ancho para ingresar a las rampas de emergencia para frenado sea el adecuado y que se realice el ingreso de forma segura. El ancho óptimo recomendable para la cama de frenado oscila entre los 10 y 12 metros,

teniendo en cuenta que al momento de retirar los vehículos de la cama de frenado este ancho permite hacerlo con relativa facilidad.

4.6.2. Longitud.

La longitud de una rampa para frenado de emergencia debe considerar la longitud de la cama de frenado para garantizar que los vehículos que ingresen a esta logren ser detenidos y la longitud del acceso pavimentado, que será la necesaria para alojar la curva vertical que permia pasar de la pendiente de la carretera a la pendiente de la cama de frenado.

Se ha logrado determinar una expresión que relaciona el tipo de material que se utilizara en la cama de frenado y su resistencia a la rodadura, la velocidad con la que accede el vehículo a la rampa y la pendiente misma de la rampa. La cual se expresa a continuación:

$$Le = \frac{Ve^2}{254(R + SI)}$$

Dónde:

Le = Longitud efectiva de la cama de frenado. (m).

Ve = Velocidad de entrada a la rampa. (km/hr).

R = Resistencia a la rodadura del material con que se conformara la cama de frenado. (Adimensional).

SI = Pendiente de la cama de frenado. Positiva si es ascendente y negativa si es descendente. (Adimensional).

Para la determinación de la velocidad de entrad se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$V_e = \left(V_p^2 - 254 \sum_{i=1}^n L p_i (R + P_i) \right)^{1/2}$$

Dónde:

V_p = Velocidad de operación media o estimada de la carretera. (km/hr).

n = Números de subtramos con pendientes descendentes diferentes, que integren el tramo para el que se proyecte la rampa. (Adimensional).

$L p_i$ = longitud del subtramo i con pendiente descendente P_i . (m).

R = Resistencia a la rodadura de la superficie del pavimento, se considerara de 0.01 para pavimentos asfálticos y de 0.012 para pavimentos hidráulicos. (Adimensional).

P_i = Pendiente descendente negativa del subtramo i de longitud $L p_i$. (Adimensional).

Existen diferentes materiales con los que se puede conformar la cama de frenado, sin embargo los más utilizados se mencionan en la tabla 5 donde se muestra la resistencia a la rodadura de cada material.

MATERIAL DE LA CAMA DE FRENADO	RESISTENCIA A LA RODADURA, R
Grava triturada suelta	0.050
Grava de río suelta	0.100
Arena suelta	0.150
Gravilla uniforme suelta	0.250

Tabla 5: Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado.

Por motivos de seguridad de variaciones que existan en el proceso de diseño y construcción de la rampa para frenado de emergencia, se tomara en cuenta un factor de seguridad que atiende al 25 % de la longitud efectiva (L_e) de la cama de frenado. Haciendo este dispositivo más seguro para cumplir con el objetivo primordial que es salvar la mayor cantidad de vidas posibles.

Por lo que la expresión de la longitud total de la cama de frenado queda expresada de la siguiente manera:

$$L_T = (1.25 L_e)$$

Dónde:

L_T = Longitud total de la cama de la cama de frenado. (m).

L_e = Longitud efectiva de la cama de frenado. (m).

4.6.3. Espesor de la cama de frenado.

El tipo de rampa de frenado que se esté diseñando influye directamente en el espesor de la cama de frenado que se utilizara. Por lo que el espesor de la rampa de frenado se diseñara tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Rampas con montículos: La cama de frenado se formara colocando el material a volteo, sobre una terracería horizontal de forma en que la pendiente ascendente del montículo sea menor a 2.5 % con respecto a la longitud total de la cama de frenado. Sus taludes laterales y final serán como mínimo de tres a uno (3:1) para asegurar la estabilidad del material y para evitar que el material sea desplazado el espesor mínimo al inicio de la rampa deberá ser de 10 centímetros.

- b) Camas de frenado: Las rampas para frenado de emergencia que se diseñen con cama de frenado, ya sea con pendiente ascendente, sin pendiente o con pendiente descendente deberá tener como mínimo un espesor de 60 centímetros a 1 metro. El material utilizado será colocado a volteo en caja realizada previamente en la terracería de la rampa, con taludes de dos tercios a uno (2/3:1) y profundidad igual que el espesor de la cama. Para evitar desaceleraciones excesiva en el vehículo la cama de frenado se construirá con un espesor de cuando menos 10 centímetros en el punto de entrada. Que aumentara uniformemente hasta alcanzar su

espesor de diseño. Cuando se utilice como material para la construcción de la cama de frenado grava triturada el espesor de diseño será de un metro como mínimo.

4.6.4. Dispositivos complementarios.

Para los casos donde la topografía del sitio no permita que se pueda construir el desarrollo total de la longitud de la rampa para frenado de emergencia, o donde limitaciones físicas que restrinjan la construcción de la rampa, se podrá complementar con dispositivos que permitan una desaceleración mayor teniendo siempre en consideración que deben de ser seguros para el vehículo que se encuentre con fallas en su sistema de frenado. Se mencionan los siguientes dispositivos a continuación:

- Montículos del mismo material utilizado en la cama de frenado de setenta centímetros de altura y tres metros de base con taludes de dos a uno (2:1) ubicados en el punto de la cama de frenado en donde el impacto del vehículo se produzca a una velocidad menor de 40 kilómetros por hora.
- Dispositivos que puedan detener los vehículos sin dañar a sus ocupantes, formados con tambores de plástico rellenos hasta la altura del tambor con materiales que especifique el fabricante, colocados en un punto de la cama donde el impacto que se produzca del vehículo con estos dispositivos se a una velocidad menor de 20 kilómetros por hora.

4.7. Materiales utilizados para conformar la cama de frenado.

El material a utilizar en la cama de frenado tiene su importancia debido a que es el elemento que disipa la velocidad de los vehículos que ingresan a la rampa para frenado de emergencia. Este material debe de tener las características de no ser compactable y tener un alto coeficiente de resistencia al rodamiento, cuyo tamaño ideal debe estar comprendido dentro del rango $\frac{1}{4}$ de pulgada y $1 \frac{1}{2}$ pulgadas y con promedio de las mismas entre $\frac{1}{2}$ de pulgada y $\frac{3}{4}$ de pulgada. Debe de ser de

tamaño uniforme y contar con cantos redondeados y no triturados. Los materiales utilizados serán los expuestos en la tabla 6.

GRANULOMETRIA				
MALLA		PORCENTAJE QUE PASA		
Abertura (mm)	Designación	Grava	Gravilla	Arena
37.5	1 ½ ”	100	---	---
25	1 ”	95 Mín.	---	---
12.5	½ ”	35 Máx.	100	---
9.5	3/8 ”	---	95 Mín.	100
6.3	¼ ”	---	---	95 Mín.
4.75	No 4	5 Máx.	5 Máx.	---
2	No 10	---	---	5 Máx.
0.075	No 200	2 Máx.	2 Máx.	2 Máx.
CARACTERISTICA		VALOR		
Desgaste Los Ángeles (% Máximo)		30	30	30
Partículas alargadas y lajeadas (% Máximo)		25	25	25

Tabla 6: Características de materiales para cama de frenado.

4.8. Drenaje y Subdrenaje.

El drenaje es un factor fundamental en la vida útil de las rampas de frenado, y que un drenaje inadecuado puede llevar a la acumulación de partículas finas que llenen los huecos y compacten el material, ocasionando una reducción del rendimiento y por otra parte, en climas fríos, el congelamiento anula la eficacia de la cama de frenado. La falta de drenaje podría llevar a la inutilización de las rampas de frenado, por lo cual se han tomado algunas medidas para evitar que la rampa de frenado quede inutilizada.

Las medidas que se deben considerar en el diseño del drenaje de la rampa para frenado de emergencia son:

- a) Se tomara en cuenta una pendiente transversal de, como mínimo, dos por ciento en el fondo de la caja de la cama de frenado para interceptar y recolectar las aguas pluviales que se infiltren en la cama de frenado.
- b) Se colocara un dren longitudinal en la parte baja de la pendiente transversal de la cama de frenado, para desalojar el agua recolectada.
- c) Se deberán colocar un sistema de subdrenes transversales a la cama de frenado, especialmente en zonas donde e la precipitación pluvial sea elevada.
- d) En caso de que la rampa para frenado tenga uno o ambos taludes producto del corte de terreno, se construirá la cuneta y contracuneta correspondientes en ese talud.
- e) Se recomienda la utilización de geotextiles para evitar la contaminación de material fino que proceda desde el suelo natural, y que este evite el buen drenaje de la cama de frenado.

4.9. Rescate de vehículos.

El diseño adecuado de una rampa para frenado de emergencia no solo debe estar orientado a que los vehículos fuera de control sean salvados de un alto riesgo de accidente, sino además debe contemplar disposiciones para facilitar la remoción de los vehículos por medio de grúas u otros equipos de servicio. Para ello es necesario diseñar un camino de servicio y un señalamiento, y que en su conjunto formen un diseño integral ofreciendo una mayor seguridad para los vehículos al momento de ingresar a estos dispositivos.

El carril auxiliar o camino de servicio debe diseñarse de manera tal que el conductor que viene en un vehículo fuera de control no lo confunda con la cama

de frenado. Lo anterior tiene especial relevancia cuando se conduce de manera nocturna o condiciones climáticas desfavorables.

El camino de servicio será adyacente a la cama de frenado, preferentemente del lado más próximo a la carretera con un ancho mínimo de tres metros y pavimentado igual que los acotamientos de la carretera o mediante un tratamiento superficial que provea una superficie firme para los equipos de rescate, alejada de la ruta principal y hacia la cual se pueden arrastrar los vehículos atrapados. En los lugares que sean posibles, será conveniente que el camino de servicio retorne a la carretera permitiendo tanto a la grúa como al vehículo rescatado, un reingreso más fácil a la ruta.

Con el fin de facilitar el rescate de los vehículos se utilizan macizos de anclaje normalmente contruidos de concreto hidráulico con las dimensiones y la resistencia que permitan el anclaje o apoyo de los equipos de rescate y estarán alojados del lado del camino de servicio opuesto a la cama de frenado, separados entre sí de forma equidistante a no menos de cincuenta metros ni menos de cien metros. Para facilitar el rescate de los vehículos que solo hayan entrado una corta distancia, el primer macizo de anclaje se colocara lo más próximo posible a la entrada de la cama de frenado.

4.10. Señalamiento.

Con la finalidad de que el conductor del vehículo que se encuentre con fallas en su sistema de frenado tenga el conocimiento adecuado de las maniobras que debe ejecutar para poder entrar a la rampa para frenado de emergencia se debe tener una adecuada señalización que permita prevenir, guiar, recomendar y restringir al conductor las acciones que debe de tomar previo y durante l acceso a la rampa.

Se debe tomar en cuenta que debe existir un señalamiento horizontal y un señalamiento vertical adicional al señalamiento de la carretera.

4.10.1. Señalamiento horizontal.

El señalamiento horizontal de rampas para frenado de emergencia se debe hacer mediante marcas especiales pintadas o colocadas sobre el pavimento, tanto en tangentes como en curvas, denominadas rayas de frenado de emergencia. De quince centímetros de ancho y color rojo. En la entrada a la rampa y diferenciando claramente el camino de servicio para evitar que los vehículos fuera de control entren en él, se deben utilizar rayas canalizadoras.

Para ilustrar la manera en que se debe colocar las rayas de emergencia y las rayas canalizadoras se muestra la figura 11, identificando los diferentes tipos de líneas conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

- Raya de emergencia para frenado discontinua (M-14.1)

Se utiliza para guiar a los vehículos que pudieran estar fuera de control, desde el sitio donde inicia la pendiente descendente continua y prolongada para la que se diseña la rampa, hasta mil (1 000) metros antes de su entrada, lugar donde los conductores han de tomar la decisión de entrar a ella. Se sitúa en el centro del carril descendente de la carretera o si esta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y consiste en segmentos de cinco (5) metros separados entre sí diez (10) metros.

- Raya de emergencia para frenado continua (M-14.2)

Se utiliza para guiar en forma continua a los vehículos que estén fuera de control, desde el sitio donde concluya la raya de emergencia para frenado discontinua, hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa. Se sitúa en el centro del carril descendente de la carretera o si esta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y si, la rampa se ubica en la derecha del camino, en una tangente ubicada a no menos de quinientos metros antes de la entrada de la rampa, esta raya

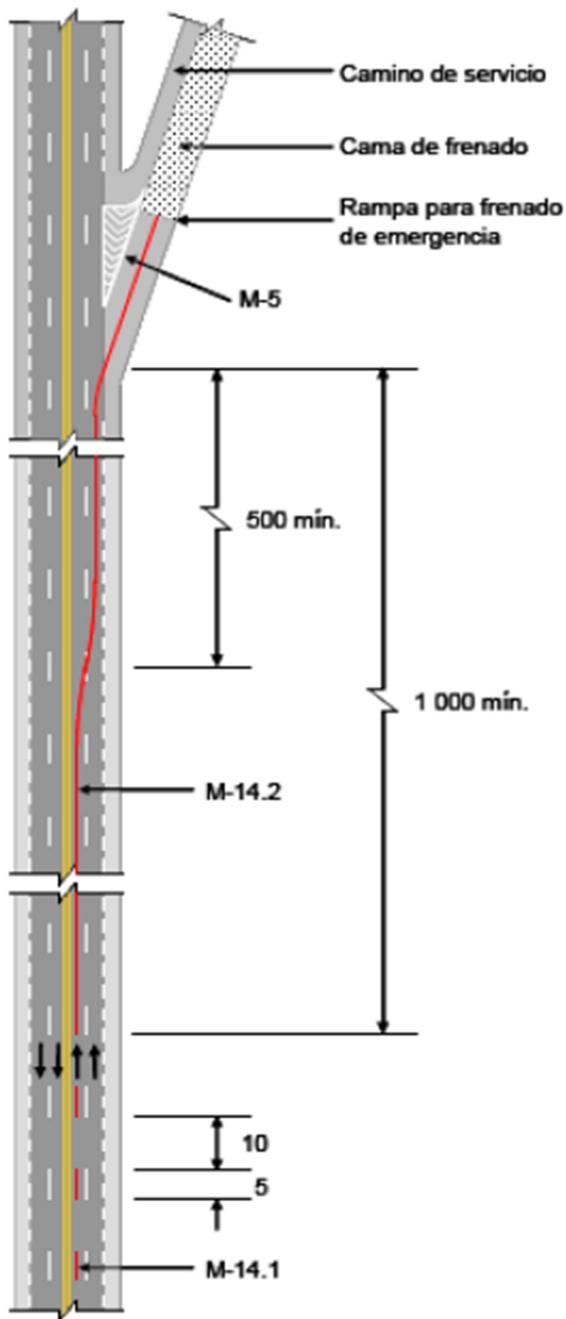
continua se debe pasar suavemente del carril de alta velocidad al carril de baja velocidad.

- Rayas canalizadoras (M-5)

Se utilizan en carreteras y vialidades urbanas para delimitar la trayectoria de los vehículos, canalizando el tránsito en las entradas, salidas y bifurcaciones, o para separar apropiadamente los sentidos de circulación, formando una zona neutral en la figura 6 y 7. Estas rayas se complementan con botones reflejantes.

- Botones reflejantes

Las rayas de emergencia para frenado, discontinua y continua, se complementan con botones reflejantes que tengan en una cara un reflejante del color rojo que este dentro del área cromática definida por las coordenadas de los puntos que se muestran en la tabla 7 ubicados a cada quince (15) metros en curvas y treinta metros en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados cuando la raya sea discontinua o sobre la raya continua a partir del sitio donde se inicie.



El color rojo reflejante de las rayas M-14.1 y M-14.2 y en su caso, los botones reflejantes con los que se complementen, estarán dentro del área cromática definida por las coordenadas de los siguientes puntos.

PUNTO N°	COORDENADAS	
	X	Y
1	0.613	0.297
2	0.708	0.292
3	0.636	0.364
4	0.558	0.352

Tabla 7: Coordenadas cromáticas.

Figura 11: Líneas canalizadoras.

4.10.2. Señalamiento Vertical.

El señalamiento vertical de rampas de emergencia para frenado se debe integrar mediante señales restrictivas (SR), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR), señales de información general (SIG) y señales diversas (OD), que se indican a continuación y que cumplan con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de flechas y de los filetes de las señales especiales. En las que el fondo debe ser de color amarillo reflejante y negros los caracteres, flechas y filetes, considerando que solo serán aplicables para el diseño del señalamiento vertical en rampas de emergencia para frenado.

- **Señales restrictivas (SR)**

Se deben instalar en la carretera señales restrictivas SR-22 "Prohibido estacionarse", como en la mostrada en la figura 12, una en el acceso a la rampa de emergencia para frenado, otra en el inicio de la cama de frenado y en la carretera las necesarias hasta quinientos (500) metros antes del acceso de la rampa de emergencia, con una separación máxima entre ellas de ciento cincuenta metros (150) metros.



SR-22

Figura 12: Señal restrictiva "Prohibido estacionarse"

- **Señales informativas de destino (SID).**

Se deben instalar en la carretera dos señales informativas de destino SID-9 o SID-11, como la mostrada en la figura 13, una decisiva a la entrada de la rampa para frenado de emergencia y otra previa a no menos de doscientos (200) metros de esa entrada. En carreteras de un carril por sentido de circulación estas señales pueden ser bajas o elevadas en bandera, tomando en cuenta el volumen de tránsito y la velocidad de operación, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, siempre deben ser elevadas en bandera, complementadas con dos señales informativas de destino previas elevadas, en bandera (SID-13) o en puente (SID-15), como la mostrada en la figura 14, a no menos de cuatrocientos (400) y de setecientos (700) metros de la entrada a la rampa, respectivamente, que indique el carril que han de utilizar los vehículos fuera de control.



Figura 13: Señal SID 9 ó SID 11 "Rampa de frenado"

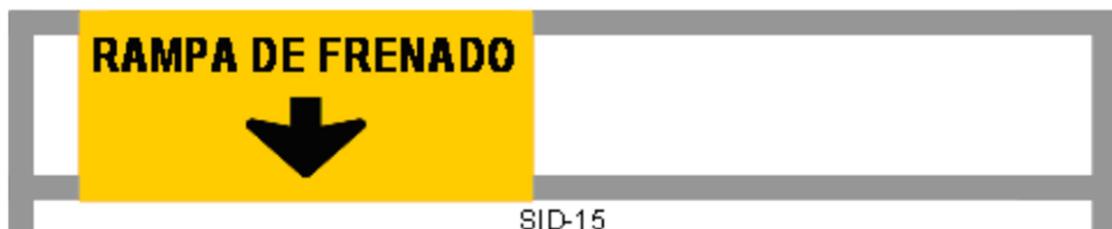


Figura 14: Señal en puente SID 15 "Rampa de frenado"

- **Señales informativas de recomendación (SIR).**

Se debe instalar en la carretera cuatro señales informativas de recomendación SIR:

Una con la leyenda “PRUEBE SUS FRENOS” que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, incluyendo los de color, ubicada lo más próximo posible al sitio donde inicie la pendiente descendente continua y prolongada para la que se diseña la rampa para frenado de emergencia.



Figura 15: Señal informativa de recomendación "Pruebe sus frenos"

Otra con leyenda “VEHÍCULOS SIN FRENOS SIGA LA RAYA ROJA” como la mostrada en la figura 16, ubicada a no menos de cien (100) metros de la señal que indica “PRUEBE SUS FRENOS”.



Figura 16: Señal informativa de recomendación "Vehículos sin frenos siga la raya roja"

Dos con la leyenda “CEDA EL PASO A VEHÍCULOS SIN FRENOS”, que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, incluyendo los de color, ubicadas a no menos de seiscientos

cincuenta (650) metros de la entrada a la rampa y de doscientos (200) metros del sitio donde inicie la pendiente de la carretera.

En carreteras de un carril por sentido de circulación esas señales deben ser bajas, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, a criterio del proyectista, tomando en cuenta el volumen de tránsito y la velocidad de operación. Si se opta por señale bajas y la carretera es de cuerpos separados, se deben instalar dichas señales en ambos lados del arroyo vial.



Figura 17: Señal informativa de recomendación " Ceda el paso a vehículos sin frenos"

- **Señales de información general (SIG).**

Se debe instalar en la carretera una señal de información general SIG, como en la mostrada en la figura 18, a no menos de quinientos (500) metros de la rampa de emergencia para frenado, preferentemente en el sitio donde la raya roja continua M-14.2 cambie de carril de alta velocidad al de baja y, en su caso de que el tramo con pendiente descendente de la carretera sea largo, se debe instalar otra señal igual, a cuando menos mil (1 000) metros de la primera.



Figura 18: Señal de información general "Rampa de frenado a 500 m"

En carreteras de un carril por sentido de circulación, esas señales deben ser bajas, mientras que en carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, tomando en cuenta el volumen de tránsito y la velocidad de operación.

- **Señales diversas (OD).**

Se debe de instalar un identificador de obstáculos OD-5, en la zona neutral formada por las rayas canalizadoras en la entrada a la rampa de emergencia para frenado, así como indicadores de alineamiento OD-6, con reflejante rojo; de concreto hidráulico, metálicos, de poli cloruro de vinilo (PVC) o de algún otro material flexible; inastillable y resistente a la intemperie, ubicados cada veinte (20) metros en ambos lados de la cama de frenado, desde donde inicie la rampa hasta donde termine la cama.

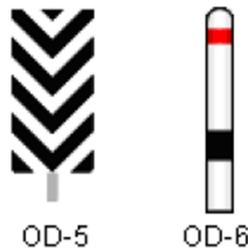


Figura 19: Señales diversas OD-5 y OD-6.

- **Barreras de protección.**

En casos donde por la ubicación de la rampa de emergencia para frenado, se considere necesaria la instalación de barreras de protección, estas se colocan conforme a lo determine un estudio técnico que la justifique.

4.11. Mantenimiento.

Ciertos tipos de actividades de mantenimiento son esenciales para el funcionamiento adecuado para las rampas de frenado. El mantenimiento requiere de un equipo adecuado, que asegure que la rampa este de vuelta en funcionamiento en un periodo mínimo de tiempo. Con esto también se asegura

que los trabajadores abocados a esta tarea no estén expuestos a la posibilidad de que un vehículo fuera de control necesite utilizar la rampa.

Para evitar su compactación, la rampa debe estar limpia sin contaminantes, escarificada y graduada a intervalos periódicos incluso si o han sido utilizadas, para mantener la características de contención del material de la cama de frenado y el buen drenaje de la misma y con mayor razón si ha sido utilizada la rampa.

5. NORMATIVIDAD APLICABLE

Tomando en consideración que el área de construcción se encuentra regulada por medio de diferentes dispositivos legales, es importante mencionar cuales son las normatividades jurídicas que regulan el diseño y la construcción de las rampas de frenado, para ello y para tener un mejor entendimiento se citara la Pirámide de Kelsen, la cual nos muestra la jerarquía que tienen las normas jurídicas entre sí.

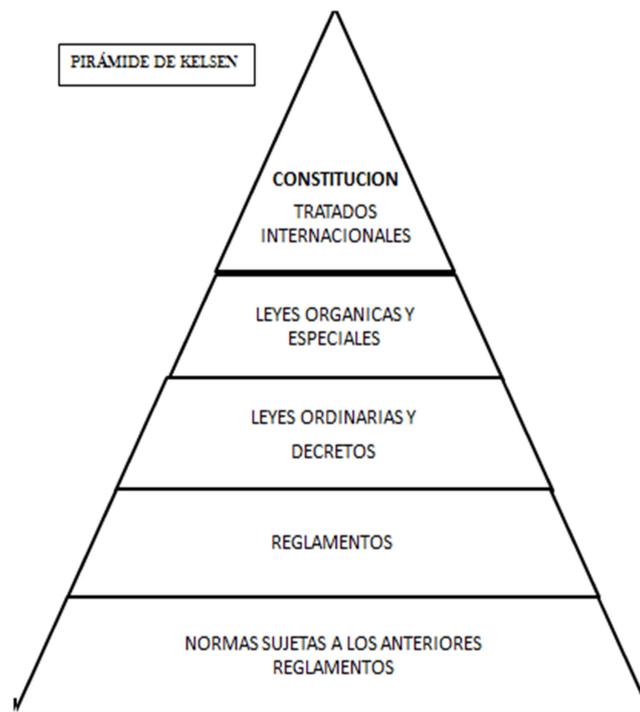


Figura 20: Pirámide de Kelsen para identificar las jerarquías de las normas.

Como se puede observar en la tabla anterior, dentro del aspecto legal existe un orden descendente de la importancia de las regulaciones jurídicas, las cuales aplicando dicha pirámide se desprende que la rampa de frenado se encuentra regulada dentro de las siguientes normas:

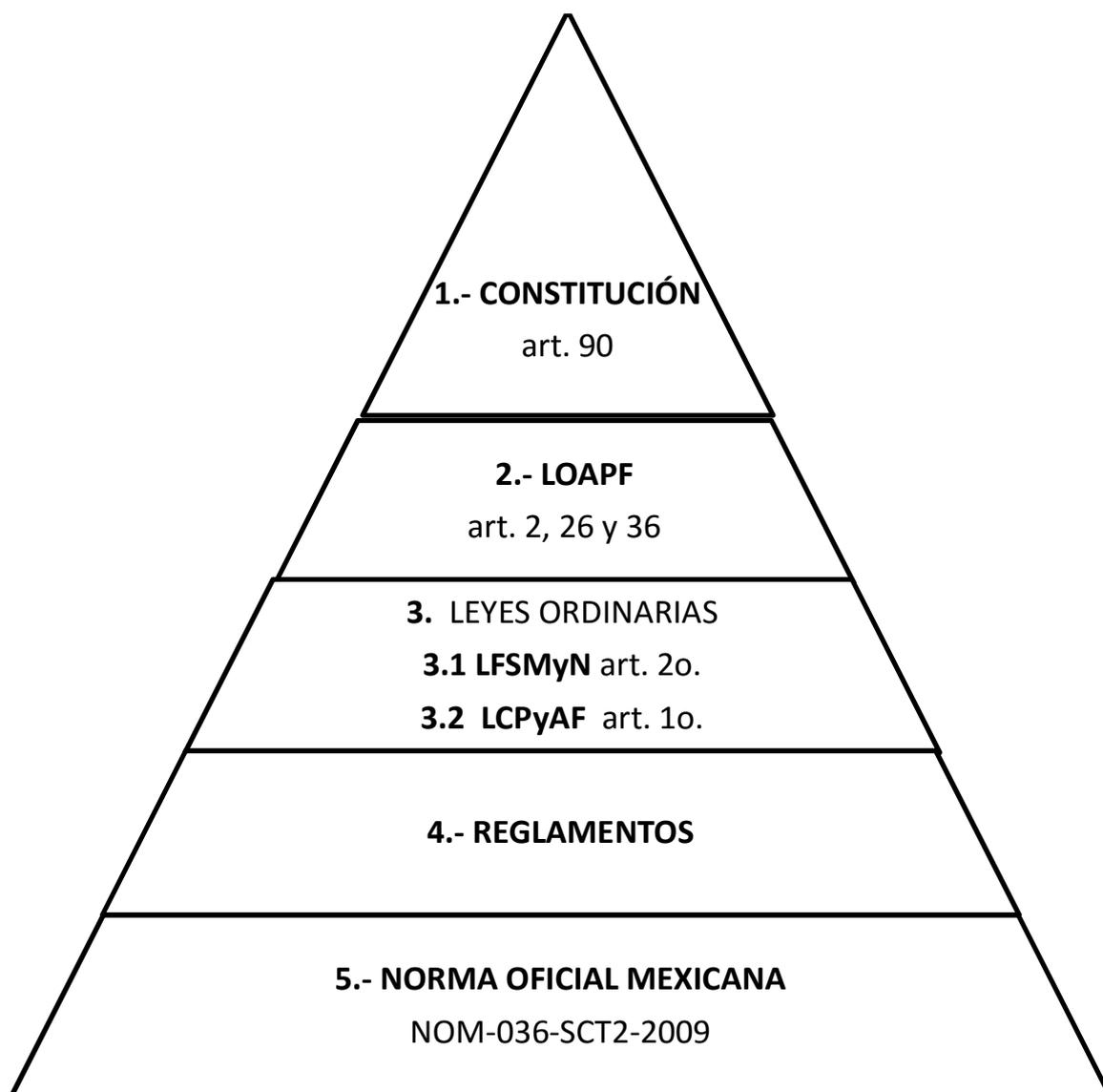


Figura 21: Pirámide de Kelsen particularmente enfocada a las normas que rigen al diseño de rampas de frenado de emergencia.

5.1. Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos.

La ley fundamental en su artículo 90 nos menciona lo siguiente “La Administración Pública Federal será centralizada y paraestatal conforme a la Ley Orgánica que expida el Congreso, que distribuirá los negocios del orden administrativo de la Federación que estarán a cargo de las Secretarías de Estado

y definirá las bases generales de creación de las entidades paraestatales y la intervención del Ejecutivo Federal en su operación.” Que se traduce en que para una mejor administración se hará por medio de Secretarías de estados, las cuales se dividirán por funciones distintas, en este caso se habla de la SCT.

5.2. Ley Orgánica De La Administración Pública Federal.

En dicha ley establece en su artículo 2º que el Poder Ejecutivo de la Unión para el ejercicio de sus atribuciones se auxiliara de distintas dependencias, entre las que sobresalen las secretarías de Estado, asimismo en su artículo 26 hace mención de las dependencias con las que contará el Poder Ejecutivo, reconociendo así la Secretaría de Comunicación y Transportes, y por último en su artículo 36 hace mención cual son las atribuciones de esta secretarías, resaltando entre ellas las siguientes: Construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares; y otorgar concesiones o permisos para construir las obras que le corresponda ejecutar; las cuales corresponden a las fracciones XXII y XXIV respectivamente de dicho artículo.

5.3. Leyes Ordinarias.

5.3.1. Ley Federal Sobre Metrología Y Normalización.

Esta ley tiene por objeto en Materia de Metrología entre otros establecer el sistema general de unidades de medida, tal como lo establece el artículo 2º.

5.3.2. Ley De Caminos, Puentes Y Autotransporte Federal.

La presente Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes, los cuales constituyen vías generales de comunicación; así como los servicios de autotransporte federal que en ellos operan, sus servicios auxiliares y el tránsito en dichas vías.

5.4. Reglamentos.

Son de carácter meramente administrativos, razón por la cual no se considera que sean estrictamente aplicables al caso concreto.

5.5. Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, Rampas de emergencia para frenado en carreteras.

La presente norma, se encuentra hasta el final de dicha pirámide, sin embargo la misma regula de manera concreta y específica la rampa de frenado de emergencia, pues establece los criterios generales que han de considerarse para el diseño y construcción de estas rampas; además de tener carácter obligatorio en su aplicación en las carreteras que cumplan con dichas características.

6. CONCLUSIONES.

La construcción de rampas para frenado de emergencia forman parte de los dispositivos de seguridad que debe contar toda carretera de altas especificaciones o carreteras donde se tenga una pendiente longitudinal sostenida, además de integrar estos dispositivos a carreteras existentes donde se identifiquen un alto índice de accidentes provocados por fallas mecánicas.

La importancia de elegir correctamente la ubicación es indispensable, puesto que no se debe descuidar sitios donde se concentren vehículos en bajas velocidades o infraestructuras que pongan en peligro a personas que en estas laboren, tal es el ejemplo de casetas de peaje en autopistas concesionadas.

La señalización correcta, suficiente y adecuada dará a los conductores la confianza suficiente para realizar las maniobras pertinentes para ingresar y mantenerse en la cama de frenado hasta lograr detenerse. Por lo que se es fundamental realizar una adecuada señalización horizontal y vertical y no ocurra el accidente antes de entrar a la cama de frenado. Así también se debe poner la atención adecuada al diseño de las partes geométricas de la cama de frenado y al material que se utilizara en estas. Ya que se debe de considerar la configuración del terreno adyacente a la ubicación de la rampa para proponer el tipo de rampa adecuada y de esta manera poder cumplir con la función de las rampas, que es detener a los vehículos sin frenos, debido a que existen casos en que la longitud de la rampa no es el adecuado para detener a los vehículos sin frenos, provocando que estos salgan por la parte superior de la rampa, sobre todo en vehículos pesados con carga.

Por medio de estos dispositivos se prevé lograr reducir el índice de siniestralidad por accidentes causados por fallas mecánicas sobretodo en vehículos pesados, y construir carreteras más seguras, que ayuden a reducir pérdidas humanas y mercancías. Apoyando al transporte de carga y en general al crecimiento económico del país, Ya que para lograr este objetivo se debe de contar con una red carretera más segura.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- a) **A Policy on Geometric Design of Highways and streets.**
American Association of State Highway and Transportation Officials.
Fourth edition.
2001

- b) **Vías de comunicación. Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos.**
Ing. Carlos Crespo Villalaz
Editorial Limusa.
Segunda Edición
1989.

- c) **La ingeniería de los suelos en las vías terrestres. Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Volumen 1**
Editorial Limusa.
1990.

- d) **Ingeniería de pavimentos, Fundamentos, estudios básicos y diseño.**
Alfonso Montejo Fonseca.
2010.

- e) **Estructuras de Vías Terrestres.**
Fernando Olivera Bustamante.
Compañía Editorial Continental.
Segunda edición.
Tercera Reimpresión.
México, 2000.

- f) **Caminos y Desarrollo México 1925-1975.**
Secretaría de Obras Públicas.
Primera Edición.
Unidad Editorial Niño perdido y Xola.
México D.F.

g) Rampas de emergencia para frenado en carreteras.

Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009.

h) Experiencia mexicana en el diseño y operación de rampas de frenado en carreteras.

Emilio Francisco Mayoral Grajeda.

Instituto Mexicano del Transporte.