

LIBRO: PRY. PROYECTO
TEMA: CAR. Carreteras
PARTE: 10. PROYECTO DE SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN CARRETERAS Y VÍAS URBANAS
TÍTULO: 04. Proyecto de Dispositivos de Seguridad
CAPÍTULO: 007. Rampas de Emergencia para Frenado

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para el diseño de las rampas de emergencia para frenado (RE), a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2016, *Rampas de emergencia para frenado en carreteras*.

B. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

B.1. RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO

También conocidas como *rampas de escape* o *de emergencia*, son franjas auxiliares a un lado de la carretera con una superficie de retención para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas, principalmente en sus sistemas de frenos, desacelerándolos en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando, en su caso, la acción de la gravedad. Las rampas de emergencia para frenado están formadas por un acceso, una cama de frenado y un camino de servicio.

B.1.1. Acceso

Parte pavimentada de la rampa de emergencia para frenado que conecta el arroyo vial de la carretera con la cama de frenado, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma. Su objetivo es encausar al vehículo antes de ingresar a la cama de frenado.

El acceso será perfectamente distinguible, despejado y estará encaminado a proporcionar la mayor facilidad de operación a los vehículos que hacen uso de él.

B.1.2. 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 su superficie, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

B.1.3. Camino de servicio

Franja pavimentada aladaña 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, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

B.2. CLASIFICACIÓN

Las rampas de emergencia para frenado de pueden ser:

B.2.1. Rampas con montículo (RE-1)

Las que tienen una cama de frenado formada por un montículo de material granular suelto y seco con pendiente ascendente y espesor creciente, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma, que funciona como disipador de energía para disminuir y detener la carrera de los vehículos sin frenos por la resistencia a la rodadura de las llantas, la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente del montículo y eventualmente por la fricción entre el material granular y algunas partes del vehículo. Sólo se utilizará este tipo de rampas cuando se tengan limitaciones de espacio y su conveniencia esté sustentada en un estudio técnico que la justifique en términos de la disipación de la energía del vehículo.

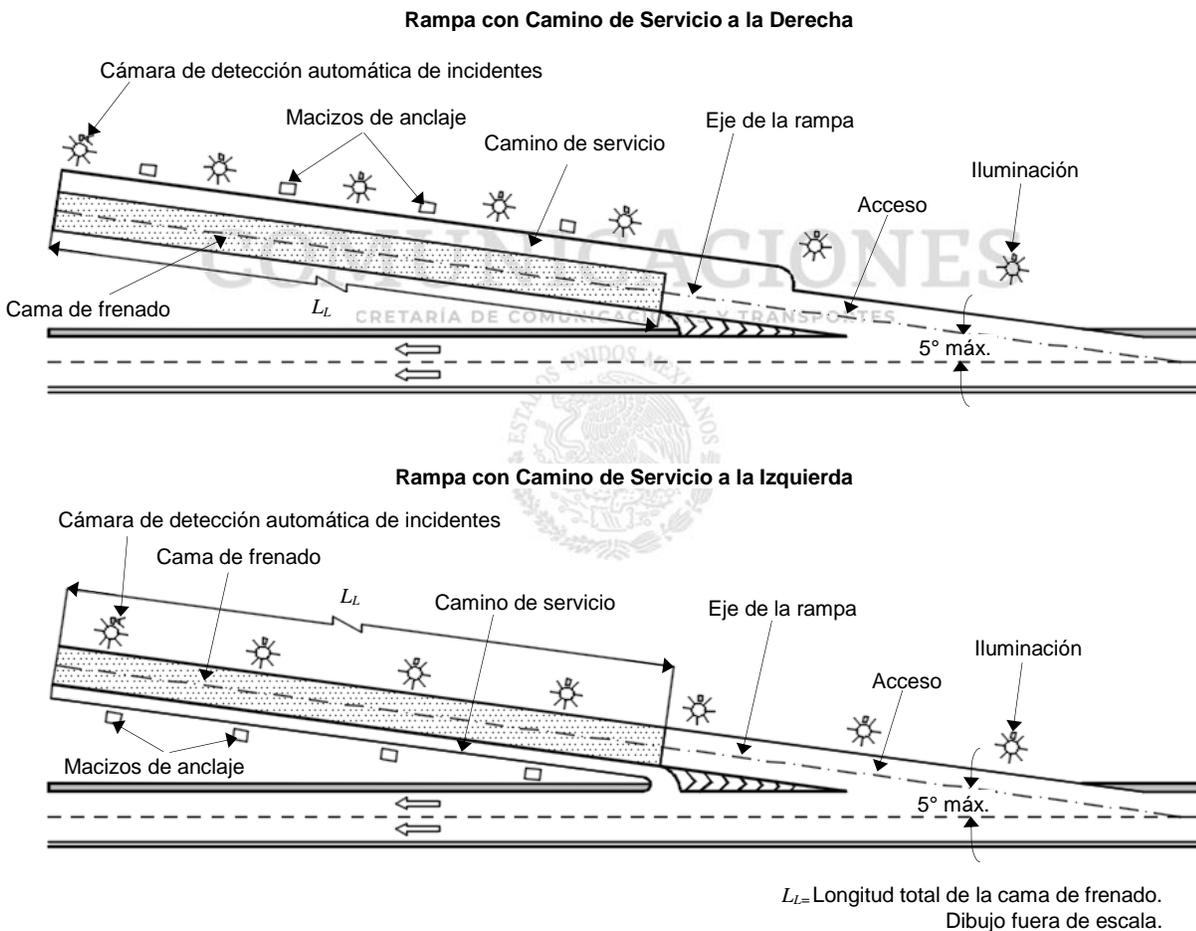


FIGURA 1.- Disposición en planta de la rampa de emergencia para frenado

B.2.2. Rampas descendentes (RE-2)

Las que tienen una cama de frenado de espesor uniforme con pendiente longitudinal descendente como se muestra en la Figura 2 de esta Norma. La acción de detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura, y debido a que la acción de la gravedad tiene un efecto acelerador, estas rampas suelen ser las de mayor longitud dependiendo de la magnitud de su pendiente descendente, de las características del material granular y de la velocidad del vehículo de diseño.

B.2.3. Rampas horizontales (RE-3)

Las que tienen una cama de frenado horizontal de espesor uniforme, sin pendiente longitudinal como se muestra en la Figura 2 de esta Norma. La detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura. Como el efecto de la gravedad en la detención es nulo, estas rampas suelen ser largas dependiendo de las características del material granular y de la velocidad del vehículo para la que se diseñen.

B.2.4. Rampas ascendentes (RE-4)

Las que tienen una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente como se muestra en la Figura 2 de esta Norma. Como en la detención se aprovecha la resistencia a la rodadura y la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente, estas rampas suelen ser menos largas que las rampas descendentes y horizontales.

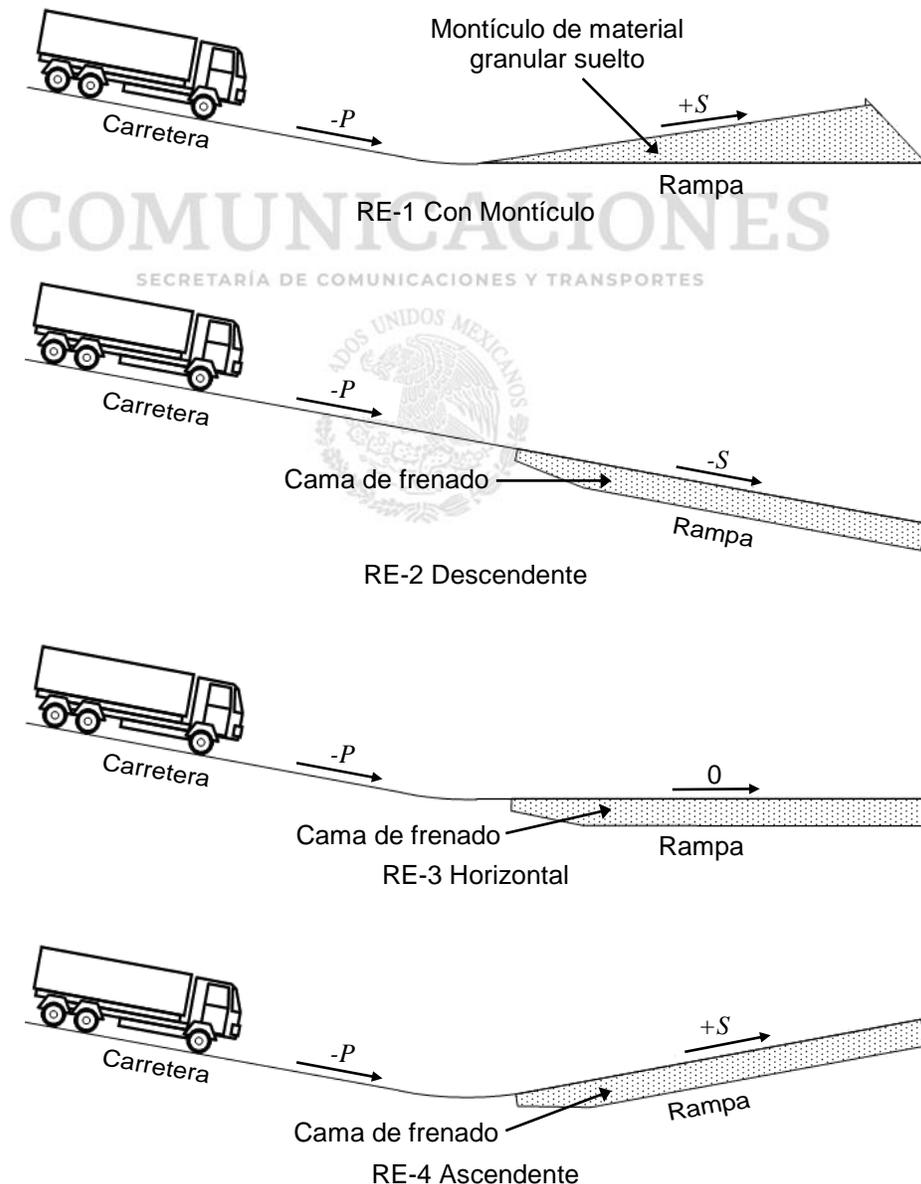


FIGURA 2.- Tipos de rampas de emergencia para frenado (RE)

C. REFERENCIAS

Es referencia de esta Norma, la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2016, *Rampas de emergencia para frenado en carreteras*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías	N-LEG-2
Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras.	N-PRY-CAR-1-01-001
Ejecución de Estudios Geotécnicos	N-PRY-CAR-1-02-001
Ejecución de Proyectos de Señalamiento	N-PRY-CAR-10-01-001
Diseño de Señalamiento Horizontal	N-PRY-CAR-10-01-002
Diseño de Señales Restrictivas	N-PRY-CAR-10-01-004
Diseño de Señales Informativas	N-PRY-CAR-10-01-005
Diseño de Señales Turísticas y de Servicios	N-PRY-CAR-10-01-006
Diseño de Señales Diversas	N-PRY-CAR-10-01-007
Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad	N-PRY-CAR-10-04-001
Presentación del Proyecto	N-PRY-CAR-10-04-010
Ejecución de Proyectos de Iluminación para Carreteras y Vialidades Urbanas	N-PRY-CAR-10-06-001
Materiales para Terraplén	N-CMT-1-01
Materiales para Subyacente	N-CMT-1-02
Materiales para Subrasante	N-CMT-1-03
Filtros	N-CMT-3-04-001
Tubos de Concreto para Subdrenes	N-CMT-3-04-002
Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje	N-CMT-3-04-003
Pinturas para Señalamiento Horizontal	N-CMT-5-01-001
Calidad de Películas Reflejantes	N-CMT-5-03-001
Botones y Botones Reflejantes	N-CMT-5-04
Cámaras de Video para Detección Automática de Incidentes	N-EIP-1-01-012
Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	M-MMP-4-04-002
Partículas Alargadas y Lajeadas de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	M-MMP-4-04-005
Desgaste Mediante la Prueba de Los Ángeles de Materiales Pétreos	M-MMP-4-04-006

D. REQUISITOS

Además de lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, para la elaboración del proyecto de una rampa de emergencia para frenado, se requiere contar con la información detallada del proyecto geométrico de la carretera en el tramo donde se ubicará la rampa, con el correspondiente estudio topográfico para proyecto definitivo de obra especial, elaborado de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras* y con el estudio geotécnico del área donde se alojará la rampa o, en su defecto, del tramo de la carretera más próximo a dicha área, elaborado conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-02-001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*.

E. DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO

El diseño de cada rampa de emergencia para frenado comprende la determinación de su ubicación, tipo y geometría; la selección de los materiales adecuados para su construcción y la definición de sus sistemas de drenaje y subdrenaje, señalamiento horizontal y vertical, dispositivos de seguridad, iluminación y cámaras de detección automática de incidentes, según su compatibilidad con la topografía y las características del lugar de su emplazamiento.

Una vez realizados la revisión y análisis de la información señalada en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, y el reconocimiento de campo, señalado en la Fracción E.1. de la misma Norma, se procederá al diseño de las rampas de emergencia para frenado, considerando lo siguiente:

E.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El diseño de las rampas de emergencia para frenado se hará de forma tal que se generen las condiciones necesarias para que los conductores de vehículos fuera de control conozcan su existencia, entiendan las maniobras que realizarán, sientan la confianza suficiente para ingresar a las rampas en forma segura y no continúen por la ruta principal, tomando en cuenta que:

- E.1.1. Las rampas sean claramente visibles para evitar la percepción de discontinuidades que desalienten la entrada a las mismas.
- E.1.2. El acceso a la rampa sea amplio y suficiente para alojar la cama de frenado y el camino de servicio, con suficiente espacio adicional para poder realizar los trabajos de conservación del área.
- E.1.3. El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera, medido a partir del tramo en tangente en el que se ubicará la rampa, será de cinco (5) grados como máximo, con el fin de asegurar la estabilidad del vehículo durante la maniobra de ingreso a la rampa y su alineamiento horizontal sea recto, de manera que los vehículos que ingresen lo hagan de una forma segura, como se ilustra en la Figura 1 de esta Norma.
- E.1.4. La longitud de la cama de frenado (L_L) de cada rampa se determinará como se indica en el Inciso E.3.2. de esta Norma, de forma que sea suficiente para disipar la energía cinética del vehículo que utilice la rampa.
- E.1.5. Cada rampa contará con un camino de servicio paralelo, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma, que permita ejecutar su mantenimiento y remover los vehículos que ingresen a ella. Este camino de servicio se ubicará adyacente a la cama de frenado, a la izquierda o derecha de su eje longitudinal como se ilustra en la misma Figura 1 de esta Norma.
- E.1.6. Salvo que la Secretaría indique otra cosa, los caminos de servicio se complementarán con macizos de anclaje, de concreto hidráulico, distribuidos convenientemente para que sirvan de apoyo en las maniobras de rescate de los vehículos, como se ilustra en la Figura 1 de esta Norma.
- E.1.7. El pavimento de la carretera se extenderá por el acceso hasta el sitio donde inicie la cama de frenado de cada rampa, como se ilustra en la Figura 1 de esta Norma, con el fin de que los vehículos puedan entrar de manera expedita.
- E.1.8. Cada rampa contará con un adecuado sistema de drenaje y subdrenaje que evite el deterioro de las características del material que forme la cama de frenado.
- E.1.9. El señalamiento de cada rampa y del tramo de la carretera que le anteceda, se determinará de acuerdo con lo indicado en la Fracción E.7. de esta Norma.

E.1.10. Las rampas se iluminarán para facilitar su uso en condiciones de conducción nocturna o en condiciones climatológicas adversas.

E.1.11. Se instalará una cámara de detección automática de incidentes en cada rampa, que permita monitorear cada evento que ocurra, estimar la velocidad de entrada y alertar a las instancias de emergencia de su ocurrencia, como se indica en la Figura 1 de esta Norma.

E.2. UBICACIÓN

Las rampas de emergencia para frenado se ubicarán en aquellos tramos en los que exista una alta probabilidad de que, por efecto de un alineamiento vertical descendente, los vehículos con los frenos dañados puedan acelerarse a velocidades mayores que las toleradas por el alineamiento horizontal o hasta ciento cuarenta (140) kilómetros por hora y en aquellos tramos en los que se haya presentado anualmente un accidente fatal causado por vehículos sin frenos o cuando los accidentes causados por los vehículos sin frenos puedan resultar en colisiones con otros vehículos o con instalaciones ocupadas por otras personas, como en la entrada de las poblaciones o en zonas en donde puede haber vehículos detenidos por situaciones debidas a la operación del tránsito, como en las plazas de cobro.

Para determinar la ubicación de las rampas de emergencia para frenado, se tomará en cuenta que:

E.2.1. No se emplazarán rampas de emergencia para frenado al costado izquierdo del tramo de la carretera con pendiente descendente, para evitar que los vehículos fuera de control crucen el o los carriles de sentido de circulación opuesto, salvo cuando se trate de carreteras de cuerpos separados en las que las rampas puedan alojarse dentro de la franja separadora central, donde no exista el riesgo de que esos vehículos invadan el otro cuerpo de la carretera.

E.2.2. Las rampas de emergencia para frenado se ubicarán antes de los sitios que, por sus características geométricas, pudieran poner en riesgo a los usuarios de la carretera por un vehículo fuera de control.

E.2.3. La velocidad de entrada a una rampa de emergencia para frenado, se determinará mediante la siguiente expresión, con un límite máximo de ciento cuarenta (140) kilómetros por hora:

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

Donde:

V_e = Velocidad de entrada a la rampa, (km/h).

V_p = Velocidad de operación media o velocidad de proyecto para carreteras nuevas o existentes que se tengan que rediseñar, en el sitio donde inicie el tramo con pendientes descendentes continuas o en el sitio de entrada a una rampa cuando se proyecte otra subsecuente, (km/h).

n = Número de subtramos con pendientes descendentes diferentes, que integran el tramo para el que se proyecta 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, diez milésimos (0,010) cuando la carpeta sea de concreto hidráulico o doce milésimos (0,012) cuando sea asfáltica, (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente).

P_i = Pendiente descendente (negativa) del subtramo i de longitud L_{p_i} , en metro/metro, (adimensional).

E.3. GEOMETRÍA

La geometría de las rampas de emergencia para frenado se determinará considerando lo siguiente:

E.3.1. Ancho

El ancho de las rampas de emergencia para frenado será el adecuado para permitir el libre ingreso de los vehículos y para facilitar las maniobras para removerlos. Comprenderá el ancho de la cama de frenado, que podrá ser de diez (10) a doce (12) metros, así como el ancho del camino de servicio, que será de cinco (5) metros.

E.3.2. Longitud

La longitud de una rampa de emergencia para frenado, desde la orilla de la corona de la carretera hasta el término de la rampa, comprenderá la longitud del acceso pavimentado, que será la necesaria para alojar la curva vertical y a un vehículo de doble semirremolque de treinta y un (31) metros, que permita pasar de la pendiente de la carretera a la pendiente inicial de la cama de frenado y la longitud de esta última, que será la necesaria para detener completamente a los vehículos.

La longitud de la curva vertical se determinará considerando que la fuerza centrífuga que se ejerce en el vehículo al cambiar de dirección no exceda a tres coma cero cinco (3,05) metros sobre segundo al cuadrado. La longitud de la cama de frenado será calculada de acuerdo con lo que se indica a continuación:

E.3.2.1. Para la determinación de la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es uniforme, se aplicará la siguiente expresión:

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

Donde:

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

Ve = Velocidad de entrada a la rampa, calculada como se indica en el Inciso E.2.3. de esta Norma, (km/h).

R = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la Tabla 1 de esta Norma, (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente). En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta (60) centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en la Tabla 1 se incrementará en seis décimos (0,6) para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.

Sl = Pendiente de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, en metro/metro, (adimensional).

TABLA 1.- Resistencia a la rodadura, expresada en términos de pendiente equivalente

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

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2011)

E.3.2.2. Para determinar la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es variable, se determinará la velocidad del vehículo en cada cambio de pendiente, hasta una longitud suficiente para detener el vehículo fuera de control. La velocidad final al término de la primera pendiente será calculada y utilizada como la velocidad inicial en la segunda pendiente y así sucesivamente hasta que la velocidad final resulte igual que cero (0), mediante las siguientes expresiones:

$$VF_j^2 = VI_j^2 - 254L_j(R \pm S_j)$$

$$Le = \sum_{j=1}^k L_j$$

Donde:

- VF_j = Velocidad final al término del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, (km/h).
- VI_j = Velocidad inicial en el subtramo j que se analiza de la cama de frenado, que corresponde, para el primer subtramo, a la velocidad de entrada (V_e) calculada como se indica en el Inciso E.2.3. de esta Norma y para los subtramos subsecuentes, a la velocidad final calculada para el subtramo $j-1$ (VF_{j-1}) inmediato anterior, (km/h).
- L_j = Longitud efectiva del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, (m).
- R = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la Tabla 1 de esta Norma, (adimensional), expresada en términos de pendiente equivalente). En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta (60) centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en la Tabla 1 se incrementará en seis décimos (0,6) para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.
- S_j = Pendiente del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, en metro/metro, (adimensional).
- Le = Longitud efectiva de la cama de frenado, (m).
- k = Número de subtramos de la cama de frenado con pendientes diferentes, (adimensional)

E.3.2.3. La longitud total de la cama de frenado (L_L) será veinticinco (25) por ciento mayor que su longitud efectiva (Le) calculada de acuerdo con los Párrafos E.3.2.1. ó E.3.2.2. de esta Norma, según corresponda.

E.3.2.4. Si por la topografía del terreno o por limitaciones físicas que restrinjan la construcción de la rampa, no es posible proveerla de una cama de frenado con la longitud a que se refiere el Párrafo anterior, para impedir que los vehículos salgan de la rampa, la cama de frenado se complementará con un dispositivo que permita detener el vehículo en forma segura, o sustituirla con un dispositivo que mediante pruebas a escala real haya demostrado su efectividad, como pueden ser:

- a) Dispositivos que, mediante pruebas a escala real, hayan mostrado su efectividad para detener los vehículos sin dañar a sus ocupantes, formados con tambores de plástico rellenos hasta la altura y con el mismo material de la cama de frenado para evitar su contaminación, ubicados en un punto de la cama en el cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor de veinte (20) kilómetros por hora.
- b) Montículos del mismo material utilizado en la cama de frenado, de setenta (70) centímetros de altura y tres (3) metros de base, con taludes de dos a uno (2:1), ubicados en un punto de la cama en el cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor de cuarenta (40) kilómetros por hora.

E.3.3. Espesor de la cama de frenado

El espesor de la cama de frenado se diseñará tomando en cuenta lo siguiente:

E.3.3.1. La cama de frenado para rampas con montículo (RE-1), se formará colocando el material a volteo, sobre una terracería horizontal, de forma que la pendiente ascendente del montículo sea menor que dos coma cinco (2,5) por ciento y una longitud total (L_L) calculada de acuerdo con el Párrafo E.3.2.3.; que sus taludes laterales y final sean como mínimo de tres a uno (3:1) y, para evitar que el material se desplace, que su espesor en el punto de entrada sea cuando menos de diez (10) centímetros, como se ilustra en la Figura 3 de esta Norma.

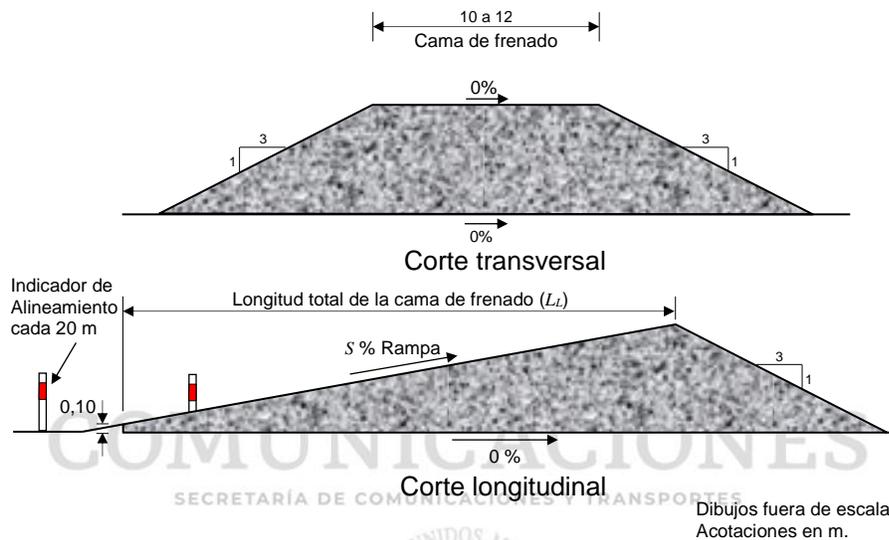


FIGURA 3.- Disposición en corte de las rampas de emergencia para frenado tipo RE-1

E.3.3.2. La cama de frenado para rampas descendentes (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4), tendrá un espesor mínimo de sesenta (60) centímetros a un (1) metro y estará colocada a volteo en una caja en la terracería de la rampa, con taludes de dos tercios a uno ($\frac{2}{3}$:1) y profundidad igual que el espesor de la cama. Para evitar desaceleraciones excesivas en el vehículo, la cama se construirá con un espesor de cuando menos diez (10) centímetros en el punto de entrada, que aumentará uniformemente hasta alcanzar su espesor de diseño, como se muestra en la Figura 4 de esta Norma. Cuando la cama de frenado se construya con grava triturada, el espesor de diseño será de un (1) metro como mínimo.

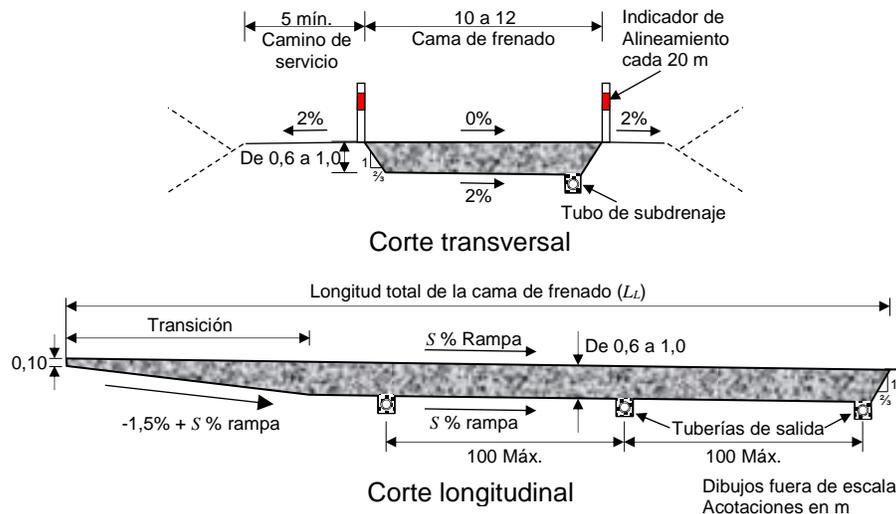


FIGURA 4.- Disposición en corte de la cama de frenado de rampas de emergencia para frenado tipos RE-2, RE-3 y RE-4

E.4. MATERIALES

El diseño de las rampas de emergencia para frenado se hará considerando que los materiales con que se construyan han de seleccionarse tomando en cuenta que:

- E.4.1.** En su caso y salvo que la Secretaría apruebe otra cosa, los materiales para formar las terracerías de las rampas de emergencia para frenado, cumplirán con los requisitos que se establecen en las Normas N-CMT-1-01, *Materiales para Terraplén*; N-CMT-1-02, *Materiales para Subyacente* y N-CMT-1-03, *Materiales para Subrasante*.
- E.4.2.** El acceso de las rampas de emergencia para frenado, desde la orilla de la corona de la carretera hasta el inicio de la cama de frenado, se pavimentará igual que los acotamientos de la carretera. El camino de servicio se puede pavimentar de la misma forma o mediante un tratamiento superficial que permita la operación segura y eficiente de los equipos para el rescate de los vehículos averiados y para el mantenimiento de la cama de frenado.
- E.4.3.** Los materiales para formar la cama de frenado serán fricciantes, de difícil compactación y estarán limpios de partículas contaminantes. Pueden ser: grava triturada, grava de río, arena o gravilla uniforme, que cumplan con los requisitos de calidad que se muestran en la Tabla 2 de esta Norma.

TABLA 2.- Requisitos de los materiales que formen la cama de frenado

Granulometría ^[1]				
Malla		Porcentaje que pasa		
Abertura mm	Designación	Grava	Gravilla	Arena
37,5	1½"	100	---	---
25	1"	95 mín	---	---
12,5	½"	35 máx	100	---
9,5	¾"	---	95 mín	100
6,3	¼"	---	---	95 mín
4,75	N° 4	5 máx	5 máx	---
2	N° 10	---	---	5 máx
0,075	N° 200	2 máx	2 máx	2 máx
Característica		Valor		
Desgaste de Los Ángeles ^[2] , % máximo		30	30	30
Partículas alargadas y lajeadas ^[3] , % máximo		25	25	25

[1] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-04-002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

[2] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-04-006, *Desgaste Mediante la Prueba de Los Ángeles de Materiales Pétreos*.

[3] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-04-005, *Partículas Alargadas y Lajeadas de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

E.5. DRENAJE Y SUBDRENAJE

El sistema de drenaje y subdrenaje de las rampas de emergencia para frenado se diseñará con el propósito de captar el agua de lluvia, los escurrimientos superficiales y, principalmente, el agua que se infiltre en la cama de frenado, para desalojarla oportunamente, a fin de evitar la acumulación de partículas en suspensión que llenen los huecos del material de la cama y su posible densificación o compactación, así como el eventual congelamiento del agua, que anule la eficacia de la cama, considerando que:

- E.5.1.** Las rampas de emergencia para frenado descendentes (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4) se diseñarán con una pendiente transversal de dos (2) por ciento como mínimo, en el fondo de la caja que alojará la cama de frenado, para interceptar y recolectar el agua que se infiltre, como se ilustra en la Figura 4 de esta Norma.
- E.5.2.** En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se diseñará un subdrén con una pendiente longitudinal mínima de uno coma cinco (1,5) por ciento, como se ilustra en la Figura 4 y se describe a continuación:
- E.5.2.1.** El subdrén consistirá en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno (ϕ_i) mínimo de quince (15) centímetros, que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en las Normas N-CMT-3-04-002, *Tubos de Concreto para Subdrenes* o N-CMT-3-04-003, *Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje*, respectivamente, dentro de una zanja con las dimensiones que se muestran en la Figura 5 de esta Norma y sobre una cama de quince (15) centímetros de espesor como mínimo, formada con el material de filtro que se utilice para el relleno de la zanja y que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-3-04-001, *Filtros*.

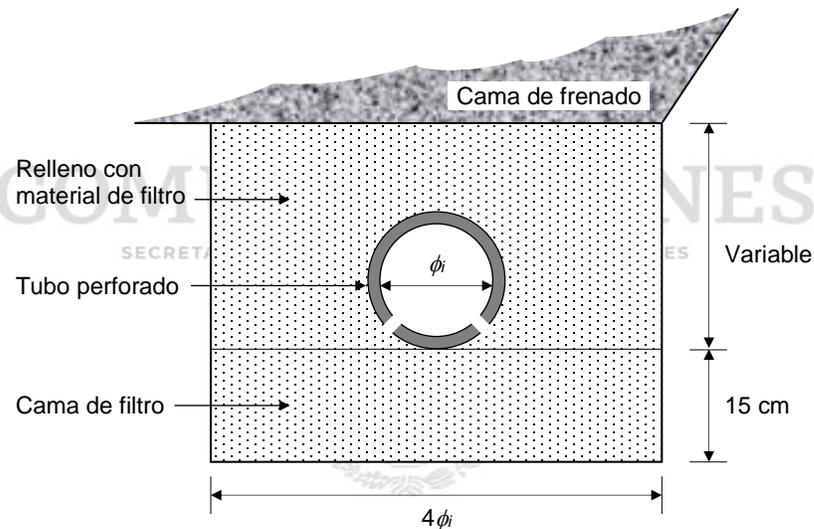


FIGURA 5.- Subdrén típico para la cama de frenado

- E.5.2.2.** Las salidas para el agua captada por el subdrén, se harán con tubos del mismo tipo que los utilizados en el subdrén, pero sin perforaciones, colocados en una zanja como se indica en el Párrafo anterior. Se ubicará una tubería de salida en la parte más baja de subdrén y otras a lo largo del mismo, a cada cien (100) metros como máximo, de forma que no queden sumergidas en agua, ni se regrese ésta al interior del subdrén. Las bocas de las salidas se protegerán con rejillas o pantallas pesadas que prevengan actos de vandalismo y la entrada de roedores.
- E.5.2.3.** Podrán diseñarse otros sistemas de subdrenes, como pueden ser, entre otros, geodrenes, siempre que así lo apruebe la Secretaría.

E.6. CAMINO DE SERVICIO Y MACIZOS DE ANCLAJE

Para facilitar el rescate de los vehículos detenidos se diseñará el camino de servicio de la rampa de emergencia para frenado y, en su caso, los macizos de anclaje que permitan el apoyo adecuado de las grúas de rescate u otros equipos de servicio, de manera que, en conjunto, formen un sistema integral y que los conductores de los vehículos fuera de control no los confundan con la cama de frenado, particularmente durante condiciones de conducción nocturna, considerando que:

- E.6.1. El camino de servicio será adyacente a la cama de frenado, preferentemente en el lado más próximo a la carretera, con un ancho mínimo de cinco (5) metros y pavimentado igual que los acotamientos de la carretera que provea una superficie firme para los equipos de rescate, alejada de la ruta principal y hacia la cual se puedan arrastrar los vehículos atrapados.
- E.6.2. En los lugares que sea posible, 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. El alineamiento horizontal del retorno del camino de servicio se diseñará de forma tal que se elimine la posibilidad de que los conductores de los vehículos ingresen al camino de servicio y no a la cama de frenado.
- E.6.3. Los macizos de anclaje serán de concreto hidráulico, con las dimensiones y la resistencia que permitan el anclaje o apoyo firme de los equipos de rescate y estarán alojados en el lado del camino de servicio opuesto a la cama de frenado, separados entre sí, en forma equidistante, a no menos de cincuenta (50) ni más de cien (100) metros. El primero se ubicará lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado, para facilitar el rescate de los vehículos que sólo hayan entrado una corta distancia en ella, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

E.7. SEÑALAMIENTO

El diseño del señalamiento de una rampa de emergencia para frenado, comprenderá tanto el señalamiento horizontal como el señalamiento vertical, previos a la rampa y en ella, adicionales a los señalamientos normales de la carretera a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-10-01-001, *Ejecución de Proyectos de Señalamiento*, considerando:

E.7.1. Señalamiento horizontal

El señalamiento horizontal de rampas de emergencia para frenado se hará mediante marcas especiales pintadas o colocadas en el pavimento, tanto en tangentes como en curvas, denominadas *Rayas para frenado de emergencia* (M-14). En la entrada a la rampa y diferenciando claramente el arroyo vial de la carretera para evitar que los vehículos fuera de control continúen por él, se utilizarán rayas canalizadoras (M-5) conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-10-01-002, *Diseño de Señalamiento Horizontal*, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma. Las marcas para frenado de emergencia son:

E.7.1.1. Raya para frenado de emergencia 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 situará al centro del carril descendente de la carretera o si ésta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de extrema izquierda y consiste en segmentos de color rojo reflejante de cinco (5) metros de largo y veinte (20) centímetros de ancho separados entre sí diez (10) metros, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma. El color rojo estará dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 4 de la Norma N-CMT-5-01-001, *Pinturas para Señalamiento Horizontal*, y que cumpla con los coeficientes de reflexión mínimos indicados en la Tabla 5 de la misma Norma.

E.7.1.2. Raya para frenado de emergencia 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 para frenado de emergencia discontinua (M-14.1), a que se refiere el Párrafo anterior, hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa. Se situará al centro del carril descendente de la carretera o si ésta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y, si la rampa se ubica a la derecha del camino, en una tangente ubicada a no menos de quinientos (500)

metros antes de la entrada a la rampa, esta raya continua se pasará suavemente del carril de alta velocidad al de baja, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma. Consiste en una raya continua de color rojo reflejante y veinte (20) centímetros de ancho. El color rojo estará dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 4 de la Norma N-CMT-5-01-001, *Pinturas para Señalamiento Horizontal*, y cumplirá con los coeficientes de reflexión mínimos indicados en la Tabla 5 de la misma Norma.

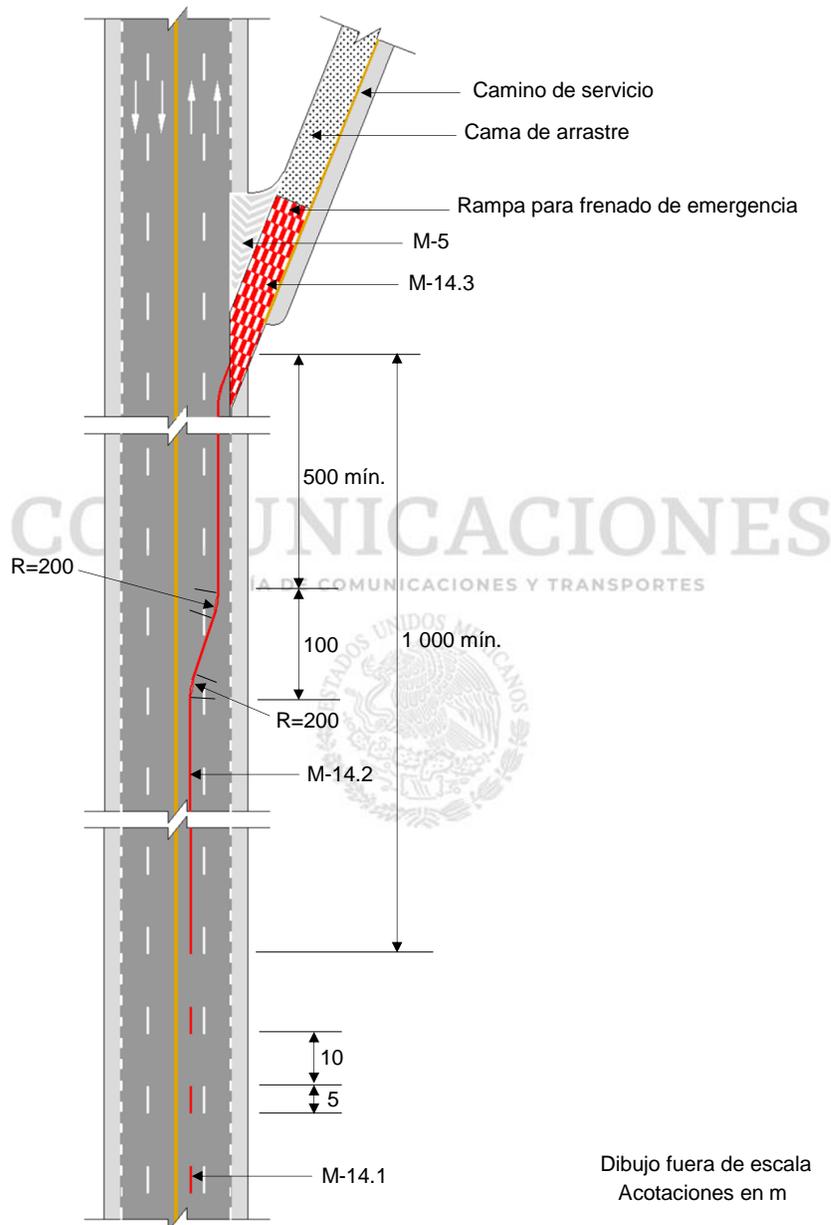


FIGURA 6.- Señalamiento horizontal de rampas de emergencia para frenado

E.7.1.3. Marca para indicar el acceso a una rampa de emergencia para frenado (M-14.3)

Se utiliza para hacer franca la entrada a la cama de frenado a los conductores de los vehículos que estén fuera de control, entre el límite del arroyo vial que se abandona y el inicio de la cama de frenado. Consta de un tablero formado con rectángulos rojos y blancos reflejantes, inscritos en forma alternada, cada uno de tres (3) metros de largo

en el sentido del eje longitudinal de la rampa por un (1) metro de ancho, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma. El color rojo reflejante y el blanco reflejante estará dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 4 de la Norma N-CMT-5-01-001, *Pinturas para Señalamiento Horizontal*, y cumplirá con los coeficientes de reflexión mínimos indicados en la Tabla 5 de la misma Norma.

E.7.1.4. Botones reflejantes

Las rayas para frenado de emergencia, discontinuas (M-14.1) y continuas (M-14.2), a que se refieren los Párrafos anteriores, se pueden complementar con botones reflejantes que tengan en la cara opuesta al sentido de circulación un reflejante de color rojo que esté dentro del área cromática definida por las coordenadas de los puntos correspondientes que se muestran en la Tabla 2 de la Norma N-CMT-5-04, *Botones y Botones Reflejantes* y cumpla con los coeficientes de intensidad luminosa inicial mínimos indicados en la Tabla 1 de la misma Norma, ubicados a cada quince (15) metros en curvas y treinta (30) 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.

E.7.2. Señalamiento vertical

El señalamiento vertical de rampas de emergencia para frenado se integrará mediante las señales restrictivas (SR), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR), señales de información general (SIG), señales informativas de servicios (SIS) y señales diversas (OD), que se indican a continuación y que cumplan en forma, dimensiones y características con lo establecido en las Normas N-PRY-CAR-10-01-004, *Diseño de Señales Restrictivas*, N-PRY-CAR-10-01-005, *Diseño de Señales Informativas*, N-PRY-CAR-10-01-006, *Diseño de Señales Turísticas y de Servicios* y N-PRY-CAR-10-01-007, *Diseño de Señales Diversas*, respectivamente; excepto en lo que se refiere a los colores del fondo, de los caracteres, de las flechas y de los filetes de las señales especiales que se muestran en la Figura 7 de esta Norma, en las que el fondo será de color amarillo reflejante y negros los caracteres, flechas y filetes, considerando que sólo serán aplicables para el diseño del señalamiento vertical en rampas de emergencia para frenado.

Todos los colores que se utilicen en el señalamiento vertical de rampas de emergencia para frenado, a excepción del negro, estarán dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 2 de la Norma N-CMT-5-03-001, *Calidad de Películas Reflejantes*, de acuerdo con los factores de luminancia que se indican en la misma Tabla, según el tipo de película reflejante que se utilice y cumplirán con los coeficientes mínimos de reflexión inicial indicados en la Tabla 1 de la misma Norma.

E.7.2.1. Señales restrictivas (SR)

Se instalarán en la carretera las señales restrictivas SR-22 "Prohibido Estacionarse", como la mostrada en la Figura 7 de esta Norma, 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 a la rampa de emergencia, con una separación máxima entre ellas de ciento cincuenta (150) metros.

E.7.2.2. Señales informativas de destino (SID)

Se instalarán en la carretera dos señales informativas de destino SID-9 ó SID-13, como la mostrada en la Figura 7 de esta Norma, una decisiva a la entrada de la rampa de emergencia para frenado 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 del tránsito y la velocidad de operación, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, siempre serán elevadas en bandera, complementadas con dos señales informativas de destino previas elevadas, en bandera SID-13 ó en puente SID-15, como la mostrada en la misma Figura 7 de esta Norma, a no menos de cuatrocientos (400) y de setecientos (700) metros de la entrada a la rampa, respectivamente, que indiquen el carril que han de utilizar los vehículos fuera de control.

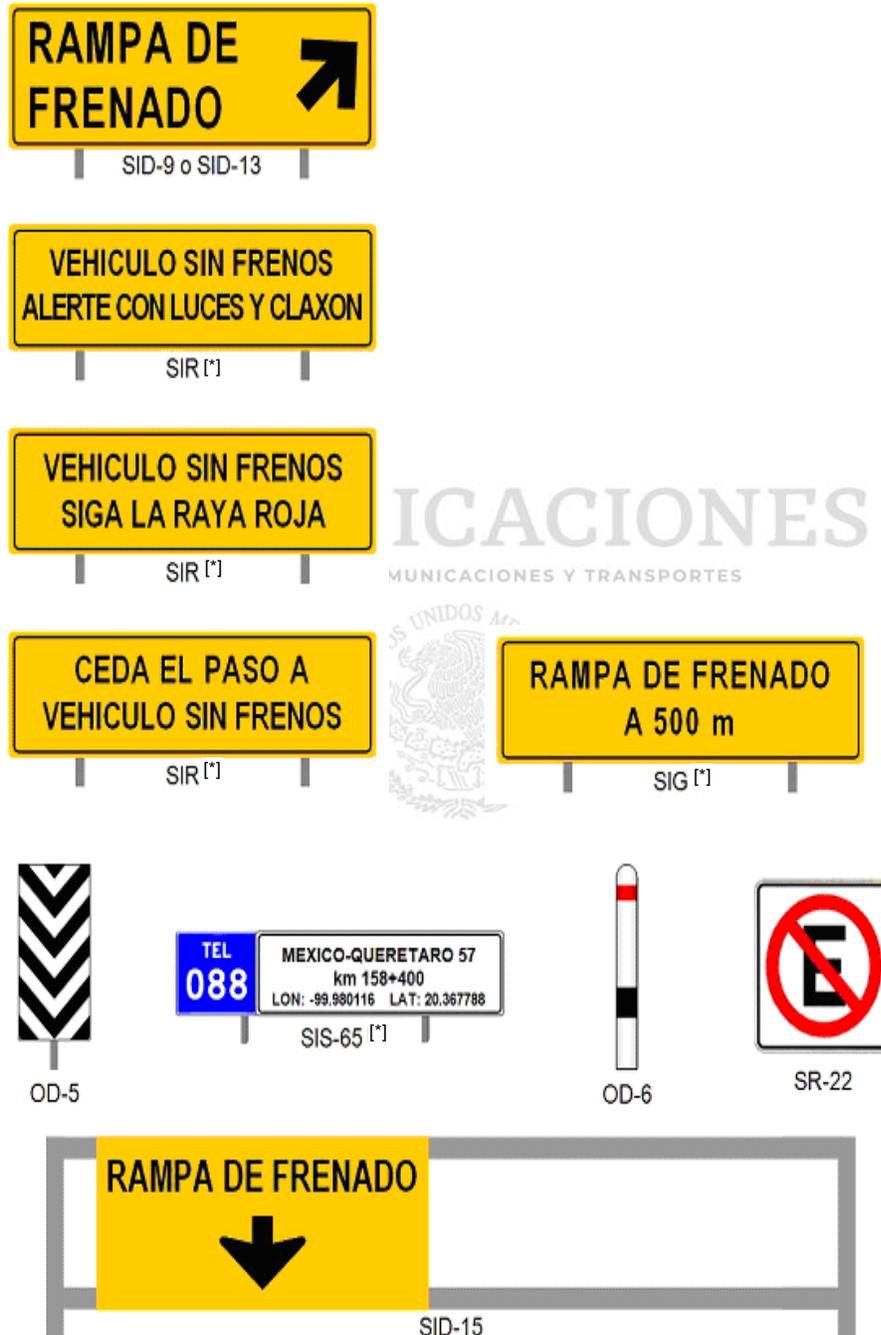


FIGURA 7.- Señales verticales de rampas de emergencia para frenado

E.7.2.3. Señales informativas de recomendación (SIR)

Se instalarán en la carretera cuatro señales informativas de recomendación SIR:

- Una con la leyenda “VEHÍCULO SIN FRENOS ALERTE CON LUCES Y CLAXÓN”, que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, *Diseño de Señales Informativas*, 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 de emergencia para frenado;
- otra con la leyenda “VEHÍCULO SIN FRENOS SIGA LA RAYA ROJA”, como la mostrada en la Figura 7 de esta Norma, ubicada a no menos de cien (100) metros de la señal que se indica en la viñeta anterior, y
- dos con la leyenda “CEDA EL PASO A VEHÍCULO SIN FRENOS”, que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, *Diseño de Señales Informativas*, incluyendo los de color, ubicadas a no menos de seiscientos cincuenta (650) metros de la entrada a la rampa y de doscientos (200) metros antes del sitio donde inicie la pendiente de la carretera.

En carreteras de un carril por sentido de circulación, estas señales serán bajas, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, si así lo aprueba la Secretaría, tomando en cuenta el volumen del tránsito y la velocidad de operación. Si se opta por señales bajas y la carretera es de cuerpos separados, se instalarán dichas señales en ambos lados del arroyo vial.

E.7.2.4. Señales de información general (SIG)

Se instalará en la carretera una señal de información general SIG con la leyenda “RAMPA DE FRENADO A 500 m”, como la mostrada en la Figura 7, a no menos de quinientos (500) metros de la rampa emergencia para frenado, preferentemente en el sitio donde la raya roja continua M-14.2, a que se refiere el Párrafo E.7.1.2. de esta Norma, cambie del carril de alta velocidad al de baja y, en el caso de que el tramo con pendiente descendente de la carretera sea largo, se instalará otra señal igual, a cuando menos mil (1 000) metros de la primera.

En carreteras de un carril por sentido de circulación, esas señales serán bajas, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, si así lo aprueba la Secretaría, tomando en cuenta el volumen del tránsito y la velocidad de operación. Si se opta por señales bajas y la carretera es de cuerpos separados, se instalarán dichas señales en ambos lados del arroyo vial.

E.7.2.5. Señal informativa de servicios (SIS)

A un lado del acceso a la rampa se instalará una señal informativa de servicios SIS-65 “Asistencia Telefónica en Vialidades” que indique el número telefónico donde se puede solicitar auxilio, complementada con un tablero adicional con el nombre de la carretera y el número de la ruta, la ubicación de la rampa en kilómetros más metros y las coordenadas geográficas (longitud y latitud) en grados con seis decimales, como se muestra en la Figura 7 de esta Norma.

E.7.2.6. Señales Diversas (OD)

Se instalará un indicador de obstáculos OD-5, en la zona neutral formada por las rayas canalizadoras en la entrada a la rampa de emergencia para frenado, a que se refiere el Inciso E.7.1. de esta Norma, así como indicadores de alineamiento OD-6, con reflejante rojo; de policloruro de vinilo (PVC) o de algún otro material flexible, inastillable y resistente a la intemperie, que apruebe la Secretaría, ubicados a cada veinte (20) metros en ambos lados de la cama de frenado, desde donde inicie la rampa hasta donde termine la cama, a excepción de las rampas tipo RE-1 en las que se colocarán estos

indicadores hasta donde el montículo alcance un espesor de sesenta (60) centímetros. Estas señales diversas cumplirán con todos los requisitos establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-01-007, *Diseño de Señales Diversas*, excepto el color rojo del reflejante de los indicadores de alineamiento, que esté dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 2 de la Norma N-CMT-5-03-001, *Calidad de Películas Reflejantes*, de acuerdo con los factores de luminancia que se indican en la misma Tabla, según el tipo de película reflejante que se utilice y cumplirá con los coeficientes mínimos de reflexión inicial indicados en la Tabla 1 de la misma Norma.

E.7.3. Dispositivos de seguridad

E.7.3.1. 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, éstas se colocarán conforme lo determine un informe técnico que lo justifique.

E.7.3.2. Amortiguadores de impacto

En casos donde por la existencia de elementos rígidos en los que se pudieran impactar los vehículos que entren o pretendan entrar a la rampa de emergencia para frenado o por cualquier otra causa, se considere necesaria la instalación de amortiguadores de impacto, estos se colocarán conforme lo determine un informe técnico que lo justifique.

E.7.3.3. Sistema de iluminación

El diseño de iluminación de las rampas de emergencia para frenado comprenderá desde la ejecución de la ingeniería de detalle necesaria para definir las características de las luminarias, los postes y de todos los elementos del sistema de iluminación, así como las obras inducidas que sean necesarias, de acuerdo con los niveles de iluminación que seleccione el proyectista, que permitan a los usuarios el acceso seguro y eficiente a la rampa de emergencia para frenado en condición nocturna o de baja visibilidad, hasta la elaboración de los planos, especificaciones y otros documentos en los que se establezcan la ubicación y características geométricas, estructurales, de materiales y de acabados de todos los elementos del sistema, conforme con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-10-06-001, *Ejecución de Proyectos de Iluminación para Carreteras y Vías Urbanas*.

E.7.3.4. Cámaras de detección automática de incidentes

El diseño del sistema para la vigilancia y monitoreo de las rampas de emergencia para frenado, se integrará mediante cámaras de video para detección automática de incidentes, ubicadas estratégicamente para que detecten, transmitan y registren automáticamente cualquier incidente desde el inicio del camino de acceso a la rampa de emergencia hasta el fin de su cama de frenado, incluyendo su camino de servicio, durante todo el tiempo que dure el incidente más dos (2) minutos, mediante el procesamiento y análisis automático de las imágenes de video a colores o en blanco y negro, por medio de un programa de cómputo que genere y transmita en tiempo real, a una central de control, alarmas e imágenes de video para que el personal de emergencia pueda, en su caso, iniciar oportunamente el operativo de auxilio que se requiera. Los componentes principales del sistema son la carcasa, el lente, el sensor de imagen, la unidad central de procesamiento, el procesador de video, la fuente de alimentación eléctrica y el canal de transmisión, conforme con lo establecido en la Norma N-EIP-1-01-012, *Cámaras de Video para Detección Automática de Incidentes*.

F. PROYECTO EJECUTIVO

De cada rampa de emergencia para frenado que se diseñe, con base en su estudio topográfico definitivo de obra especial a que se refiere la Cláusula D. de esta Norma y de acuerdo con lo establecido en la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, se hará el proyecto ejecutivo que posibilite la construcción de la rampa, lo que implicará, además de lo establecido anteriormente en esta Norma, la elaboración de su proyecto de terracerías, que contenga el perfil y las secciones de construcción de la rampa, así como, en su caso, el respectivo diagrama de masas, que permita determinar los movimientos de las terracerías.

El proyecto de terracerías se expresará mediante los planos que se indican a continuación, que serán integrados al proyecto de dispositivos de seguridad a que se refiere la Fracción E.10. de la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, con los formatos y la presentación que se indican en la Norma N-PRY-CAR-10-04-010, *Presentación del Proyecto*.

F.1. PLANO GENERAL

Que contenga toda la información relevante sobre el proyecto que se estime de utilidad para las decisiones ejecutivas. Entre esa información se incluirá lo siguiente:

- Planta geométrica de la rampa, sobre el modelo tridimensional del área, obtenido del correspondiente estudio topográfico definitivo de obra especial, que incluya los elementos de los sistemas de drenaje y subdrenaje, las referencias de trazo y los bancos de nivel que se utilicen, la delimitación del derecho de vía, la escala y el norte magnético;
- corte-elevación por el eje del trazo de la rampa, incluyendo el perfil estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, así como los elementos de drenaje y subdrenaje; la o las pendientes longitudinales de la rasante y las escalas gráficas vertical y horizontal (cadenamientos);
- cortes transversales de la rampa, incluyendo la sección estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, así como los elementos de drenaje y subdrenaje, y las escalas gráficas vertical y horizontal;
- datos para la ubicación de las referencias del trazo y de los bancos de nivel que se utilicen;
- lista de materiales;
- relación de especificaciones de construcción aplicables al proyecto; y
- lista de planos que integran el proyecto ejecutivo.

F.2. PERFIL DE CONSTRUCCIÓN

Plano topográfico que muestre la configuración vertical del terreno en el eje definitivo de la rampa, su subrasante y su rasante, incluyendo su pendiente longitudinal y el perfil estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado; las escalas vertical y horizontal (cadenamientos); el diagrama de masas y los movimientos de terracerías, así como, a cada veinte (20) metros y en puntos singulares, las elevaciones del terreno y de la subrasante, las alturas y volúmenes geométricos de terraplén y corte, y en su caso, la información geotécnica y la clasificación presupuestal.

F.3. SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

Plano topográfico que muestre, para cada sección transversal de la rampa, en cadenamientos cerrados a veinte (20) metros y en puntos singulares, la configuración vertical del terreno; la sección de construcción con la subrasante y rasante, incluyendo las pendientes transversales, los taludes de corte o terraplén, el despalme y la sección estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado; las escalas vertical y horizontal; el cadenamiento de cada sección, el nivel de rasante y la altura en metros de corte o terraplén, en el eje de la rampa; las áreas en metros cuadrados de despalme, corte, terraplén, cama de frenado y, en su caso, de las capas subyacente y subrasante.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431
"El Colorado-Galindo", San Fandila,
Pedro Escobedo, 76703, Querétaro
<https://normas.imt.mx>
normas@imt.mx