



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA RAMPA DE EMERGENCIA CON
BASE EN LA NORMA N-PRY-CAR-10-04-007/13**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES

PRESENTA:

ING. JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRISÓSTOMO

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. **OCTUBRE 2016**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

1- Objetivo	1
2- Introducción	2
3- Marco Teórico: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13	3
3.1 Contenido	3
3.2 Definición y Clasificación	3
3.3 Referencias	8
3.4 Requisitos	9
3.5 Diseño de Rampas para Frenado de Emergencia	9
3.6 Proyecto Ejecutivo	34
4- Generalidades de la Carretera México – La Marquesa	36
4.1 Estimación del Nivel de Servicio	43
4.2 Análisis de accidentes en el tramo de estudio	44
5- Identificación de los parámetros de diseño de la rampa existente y su evaluación en base a la norma N-PRY-CAR-10-04-007-07	47
5.1 Revisión y conclusiones sobre la Rampa existente.	55
6- Diseño de la Rampa de Frenado de Emergencia	60
6.1 Longitud y ancho de la cama de frenado	60
6.2 Camino de servicio y macizos de anclaje	64
6.3 Drenaje y subdrenaje	65
6.4 Señalamiento	66
7- Conclusiones	68
8- Bibliografía	69

1- Objetivo

El objetivo de este trabajo será identificar y comparar los parámetros o características que contempla la norma N-PRY-CAR-10-04-007/13 con el caso de la rampa para frenado de emergencia ubicada en el kilómetro 25+600 de la carretera de cuota México-Toluca, en el sentido de la Marquesa hacia la Ciudad de México. Posteriormente de la identificación se determinara con cuales parámetros cumple y se procederá a rediseñar la rampa para que esta cumpla con dicha norma. En la figura 1 se muestra la ubicación de la Rampa actual y la carretera.



Figura 1: Ubicación de la Rampa de Emergencia en la Carretera de Cuota Marquesa-México/ Fuente: Imagen Satelital de Google Earth

2- Introducción

Una rampa de frenado es un dispositivo destinado a salvar vidas. Tomando en cuenta que el conductor de un vehículo fuera de control por falla en su sistema de frenos no se encuentra apto para tomar decisiones o realizar acciones complejas es de suma importancia considerar el diseño de una rampa de frenado, incluyendo su señalización, de tal forma que brinde las condiciones necesarias para que el conductor conozca su existencia, entienda las maniobras que debe realizar, y sienta la confianza y la seguridad de ingresar en ella y no continuar en el flujo vehicular.

Las rampas de frenado tienen su origen en la observación de la forma de reaccionar de los conductores ante la falla de su sistema de frenos: los conductores de camiones que experimentaban este problema preferían realizar una maniobra controlada para salirse del camino, o bien impactarse contra el talud de corte para generar fricción y disminuir la velocidad, a perder totalmente el control del vehículo.

Por características propias de la orografía, en México es frecuente que los vehículos de carga circulen por pendientes de longitud considerable e inclinación elevada; tales particularidades crean condiciones inseguras, debido a que exponen a los conductores a efectuar constantes cambios de velocidad y a utilizar permanente los frenos (lo que causa los denominados “frenos humeantes”), así como a buscar la acción retardante de los motores al llevarlos embragados o enganchados constantemente a velocidades bajas; sin embargo, esta última medida no siempre es suficiente para mantener los vehículos bajo control ni, por ende, para impedir accidentes con graves daños humanos y materiales.

En la medida que ha crecido el interés por la construcción de rampas de frenado, también ha aumentado la necesidad de saber cómo diseñar estos dispositivos para que su uso sea eficaz; por ejemplo: en qué lugares son necesarias, qué longitud e inclinación deben tener, qué materiales son los que mejor funcionan en la cama de frenado y qué procedimientos de mantenimiento son necesarios.

3- Marco Teórico: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.1 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*, en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, *Rampas de emergencia para frenado en carreteras*.

3.2 Definición y Clasificación

Las rampas para frenado de emergencia o también conocidas como rampa de escape o de emergencia son franjas auxiliares que se conecta a las calzadas de las carreteras que están especialmente acondicionadas con el fin de disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas como lo son principalmente sus sistemas de frenos provocando su desaceleración en forma controlada y segura usando diferentes tipos de materiales granulares sueltos, aprovechando además de la fricción del material contra el vehículo, la acción de la gravedad.

En el caso de que por la topografía del terreno o por las limitaciones físicas, como la longitud o la pendiente, que afecten o eviten la adecuada construcción de la rampa de emergencia para que logre detener completamente a un vehículo fuera de control, se implementaran en la rampa algún dispositivo atenuador aceptable para impedir que el vehículo salga de los límites de la rampa. Las rampas de frenado de emergencia están compuesta de tres elementos generalmente, un acceso, una cama de frenado y un camino de servicio. A continuación se explicaran cada uno de ellos.

3.2.1.1 Acceso

Es la única parte pavimentada de la rampa de frenado de emergencia que conecta la calzada de la carretera con la cama de frenado, como se muestra en la Figura 2.

3.2.1.2 Cama de Frenado

Es la parte de la rampa de 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 que existen y que se explicara posteriormente, como se muestra en la Figura 2.

3.2.1.3 Camino de Servicio

Es la franja pavimentada aledaña a la cama de frenado, acondicionada para retirar los vehículos que entren a la rampa para frenado de emergencia y poder dar mantenimiento a la cama de frenado como se muestra a continuación en la Figura 2.

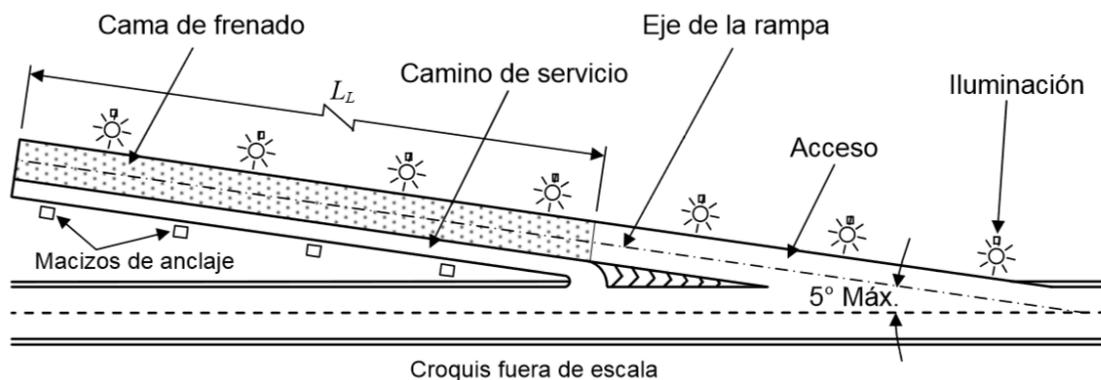


Figura 2: Partes de la Rampa de Frenado de Emergencia/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.2.2 Tipos de Rampas de Frenado de Emergencia

Actualmente existen 4 tipos de Rampas de Frenado de Emergencia que a continuación se mencionan.

3.2.2.1 Rampas con montículo (RE-1)

Son las que tienen una cama de frenado formada por un montículo de material granular suelto y seco con pendiente ascendente y espesor creciente, 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. Solo se utilizará este tipo de rampas cuando se tengan limitaciones de espacio y su conveniencia esté sustentada con el análisis correspondiente. A continuación se muestra en la Ilustración 1.

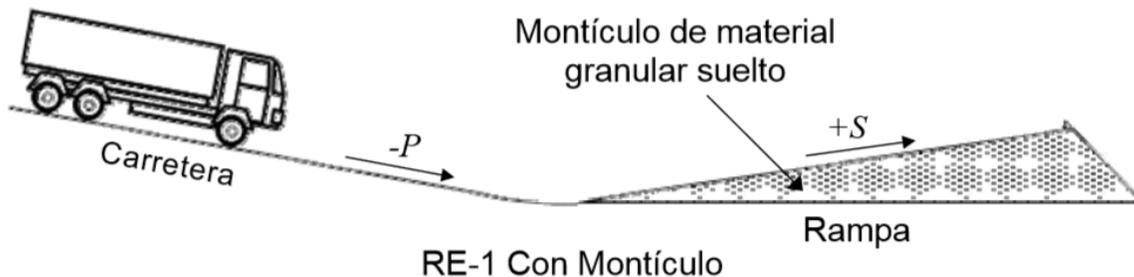


Figura 3: Rampa de Frenado de Emergencia RE-1/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.2.2.2 Rampas descendentes (RE-2)

Son las que tienen una cama de frenado de espesor uniforme con pendiente longitudinal descendente. 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 de vehículo de diseño. Se muestra a continuación en la Ilustración 2.

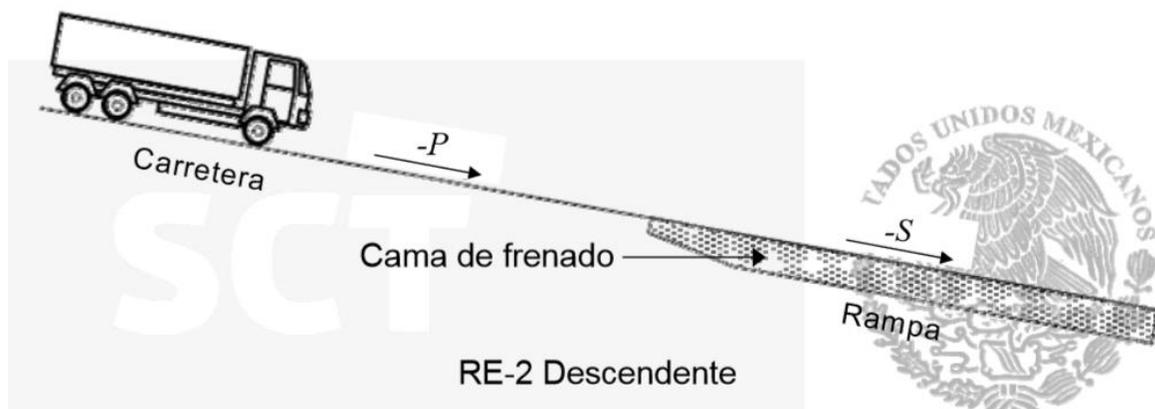


Figura 4: Rampa de Frenado de Emergencia RE-2/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.2.2.3 Rampas horizontales (RE-3)

Son las que tienen una cama de frenado horizontal de espesor uniforme sin pendiente longitudinal. 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. Se muestra este tipo a continuación en la Ilustración 3.

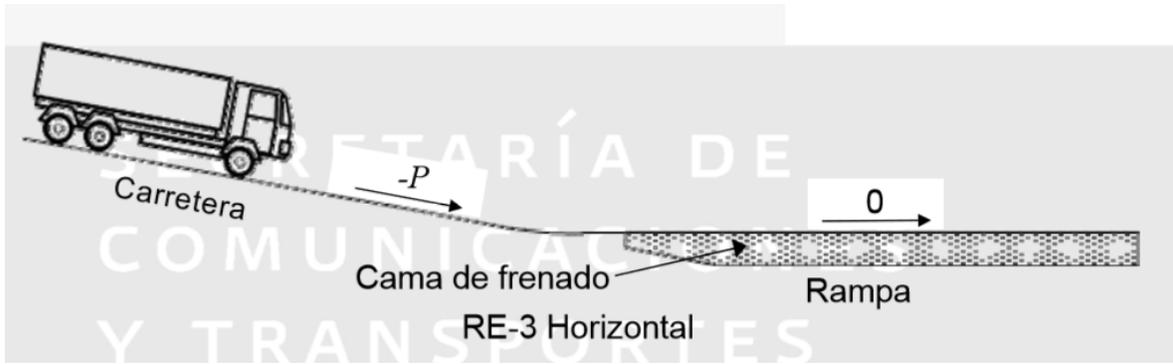


Figura 5: Rampa de Frenado de Emergencia RE-3/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.2.2.5 Rampas ascendentes (RE-4)

Son las que tienen una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente. Como 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, se muestra a continuación en la Ilustración 4.

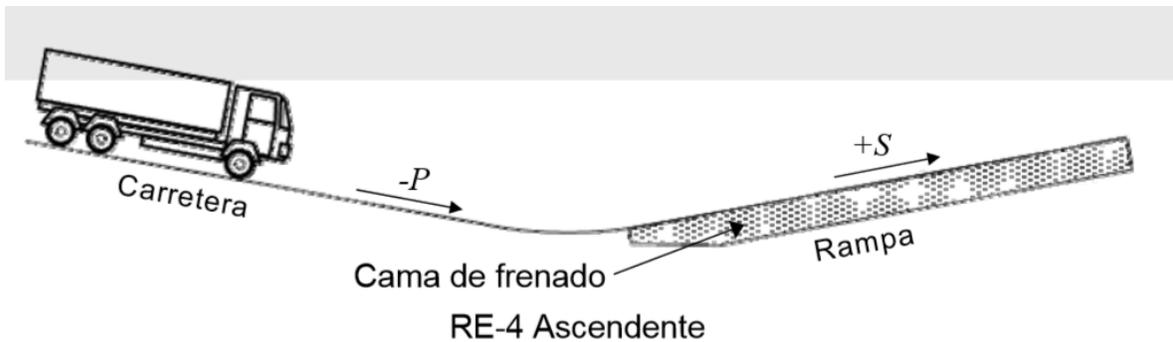


Figura 6: Rampa de Frenado de Emergencia RE-4/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.3 Referencias

Esta Norma se complementa con las siguientes:

Para el diseño de la rampa se requiere el manejo de las siguientes normas y manuales:

- N-LEG-2 “Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías”
- N-PRY-CAR-1-01-001 “Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras”.
- N-PRY-CAR-1-02-001 “Ejecución de Estudios Geotécnicos”.
- N-PRY-CAR-10-01-001 “Ejecución de Proyectos de Señalamiento”.
- N-PRY-CAR-10-01-002 “Diseño de Señalamiento Horizontal”.
- N-PRY-CAR-10-01-004 “Diseño de Señales Restrictivas”.
- N-PRY-CAR-10-01-005 “Diseño de Señales Informativas”
- N-PRY-CAR-10-01-007 “Diseño de Señales Diversas”
- N-PRY-CAR-10-04-001 “Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad”
- N-PRY-CAR-10-04-010 “Presentación del Proyecto”
- N-CMT-1-01 “Materiales para Terraplén”
- N-CMT-1-02 “Materiales para Subyacente”
- N-CMT-1-03 “Materiales para Subrasante”
- N-CMT-3-04-001 “Filtros”
- N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”
- N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”
- N-CMT-5-01-001 “Pinturas para Señalamiento Horizontal”
- N-CMT-5-03-001 “Calidad de Películas Reflejantes”
- N-CMT-5-04 “Botones y Botones Reflejantes”
- M-MMP-4-01-003 “Granulometría”
- M-MMP-4-01-009 “Desgaste Los Ángeles”
- M-MMP-4-01-016 “Partículas Alargadas y Lajeadas”

3.4 Requisitos

Para el diseño de la rampa se requiere contar con la información detallada del proyecto geométrico de la carretera en el tramo donde se ubicara la rampa, con el correspondiente estudio topográfico para proyecto definitivo, y con el estudio geotécnico del área donde se alojará la rampa o, en su defecto, del tramo de la carretera más próxima a dicha área, las Normas del tramo carretero donde se construirá la rampa para consultar estos requisitos son las siguientes:

- N-PRY-CAR-10-04-001 “Ejecución de Dispositivos de Seguridad”
- N-PRY-CAR-1-01-001 “Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras”
- N-PRY-CAR-1-02-001 “Ejecución de Estudios Geotécnicos”

3.5 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.

Después de realizar la revisión y análisis de acuerdo a 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 realizara el diseño considerando lo siguiente:

3.5.1 Consideraciones de Diseño

En 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, se entiendan las maniobras que deben realizar, que sientan la confianza suficiente para ingresar a las rampas en forma segura y no continúen por la ruta principal, para ello se deberá tomar en cuenta lo siguiente.

- 1- Las rampas deberán ser claramente visibles para evitar la percepción de discontinuidades que desalienten la entrada a las mismas.
- 2- El acceso a la rampa deberá ser 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.
- 3- El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera, será de cinco 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.
- 4- La longitud de la cama de frenado (L_L) de cada rampa se determinará como se indica en el inciso 3.5.3.2 de esta Norma de forma que sea suficiente para disipar la energía cinética del vehículo que utilice la rampa.
- 5- Cada rampa contara con un camino de servicio paralelo que permita ejecutar su mantenimiento y remover los vehículos que ingresan a ella.
- 6- Salvo que lo indique la Secretaria, los caminos de servicio se complementaran con macizos de anclaje, de concreto hidráulico, distribuidos convenientemente para que sirvan de apoyo en las maniobras de rescate de los vehículos averiados.
- 7- El pavimento de la carretera se extenderá por el acceso hasta el sitio donde inicie la cama de cada rampa, con el fin de que los vehículos puedan entrar de manera expedita.
- 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.
- 9- El señalamiento de cada rampa y del tramo de la carretera que le anteceda se determinará de acuerdo con lo indicado en esta Norma, N-PRY-CAR-10-04-007-13
- 10- Las rampas se iluminaran para facilitar su uso en condiciones de conducción nocturna.

3.5.2 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 con los frenos dañados puedan acelerarse a velocidades mayores que las toleradas por el alineamiento horizontal o hasta ciento cuarenta kilómetros por hora y en aquellos tramos en los que se haya presentado anualmente un accidente fatal causado por 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 de tránsito, como en plazas de cobro.

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

- 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.
- 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.
- La velocidad d entrada a una rampa para frenado de emergencia, se determinara mediante la siguiente expresión, con un límite máximo de ciento cuarenta kilómetros por hora:

$$Ve = \left(Vp^2 - 254 \sum_{i=1}^n Lp_i (R + P_i) \right)^{1/2}$$

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 la 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, (es 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 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).

3.5.3 Geometría

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

- **Ancho**

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

- **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 esta última, que será la necesaria para detener completamente a los vehículos, calculada de acuerdo con lo que se indica a continuación:

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

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

Donde:

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

Ve = Velocidad de entrada a la rampa, calculada con la expresión antes mencionada, (km/h).

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

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

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)

Tabla 1: Resistencia a la Rodadura, expresada en Términos de pendiente equivalente/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

Para determinar la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es variable, se determinara 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, 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 mencionó antes, 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. En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en la tabla 1 se incrementara en seis decimos 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).

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

k = Numero de subtramos de la cama de frenado con pendientes diferentes, (adimensional)

La longitud total de la cama de frenado (L_L) será veinticinco por ciento mayor que su longitud efectiva (L_e) calculada de acuerdo con lo antes mencionado.

Si por la topografía o características del proyecto que restrinjan la construcción de la rampa y 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 complementara con un dispositivo atenuador aceptable y aprobado por la Secretaria como por ejemplo:

- 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 material especificado por el fabricante, ubicados en un punto de la cama en la cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor de veinte kilómetros por hora.
- b) 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 un punto de la cama en el cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor a cuarenta kilómetros por hora.
- c) Otros dispositivos que, mediante pruebas a escala real, hayan mostrado su efectividad para detener los vehículos sin dañar a sus ocupantes.

3.5.3.1 Espesor de la Cama de Frenado

Para el diseño de la cama de frenado se deben hacer ciertas consideraciones que a continuación se mencionaran:

- 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 como se describió con anterioridad, 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 centímetros. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 7.
- La cama de frenado para rampas descendente (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4), tendrá un espesor mínimo de sesenta centímetros a un metro y estará colocada a volteo en una caja en la terracería de la rampa, con taludes de dos tercios a uno, 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 centímetros en el punto de entrada, que aumentara uniformemente hasta alcanzar su espesor de diseño. Cuando la cama de frenado se construya con grava triturada, el espesor de diseño será de un metro como mínimo. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 8.

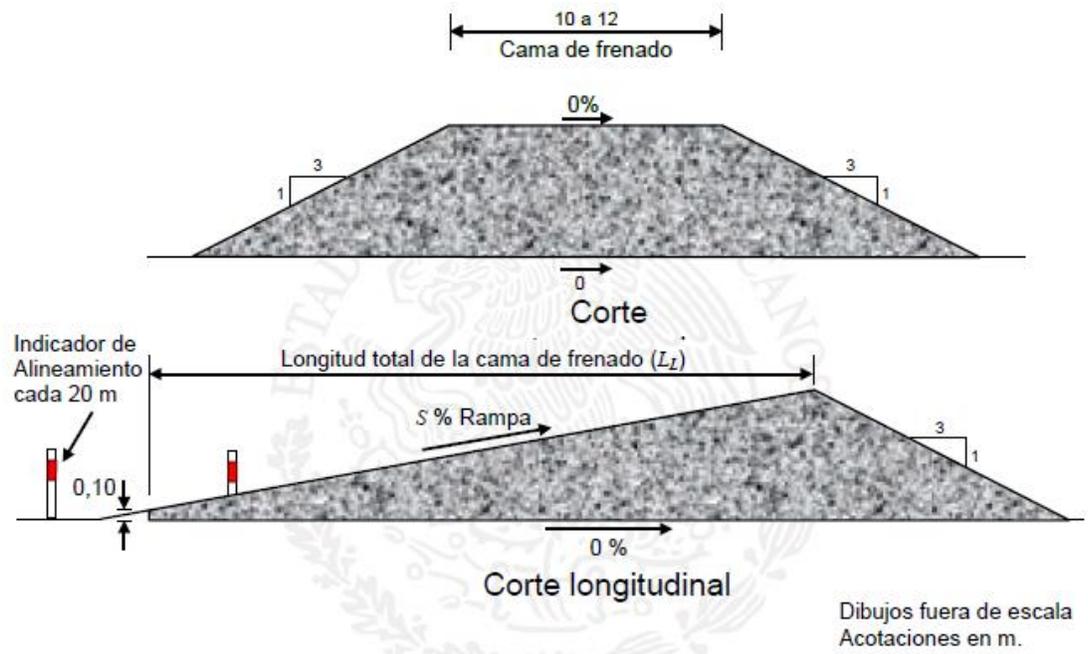


Figura 7: Disposición en corte de las rampas para frenado de emergencia tipo RE-1/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

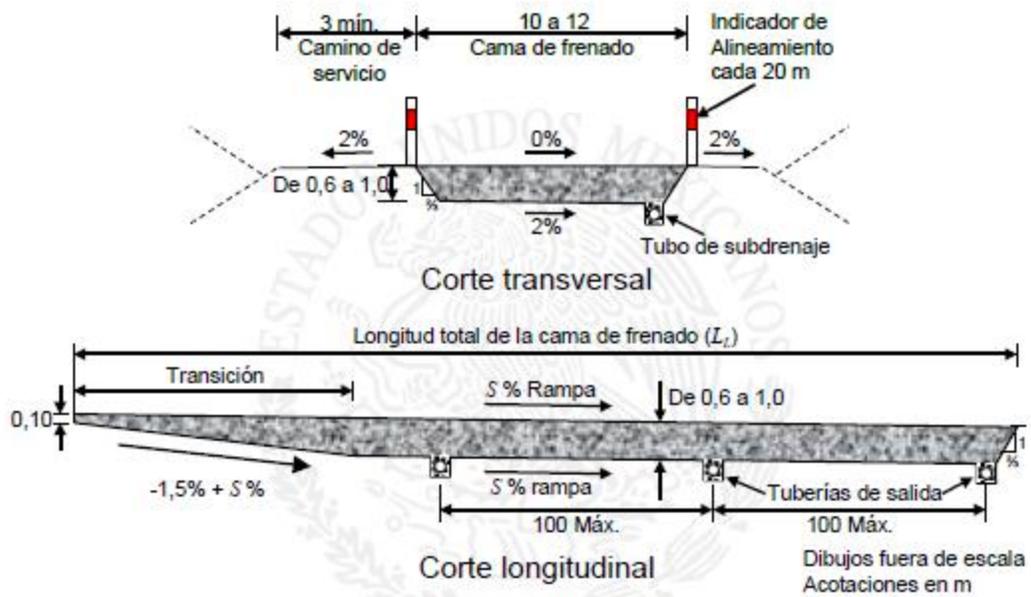


Figura 8: Disposición en corte de la cama de frenado de rampas para frenado de emergencia tipos RE-2, RE-3 y RE-4/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.5.4 Materiales

En 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:

- En su caso y salvo que la Secretaria 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”
N-CMT-1-03 “Materiales para subrasante”
- 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 pavimentara 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.
- Los materiales que conformaran la cama de frenado serán preferentemente friccionantes, de difícil compactación y estarán limpios de partículas contaminantes. Pueden ser grava triturada o grava de rio, arena o gravilla uniforme, que cumplan con los requisitos de calidad que se muestra en la Tabla 2.

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	Nº 4	5 máx	5 máx	---
2	Nº 10	---	---	5 máx
0,075	Nº 200	2 máx	2 máx	2 máx
Característica		Valor		
Desgaste 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-4-01-003, *Granulometría*.

[2] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-01-009, *Desgaste Los Ángeles*.

[3] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-01-016, *Partículas Alargadas y Lajeadas*.

Tabla 2: Requisitos de los materiales que formen la cama de frenado/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

3.5.5 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 eficiencia de la cama considerando que:

- Las rampas para frenado de emergencia descendentes (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4) se diseñarán con una pendiente transversal de dos 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 observa en la figura 8.
- En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se diseñará un subdren con una pendiente longitudinal mínima de uno coma cinco (1,5) por ciento, como se describe a continuación:
 - El subdren consiste en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno mínimo de quince centímetros, que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en las normas.

N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”

N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”

Dentro de una zanja con las dimensiones que se muestra en la Figura 9, y sobre una cama de quince 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”.

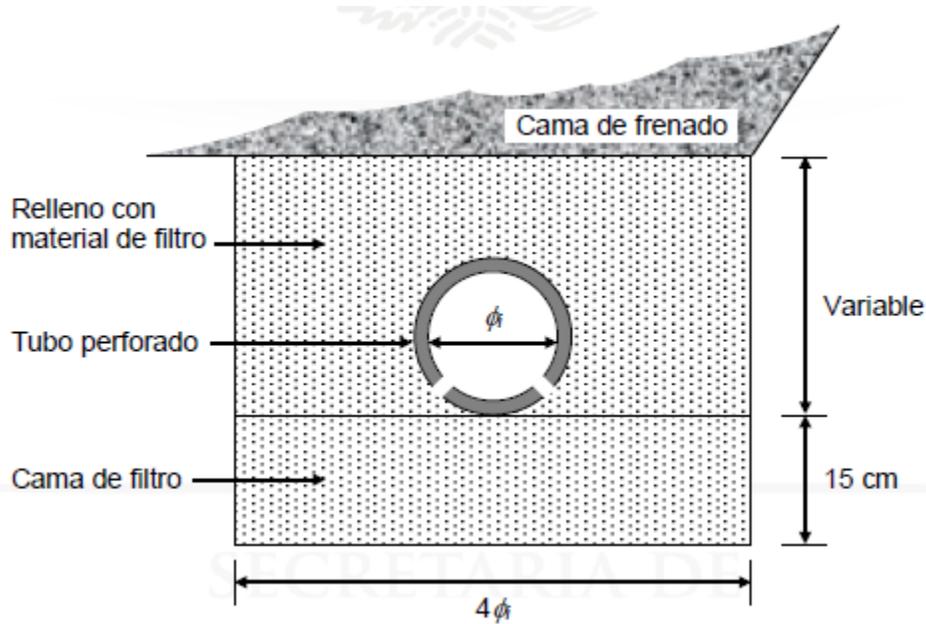


Figura 9: Subdrén típico para la cama de frenado/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

- Las salidas para el agua captada por el subdrén, se harán con tubos del mismo tipo utilizados en el subdrén, pero sin perforaciones, colocados en una zanja como se indicó anteriormente. Se ubicara una tubería de salida en la parte más baja de subdrén y otras a lo largo del mismo, a cada cien 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.
- Podrán diseñarse otros sistemas de subdrenes, como geodrenes, siempre que así lo apruebe la Secretaría.

3.5.6 Camino de Servicio y Macizos de Anclaje

Para facilitar el rescate de los vehículos detenidos se diseñara 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 que utilicen la rampa al quedar fuera de control no los confundan con la cama de frenado, particularmente durante condiciones de conducción nocturna, por lo que se debe considerar que:

- El camino de servicio debe ser adyacente a la cama de frenado, preferentemente en el 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 el cual se puedan arrastrar los vehículos atrapados.
- 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 carretera.
- 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, ni más de cien metros. El primero se ubicara lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado, para facilitar el rescate de los vehículos que solo hayan entrado en una corta distancia en ella, como se ve en la Figura 2.

3.5.7 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 la que se refiere la N-PRY-CAR-10-01-001, "Ejecución de Proyectos de Señalamiento" tomando en cuenta:

3.5.7.1 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, estas serán llamadas o denominadas “Rayas para frenado de emergencia” (M-14), de quince centímetros de ancho y color rojo reflejante, que este 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. 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 utilizaran rayas canalizadoras (M-5) conforme a lo indicado en la N-PRY-CAR-10-01-002 “Diseño de Señalamiento Horizontal”, como se muestra en la Figura 10. Las distintas rayas para frenado son las siguientes:

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 descendiente continua y prolongada para la que se diseña la rampa, hasta mil 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 esta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y consiste en segmentos de cinco metros separados entre sí diez metros, como se muestra en la Figura 10.

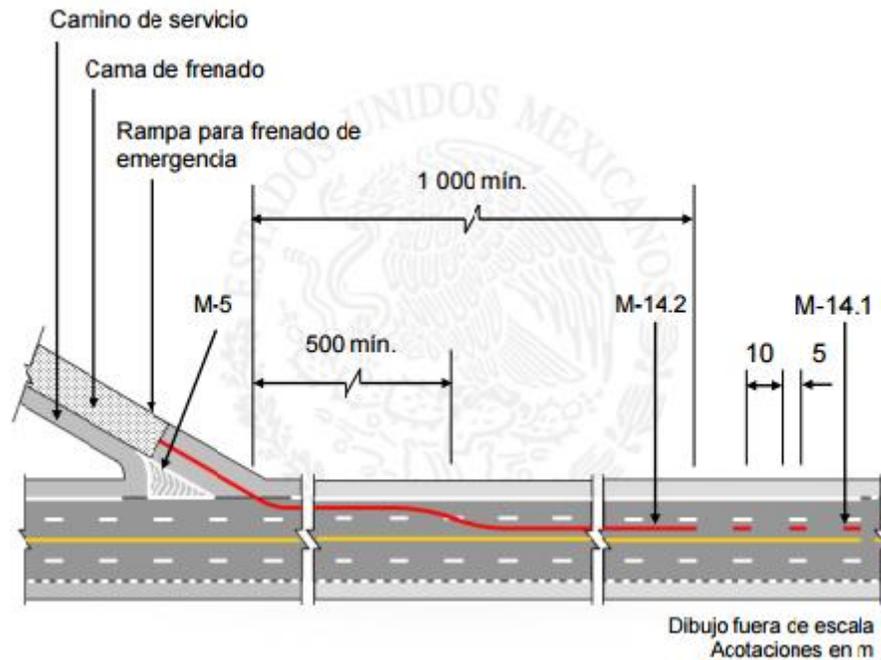


Figura 10: Señalamiento Horizontal de Rampas para Frenado de Emergencia/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

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), hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa. Se situará al 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 a la derecha del camino, en una tangente ubicada a no menos de quinientos metros antes de la entrada a la rampa, esta raya continua se pasará suavemente del carril de alta velocidad al de baja, como se ve en la Figura 10.

TABLA 4.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en las marcas para señalamiento horizontal

Color	Punto N°	Coordenadas ^[1]	
		x	y
Blanco	1	0,303	0,287
	2	0,368	0,353
	3	0,340	0,380
	4	0,274	0,316
Amarillo	1	0,498	0,412
	2	0,557	0,442
	3	0,479	0,520
	4	0,438	0,472
Rojo	1	0,613	0,297
	2	0,708	0,292
	3	0,636	0,364
	4	0,558	0,352
Verde	1	0,164	0,537
	2	0,239	0,501
	3	0,223	0,454
	4	0,145	0,488

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de l'Éclairage*, CIE) para determinar el color (1931), medido con una fuente luminosa estándar tipo "C".

Tabla 3: Tabla de la Norma N-CMT-5-01-001-13

TABLA 5.- Coeficientes mínimos de reflexión de las pinturas para señalamiento horizontal

Color	Coeficiente mínimo de reflexión (mcd / lx) / m ²					
	Pintura base agua			Pintura termoplástica		
	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto
Blanco	250	150	100	300	250	150
Amarillo	200	150	50	250	175	100
Rojo	35	24	11	51	39	23
Verde	24	16	8	37	28	17

Tabla 4: Tabla de la Norma N-CMT-5-01-001-13

3- Botones reflejantes

Las rayas para frenado de emergencia, discontinuas (M-14.1) y continuas (M-14.2), se pueden complementar 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 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 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.

TABLA 1.- Coeficientes de intensidad luminosa inicial mínimos para botones reflejantes sobre el pavimento (DH-1)

Ángulo de observación °	Ángulo de entrada horizontal °	Coeficiente de intensidad luminosa mcd/lx (cd/ftc) ^[1]		
		Blanco	Amarillo	Rojo
0,2	0	279 (3)	167 (1,8)	70 (0,75)
0,2	20	112 (1,2)	67 (0,72)	28 (0,30)

[1] candelas/pie candela

Tabla 5: Tabla de la Norma N-CMT-5-04-13 de Coeficientes de Intensidad Luminosa

TABLA 2.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores de los elementos reflejantes de los botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento (DH-1)

Color	Punto N°	Coordenadas ^[1]	
		x	y
Blanco	1	0,300	0,286
	2	0,365	0,352
	3	0,337	0,379
	4	0,271	0,315
Amarillo	1	0,497	0,410
	2	0,556	0,440
	3	0,478	0,518
	4	0,437	0,470
Rojo	1	0,648	0,350
	2	0,735	0,264
	3	0,629	0,280
	4	0,565	0,345

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de l'Éclairage, CIE*) para determinar el color (1931), medidas con una fuente luminosa estándar tipo "C".

Tabla 6: Tabla de la Norma N-CMT-5-04-13 de Coordenadas de Áreas Cromáticas

3.5.7.2 Señalamiento Vertical

El señalamiento vertical de rampas para frenado de emergencia se integrara 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 cumplen en forma, dimensiones y características con lo establecido con las Normas N-PRY-CAR-10-01-004, "Diseño de Señales Restrictivas", N-PRY-CAR-10-01-005, "Diseño de Señales Informativas, 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 mostraran en cada tipo a continuación, en las que el fondo será de color amarillo reflejante y negros los caracteres, flechas y filetes, considerando que solo serán aplicables para el diseño del señalamiento vertical en rampas para frenado de emergencia.

Todos los colores que se utilicen en el señalamiento vertical de rampas para frenado de emergencia, a excepción del negro, estarán dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 2 (Tabla 8 a continuación) 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 (Tabla 7 mostrada a continuación).

TABLA 1.- Coeficientes mínimos de reflexión inicial para películas reflejantes

Color	Ángulo de observación ^[1] grados (°)	Tipo A (De Alta Intensidad)		Tipo B (De Muy Alta Intensidad)	
		Ángulo de entrada ^[2] grados (°)			
		-4	30	-4	30
Coeficiente de reflexión ^[3] (cd/lux) / m ²					
Blanco	0,2	250	150	380	215
	0,5	95	65	240	135
	1	---	---	80	45
Amarillo	0,2	170	100	285	162
	0,5	62	45	180	100
	1	---	---	60	34
Naranja	0,2	100	60	145	82
	0,5	30	25	90	50
	1	---	---	30	17
Rojo	0,2	45	25	76	43
	0,5	15	10	48	27
	1	---	---	16	9
Verde	0,2	45	25	38	22
	0,5	15	10	24	14
	1	---	---	8	4,5
Azul	0,2	20	11	17	10
	0,5	7,5	5	11	6
	1	---	---	3,6	2

[1] Ángulo relativo que existe entre el haz de luz incidente de una fuente luminosa y el haz de luz reflejado al centro del receptor como se muestra en la Figura 3. Mientras menor sea el ángulo de observación, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

[2] Ángulo formado entre un haz de luz incidente y una perpendicular imaginaria a la superficie del elemento reflejante, como se muestra en la Figura 4. Mientras menor sea el ángulo de entrada, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

Tabla 7: Tabla de la Norma N-CMT-5-03-001 de los Coeficientes Mínimos de Reflexión

TABLA 2.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores de películas reflejantes

Color	Punto N°	Coordenadas ^[1]		Factor de luminiscencia (Y) %			
				Tipo A (De Alta Intensidad)		Tipos B (De Muy Alta Intensidad)	
		x	y	Min	Máx	Min	Máx
Blanco	1	0,300	0,286	27	---	40	---
	2	0,365	0,352				
	3	0,337	0,379				
	4	0,271	0,315				
Amarillo	1	0,497	0,410	15	45	24	45
	2	0,556	0,440				
	3	0,478	0,518				
	4	0,437	0,470				
Naranja	1	0,557	0,351	14	30	12	30
	2	0,635	0,363				
	3	0,569	0,428				
	4	0,505	0,403				
Rojo	1	0,648	0,350	3	12	3	15
	2	0,735	0,264				
	3	0,629	0,280				
	4	0,565	0,345				
Verde	1	0,026	0,380	3	9	3	12
	2	0,166	0,345				
	3	0,286	0,427				
	4	0,207	0,752				
Azul	1	0,141	0,027	1	10	1	10
	2	0,245	0,202				
	3	0,191	0,247				
	4	0,066	0,208				

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE) para determinar el color (1931), medido con una fuente luminosa estándar tipo "C".

Tabla 8: Tabla de la Norma N-CMT-5-03-001 de los Coordenadas que definen las Áreas Cromáticas

1- Señales Restrictivas (SR)

Se instalarán en la carretera las señales restrictivas SR-22 "Prohibido Estacionarse", como se muestra a continuación, 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 metros antes del acceso a la rampa de emergencia, con una separación máxima entre ellas de ciento cincuenta metros.



SR-22

2- Señales informativas de destino (SID)

Se instalarán en la carretera dos señales informativas de destino SID-9 o SID-13, como se muestra a continuación, una decisiva a la entrada de la rampa para frenado de emergencia y otra previa a no menos de doscientos 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-13 o en puente SID-15, a no menos de cuatrocientos y de setecientos metros de la entrada a la rampa respectivamente, que indiquen el carril que han de utilizar los vehículos fuera de control.



SID-9 o SID-13



SID-15

3- Señales informativas de recomendación (SIR)

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

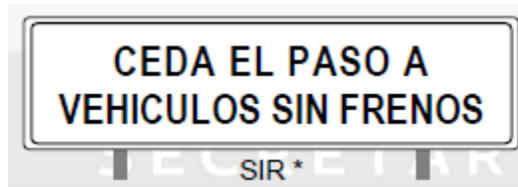
- Una con la leyenda “PRUEBE SUS FRENOS”, que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, “Diseño de Señales Informativas”, incluyendo los de color, ubicada lo más próximo posible al sitio donde inicie la pendiente descendente continua y prolongada para la que se diseña la rampa para frenado de emergencia.



- Otra con la leyenda “VEHICULOS SIN FRENOS SIGA LA RAYA ROJA”, ubicada a no menos de cien metros de la señal que se indica en el párrafo anterior.



- Dos con la leyenda “CEDA EL PASO A VEHICULOS SIN FRENOS”, que cumpla con los requisitos de la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, “Diseño de Señales Informativas”, incluyendo los de color, ubicadas a no menos de seiscientos cincuenta metros de la entrada a la rampa y de doscientos 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 de 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.

4- Señales información general (SIG)

Se instalará en la carretera una señal de información general SIG con la leyenda "RAMPA DE FRENADO A 500 M", como se muestra a continuación, a no menos de quinientos metros de la rampa para frenado de emergencia, preferentemente en el sitio donde la raya roja continua M-14.2 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 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.



5- Señales Diversas (OD)

Se instalara un indicador de obstáculos OD-5 en la zona neutral formada por las rayas canalizadoras en la entrada de la rampa para frenado de emergencia 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 Secretaria, ubicados a cada veinte 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 N-PRY-CAR-10-01-007 “Diseño de Señales Diversas”, excepto el color rojo del reflejante de los indicadores de alineamiento, que estas dentro del área correspondiente definida por las coordenadas presentadas en la Tabla 2 (Tabla 8 en este documento) 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 de reflexión inicial indicados en la Tabla 1 (Tabla 7 en este documento) de la misma Norma.

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, estas se colocarán conforme lo determine un informe técnico que lo justifique.

3.6 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 (Punto 3.4) 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, 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”.

3.6.1 Plano General

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

- 1- Planta geométrica de la rampa, sobre el modelo tridimensional del área, obtenido del correspondiente estudio topográfico definitivo de la 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.
- 2- 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 graficas vertical y horizontal (cadenamientos).

- 3- 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 graficas vertical y horizontal.
- 4- Datos para la ubicación de las referencias del trazo y de los bancos de nivel que se utilicen
- 5- Lista de materiales
- 6- Relación de especificaciones de construcción aplicables al proyecto
- 7- Lista de planos que integran el proyecto.

3.6.2 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 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.

3.6.3 Secciones de Construcción

Plano topográfico que muestre, pasa cada sección transversal de la rampa, en cadenamientos cerrados a veinte 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 cuadrado de despalme, corte, terraplén, cama de frenado y de las capas subyacentes y subrasante.

4- Generalidades de la Carretera México – La Marquesa

La autopista México-La Marquesa pertenece a la red de autopistas operadas por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE); de acuerdo al Sistema de Clasificación de Caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) pertenece a la Ruta 134-D. Esta autopista fue inaugurada el 19 de octubre de 1990, forma parte de la carretera México - Toluca. Dentro de la zona en estudio, la autopista consta de tres carriles por sentido y acotamientos a ambos lados, se encuentra en un tipo de terreno principalmente montañoso. En la siguiente tabla se muestran las características principales del tramo.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Longitud Total	22.0 km
Tipo de Terreno	montañoso
Derecho de Vía	40 m
Número de Carriles por Sentido	3 y 3
Pendiente Longitudinal Máxima	3-5%
Grado de Curvatura Máxima	1°
Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	32,657

Tabla 9: Tabla de Características de la Carretera México-Toluca. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CAPUFE y de Datos Viales 2014

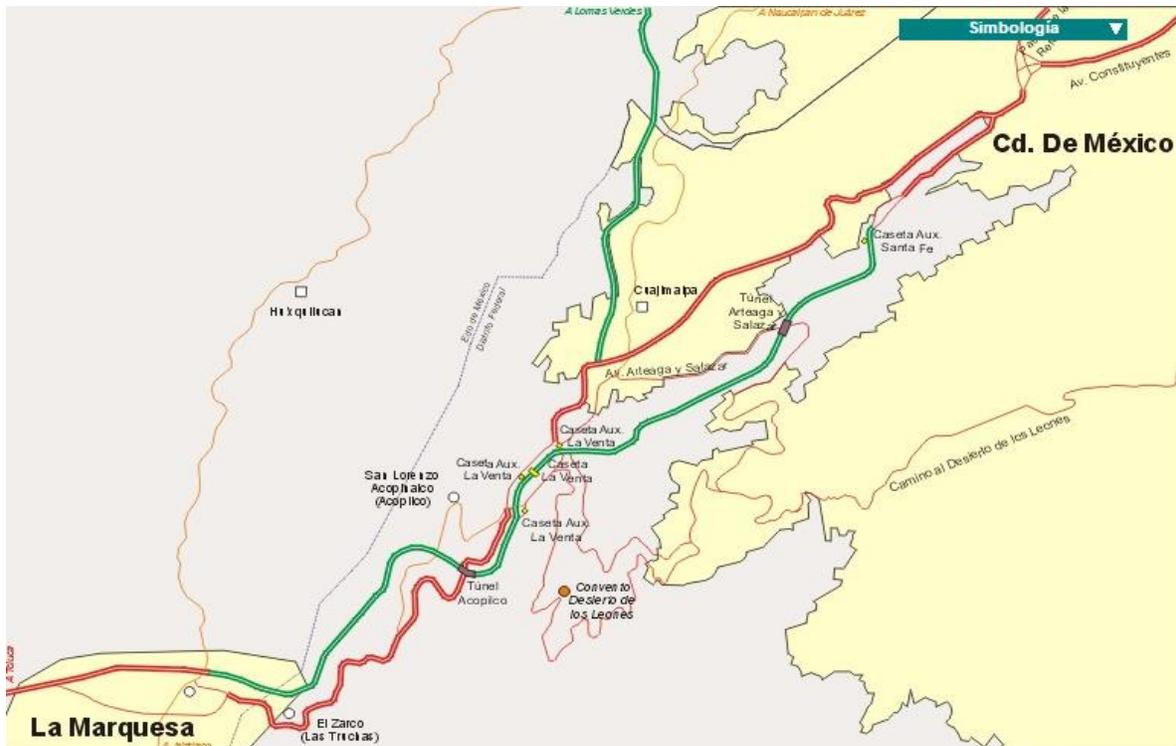


Figura 11: Información de Carreteras SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)/Fuente: CAPUFE y de Datos Viales 2014

El origen del cadenamamiento es la Ciudad de México terminando en la intersección para entrar a la Marquesa, la primera plaza de cobro saliendo del Distrito Federal se encuentra en Santa Fe en el kilómetro 17+626. A continuación se muestran las demás casetas y su ubicación.

Tramos de Operación	Longitud (km)	Caseta	Ubicación
México - La Marquesa	22	La Venta	24+000
México - La Marquesa	22	----	----
México - La Venta	11.5	La Venta	24+000
México - Santa Fe	5.13	Santa Fe	17+626
México - Contadero	10.93	Contadero	23+430
Contadero - La Marquesa	11.07	Contadero	23+431
La Venta - La Marquesa	10.5	La Venta	24+000

Tabla 10: Tramos de Operación de la Carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos de la SCT/ Dirección General de Desarrollo Carretero/ Información de Vías

El trazo de la autopista inicia en una zona montañosa, en pendiente ascendente y descendente de 3 carriles de circulación por sentido con restricción de velocidad a

80 km/h, pasa de una altura media de la Ciudad de México de 2250 m.s.n.m. a una altura media aproximada de 3050 m.s.n.m. en la Marquesa.

El alineamiento horizontal y vertical está diseñado para un grado de curvatura máximo entorno al 1° y pendientes longitudinales máximas de 3-5% en el área donde se encuentra la rampa de frenado de emergencia, con sección transversal de 3 carriles de circulación por sentido de 3.50 m de ancho cada uno y acotamiento externo de 2.00 m de ancho, e interno menor a 1.00 m, en promedio en toda su longitud, la superficie de rodamiento es una carpeta asfáltica, la cual se encuentra en buenas condiciones.

El señalamiento horizontal consta de una raya continua blanca para delimitar el acotamiento interno y rayas discontinuas de color blanco para delimitar los carriles de circulación y raya continua blanca para el acotamiento externo; adicional al señalamiento horizontal se observa una raya roja para indicar la dirección hacia la rampa de emergencia para que los vehículos sin frenos.

En cuanto al señalamiento vertical se cuenta con señales preventivas alusivo a la presencia de curvas sinuosas, de zonas de derrumbe y de probar frenos por pendiente descendente; el restrictivo referido a la velocidad máxima permitida de 80 km/h y el informativo concerniente a la proximidad de la rampa de frenado y a ceder el paso a vehículos sin frenos. En lo que respecta a sus características operativas, el tramo tiene un Tránsito Diario Promedio Anual de 32,657 vehículos con una composición vehicular promedio de: 85.1% automóviles, 3.3% autobuses y 11.6% camiones de carga.

Actualmente se cuenta con un pavimento en buen estado el cual recibe un adecuado mantenimiento.

Resultados Globales							Sentido 2	
México-La Marquesa							A-039-01	
De: México A: La Marquesa								
				Latitud		Longitud		
Longitud:	19.106 km	Coordenadas Inicio:		19.382059	-99.249008			
		Coordenadas Fin:		19.301079	-99.377182			
				Carril 1	Carril 2	Carril 3	Ambos	
		IRI Promedio:		1.46	1.42	1.66	1.51 m/km	
		IRI característico para un nivel de confianza del 90%:		3.11	2.88	3.42	3.15 m/km	
		PR Promedio:		3.55	3.21	4.22	3.66 mm	
		PR característico para un nivel de confianza del 90%:		6.50	5.73	8.32	6.99 mm	
		Macrotextura Promedio:		1.07	1.05	1.04	1.05 mm	
		Macrotextura característica para un nivel de confianza del 90%:		0.92	0.89	0.84	0.88 mm	
		Porcentaje Total de Deterioro:		0.4%	0.6%	0.7%	0.5%	

Tabla 11: Información del Sistema de Recorridos Virtuales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)/ Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

Valores Aceptables y No Aceptables de los Indicadores del Estado Superficial del Pavimento en Tramos de 1000 metros												Sentido 2					
México-La Marquesa												A-039-01					
Aceptable 						No Aceptable 											
		IRI				PR				MAC			Deterioro				
		Carril				Carril				Carril			Carril				
De Km:	A Km:	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
33+620	33+000																
33+000	32+000																
32+000	31+000																
31+000	30+000																
30+000	29+000																
29+000	28+000																
28+000	27+000																
27+000	26+000																
26+000	25+000																
25+000	24+000																
24+000	23+000																
23+000	22+000																
22+000	21+000																
21+000	20+000																
20+000	19+000																
19+000	18+000																
18+000	17+000																
17+000	16+000																
16+000	15+000																
15+000	15+514																

Tabla 12: Evaluación del estado del Pavimento de la Carretera La Marquesa-México / Fuente: Sistemas de Recorridos Virtuales de la SCT

Cadenamiento Carretera		Sentido	Carril	Coordenadas Geográficas			Coordenadas UTM		Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km)			Profundidad de Roderas PR (mm)			Macrotextura MAC (mm)			% de Agrietamiento
De:	A:			Latitud	Longitud	Elevación	X	Y	Promedio	Desviación Estandar	Característico	Promedio	Desviación Estandar	Característico	Promedio	Desviación Estandar	Característico	
33+620	33+000	2	1	19.300854	-99.377190	2993.20	460372.498	2134159.910	1.48	0.49	2.29	2.93	1.05	4.66	1.02	0.03	0.97	0.1%
33+000	32+000	2	1	19.301674	-99.371369	3014.64	460984.223	2134249.338	1.39	0.47	2.17	3.65	1.04	5.37	1.02	0.06	0.92	0.2%
32+000	31+000	2	1	19.299112	-99.362481	3058.37	461917.446	2133963.889	1.12	0.41	1.80	3.60	1.85	6.65	1.10	0.11	0.92	0.1%
31+000	30+000	2	1	19.296901	-99.353306	3104.35	462880.870	2133717.247	1.04	0.31	1.55	3.42	0.77	4.69	1.09	0.07	0.97	0.0%
30+000	29+000	2	1	19.301584	-99.347193	3079.25	463524.171	2134234.156	1.21	0.49	2.02	3.36	0.99	4.99	1.10	0.07	0.98	0.2%
29+000	28+000	2	1	19.309230	-99.342571	3034.18	464011.324	2135079.215	1.31	0.57	2.25	4.70	2.52	8.86	1.09	0.07	0.97	0.5%
28+000	27+000	2	1	19.316836	-99.337758	2989.27	464518.630	2135919.821	1.67	1.37	3.93	4.32	2.36	8.21	1.07	0.11	0.89	0.4%
27+000	26+000	2	1	19.320237	-99.331337	2953.03	465193.901	2136294.920	1.54	0.59	2.51	4.45	2.02	7.78	1.08	0.07	0.96	0.8%
26+000	25+000	2	1	19.317513	-99.323242	2923.36	466043.699	2135991.909	1.03	0.47	1.81	3.07	0.99	4.70	1.11	0.04	1.04	0.1%
25+000	24+000	2	1	19.325049	-99.318300	2885.04	466564.462	2136824.746	2.23	3.29	7.66	3.72	2.32	7.55	1.10	0.10	0.94	1.8%
24+000	23+000	2	1	19.333113	-99.314140	2852.37	467003.064	2137716.301	1.52	0.50	2.35	3.20	1.18	5.15	0.97	0.04	0.90	0.6%
23+000	22+000	2	1	19.334500	-99.305597	2821.59	467900.670	2137868.184	1.61	0.60	2.60	4.57	3.43	10.23	0.96	0.06	0.86	0.3%
22+000	21+000	2	1	19.338620	-99.297699	2773.39	468731.051	2138322.628	1.63	0.49	2.44	2.90	1.68	5.67	1.04	0.07	0.92	0.1%
21+000	20+000	2	1	19.344255	-99.290639	2718.53	469473.626	2138944.928	1.47	0.65	2.54	2.68	0.93	4.21	1.11	0.07	0.99	0.2%
20+000	19+000	2	1	19.348190	-99.282591	2663.59	470319.649	2139378.889	1.41	0.61	2.42	4.09	1.45	6.48	1.01	0.08	0.88	0.8%
19+000	18+000	2	1	19.355619	-99.278125	2657.16	470790.060	2140200.124	1.23	0.56	2.15	3.03	1.30	5.18	1.17	0.10	1.01	0.2%
18+000	17+000	2	1	19.361089	-99.270668	2624.37	471574.185	2140804.222	1.76	0.56	2.68	3.41	1.47	5.84	1.08	0.08	0.95	0.6%
17+000	16+000	2	1	19.367997	-99.266660	2591.10	471996.241	2141568.014	1.81	0.83	3.18	3.00	1.29	5.13	1.10	0.07	0.98	0.1%
16+000	15+000	2	1	19.374755	-99.260849	2541.40	472607.703	2142314.840	1.27	0.53	2.14	3.00	0.82	4.35	1.10	0.10	0.94	0.2%
15+000	15+514	2	1	19.379422	-99.252725	2497.99	473461.486	2142829.953	1.33	0.60	2.32	3.72	1.51	6.21	1.09	0.09	0.94	0.2%

Tabla 13: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

				Secretaría de Comunicaciones y Transportes DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS Evaluación de los Aspectos que inciden en la Seguridad Vial (IRI, PR, MAC, DET e IRAP), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre).														
				Síntesis de Valores a cada 1000 metros					Sentido: 2		Carril: 2							
Cadenamiento Carretera		Sentido	Carril	Coordenadas Geográficas			Coordenadas UTM		Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km)			Profundidad de Roderas PR (mm)			Macrotectura MAC (mm)			% de Agrietamiento
De:	A:			Latitud	Longitud	Elevación	X	Y	Promedio	Desviación Estándar	Característico	Promedio	Desviación Estándar	Característico	Promedio	Desviación Estándar	Característico	
33+620	33+000	2	2	19.300833	-99.377174	3003.78	460374.096	2134157.585	1.35	0.50	2.18	2.62	1.08	4.40	1.00	0.04	0.93	0.1%
33+000	32+000	2	2	19.301653	-99.371353	3022.32	460985.862	2134247.030	1.49	0.52	2.35	2.47	0.77	3.74	1.03	0.07	0.91	0.5%
32+000	31+000	2	2	19.299076	-99.362471	3067.18	461918.433	2133959.978	1.24	0.64	2.30	3.37	0.93	4.90	1.04	0.10	0.88	0.2%
31+000	30+000	2	2	19.296867	-99.353300	3113.37	462881.515	2133713.509	1.09	0.39	1.73	2.62	0.65	3.69	1.10	0.08	0.97	0.1%
30+000	29+000	2	2	19.301534	-99.347180	3086.24	463525.524	2134228.603	1.17	0.53	2.04	3.46	1.28	5.57	1.06	0.08	0.93	0.4%
29+000	28+000	2	2	19.309204	-99.342585	3041.99	464009.932	2135076.279	1.32	0.55	2.23	3.61	1.67	6.37	1.05	0.08	0.92	0.4%
28+000	27+000	2	2	19.316786	-99.337740	2996.86	464520.540	2135914.343	1.62	0.83	2.99	3.85	2.04	7.22	1.07	0.08	0.94	0.6%
27+000	26+000	2	2	19.320193	-99.331322	2962.48	465195.447	2136290.105	1.19	0.46	1.95	2.95	1.47	5.38	1.06	0.10	0.90	0.2%
26+000	25+000	2	2	19.317492	-99.323218	2933.07	466046.251	2135989.506	1.09	0.42	1.78	2.78	0.82	4.13	1.10	0.04	1.03	0.2%
25+000	24+000	2	2	19.325025	-99.318272	2892.57	466567.345	2136822.073	2.14	2.80	6.76	3.83	2.14	7.36	1.06	0.08	0.93	2.0%
24+000	23+000	2	2	19.333091	-99.314113	2859.36	467005.845	2137713.831	1.57	0.59	2.54	2.83	1.18	4.78	0.94	0.04	0.87	0.4%
23+000	22+000	2	2	19.334439	-99.305573	2827.19	467903.168	2137861.414	1.29	0.47	2.07	3.79	2.09	7.24	0.95	0.06	0.85	0.5%
22+000	21+000	2	2	19.338567	-99.297650	2781.47	468736.118	2138316.707	1.52	0.54	2.41	3.26	1.45	5.65	0.93	0.06	0.83	0.4%
21+000	20+000	2	2	19.344200	-99.290602	2724.66	469477.505	2138938.728	1.50	0.61	2.51	2.63	0.90	4.12	1.13	0.09	0.98	0.2%
20+000	19+000	2	2	19.348156	-99.282558	2671.93	470323.081	2139375.076	1.44	0.64	2.50	3.77	1.77	6.69	1.05	0.08	0.92	3.1%
19+000	18+000	2	2	19.355585	-99.278083	2664.88	470794.461	2140196.464	1.15	0.42	1.84	2.75	0.93	4.28	1.18	0.09	1.03	0.2%
18+000	17+000	2	2	19.361070	-99.270628	2632.29	471578.378	2140802.106	1.70	0.55	2.61	3.38	2.03	6.73	1.06	0.06	0.96	0.5%
17+000	16+000	2	2	19.367973	-99.266586	2600.21	472004.056	2141565.196	1.90	0.89	3.37	3.52	1.49	5.98	1.08	0.07	0.96	0.5%
16+000	15+000	2	2	19.374718	-99.260783	2550.95	472614.508	2142310.730	1.18	0.53	2.05	3.13	1.76	6.03	1.08	0.09	0.93	0.5%
15+000	14+517	2	2	19.379399	-99.252672	2508.66	473467.011	2142827.391	1.47	0.49	2.28	3.58	1.02	5.26	1.08	0.09	0.93	0.1%

Tabla 14: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

Cadenamiento Carretera		Sentido Carril		Coordenadas Geográficas			Coordenadas UTM		Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km)			Profundidad de Roderas PR (mm)			Macrotextura MAC (mm)			% de Agrietamiento
De:	A:			Latitud	Longitud	Elevación	X	Y	Promedio	Desviación Estándar	Característico	Promedio	Desviación Estándar	Característico	Promedio	Desviación Estándar	Característico	
33+620	33+000	2	3	19.300816	-99.377167	3002.34	460374.894	2134155.684	1.46	0.71	2.63	4.96	2.46	9.02	0.95	0.05	0.87	0.1%
33+000	32+000	2	3	19.301620	-99.371345	3021.60	460986.774	2134243.301	1.45	0.55	2.36	4.33	2.09	7.78	0.95	0.07	0.83	0.6%
32+000	31+000	2	3	19.299035	-99.362462	3068.58	461919.316	2133955.399	1.49	0.62	2.51	7.83	3.78	14.07	0.98	0.10	0.82	0.2%
31+000	30+000	2	3	19.296797	-99.353291	3114.33	462882.337	2133705.706	1.16	0.51	2.00	3.87	3.05	8.90	1.06	0.07	0.94	0.1%
30+000	29+000	2	3	19.301475	-99.347115	3086.35	463532.338	2134222.111	1.38	0.53	2.25	3.85	1.66	6.59	1.05	0.06	0.95	0.4%
29+000	28+000	2	3	19.309181	-99.342570	3039.97	464011.410	2135073.763	1.39	0.50	2.22	3.81	1.34	6.02	1.05	0.09	0.90	0.4%
28+000	27+000	2	3	19.316763	-99.337718	2997.61	464522.830	2135911.817	1.70	0.71	2.87	4.23	3.20	9.51	1.05	0.09	0.90	0.5%
27+000	26+000	2	3	19.320126	-99.331296	2961.77	465198.211	2136282.529	1.70	1.84	4.74	3.72	1.99	7.00	1.11	0.08	0.98	1.3%
26+000	25+000	2	3	19.317471	-99.323200	2934.62	466048.087	2135987.232	1.00	0.36	1.59	2.85	0.81	4.19	1.13	0.04	1.06	0.3%
25+000	24+000	2	3	19.325002	-99.318255	2891.59	466569.151	2136819.566	2.78	3.06	7.83	3.66	1.89	6.78	1.06	0.08	0.93	3.7%
24+000	23+000	2	3	19.333059	-99.314082	2859.58	467009.086	2137710.259	1.76	0.58	2.72	4.20	2.42	8.19	0.97	0.06	0.87	0.9%
23+000	22+000	2	3	19.334417	-99.305550	2827.72	467905.598	2137858.978	1.86	0.74	3.08	4.25	1.85	7.30	0.98	0.08	0.85	0.7%
22+000	21+000	2	3	19.338492	-99.297587	2782.96	468742.768	2138308.458	1.72	0.64	2.78	4.33	2.15	7.88	0.93	0.07	0.81	0.5%
21+000	20+000	2	3	19.344155	-99.290587	2726.42	469479.032	2138933.718	2.29	0.75	3.53	3.58	2.44	7.61	1.15	0.13	0.94	0.4%
20+000	19+000	2	3	19.348133	-99.282537	2674.20	470325.254	2139372.548	1.98	0.87	3.42	3.51	1.13	5.37	1.03	0.11	0.85	1.5%
19+000	18+000	2	3	19.355537	-99.278042	2666.41	470798.735	2140191.084	1.51	0.58	2.47	2.99	1.08	4.77	1.22	0.12	1.02	0.3%
18+000	17+000	2	3	19.361039	-99.270604	2633.19	471580.871	2140798.682	1.69	0.42	2.38	3.28	1.23	5.31	1.00	0.07	0.88	0.6%
17+000	16+000	2	3	19.367944	-99.266574	2600.71	472005.261	2141562.039	1.80	0.59	2.77	5.11	2.46	9.17	0.98	0.06	0.88	0.2%
16+000	15+000	2	3	19.374682	-99.260757	2553.59	472617.284	2142306.742	1.52	0.65	2.59	5.56	3.08	10.64	1.05	0.11	0.87	0.4%
15+000	14+520	2	3	19.379381	-99.252659	2509.72	473468.450	2142825.369	1.52	0.63	2.56	5.18	2.64	9.54	0.99	0.09	0.84	0.4%

Tabla 15: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

4.1 Estimación del Nivel de Servicio

Para el análisis de capacidad se siguió el procedimiento del Highway Capacity Manual, en el capítulo correspondiente a tramos básicos de autopista. Se tomaron en cuenta las siguientes condiciones de operación: TDPA de 32,657 y una configuración vehicular de 85.1% vehículos ligeros, 3.3% autobuses y 11.6% vehículos de carga, se tomara en cuenta una “k” de 0.072 con lo cual se podrá transformar el TDPA a volumen horario dando como resultado un Volumen de 2351 vph. Las características físicas del tramo son de tres carriles de circulación, con una pendiente longitudinal descendente de 3% en promedio.

	Marques - México
TDPA	32,657
- % de vehículos ligeros	85.1
- % de autobuses	3.3
- % de vehículos de carga	11.6
<i>k</i>	0.072
<i>VPH</i>	2351
<i>Pendiente %</i>	- 3
<i>Nº Carriles</i>	3
Nivel de Servicio	B

Tabla 16: Obtención de Nivel de Servicio: Datos obtenidos de Datos Viales – 2015 – SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) Documento N° 51 y del programa HCM (Highway Capacity Manual) que puede consultarse en los Anexos.

Bajo estas condiciones físicas y de operación se obtuvo un nivel de servicio “B”, que representa el rango de flujo estable. En la parte de anexos se muestra el análisis arrojado por el programa de HCM (Highway Capacity Manual).

4.2 Análisis de accidentes en el tramo de estudio

Para el análisis de la información de los reportes de accidentes se utilizaron bases de datos de la Dirección de Planeación de CAPUFE, de la Policía Federal Preventiva (PFP) y del Sistema de Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA) para el año 2010.

Se registraron 26 accidentes en el año 2010 participando en esta 43 vehículos y registrándose 10 decesos y 59 lesionados

Ruta	Clave de Carretera	Nombre de la Carretera	Longitud de la Carretera (km)	Accidentes	Participantes	Muertos	Lesionados	Daños materiales (Miles de dólares)	Tránsito diario promedio anual 2010	Accidentes por kilómetro	Jerarquización
MEX-015D	00446	México-La Marquesa(Cuota)	19.6	26	43	10	59	121.8	51, 528	1.327	64

Tabla 17: Registro de Accidentes en la carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)

La rampa de emergencia del que es objeto este trabajo se encuentra en el kilómetro 25+600 el cual se encuentra apenas unos kilómetros delante de algunos de los tramos más peligrosos registrados por el SAADA (Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes) que se encuentran a la salida del Distrito Federal a partir de la primera caseta de la Carretera México-Toluca.

Precisamente en estos dos tramos peligrosos que se muestran a continuación en la Tabla 18, suman casi el mismo número de accidentes que el total registrado en la autopista México-La Marquesa (Cuota)

Ruta	Clave de Carretera	Nombre de la Carretera	Cadenamiento	Accidentes	Participantes	Muertos	Lesionados	Daños materiales (Miles de dólares)	Tránsito diario promedio anual 2010	Accidentes por kilómetro	Jerarquización
MEX-015	00446	T.C.(México-Toluca(Libre)(Puente Conafrut))-Caseta de cobro	11.6-22.2	15	22	8	16	61.1	50,106	1.42	299
MEX-015	00446	Caseta de cobro-Lim. Edos. D.F./Méx.	22.2-30.7	10	19	2	36	51	53,858	1.18	383

Tabla 18: Comparación de accidentes en la Carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)

La rampa de emergencia que se estudia en este trabajo se encuentra dentro del tramo Caseta de cobro – Limite del D.F. / Méx. En el cual se registraron 10 accidentes con 19 vehículos involucrado con 2 decesos y 36 lesionados según los registros del 2010.

En el tramo registrado en la Tabla 19 se encuentran los 500 metros más peligrosos según el SAADA que se encuentran entre los kilómetros 21+600 y 22+100 en el que se registraron 5 accidentes con 6 vehículos involucrados, un deceso y 8 lesionados.

Ruta	Clave de Carretera	Nombre de la Carretera	Cadenamiento	Accidentes	Participantes	Muertos	Lesionados	Daños materiales (Miles de dólares)	Jerarquización
MEX-015	00446	T.C.(México-Toluca(Libre)(Puente Conafrut))-Caseta de cobro	21.6-22.1	5	6	1	8	11.9	233

Tabla 19: Registro de Accidentes. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)

Se puede concluir que la Rampa de Frenado de Emergencia existente se colocó en un sitio donde es altamente probable que ocurran accidentes viales.

5- Identificación de los parámetros de diseño de la rampa existente y su evaluación en base a la norma N-PRY-CAR-10-04-007-07

El tipo de rampa que se analizará es un tipo RE-1 y a continuación se presentaran las características de dicha rampa y se ilustran posteriormente.

- Ancho del acceso a la rampa de frenado de emergencia: 7 metros.
- Angulo de entrada al acceso de la rampa: 5°
- Pendiente del acceso a la rampa: 1.5°
- Longitud del acceso a la rampa: 83 metros
- El acceso no está pavimentado



Imagen 1: Entrada a la Rampa de Frenado de Emergencia



Imagen 2: Entrada a la Rampa de Frenado de Emergencia

Características geométricas de la cama de frenado de emergencia:

- Longitud: 141 metros
- Ancho: 7.5 metros.
- Profundidad: 0.40 metros
- Pendiente: 1.7°

Características del material de la cama de frenado:

- Se presenta un material tipo Arena-Grava suelto con baja presencia de finos.



Imagen 3: Entrada a la cama de frenado



Imagen 4: Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia



Imagen 5: Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia

Características complementarias de la rampa de frenado de emergencia:

- Cuenta con camino de servicio del lado derecho de la rampa, este tiene un ancho de 5 metros y es de un material fino compactado.
- No cuenta con botones de iluminación ni luminarias.
- No cuenta con macizos de anclaje
- El camino de servicio no está pavimentado.
- Al final de la rampa se habilito un montículo de grava combinado con neumáticos y tambos como amortiguador de impacto.



Imagen 6: Camino de Servicio de la Rampa de Emergencia



Imagen 7: Camino de Servicio de la Rampa de Emergencia



Imagen 8: Señalamiento en el Camino de servicio



Imagen 9: Final del Camino de Servicio



Imagen 10: Final de la Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia



Figura 12: Características de la Rampa de Frenado de Emergencia / Fuente: Imagen Satelital obtenida de Google Earth

Señalamiento horizontal

- Las características de la raya para frenado de emergencia discontinua (M-16.1) son las siguientes:



Figura 13: Raya M-16.1

- Las características de la raya para frenado de emergencia continua (M-16.2) son las siguientes:

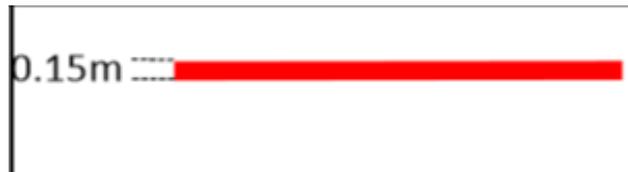


Figura 14: Raya M-16.2

Esta línea empieza en el kilómetro 29+100 y termina en el kilómetro 25+600

Señalamiento vertical

Las señales que se encontraron en el lugar como señalamiento vertical fueron:



Señales Restrictivas (SR-22)



Señales Restrictivas (SR)



Señales de Información General (SID)



Señales Informativas de Recomendación (SIR)

5.1 Revisión y conclusiones sobre la Rampa existente.

Para llevar a cabo la revisión de los parámetros geométricos de la rampa se realizaron estudios de velocidades para obtener una velocidad promedio para el dato de velocidad de entrada a la rampa. Sobre la carretera se encontraban señales que indicaban que la máxima velocidad a la que debían circular los vehículos era 80 km/hr, pero como a continuación se muestra esta velocidad pocas veces se respetaba.

5.1.1 Estudios de Velocidades

Se realizó un estudio de velocidad en un día laboral normal, en este caso el martes 12 de enero de 2016, utilizando como herramienta una pistola radar de velocidad como la que se muestra en la imagen siguiente:



Figura 15: Pistola radar.

La forma de utilizar la pistola rada de velocidades es simplemente mantenerla levantada a una altura suficiente para que el radar pueda captar a los autos, y en el momento en que pase el vehículo seleccionado se aprieta el gatillo de la pistola para medir la velocidad de dicho vehículo. Se realizaron 150 mediciones que a continuación se muestran en la Tabla 20:

Estudio de Velocidades Puntuales					
Nº Vehículo	Velocidades (km/hr)	Nº Vehículo	Velocidades (km/hr)	Nº Vehículo	Velocidades (km/hr)
1	126	51	101	101	95
2	127	52	80	102	103
3	76	53	105	103	80
4	100	54	99	104	118
5	108	55	100	105	123
6	125	56	98	106	104
7	89	57	99	107	108
8	111	58	82	108	100
9	131	59	96	109	111
10	119	60	113	110	105
11	94	61	97	111	61
12	79	62	111	112	85
13	80	63	94	113	105
14	35	64	109	114	96
15	50	65	85	115	28
16	127	66	94	116	73
17	78	67	97	117	82
18	80	68	80	118	109
19	128	69	99	119	83
20	85	70	94	120	105
21	110	71	95	121	102
22	94	72	92	122	112
23	120	73	103	123	117
24	125	74	70	124	116
25	92	75	109	125	86
26	120	76	103	126	111
27	67	77	143	127	110
28	125	78	136	128	108
29	100	79	127	129	86
30	50	80	109	130	93
31	84	81	103	131	106
32	89	82	122	132	101
33	93	83	70	133	108
34	77	84	84	134	114
35	35	85	11	135	45
36	80	86	74	136	102
37	104	87	112	137	99
38	86	88	104	138	116
39	80	89	72	139	102
40	120	90	112	140	108
41	68	91	109	141	105
42	110	92	83	142	94
43	113	93	85	143	80
44	115	94	74	144	97
45	90	95	100	145	101
46	101	96	99	146	96
47	113	97	103	147	78
48	80	98	87	148	82
49	95	99	101	149	81
50	94	100	119	150	93

Tabla 20: Datos recabados con Pistola de Velocidades

5.1.2 Resistencia a la Rodadura “R” en la Rampa existente

Después de tomar estas mediciones de velocidad se obtuvo un promedio de 96.3 km/hr como velocidad a la que circulaban normalmente los automóviles, que es superior al límite de velocidad que dictaminan las señales en la carretera.

Este dato se puede tomar como la velocidad de entrada, tomando en cuenta la información disponible, el único dato faltante para tener el valor de todas las variables de la Rampa existente que se toman en cuenta en el Diseño de Rampas es la Resistencia a la Rodadura “R” la cual se puede obtener despejándola de la fórmula de la Longitud Efectiva. Para ser prácticos se usó una velocidad de 97 km/hr.

$$141 = \frac{97^2}{254 (R + 0.017)} \times 1.25$$

$$R = \frac{97^2 * 1.25}{141 * 254} - 0.017$$

$$R = 0.3114$$

5.1.3 Conclusiones de las características de la Rampa existente.

Después de hacer el cálculo anterior y con la información disponible de la rampa existente se pueden hacer varias conclusiones:

- Podemos apreciar que por los datos disponibles la longitud actual de la cama de frenado no es la que se obtendría por el cálculo que dicta la norma.
- El valor “R” resultante no concuerda con ninguno de los que se mencionan en la norma de acuerdo al material que tiene la cama de frenado. Este resultado es un indicador de que la rampa no cumple con la Norma.

- El ancho de la cama de frenado tampoco se encuentra en los parámetros que dicta la norma ya que debe ser de 10 a 12 metros y el ancho actual es de 7.5 metros.
- En cuanto al espesor de la cama de frenado cumple con un espesor mayor a diez centímetros al inicio de la cama de frenado y la actual cuenta con 40 centímetros de espesor.
- El acceso de la rampa de frenado actualmente no se encuentra pavimentado como lo establece la norma.
- El camino de servicio cumple el ancho establecido por la norma pero no se encuentra pavimentado ni cuenta con macizos de anclaje.
- En cuanto al señalamiento horizontal no cumple con el ancho de la línea M-16 que establece de 20 centímetros y la actual mide 15 centímetros solamente
- No se cuenta con botones reflejantes en el lugar
- En cuanto a las señalización vertical cumple en cuanto a señales restrictivas (SR), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR) y señales de información general (SIG)

6- Diseño de la Rampa de Frenado de Emergencia

A continuación se hará la propuesta de una Rampa de Frenado de Emergencia tipo RE-4 Ascendente la cual tiene una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente.

6.1 Longitud y ancho de la cama de frenado

Tomando en cuenta el cálculo con el que se demostró que la longitud actual de la cama de frenado no era la necesaria que indicaba la norma, se obtuvo una distancia de 173.43 metros usando la fórmula de la longitud efectiva L_L . Y se obtuvo una longitud disponible del terreno de aproximadamente 190 metros (obtenida con ayuda del software Google Earth).

Los parámetros que se pueden variar para el cálculo de la longitud de la cama de frenado son el tipo de material de la cama de frenado y la pendiente, para definir estos parámetros se hará un análisis de sensibilidad de cada variable. Para elegir el material de la cama de frenado existen distintas opciones como se menciona en la norma:

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)

Tabla 21: Resistencia a la rodadura, expresada en términos de pendiente equivalente

- **Análisis de Sensibilidad**

Tomando la pendiente de la rampa existente de $SI = 0.017$, la velocidad promedio medida en el lugar de 97 km/hr. y dejando como variable la Resistencia a la rodadura “ R “. Se calculara la longitud probando con los diferentes valores para R de la tabla de los distintos materiales para la cama de frenado y también se variara el parámetro de la pendiente en la fórmula de la longitud efectiva (L_L) para encontrar la más indicada que cumpla con la norma y se ajuste mejor a las dimensiones del terreno disponible junto con los distintos materiales antes mencionados

$$LL = \frac{97^2}{254 (R + 0.017)} \times 1.25$$

Material de la Cama de Frenado	Resistencia R	SI	LL
Grava Triturada Suelta	0.05	0.000	926.08
Grava Triturada Suelta	0.05	0.002	890.46
Grava Triturada Suelta	0.05	0.004	857.48
Grava Triturada Suelta	0.05	0.006	826.86
Grava Triturada Suelta	0.05	0.008	798.35
Grava Triturada Suelta	0.05	0.010	771.74
Grava Triturada Suelta	0.05	0.012	746.84
Grava Triturada Suelta	0.05	0.014	723.50
Grava Triturada Suelta	0.05	0.016	701.58
Grava Triturada Suelta	0.05	0.018	680.94
Grava Triturada Suelta	0.05	0.020	661.49
Grava Triturada Suelta	0.05	0.022	643.11
Grava Triturada Suelta	0.05	0.024	625.73
Grava Triturada Suelta	0.05	0.026	609.26
Grava Triturada Suelta	0.05	0.028	593.64
Grava Triturada Suelta	0.05	0.030	578.80
Grava Triturada Suelta	0.05	0.032	564.68
Grava Triturada Suelta	0.05	0.034	551.24
Grava Triturada Suelta	0.05	0.036	538.42
Grava Triturada Suelta	0.05	0.038	526.18
Grava Triturada Suelta	0.05	0.040	514.49
Grava Triturada Suelta	0.05	0.042	503.31
Grava Triturada Suelta	0.05	0.044	492.60
Grava Triturada Suelta	0.05	0.046	482.33
Grava Triturada Suelta	0.05	0.048	472.49
Grava Triturada Suelta	0.05	0.050	463.04

Tabla 22: Calculo de la Longitud variando la pendiente y usando Grava Triturada Suelta

Material de la Cama de Frenado	Resistencia R	SI	LL
Grava de Río Suelta	0.1	0.000	463.04
Grava de Río Suelta	0.1	0.002	453.96
Grava de Río Suelta	0.1	0.004	445.23
Grava de Río Suelta	0.1	0.006	436.83
Grava de Río Suelta	0.1	0.008	428.74
Grava de Río Suelta	0.1	0.010	420.95
Grava de Río Suelta	0.1	0.012	413.43
Grava de Río Suelta	0.1	0.014	406.18
Grava de Río Suelta	0.1	0.016	399.17
Grava de Río Suelta	0.1	0.018	392.41
Grava de Río Suelta	0.1	0.020	385.87
Grava de Río Suelta	0.1	0.022	379.54
Grava de Río Suelta	0.1	0.024	373.42
Grava de Río Suelta	0.1	0.026	367.49
Grava de Río Suelta	0.1	0.028	361.75
Grava de Río Suelta	0.1	0.030	356.19
Grava de Río Suelta	0.1	0.032	350.79
Grava de Río Suelta	0.1	0.034	345.55
Grava de Río Suelta	0.1	0.036	340.47
Grava de Río Suelta	0.1	0.038	335.54
Grava de Río Suelta	0.1	0.040	330.74
Grava de Río Suelta	0.1	0.042	326.09
Grava de Río Suelta	0.1	0.044	321.56
Grava de Río Suelta	0.1	0.046	317.15
Grava de Río Suelta	0.1	0.048	312.87
Grava de Río Suelta	0.1	0.050	308.69
Material de la Cama de Frenado	Resistencia R	SI	LL
Arena Suelta	0.15	0.000	308.69
Arena Suelta	0.15	0.002	304.63
Arena Suelta	0.15	0.004	300.68
Arena Suelta	0.15	0.006	296.82
Arena Suelta	0.15	0.008	293.06
Arena Suelta	0.15	0.010	289.40
Arena Suelta	0.15	0.012	285.83
Arena Suelta	0.15	0.014	282.34
Arena Suelta	0.15	0.016	278.94
Arena Suelta	0.15	0.018	275.62
Arena Suelta	0.15	0.020	272.38
Arena Suelta	0.15	0.022	269.21
Arena Suelta	0.15	0.024	266.12
Arena Suelta	0.15	0.026	263.09
Arena Suelta	0.15	0.028	260.14
Arena Suelta	0.15	0.030	257.25
Arena Suelta	0.15	0.032	254.42
Arena Suelta	0.15	0.034	251.65
Arena Suelta	0.15	0.036	248.95
Arena Suelta	0.15	0.038	246.30
Arena Suelta	0.15	0.040	243.71
Arena Suelta	0.15	0.042	241.17
Arena Suelta	0.15	0.044	238.68
Arena Suelta	0.15	0.046	236.25
Arena Suelta	0.15	0.048	233.86
Arena Suelta	0.15	0.050	231.52

Tabla 23: Cálculo de la Longitud variando la pendiente y usando Grava de Río y Arena Suelta

Material de la Cama de Frenado	Resistencia R	SI	LL
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.000	185.22
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.002	183.75
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.004	182.30
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.006	180.88
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.008	179.47
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.010	178.09
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.012	176.73
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.014	175.39
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.016	174.08
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.018	172.78
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.020	171.50
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.022	170.24
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.024	168.99
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.026	167.77
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.028	166.56
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.030	165.37
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.032	164.20
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.034	163.04
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.036	161.90
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.038	160.78
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.040	159.67
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.042	158.58
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.044	157.50
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.046	156.43
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.048	155.38
Gravilla Uniforme Suelta	0.25	0.050	154.35

Tabla 23: Calculo de la Longitud variando la pendiente y usando Gravilla Uniforme Suelta

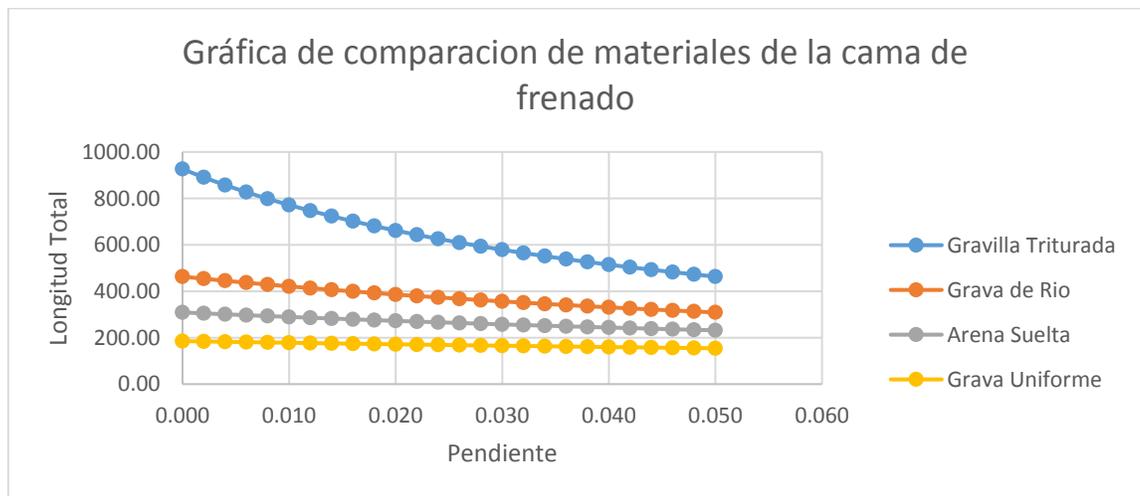


Figura 16: Gráfica de Comparación de Longitudes en relación con el material y la pendiente

Como se puede observar en la gráfica de comparación entre los distintos materiales y variando la pendiente se seleccionará el material de Gravilla Uniforme Suelta y una pendiente de 1°.

$$LL = \frac{Ve^2}{254 (R + SI)} \times 1.25$$

$$LL = \frac{97^2}{254 (0.25 + 0.01)} \times 1.25$$

$$LL = \frac{97^2}{254 (0.25 + 0.01)} \times 1.25$$

$$LL = 178.09 \text{ m} \approx 180 \text{ m}.$$

Se propondrá un ancho de la cama de frenado de 10 metros y se conservara su profundidad de 0.60 metros.

6.2 Camino de servicio y macizos de anclaje

Se diseñara 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 y 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 en condiciones nocturnas. Contará con un ancho de tres (3) metros y pavimento que provea una superficie firme para los equipos de rescate, alejado de la ruta principal.

Los macizos de anclaje serán de concreto hidráulico, estarán alojados en el lado, separados entre sí, en forma equidistante a 50 m, el primero se ubicara lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado.

6.3 Drenaje y subdrenaje

Se diseñarán con una pendiente transversal de dos 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. En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se diseñará un subdren con una pendiente longitudinal mínima de uno como cinco (1,5) por ciento, como se describe a continuación:

El subdren consiste en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno mínimo de quince centímetros, que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en las normas.

- N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”
- N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”

Dentro de una zanja con las dimensiones que se muestra en la imagen de abajo, y sobre una cama de quince 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”.

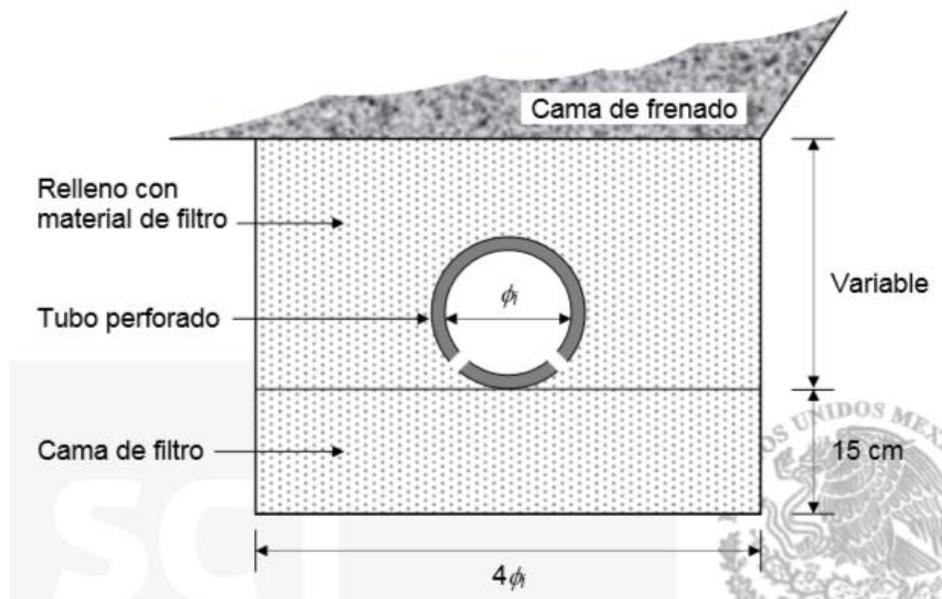


Figura 17: Diagrama del drenaje y subdrenaje de la Cama de Frenado

Las salidas para el caudal captado, se harán con tubos del mismo tipo que se utilizaron en el subdrén, pero sin perforaciones, colocados en una zanja como se indicó anteriormente. Se ubicara una tubería de salida en la parte más baja de subdrén y otras a lo largo del mismo, a cada cien 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.

6.4 Señalamiento

Comprende tanto señalamientos verticales como horizontales previos a la rampa de emergencia como los indica la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003; Señalamiento horizontal y vertical en carretera y vialidad urbana.

- *Señalamiento Horizontal*

Raya para frenado de emergencia discontinua (M-16.1)

Se indicara en el pavimento a 1000 m de distancia de la entrada a la rampa y será una línea de color rojo discontinua de 20 cm de ancho, esta recorrerá el carril de alta velocidad.

Raya para frenado de emergencia continua (M-16.2)

Se indicara en el pavimento a 500 m de distancia de la entrada a la rampa y será una línea de color rojo continua de 20 cm de ancho, esta recorrerá el carril de baja velocidad y comenzara donde termina la raya para frenado de emergencia discontinua y pasa de carril de alta velocidad a carril de baja.

- *Señalamiento Vertical*

Se colocaran señales restrictivas SR-22 “prohibido Estacionarse”, en el inicio de la cama de frenado y en la carretera a cada 150 m, en los 500m antes de la cama de frenado.

Se colocaran dos señales informativas tipo SID-13, una decisiva a la entrada de la rampa de frenado de emergencia y otra previa a no menos de 200 metros de la entrada de la rampa.

Se instalara señalización de información general SIG a no menos de 500 metros de la entrada a la rampa de frenado de emergencia, en donde comienza la línea continua M-16.2, y donde cambia de carril de alta a carril de baja velocidad. También se colocar una señalización a 1000 metros del acceso a la rampa.

Se colocara señales de “Pruebe sus frenos” al inicio de la pendiente descendente y de “Vehículos sin frenos siga la raya roja” a 100 metros de la primera, para continuar es necesario colocar dos señales de “Ceda el paso a vehículos sin frenos” ubicados a 650 metros de la entrada a la rampa y a 200m del sitio donde inicie la pendiente de la carretera.

A 500m de la rampa se colocara una SIG (señal de información general) en donde la raya roja continua, cambia del carril de alta al de baja.

Se colocaran rayas canalizadoras (M-5) conforme indica la norma NOM-034-SCT2-2003.

Es necesario colocar indicadores OD-6 a cada 20 metros en ambos lados de la rampa. Además se colocaran indicadores de obstáculos OD-5 en la zona neutral de entrada a la rampa donde se encuentran las rayas canalizadoras

7- Conclusiones

Este trabajo expone un tema muy importante como lo son las Rampas de Frenado de Emergencia las cuales pueden llegar a salvar vidas en una emergencia como cuando a un conductor le fallan los frenos de su vehículo, por esto es de suma importancia que estas rampas estén adecuadamente diseñadas y construidas desde el señalamiento sobre la carretera para guiar al conductor hasta el cuerpo de la rampa para que esta proporcione seguridad al momento de ser utilizada.

Para lograr que las Rampas de emergencia sean funcionales y proporcionar seguridad en las carreteras, debe realizarse análisis de accidentes para ubicar los puntos conflictivos donde situar una Rampa de Frenado, además de tomar en cuenta las condiciones geográficas y económicas para su construcción, ya que dependiendo de lo peligrosa que resulte la carretera puede necesitar más de una Rampa.

A pesar de que para elegir el lugar, el tipo de rampa y los materiales se tenga que tomar en cuenta el aspecto económico, nunca debe dejarse de lado el tema de la calidad y el cumplimiento de las Normas que nos aseguran un correcto funcionamiento y por lo tanto el índice de seguridad que deseamos.

En este trabajo se muestra que a pesar de que existen las Normas que especifican la construcción de las rampas, algunas veces no se siguen al pie de la letra como es el caso de la Rampa de Frenado que se eligió para su análisis y su rediseño. Estas situaciones podrían cuestionar si la rampa existente funciona adecuadamente ya que se comprobó que no cumple la mayoría de los parámetros que dicta la norma

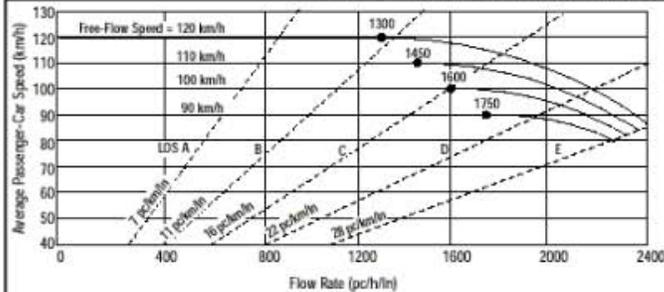
Actualmente existe mucha información disponible sobre las Rampas de Emergencia de Frenado, pero al parecer no hay un buen control sobre cuantos vehículos utilizan la rampa o al menos información disponible que pueda consultarse públicamente, la cual ayudaría a saber si el funcionamiento de las rampas es adecuado o funcional.

8- Bibliografía

- 1- Norma para la construcción de Rampas para Frenado de Emergencia N-PRY-CAR-10-04-007/13.
- 2- Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales. Publicado por el IMT (Instituto Mexicano del Transporte)
<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt51.pdf>
- 3- Datos Viales – 2015 – SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes) Documento N° 51
http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2015/15_MEXICO.pdf
- 4- Publicaciones del Instituto Mexicano del Transporte
<http://www.imt.mx/>
- 5- Publicaciones de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres (AMIVTAC) / Seguridad Vial
<http://www.amivtac.org/>
- 6- Catálogo de Aplicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) <http://sctcloud.com.mx/>
- 7- Norma N-CMT-5-01-001/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/ PINTURAS”. <http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-01-001-13.pdf>
- 8- Norma N-CMT-5-04/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/BOTONES Y BOTONES REFLEJANTES”
<http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-04-13.pdf>
- 9- Norma N-CMT-5-03-001/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/ MATERIALES REFLEJANTES”
<http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-03-001-13.pdf>

ANEXOS

BASIC FREEWAY SEGMENTS WORKSHEET



Application	Input	Output
Oper. (LOS)	FFS, N, v_p	LOS, S, D
Des. (N)	FFS, LOS, v_p	N, S, D
Plan. (LOS)	FFS, N, AADT	LOS, S, D
Plan. (N)	FFS, LOS, AADT	N, S, D

General Information		Site Information	
Analyst	Jose Eduardo Hernandez	Highway/Direction of Travel	Carretera Mexico-La Marquesa
Agency or Company	UNAM	From/To	La Marquesa-Distrito Federal
Date Performed	27/02/2016	Jurisdiction	
Analysis Time Period		Analysis Year	2015

Project Description: **Diseño Geometrico de una Rampa de Frenado de Emergencia**

Oper. (LOS)
 Des. (N)
 Planning Data

Flow Inputs			
Volume, V	2351 veh/h	Peak-Hour Factor, PHF	0.90
AADT	veh/day	% Trucks and Buses, P_T	14
Peak-Hr Prop. of AADT, K		% RVs, P_R	0
Peak-Hr Direction Prop, D		General Terrain:	Grade
DDHV = AADT x K x D	veh/h	Grade	-0.03% Length 1.00km
Driver type adjustment		Up/Down %	-0.03

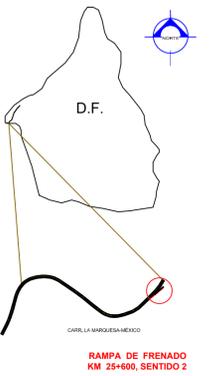
Calculate Flow Adjustments			
f_p		E_R	1.2
E_T	1.5	$f_{HV} = 1/[1+P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)]$	0.935

Speed Inputs			Calc Speed Adj and FFS		
Lane Width	3.5	m	f_{LW}	1.0	km/h
Rt-Shoulder Lat. Clearance	1.8	m	f_{LC}	0.0	km/h
Interchange Density	0.30	I/km	f_{ID}	0.0	km/h
Number of Lanes, N	3		f_N	0.0	km/h
FFS (measured)		km/h	FFS	109.0	km/h
Base free-flow Speed, BFFS	110.0	km/h			

LOS and Performance Measures			Design (N)		
Operational (LOS)			Design (N)		
$v_p = (V \text{ or } DDHV) / (PHF \times N \times f_{HV} \times f_p)$	932	pc/h/ln	Design LOS		
S	109.0	km/h	$v_p = (V \text{ or } DDHV) / (PHF \times N \times f_{HV} \times f_p)$		pc/h
$D = v_p / S$	8.6	pc/km/ln	S		km/h
LOS	B		$D = v_p / S$		pc/km/ln
			Required Number of Lanes, N		

Glossary		Factor Location	
N - Number of lanes	S - Speed	E_R - Exhibits 23-8, 23-10	f_{LW} - Exhibit 23-4
V - Hourly volume	D - Density	E_T - Exhibits 23-8, 23-10, 23-11	f_{LC} - Exhibit 23-5
v_p - Flow rate	FFS - Free-flow speed	f_p - Page 23-12	f_N - Exhibit 23-6
LOS - Level of service	BFFS - Base free-flow speed	LOS, S, FFS, v_p - Exhibits 23-2, 23-3	f_{ID} - Exhibit 23-7
DDHV - Directional design hour volume			

LOCALIZACIÓN

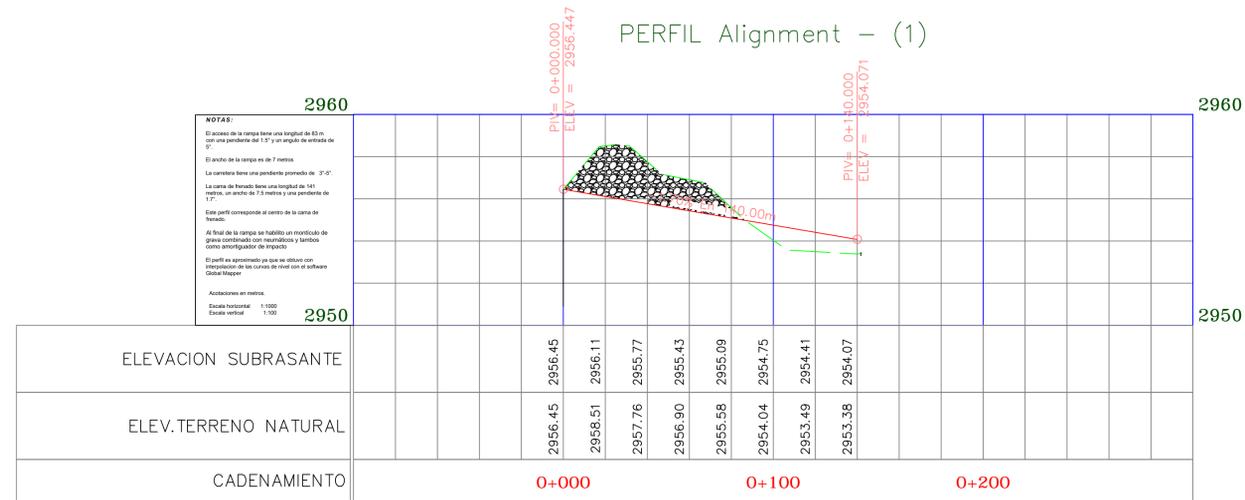


RAMPA DE FRENADO
KM 25+600, SENTIDO 2

NOTAS

Acolaciones en metros, excepto las indicadas en otra unidad.
Escala 1:1000, excepto donde se indique otra.
Señalamiento vertical fuera de escala.
La simbología del señalamiento se basa en la norma N-PRY-CAR-10-01 Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Calles y Carreteras de la SCT.

PERFIL Alignment - (1)



NOTAS:
El acceso de la rampa tiene una longitud de 85 m con una pendiente del 1.7% un ancho de entreo de 5'.

El ancho de la rampa es de 7 metros.

La carretera tiene una pendiente promedio de 3"-0".

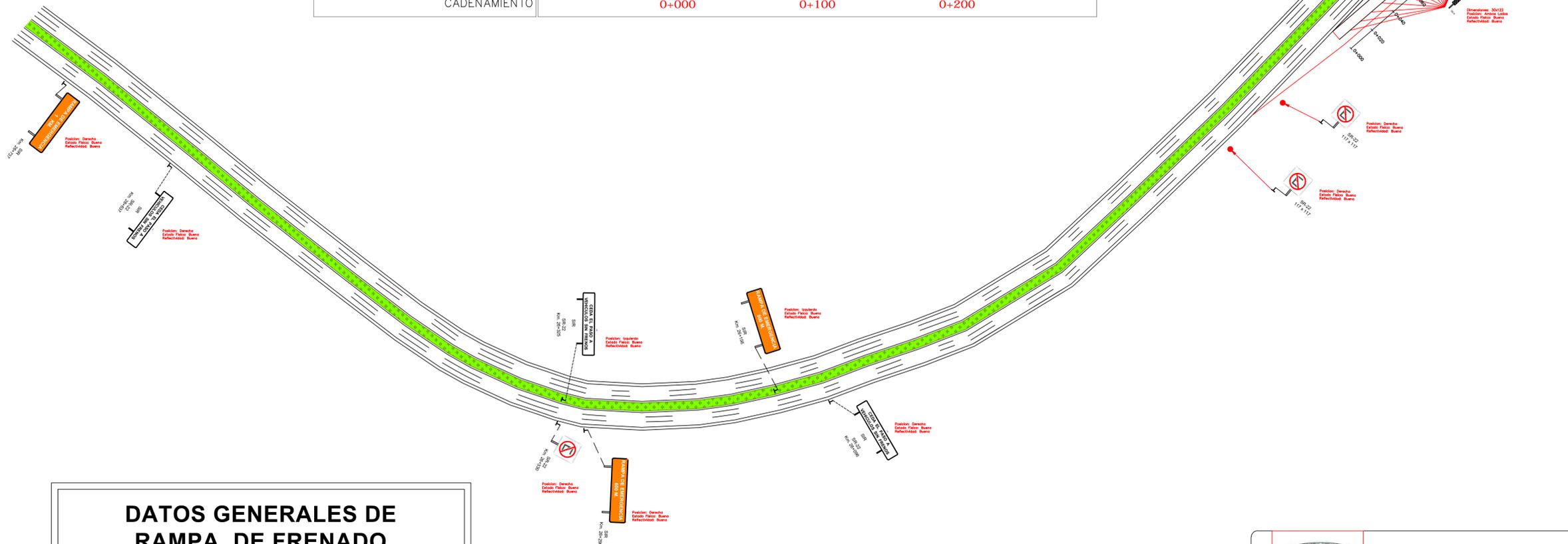
La cama de frenado tiene una longitud de 141 metros, un ancho de 7.5 metros y una pendiente de 1.7%.

Este perfil corresponde al centro de la cama de frenado.

Al final de la rampa se habilitó un montículo de grava conformado con macadamizado y también como amortiguador de impacto.

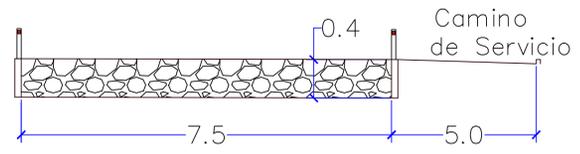
El perfil es aproximado ya que se obtuvo con interpolación de los datos de nivelación en software Civil 3D.

Acolaciones en metros:
Escala horizontal 1:1000
Escala vertical 1:100



DATOS GENERALES DE RAMPA DE FRENADO	
LONGITUD:	141 M
PENDIENTE:	1.7%
ANCHO DE LA CAMA:	7.50 M
CAMINO DE SEERVICIO:	5 M (Derecho)
AGREGADO:	ARENA-GRAVA CON PRESENCIA DE FINOS
PROFUNDIDAD CAMA:	0.40 M

SECCIÓN DE LA CAMA DE FRENADO



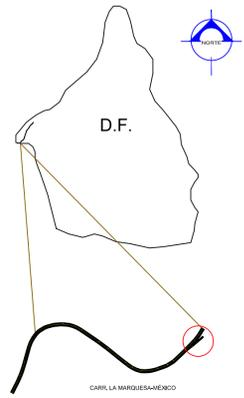
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROYECTO EJECUTIVO DE LA RAMPA DE FRENADO EN LA AUTOPISTA LA MARQUESA-MÉXICO SENTIDO 2

RAMPA DE FRENADO KM 25+600, SENTIDO 2

DIBUJÓ: JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRÍSOSTOMO	RRVISÓ: FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE	FECHA: SEPTIEMBRE - 2016	ESCALA: 1 : 250	NO. DE PLANO: PLANO DE RAMPA ACTUAL - 1
--	--	-----------------------------	--------------------	--

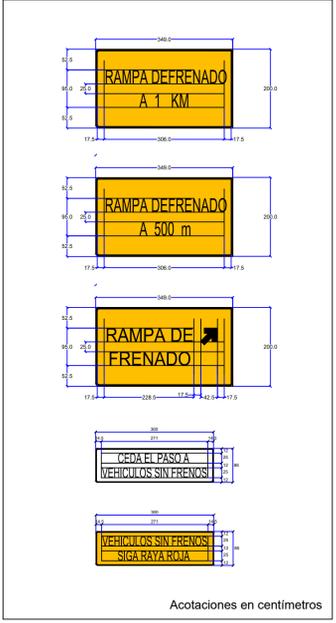
LOCALIZACIÓN



RAMPA DE FRENADO
KM 25+600, SENTIDO 2

NOTAS

Acotaciones en metros, excepto las indicadas en otra unidad.
Escala 1:1000, excepto donde se indique otra.
Señalamiento vertical fuera de escala.
La simbología del señalamiento se basa en la norma N-PRY-CAR-10-01 Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Calles y Carreteras de la SCT.



Acotaciones en centímetros

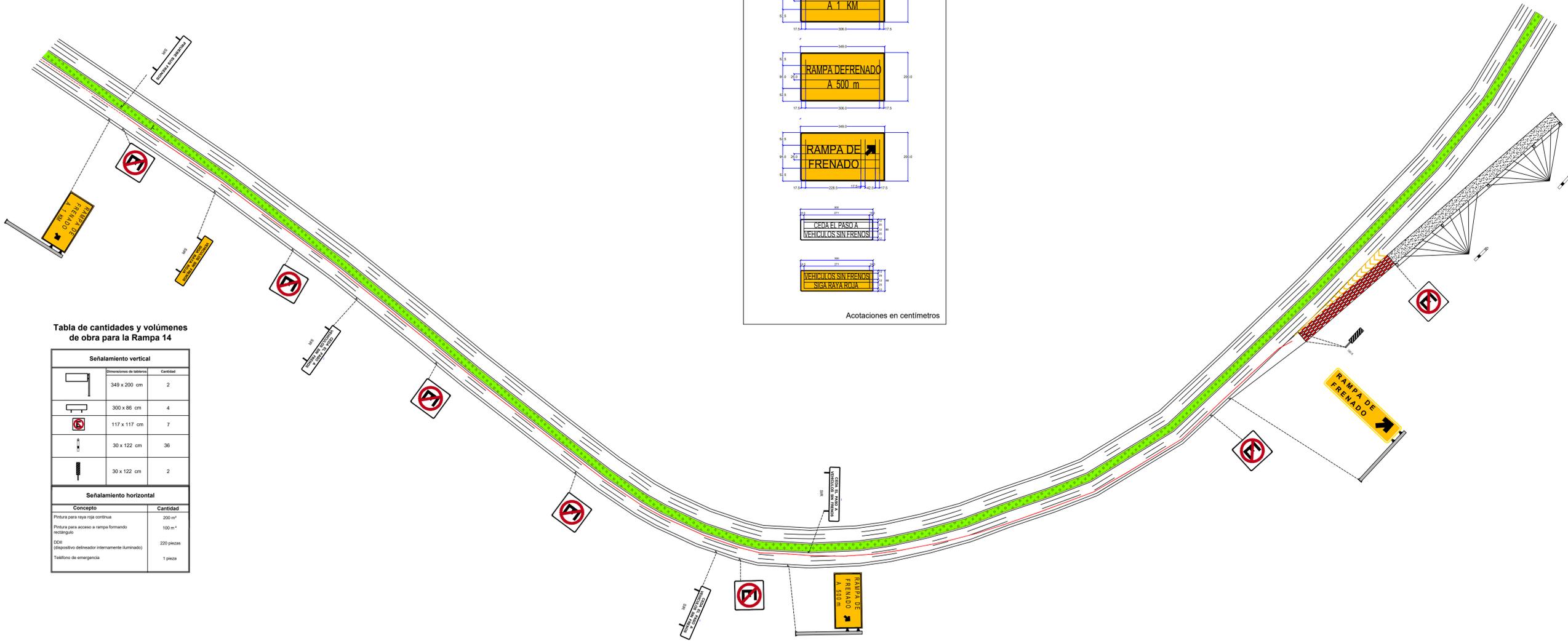


Tabla de cantidades y volúmenes de obra para la Rampa 14

Señalamiento vertical		
Dimensiones de tablero	Cantidad	
349 x 200 cm	2	
300 x 86 cm	4	
117 x 117 cm	7	
30 x 122 cm	36	
30 x 122 cm	2	
Señalamiento horizontal		
Concepto	Cantidad	
Pintura para raya roja continua	200 m ²	
Pintura para acceso a rampa formando rectángulo	100 m ²	
DDI (dispositivo delineador intersección iluminado)	220 piezas	
Teléfono de emergencia	1 pieza	



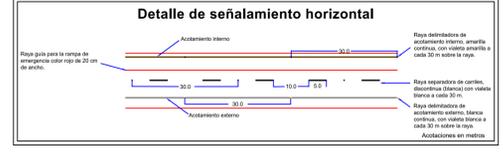
Señalamiento horizontal para canalizar vehículos sin frenos hasta 1000 m antes de rampa



Señalamiento horizontal para canalizar vehículos sin frenos 1000 m antes de rampa

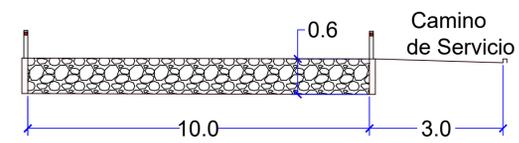


Detalle de señalamiento horizontal en el carril de acceso a la rampa



Detalle de señalamiento horizontal

SECCIÓN DE LA CAMA DE FRENADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROYECTO EJECUTIVO DE LA RAMPA DE FRENADO EN LA AUTOPISTA LA MARQUESA-MÉXICO SENTIDO 2

RAMPA DE FRENADO KM 25+600, SENTIDO 2

DIBUJÓ: JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRISÓSTOMO	REVISÓ: FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE	FECHA: SEPTIEMBRE - 2016	ESCALA: 1 : 250	NO. DE PLANO: PLANO DE SEÑALAMIENTO - 1
--	--	-----------------------------	--------------------	--