

LIBRO: PRY. PROYECTO

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 10. PROYECTO DE SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN CALLES Y CARRETERAS

TÍTULO: 04. Proyecto de Dispositivos de Seguridad

CAPÍTULO: 007. Rampas para Frenado de Emergencia

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para el diseño de las rampas para frenado de emergencia (RE), a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

B.1. RAMPAS PARA FRENADO DE EMERGENCIA

También conocidas como *rampas de escape* o *de emergencia*, son franjas auxiliares conectadas a la calzada de las carreteras, especialmente acondicionadas 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.

Si por la topografía del terreno o por limitaciones físicas que restrinjan la construcción de la rampa, su longitud y pendiente no resultan suficientes para detener completamente a un vehículo fuera de control, la rampa se complementa con un dispositivo atenuador aceptable, instalado para impedir que el vehículo salga al llegar al final de la rampa.

Las rampas para frenado de emergencia estarán formadas por un acceso, una *cama de frenado* y un *camino de servicio*.

B.1.1. Acceso

Parte pavimentada de la rampa para frenado de emergencia que conecta la calzada de la carretera con la cama de frenado, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

B.1.2. Cama de frenado

Parte de la rampa para frenado de emergencia que propiamente detiene el vehículo con el material granular suelto que se coloca en su superficie. La configuración de la cama de frenado determina los cuatro tipos de rampas definidos en los Incisos B.2.1. a B.2.4. e ilustrados en la Figura 2 de esta Norma.

B.1.3. Camino de servicio

Franja pavimentada aledaña a la cama de frenado, acondicionada para retirar los vehículos que entren a la rampa para frenado de emergencia y dar mantenimiento a la cama de frenado, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

B.2. CLASIFICACIÓN

Las rampas para frenado de emergencia 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 la arena y algunas partes del vehículo. Sólo se utilizará este tipo de rampas cuando se tengan limitaciones de espacio y su conveniencia esté sustentada con el análisis correspondiente.

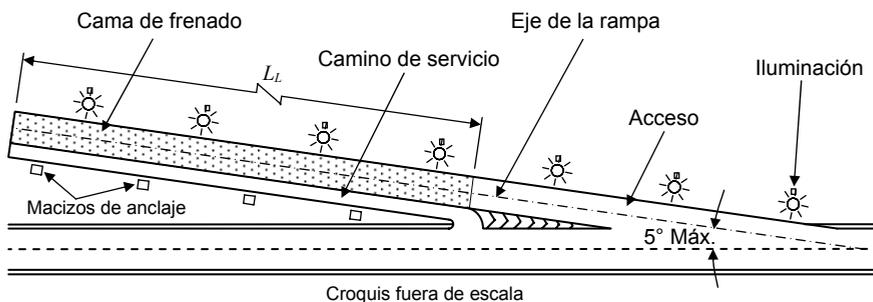


FIGURA 1.- Rampa para frenado de emergencia. Disposición en planta

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 de diseño.

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.

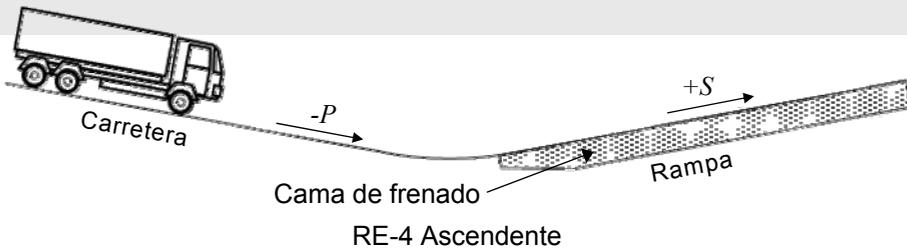
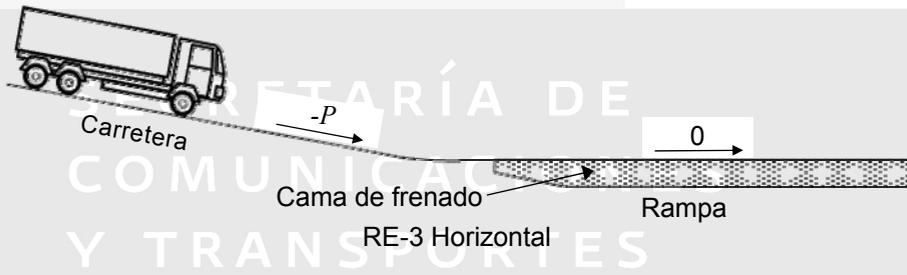
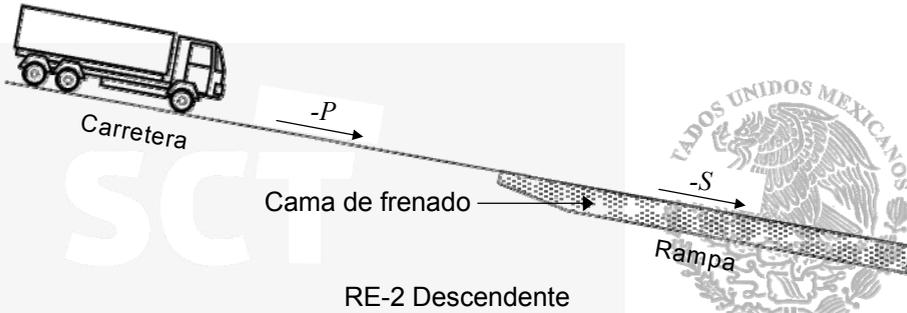
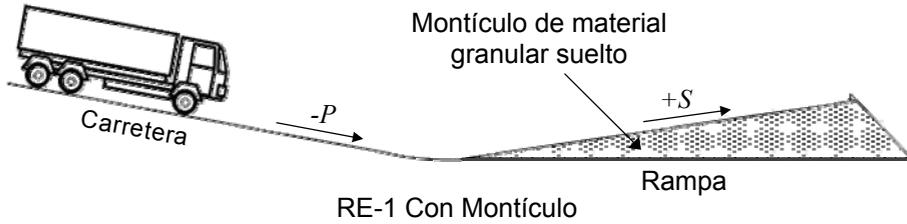


FIGURA 2.- Tipos de rampas para frenado de emergencia (RE)

C. REFERENCIAS

Es referencia de esta Norma, la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	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 Dispositivos de Seguridad	N·PRY·CAR·10·04·001
Presentación del Proyecto	N·PRY·CAR·10·04·010
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
Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos	M·MMP·1·02

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 para frenado de emergencia, se requiere contar 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 PARA FRENADO DE EMERGENCIA

El diseño de cada rampa para frenado de emergencia comprende la determinación de su ubicación, tipo y geometría; la selección de los materiales para su construcción y la definición de sus sistemas de drenaje, subdrenaje y señalamiento complementario, 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 para frenado de emergencia, considerando lo siguiente:

E.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El diseño de las rampas para frenado de emergencia 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 deban realizar, 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.
- E.1.3.** El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera, 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.

- E.1.6.** Si así lo indica la Secretaría, 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 averiados, 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.** De ser posible, las rampas se iluminarán para facilitar su uso en condiciones de conducción nocturna.

E.2. UBICACIÓN

Las rampas para frenado de emergencia se ubicarán en aquellos tramos en los que exista una alta probabilidad de que, por efecto de un alineamiento vertical continuamente descendente, los vehículos pesados puedan acelerarse a velocidades francamente mayores que las toleradas por el alineamiento horizontal o hasta ciento cuarenta (140) kilómetros por hora y que veinte (20) vehículos o el diez (10) por ciento de los vehículos de carga muestren signos de sobrecalentamiento en el sistema de frenos en un día, perceptible por el humo o el olor o que su temperatura estimada alcance los doscientos sesenta (260) grados Celsius, y en aquellos tramos en los que se ha presentado anualmente un accidente fatal causado por vehículos sin frenos o en los que exista la posibilidad de ocurrencia de accidentes catastróficos, como los que pueden producirse a la entrada de las poblaciones o en zonas en donde puede haber vehículos detenidos, como en plazas de cobro.

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

- E.2.1.** No se emplazarán rampas para frenado de emergencia 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 para frenado de emergencia se ubicarán antes de los sitios que, por sus características geométricas, pudieran poner en riesgo al vehículo fuera de control.
- E.2.3.** La velocidad de entrada a una rampa para frenado de emergencia, 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 estimada de la carretera, 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, 0,010 cuando la carpeta sea de concreto hidráulico ó 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 para frenado de emergencia se determinará considerando lo siguiente:

E.3.1. Ancho

El ancho de las rampas para frenado de emergencia 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 tres (3) a cinco (5) metros.

E.3.2. Longitud

La longitud de una rampa para frenado de emergencia, 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 que permita pasar de la pendiente de la carretera a la pendiente inicial de la cama de frenado y la longitud de ésta última, que será la necesaria para detener completamente a los vehículos, 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:

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

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.

S_l = 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, 2001)

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 atenuador aceptable que en cada caso apruebe la Secretaría, como pueden ser:

- a) Amortiguadores de impacto formados con tambores de plástico rellenos con el mismo material utilizado en la cama de frenado para evitar la contaminación de su material y la reducción de su resistencia a la rodadura, 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.
- c) Otros dispositivos atenuadores que hayan mostrado su efectividad para detener los vehículos.

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.

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.

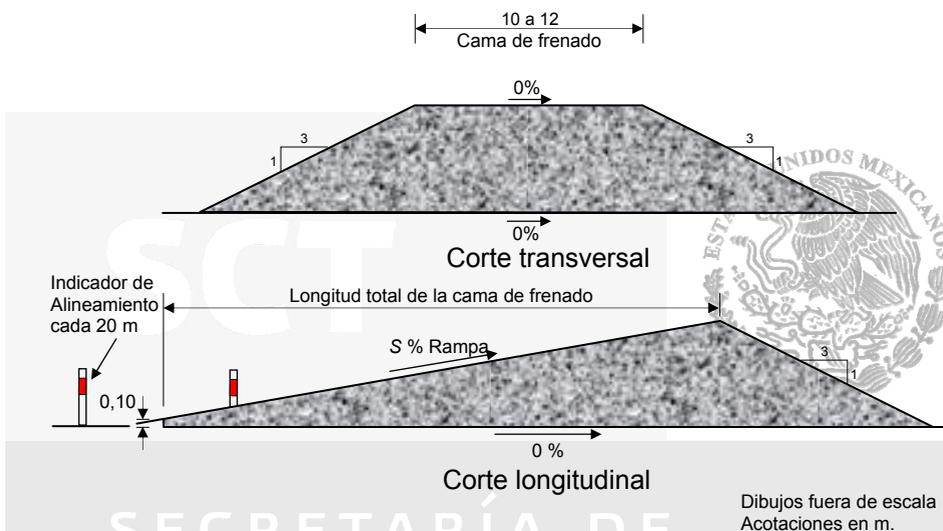


FIGURA 3.- Disposición en corte de las rampas para frenado de emergencia tipo RE-1

E.4. MATERIALES

El diseño de las rampas para frenado de emergencia 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 para frenado de emergencia, 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*.

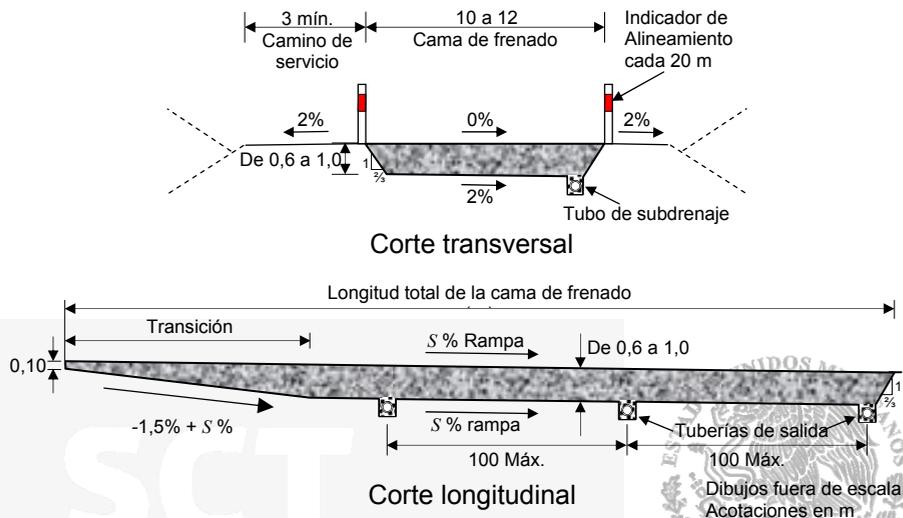


FIGURA 4.- Disposición en corte de la cama de frenado de rampas para frenado emergencia tipos RE-2, RE-3 y RE-4

E.4.2. El acceso de las rampas para frenado de emergencia, 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 preferentemente friccionantes, de difícil compactación y estarán limpios de partículas contaminantes. Pueden ser: grava triturada o grava de río, mal graduadas (GP) o arena mal graduada (SP), según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), de acuerdo con el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*, o gravilla uniforme, que cumplan con los requisitos de calidad que se muestran en la Tabla 2 de esta Norma.

E.5. DRENAJE Y SUBDRENAJE

El sistema de drenaje y subdrenaje de las rampas para frenado de emergencia 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:

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

Granulometría				
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	⅜"	---	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 Los Angeles, % máximo		30	30	30
Partículas alargadas y lajeadas, % máximo		25	25	25

E.5.1. Las rampas para frenado de emergencia 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 consistente en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno (ϕ) 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*.

E.5.2.2. Las salidas para el caudal captado, 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 geodrenes, siempre que así lo apruebe la Secretaría.

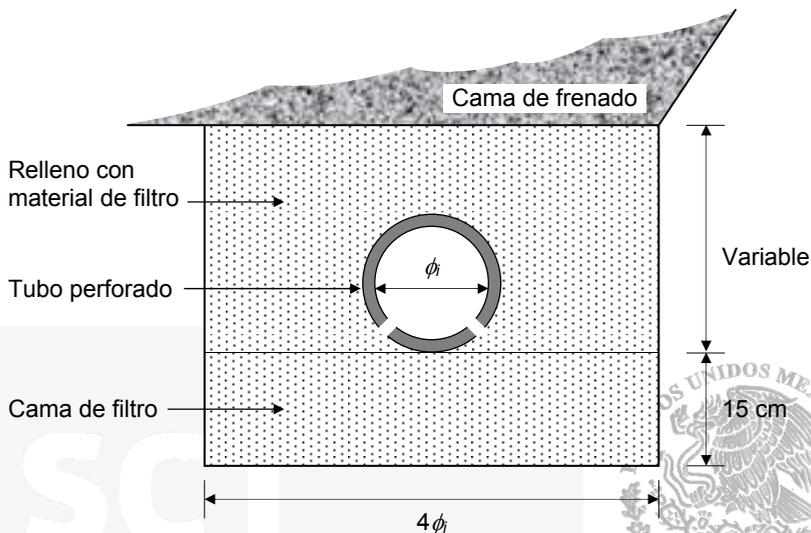


FIGURA 5.- Subdrén típico para la cama de frenado

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 para frenado de emergencia 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 tres (3) 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, alejado de la ruta principal y hacia el 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.

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 para frenado de emergencia, 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 Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*, considerando:

E.7.1. Señalamiento horizontal

El señalamiento horizontal de rampas para frenado de emergencia se hará mediante marcas especiales pintadas o colocadas en el pavimento, tanto en tangentes como en curvas, denominadas *Rayas para frenado de emergencia* (M-16), de veinte (20) centímetros de ancho y color rojo. En la entrada a la rampa y diferenciando claramente su camino de servicio para evitar que los vehículos fuera de control entren en él, se utilizarán rayas canalizadoras (M-5) conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma. Las rayas para frenado de emergencia son:

E.7.1.1. Raya para frenado de emergencia discontinua (M-16.1)

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 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 consiste en segmentos de cinco (5) metros separados entre sí diez (10) metros, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma.

E.7.1.2. Raya para frenado de emergencia continua (M-16.2)

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, a que se refiere el Párrafo anterior, hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa. Se sitúan 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.

E.7.1.3. Botones reflejantes

Las rayas para frenado de emergencia, discontinuas y continuas, se pueden complementar con botones reflejantes que tengan en una cara un reflejante del color rojo que esté dentro del área cromática definida por las coordenadas de los puntos que se muestran en la Figura 6 de esta 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 para frenado de emergencia se integrará mediante las 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

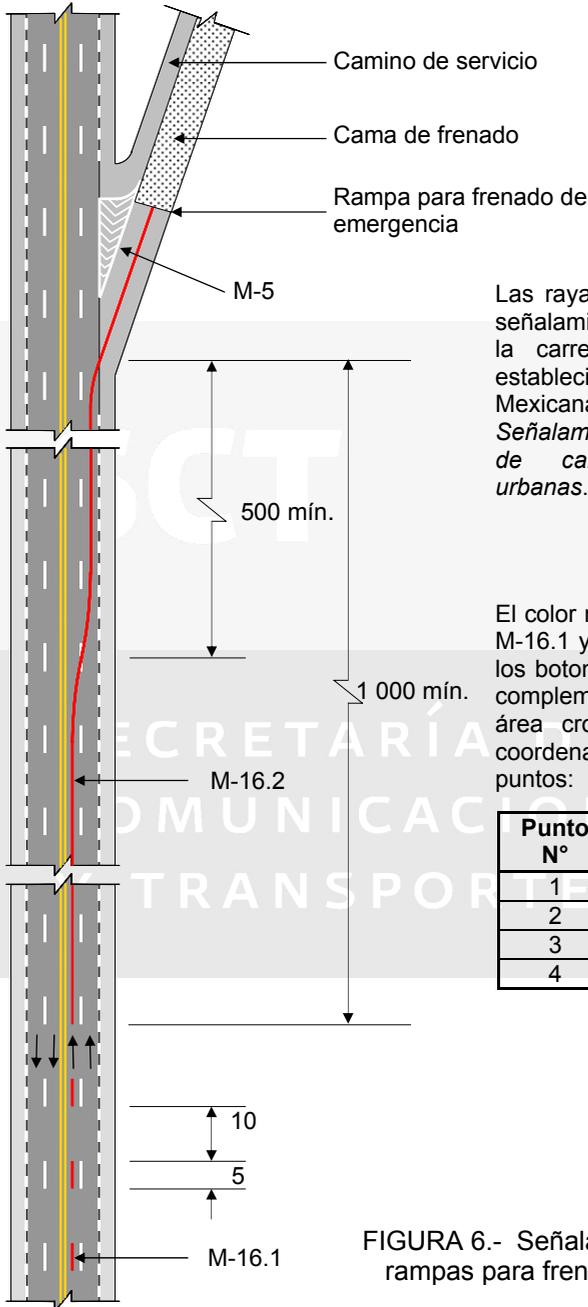
Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*, excepto en lo que se refiere a los colores del fondo, de los caracteres, de las flechas y de los filetes de las señales especiales que se muestran en la Figura 7 de esta Norma, en las que el fondo 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 para frenado de emergencia.

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 para frenado de emergencia, 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 o SID-13, como la mostrada en la Figura 7 de esta Norma, 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 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 SID-15 previas, elevadas en puente, 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.



Las rayas canalizadoras M-5 y el señalamiento horizontal normal de la carretera, cumplirán con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*.

El color rojo reflejante de las rayas M-16.1 y M-16.2, y en su caso, de los botones reflejantes con que se complementen, estará 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

Dibujo fuera de escala
Acotaciones en m

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



SID-9 o SID-13

La forma y dimensiones de los tableros de estas señales cumplirán con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*, según su tipo.



SIR *

El color amarillo reflejante de las señales especiales SID-9, SID-13, SID-15, SIR y SIG, estará dentro del área cromática definida por las coordenadas de los siguientes puntos:



SIR *

Punto N°	Coordenadas	
	x	y
1	0,498	0,412
2	0,557	0,442
3	0,479	0,520
4	0,438	0,472



SIR *

* En el caso de carreteras con dos o más carriles de circulación por sentido y si la Secretaría así lo aprueba, estas señales SIR y SIG pueden ser elevadas en puente, tomando en cuenta el volumen del tránsito y la velocidad de operación.



SIG *



OD-5



OD-6



SR-22



SID-15

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

E.7.2.3. Señales informativas de recomendación (SIR)

Se instalarán 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;
- otra con la leyenda “VEHICULOS 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 el párrafo anterior, y
- dos con la leyenda “CEDA EL PASO A VEHICULOS 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, 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 de la calzada.

E.7.2.4. Señales información general (SIG)

Se instalará en la carretera una señal de información general SIG, como la mostrada en la Figura 7, a no menos de quinientos (500) metros de la rampa para frenado de emergencia, preferentemente en el sitio donde la raya roja continua M-16.2, 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 de la calzada.

E.7.2.5. 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 para frenado de emergencia, a que se refiere el Inciso E.7.1. de esta Norma, así como indicadores de alineamiento OD-6, con reflejante rojo; de concreto hidráulico, metálicos, 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 60 cm. Estas señales diversas cumplirán con todos los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, *Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*, excepto el color rojo del reflejante de los indicadores de alineamiento, que estará dentro del área cromática definida por las coordenadas de los puntos que se muestran en la Figura 6 de esta Norma

E.7.2.6. Barreras de protección

En casos donde por la ubicación de la rampa para frenado de emergencia, se considere necesaria la instalación de barreras de protección, éstas se colocarán

conforme lo determine un informe técnico que lo justifique.

F. PROYECTO EJECUTIVO

De cada rampa para frenado de emergencia 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);
- corte transversal 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.

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.