



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES  
DE INGENIERÍA**

**PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN Y  
DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO  
EN CRUCES A NIVEL DE CALLES Y CARRETERAS  
CON VÍAS FÉRREAS BAJO LA REGULACIÓN  
APLICABLE Y VIGENTE EN MÉXICO**

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL:

GRADO DE ESPECIALISTA

EN:

**VÍAS TERRESTRES**

PRESENTA:

**MIGUEL ALEJANDRO RAMÍREZ SÁNCHEZ**



DIRECTORA DE TESINA:

**ING. ESP. GRISEL ABRIL ROJAS GUERRERO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX, DICIEMBRE  
2024**

## **Agradecimientos**

A dios, por haberme dado la vida, acompañarme en ella, por ser la luz en mi camino y por darme la sabiduría, fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A mi esposa, por brindarme su apoyo, comprensión, tolerancia e infinita paciencia y ceder el tiempo para llevar adelante un proyecto que pasó de ser una meta personal, a otro más de familia, a ella mi eterno amor y gratitud.

A mi familia, y en particular a mis hermanos y a mis padres, porque a pesar de las dificultades que presenta la vida siempre han sabido enseñarme a salir adelante y a no rendirme. Sin su apoyo incondicional en todos los ámbitos no hubiera podido llegar a donde estoy.

Al programa único de especializaciones en ingeniería, y en específico, al de vías terrestres de la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme aceptado ser parte de él y abrir las puertas de su seno científico para poder cursar la especialidad.

En especial hago mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesina, la Ing. Esp. Grissel Abril Rojas Guerrero, por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos, así como a los demás integrantes del jurado sinodal.

A cada uno de los docentes de la especialidad, quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional. A mi tutor de especialidad, el M.I. Francisco Granados Villafuerte, por su guía y apoyo a lo largo de este trayecto. En el mismo sentido, a mis compañeros del curso, porque el arduo trabajo y colaboración conjunta han sido fundamentales para alcanzar nuestros objetivos.

A la Concesionaria del ferrocarril y a su personal técnico, por la atención y cooperación en todo momento con la realización del presente trabajo.

A mis compañeros laborales, por la comprensión y facilidades brindadas para poder desarrollar el presente reto profesional.

*Un ¡Goya! por ese sentimiento tan intenso de pertenencia y orgullo que solos los  
universitarios entienden*

*Por mi raza hablará el espíritu, porque la UNAM es sinónimo de orgullo*

## Índice

1.	OBJETIVOS.....	4
2.	ALCANCE .....	4
3.	PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA .....	5
4.	GLOSARIO .....	5
5.	SITUACIÓN ACTUAL.....	10
6.	ESTUDIOS.....	37
7.	PROYECTO EJECUTIVO DE SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO.....	49
8.	CASO PRÁCTICO .....	64
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
10.	ANEXOS.....	96
11.	REFERENCIAS .....	121

## Introducción

Con el impulso que conllevó el servicio público de transporte ferroviario en México, siguiendo lo indicado en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y la actualización del marco regulatorio de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes en materia de señalización y dispositivos para el control del tránsito con aplicabilidad a los cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas, se presentó la oportunidad para el desarrollo de la presente tesis, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos en la formación como especialista en ingeniería en vías terrestres por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ante ello, el presente trabajo denominado “*Propuesta de señalización y dispositivos para el control del tránsito en cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas bajo la regulación aplicable y vigente en México*” en los *Objetivos* se establecieron las metas a la que se esperaba llegar como investigación, mismas que se delimitaron a la emisión de especificaciones de carácter técnico respecto a las regulaciones vigentes en México; en este caso se tomaron como punto de partida la *NOM-050-SCT2-2017, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas*, la *NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras*, y el *Manual de Señalización y Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras*, para las etapas de estudios, y el proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito de cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas, detalladas en el *Alcance*.

Empleando la legislación de referencia, se elaboró un *Glosario* con la finalidad de una mejor comprensión del documento y contar con una terminología actualizada en la materia. En la *Situación actual* del tema en estudio, se inició con el diagnóstico la seguridad operativa en cruces a nivel del sistema ferroviario mexicano con información publicada por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, se mencionaron los antecedentes, y brevemente las acciones que se realizan a nivel nacional e internacional.

Se abordó un capítulo indicando los principales *Estudios* que permitieron obtener las características físicas y de operación para clasificar un cruce a nivel, para la elaboración de un *Proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos*. Lo anterior se materializó en un *Caso práctico*, para el cual, se seleccionó el cruce a nivel ubicado en el kilómetro 224+400.00 de la línea México – Nuevo Laredo, y la carretera La Fuente – La Llave en el kilómetro 6+045.00.

El análisis de todos los capítulos anteriores otorgó los elementos necesarios para emitir las principales *Conclusiones y recomendaciones* derivadas del desarrollo de la investigación.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Proponer recomendaciones partiendo de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCT2-2017 “Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas”, para contribuir en las etapas de estudios y proyecto ejecutivo de señalización de cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas, mediante especificaciones de carácter técnico, basadas en las mejores prácticas nacionales.

### **1.2. Objetivos particulares**

1. Determinar los principales estudios de gabinete y campo, así como las herramientas necesarias para poder realizar un adecuado proyecto ejecutivo de señalización vial de cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas.
2. Identificar las necesidades del sector para la planeación y diseño del proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito de cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas.

## **2. Alcance**

El presente trabajo proporciona especificaciones de carácter técnico para las etapas de estudios y proyecto ejecutivo de cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas, particularmente de señalización y dispositivos para el control del tránsito, considerando la regulación vigente en México.

Es importante mencionar que a lo largo de la NOM-050-SCT2-2017, se establecen aspectos relacionados con drenaje, pavimentos y alumbrado vial, por lo que se mencionarán las consideraciones pertinentes, pero sin profundizar en ellas.

Las recomendaciones descritas en este documento son parte de un trabajo de investigación escolar.

### **3. Problemática identificada**

De acuerdo con los registros publicados por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, en promedio se registran dos siniestros de tránsito al día en cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas del sistema ferroviario mexicano.

Existe un desconocimiento y mala interpretación de la aplicación de la normatividad vigente. Aunado a ello, se tiene un porcentaje considerable de cruces a nivel que carecen y/o presentan incumplimiento en los sistemas de señalización y dispositivos para el control del tránsito.

La normativa vigente presenta la ausencia de especificaciones de carácter técnico que la complementa.

### **4. Glosario**

#### **4.1. Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario**

Órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Para el presente trabajo, se entenderá como “ARTF”.

#### **4.2. Arroyo vial**

Franja destinada a la circulación de los vehículos, excluyendo los acotamientos y las banquetas.

#### **4.3. Calle**

Vía de uso común que conforma la traza urbana destinada al tránsito de peatones y vehículos, a la prestación de servicios públicos y colocación de mobiliario urbano.

#### **4.4. Carretera**

Camino público, pavimentado con el ancho y espacio suficiente para el tránsito de vehículos, con o sin accesos controlados, que puede prestar un servicio de comunicación a nivel nacional, estatal o municipal.

#### **4.5. Concesionario, asignatario y/o permisionario**

Persona o entidad a la que se le otorga un título de concesión, asignación, o permiso para construir, operar, explotar, prestar servicios auxiliares en las vías férreas del sistema ferroviario mexicano.

#### **4.6. Cruce a nivel**

Lugar donde existe una intersección entre un camino, calle o carretera con una vía férrea.

#### **4.7. Dirección General de Servicios Técnicos**

Unidad administrativa de la Subsecretaría de Infraestructura y de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Para el presente trabajo, se entenderá como “DGST”.

#### **4.8. Dispositivos diversos**

Conjunto de elementos que sirven para encauzar y prevenir a los usuarios de las calles y carreteras, indicar la existencia de objetos dentro del derecho de vía y bifurcaciones, delinear sus características geométricas, así como advertir la existencia de curvas cerradas, entre otras funciones.

#### **4.9. Dispositivos para el control del tránsito**

Conjunto de señales, marcas y dispositivos, que se colocan en las calles y carreteras con el objeto de prevenir, regular, guiar y orientar la circulación de peatones y vehículos, permitiendo una operación segura y eficiente del tránsito peatonal y vehicular.

#### **4.10. Estudios**

Comprenden los trabajos de campo, laboratorio y gabinete que se realizarán para establecer las variables que determinan la concepción, el diseño, el comportamiento y las condiciones reales en las que se realizará y operará una obra.

#### **4.11. Equipo ferroviario**

Los vehículos tractivos, de arrastre o de trabajo que circulan en las vías férreas.

#### **4.12. Instituto Mexicano del Transporte**

Órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Para el presente trabajo, se entenderá como “IMT”.

#### **4.13. Manual de Señalización**

Documento técnico denominado “Manual de Señalización y Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras”, publicado por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Primera Edición, Ciudad de México, 2023.

#### **4.14. NOM-034**

Norma Oficial Mexicana denominada “NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras.”.

#### **4.15. NOM-050**

Norma Oficial Mexicana denominada “NOM-050-SCT2-2017, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas.”.

#### **4.16. NOM-086**

Norma Oficial Mexicana denominada “NOM-086-SCT2-2023, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales.”.

#### **4.17. Pictograma**

Representación esquemática de un objeto, figura o idea. Se utiliza en la señalización para transmitir un mensaje al usuario de la calle o carretera.

#### **4.18. Proyecto ejecutivo**

Tiene por objeto determinar las características de la carretera, del alineamiento horizontal y vertical, así como las secciones transversales de construcción, con base en el levantamiento topográfico definitivo y considerando las obras menores y las complementarias de drenaje, así como las de subdrenaje. Incluye información sobre terracerías, volúmenes de desmonte y despilme, cortes y terraplenes, capa subyacente y capa subrasante, entre otros, así como de los movimientos de tierra, de las obras menores y complementarias de drenaje (tipo, ubicación y volúmenes de obra para cada obra menor o complementaria de drenaje). En su caso, incluye el proyecto de muros, puentes, túneles, intersecciones, entronques y pasos.

#### **4.19. Secretaría**

Secretaría de Estado, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Para el presente trabajo, se entenderá como “SICT”.

#### **4.20. Seguridad**

##### **4.20.1. Seguridad operativa**

Estadística relacionada con la ocurrencia de siniestros en el sistema ferroviario mexicano y que se clasifica en 4 grupos de acuerdo con la NOM-004-ARTF-2020, Sistema ferroviario-Seguridad-Notificación de siniestros-Metodología.

##### **4.20.2. Seguridad pública**

Estadística relacionada con los reportes de robo y vandalismo en el sistema ferroviario mexicano, y reportada por parte de los concesionarios y asignatarios.



### **4.20.3. Seguridad vial**

Conjunto de políticas y sistemas orientados a controlar los factores de riesgo, con el fin de prevenir y reducir las muertes y lesiones graves ocasionadas por siniestros de tránsito.

### **4.21. Señalización**

Conjunto integrado de marcas y señales que indican la geometría de las calles y carreteras, así como sus bifurcaciones, cruces y pasos a nivel; previenen sobre la existencia de algún peligro potencial y su naturaleza; regulan el tránsito indicando las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de las calles y carreteras; denotan los elementos estructurales que están instalados dentro del derecho de vía; y sirven de guía para los usuarios a lo largo de sus itinerarios.

#### **4.21.1. Señalización horizontal**

Conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las calles y carreteras, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de peatones y vehículos, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.

#### **4.21.2. Señalización vertical**

Conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y/o símbolos.

### **4.22. Servicio público de transporte ferroviario**

Para el presente trabajo, se entenderá como “Servicio público de transporte ferroviario” cuando apliquen las dos definiciones siguientes:

#### **4.22.1. Servicio público de transporte ferroviario de carga**

El que se presta en vías férreas destinado al porte de bienes, incluyendo el servicio de arrastre de vehículos de terceros.

#### **4.22.2. Servicio público de transporte ferroviario de pasajeros**

El que se presta en vías férreas destinado al traslado de personas.

### **4.23. Siniestro de tránsito**

Cualquier suceso, hecho, accidente o evento en la vía pública derivado del tránsito vehicular y de personas, en el que interviene por lo menos un vehículo y en el cual se causan la muerte, lesiones,

incluidas en las que se adquiere alguna discapacidad, o daños materiales, que puede prevenirse y sus efectos adversos atenuarse. Para el presente trabajo, se entenderá como “sinistro”.

#### **4.24. Sistema ferroviario**

Vías generales de comunicación ferroviaria, el servicio público de transporte ferroviario y los servicios auxiliares. Para el presente trabajo, se entenderá como “sistema ferroviario mexicano”.

#### **4.25. Vehículo**

Medio de transporte diseñado para el tránsito terrestre, propulsado por una fuerza humana directa o asistido para ello por un motor de combustión interna, eléctrico o cualquier fuerza motriz, el cual es utilizado para transportar a personas o bienes.

#### **4.26. Velocidad**

##### **4.26.1. Velocidad de operación**

Velocidad adoptada por los conductores bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y de la carretera. Se caracteriza por una variable aleatoria. Los parámetros de la distribución de la probabilidad asociada a la citada variable aleatoria se estiman a partir de la medición de las velocidades de los vehículos que pasan por un tramo representativo de la carretera bajo las condiciones prevalecientes (velocidades de punto). Para fines deterministas, suele designarse la velocidad de operación por el percentil ochenta y cinco (85) de las velocidades de punto.

##### **4.26.2. Velocidad de proyecto**

Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre la calle o carretera y se utiliza para dimensionar los elementos geométricos del mismo. Su selección depende del tipo de calle o carretera a proyectar y del tipo de terreno.

#### **4.27. Vías férreas**

Caminos con guías sobre los cuales transitan trenes, inclusive los que se encuentren en los patios que, a su vez, sean indispensables para la operación.

## **5. Situación actual**

### **5.1. Trabajos previos sobre el tema**

#### **5.1.1. Propuesta de regularización de cruces a nivel ferroviarios mediante la implementación de un Sistema de Información Geográfica Integral Ferroviario (SIGIF)**

A lo largo de 7 capítulos se contextualizó el sistema ferroviario mexicano y la correlación en lo referente a los cruces a nivel, se abordó la legislación aplicable al tema en estudio, así como a la autoridad competente de su ejecución y la operación del “Fondo Nacional de Seguridad para Cruces Viales Ferroviarios”, particularizando la reglamentación y normatividad técnica aplicable en México que incluyó las versiones vigentes en su momento de la NOM-034 y Manual de Señalización (2011 y 2014 respectivamente); un capítulo pertinente a la cultura de la seguridad pública y operativa en el país describió las principales causas asociadas a ello en México. Se expusieron de manera general los elementos que integran un sistema de información geográfica (SIG) con lo cual se desarrolló una herramienta con aplicabilidad nacional, denominándolo “Sistema de Información Geográfica Integral Ferroviario (SIGIF)” mediante el programa (*software*) ArcCatalog-ArcGIS.

Contempló que el SIGIF permita: la identificación de las causas de seguridad operativa y la ejecución de un análisis para el sistema ferroviario mexicano que, a través de una base de datos, facilite la ubicación de cruces a nivel georreferenciados e identifique sus principales deficiencias; es por ello que lo anterior fue acotado al corredor intermodal marítimo de Ferromex – Ferrosur (Ruta Altamira/Veracruz – Manzanillo) y en específico a cruces a nivel tipo A y B, clasificación que se asigna en términos de su peligrosidad (ver apartado 6.4.2 del presente trabajo), para identificar principalmente la clave numérica asociada, concesionario, tipo de cruce a nivel, línea ferroviaria, kilometraje, calle o carretera, distrito y división ferroviaria, estados y municipios, cifra poblacional por municipio, zona poblacional en función de la cifra poblacional, número de carriles que integran la calle o carretera, número de vías férreas, histórico siniestros, georreferenciación, el cumplimiento o incumplimiento de la NOM-050 y una imagen del cruce a nivel; para que con la información emitida se implementen las acciones de revisión, mejoramiento, integración de una base de datos (misma que se interpreta con un diccionario propuesto), para posteriormente clarificar la dolencia respectiva con miras a disminuir la ocurrencia de siniestros en la infraestructura analizada.

Las cifras de interés de acuerdo con el trabajo desarrollado (Bonilla Chávez, 2020) arrojaron un total de 1867 cruces, 261 corresponden a las clasificaciones tipo A y B, determinando que únicamente 27% de ellos cumplen lo establecido por la NOM-050-SCT2-2017, reflejando un alto porcentaje de incumplimiento, identificando por concesionario y entidad federativa, aquellos que requieren la atención inmediata.

A partir de lo anterior se resaltó la importancia de implementar esta herramienta para identificar y evaluar la situación actual, en su mayoría aplicado la etapa de planeación, para posteriormente enfocar el análisis a implementar la señalización de acuerdo con la regulación aplicable con miras a la reducción de siniestros y costos asociados a ello.

### **5.1.2. Importancia de la seguridad ferroviaria en el sistema mexicano**

Se analizó la importancia del servicio público de transporte ferroviario desde el enfoque de seguridad pública y operativa, (Molina, 2020) partió de lo documental, con una reseña histórica y se expusieron todos los aspectos teóricos en materia jurídica y técnica que engloban las vías férreas identificando los elementos que constituyen la vía (infraestructura) y el equipo ferroviario (de arrastre y tractivo) aplicadas a las etapas de conservación y mantenimiento. Así mismo, se abordó el estatus del sistema ferroviario mexicano y la importancia que representa en nuestro país, con el objetivo de dimensionar las consecuencias conlleva la “seguridad ferroviaria” (denominada por el autor) en general y conocer la relevancia e impacto de la conservación y mantenimiento de las vías férreas.

En el segundo segmento del trabajo, se efectuó la implementación de lo documental al análisis de un caso real, donde se abordó la problemática derivada de no aplicar adecuadamente los aspectos teóricos y técnicos (mencionados en el párrafo anterior) a un siniestro de tipo “descarrilamiento” ocurrido en el año 2018 en Ecatepec de Morelos, Estado de México, en el km 19+900 de la línea S, derivado de la fatiga del riel (por falta de conservación y mantenimiento) y en virtud de ello se propuso la recomendación de la implementación de líneas de acción que pudieran ayudar a la prevención de situaciones similares en el futuro.

En materia afín a la presente tesina, el autor únicamente referenció la distinción entre los pasos superiores de ferrocarril (PSF), los pasos inferiores de ferrocarril (PIF) y los cruces a nivel, referenciando los dos primeros a la norma N.PRY.CAR.6.01.001/01 Ejecución de proyectos de nuevos puentes y estructuras similares (SCT, 2001), y el último a la NOM-050.

## **5.2. Sistema ferroviario mexicano**

Con datos de la ARTF, se expuso la situación actual del sistema ferroviario mexicano; como fuente de los mismos se consultaron los siguientes documentos:

1. *Anuario Estadístico Ferroviario (2022)*. Publica la información estadística proporcionada por los concesionarios y asignatarios, de forma oportuna y actualizada de cada periodo.
2. *Pulso del Sistema Ferroviario Mexicano – Seguridad (2022)*. Representa la estadística de bloqueos y seguridad tanto operativa como pública. Para complementar se consultó la “*Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano*”, la cual conjunta el histórico de octubre 2016 hasta diciembre 2022.
3. *Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano*. Muestra las vías férreas del sistema ferroviario mexicano (con información actualizada a diciembre de 2022) incluyendo la ubicación de elementos de interés como puertos comerciales terrestres, en fronteras y marítimos, patios, terminales concesionadas - permisionadas de carga y cruces a nivel, entre otros.

### **5.2.1. Concesionarios y asignatarios del sistema ferroviario mexicano**

El estatus de ello se describió a mayor detalle por los autores referidos en los trabajos previos sobre el tema indicados en los apartados 5.1.1 y 5.1.2, debido a las actualizaciones correspondientes, en el presente trabajo se expresó un panorama general del mismo. En la actualidad, los concesionarios y asignatarios que brindan el servicio público de transporte ferroviario de carga son: Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V. (Ferromex), Kansas City Southern de México, S.A. de C.V. (KCSM), Ferrosur, S.A. de C.V. (Ferrosur), Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. (FIT), Línea Coahuila Durango, S.A. de C.V. (LCD), Ferrocarril y Terminal del Valle de México S.A. de C.V. (Ferrovalle), y la Administradora de la Vía Corta Tijuana-Tecate, S.A. de C.V. (Admicarga).

Exclusivamente para el servicio público de transporte de pasajeros corresponde al: Tren Suburbano (Suburbano); prestan el servicio mixto (es decir carga y pasajeros): FONATUR Tren Maya S.A. de C.V. (Tren Maya), el Gobierno del estado de Puebla, Admicarga, y Ferromex (para 1 línea exclusivamente).

### 5.2.2. Longitud de vías del sistema ferroviario mexicano

A la fecha está compuesto por: 17,643 km<sup>1</sup> de vías férreas principales concesionadas, 4,533 km son secundarias o auxiliares y 1,555 km particulares, las cuales en conjunto suman un total de 23,731 km en operación; en contraste 3,183 km no presentan esta condición, resultando un total de 26,914 km infraestructura instalada<sup>2</sup>.

Tabla 1 – Composición de las vías férreas del sistema ferroviario mexicano. Fuente: (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2022).

<b>Tipo de Vía</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Participación (%/Total)</b>
Vía Principal Concesionada	17,643	74.3%
Vía Secundaria	4,533	19.1%
Vías Particulares	1,555	6.6%
Total (Vía Operada)	23,731	100%
Vía Fuera de Operación	3,183	
Total	26,914	

El ultimo crecimiento se debió a que en el año 2017 se presentó la modificación al título de concesión de la vía Pacifico Norte y a la incorporación de la vía Puebla – Cholula; el histórico en el sistema ferroviario mexicano se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2 -Longitud de las vías férreas del sistema ferroviario mexicano. Fuente: (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2022).

<b>Año</b>	<b>Kilómetros</b>
2016	26,891
2017	26,914
2018	26,914

<sup>1</sup> Vías principales (troncales y ramales), vías secundarias (escapes/laderos y patios) y vías particulares (espuelas). Fuente: (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2022).

<sup>2</sup> En el sistema ferroviario mexicano, predomina el servicio público de transporte ferroviario de carga, respecto al de pasajeros, a la fecha aún no se tiene la longitud exacta en kilómetros por tipo de servicio en la fuente consultada.

<b>Año</b>	<b>Kilómetros</b>
2019	26,914
2020	26,914
2021	26,914
2022	26,914

### **5.2.3. Proyectos en puerta**

De manera general se presentaron los proyectos en puerta que a futuro deben considerarse en el diagnóstico del sistema ferroviario mexicano descrito y a su conclusión modificarán la longitud total de vías férreas, en ese sentido los datos presentados son estimados y no definitivos.

#### **5.2.3.1. Tren Interurbano México - Toluca (TIMT)**

Conectará la Ciudad de México y la de Toluca, se pronostica una longitud de 57.80 km, contará con 7 estaciones, distribuidas en 2 terminales fijas y 5 intermedias; las velocidades de proyecto y de operación esperadas son de 160 km/h y 90 km/h respectivamente. Brindará el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros y se complementará con el servicio de transporte colectivo METRO (línea 1, en un futuro se pronostica conexiones con las líneas 9 y 12), lo anterior con base en los datos de la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal (Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, 2023). Al momento no se consideran cruces a nivel, al prevalecer el trazo por viaducto.

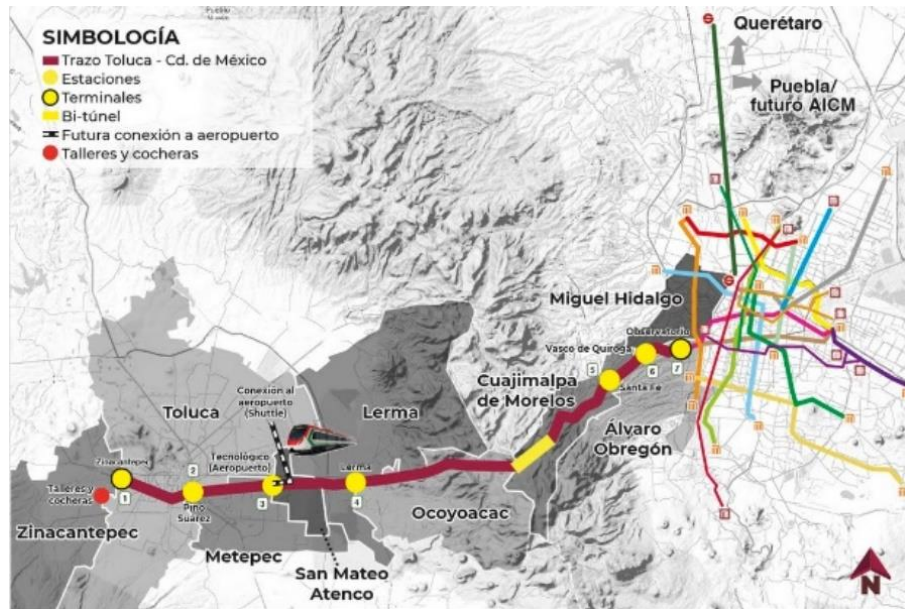


Figura 1 - Tren Interurbano México – Toluca. Fuente: (Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, 2023).

### 5.2.3.2. Tren Maya

Con base a los datos del portal web del proyecto Tren Maya (Información técnica del proyecto Tren Maya, 2023), éste se constituirá aproximadamente por 1,460 km de vías férreas que atravesarán los estados de Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo divididos en 7 tramos que se ilustran en la Figura 2. Ofrecerá el servicio público de transporte ferroviario mixto; el 95% de la ruta pasará por el derecho de vía ya existente de vías férreas, carreteras y líneas eléctricas. Contará con 16 estaciones distribuidas entre las diferentes comunidades localizadas a lo largo del trazo. La velocidad de proyecto del equipo ferroviario será de 120 km/hr y de 160 Km/hr para servicio público de transporte ferroviario de carga y pasajeros respectivamente. No existirán cruces a nivel, puesto que el proyecto considera la separación de niveles realizándolos por pasos superiores e inferiores de ferrocarril.





Figura 2 - Trazo del Tren Maya. Fuente: (Información técnica del proyecto Tren Maya, 2023).

#### 5.2.4. Cruces a nivel en el sistema ferroviario mexicano

Con auxilio del Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano, se observaron 10,985 cruces a nivel en la red; fue posible visualizar la información o “atributos” como: estatus (o registro ante la SICT), calle o carretera y sus dimensiones, fecha de levantamiento, ubicación, colonia, estado, municipio, distrito, velocidad máxima vehicular y del equipo ferroviario, localidad, latitud, longitud, entidad (concesionario o asignatario), entre otros. Para fines del presente trabajo, se agruparon 3 categorías descritas a continuación:

##### 5.2.4.1. En el servicio público de transporte ferroviario de carga

Los primeros 3 concesionarios y asignatarios con mayor número de cruces a nivel para el servicio público de transporte ferroviario de carga fueron Ferromex, KCSM y Ferrosur, véase Tabla 3 y Gráfica 1.

Tabla 3 - Cruces a nivel por concesionario y asignatario en el servicio público de transporte ferroviario de carga. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

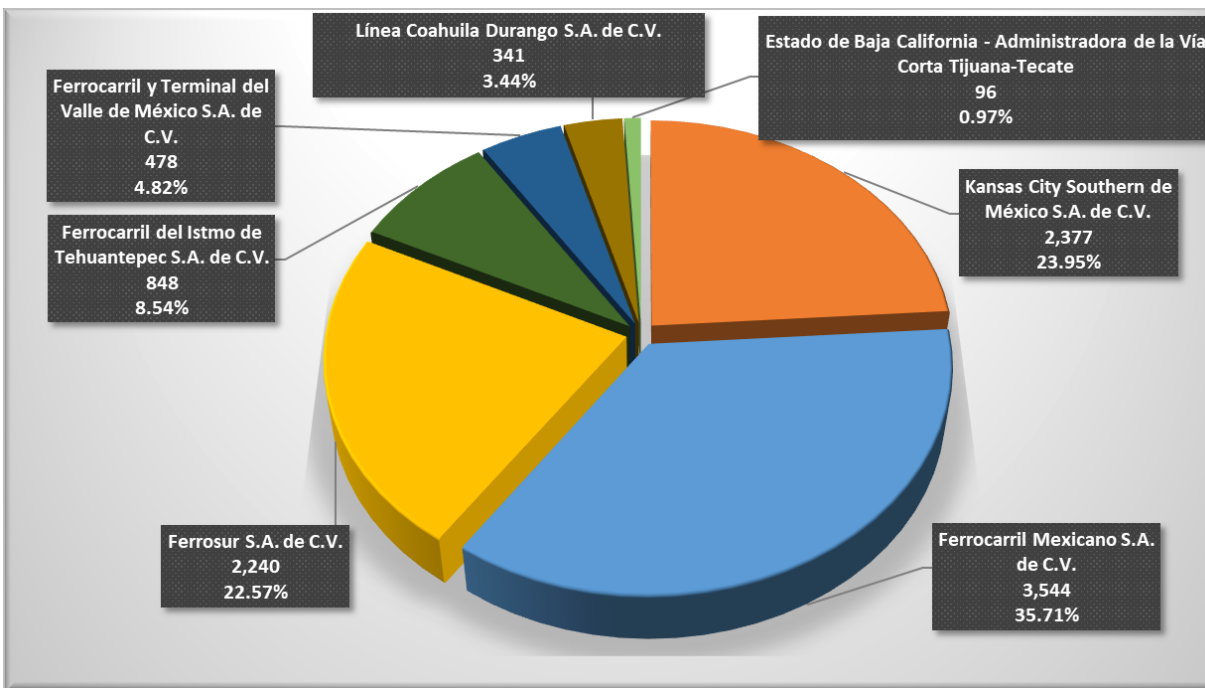
Concesionario / asignatario	Numero
Kansas City Southern de México S.A. de C.V.	2,377

Concesionario / asignatario	Numero
Ferrocarril Mexicano S.A. de C.V.	3,544
Ferrosur S.A. de C.V.	2,240
Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec S.A. de C.V.	848
Ferrocarril y Terminal del Valle de México S.A. de C.V.	478
Línea Coahuila Durango S.A. de C.V.	341
Estado de Baja California - Administradora de la Vía Corta Tijuana-Tecate	96

**Nota:**

En la infraestructura instalada en la línea F existen 1061 cruces a nivel existentes en la concesión de FONATUR Tren Maya, sin embargo, como parte del proyecto estos se considerarán a desnivel.

Gráfica 1 - Cruces a nivel por concesionario y asignatario para el servicio público de transporte ferroviario de carga. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



**5.2.4.2. En el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros**

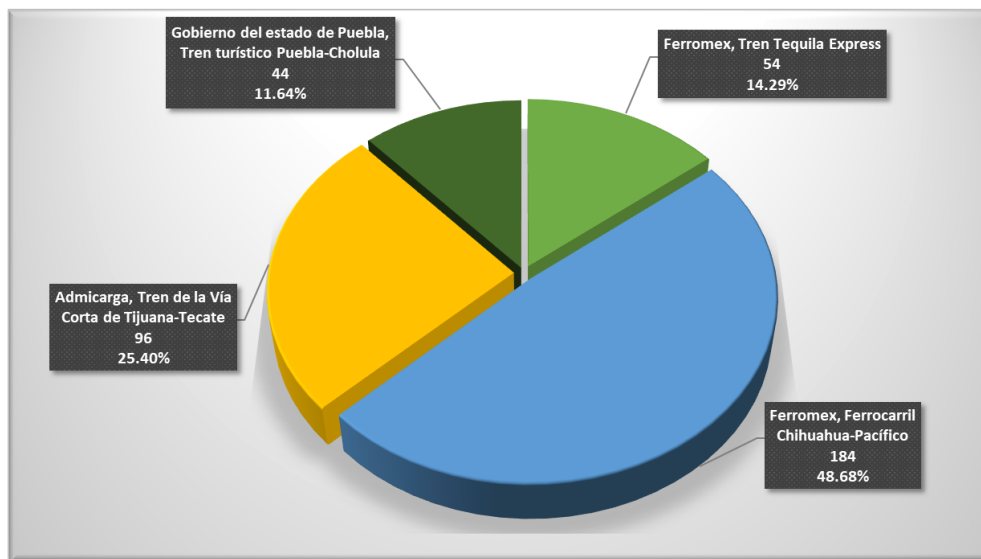
Para el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros, se detectaron 378 cruces a nivel, 3.4% de la total en la red, localizados en vías compartidas con el servicio de carga; solo se

presentaron 3 concesionarios y asignatarios en las que lideró Ferromex, Admicarga, el Gobierno del estado de Puebla, véase Tabla 4 y Gráfica 2.

Tabla 4 - Cruces a nivel por concesionario y asignatario en el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

Concesionario / asignatario	Numero de cruces
Ferromex, Tren Tequila Express	54
Ferromex, Ferrocarril Chihuahua-Pacífico	184
Admicarga ,Tren de la Vía Corta de Tijuana-Tecate	96
Gobierno del estado de Puebla, Tren turístico Puebla-Cholula	44

Gráfica 2 - Cruces a nivel por concesionario y asignatario en el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



### 5.2.4.3. Estatus ante la SICT

Prevalece el 62% de cruces a nivel regulares en la red, mientras que el 38% se encuentra en una situación irregular, de acuerdo con su registro ante la SICT y los otorgados por ésta en los títulos de concesión y asignación; es importante indicar que el mapa no distingue si independientemente

de esta clasificación, éstos se encuentren en la condición de cumplimiento con la NOM-050, por lo que se infirió que ésta sería una de las principales razones de ello, ver Tabla 5 y Gráfica 3.

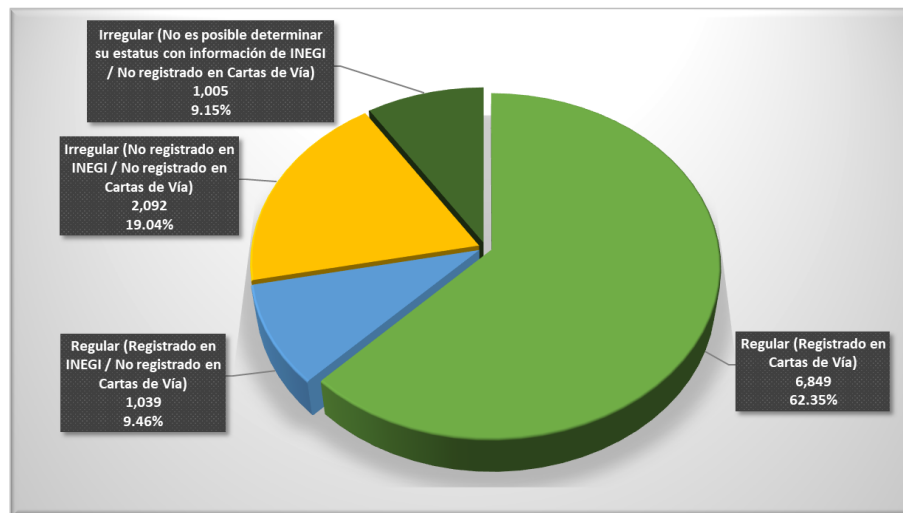
Tabla 5 - Cruces a nivel regulares e irregulares. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

Estatus del cruce	Numero de cruces	Porcentaje
Regular (Registrado en Cartas de Vía)	6,849	62.35 %
Regular (Registrado en INEGI / No registrado en Cartas de Vía)	1,039	9.46 %
Irregular (No registrado en INEGI / No registrado en Cartas de Vía)	2,092	19.04 %
Irregular (No es posible determinar su estatus con información de INEGI / No registrado en Cartas de Vía)	1,005	9.15 %

**Nota:**

Registrados en cartas de vía, hace referencia a los localizados y otorgados en los títulos de concesión y asignación.

Gráfica 3 – Cruces a nivel regulares e irregulares. Fuente: en base al Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



### 5.2.5. Siniestros en cruces a nivel

Los “Siniestros Ferroviarios”<sup>3</sup> se clasifican en cuatro grupos de acuerdo con la NOM-004-ARTF-2020, Sistema Ferroviario – Seguridad – Notificación de Siniestros - Metodología. En particular, los cruces a nivel pertenecen al grupo I.

Con datos del Pulso del Sistema Ferroviario Mexicano – Seguridad, en el periodo enero - diciembre de 2022 se recibieron 1,292 reportes de siniestros, lo que en comparación con 2021, presentó un decremento de 7.12%, como se ilustra en la Figura 3; 726 (56.19%) corresponden a cruces a nivel; 324 (25.08%) al equipo ferroviario, infraestructura y operación; 241 (18.65%) pertenecen al grupo de muerte, lesión y otros; y 1 reporte (0.08%) al rubro de materiales o residuos peligrosos. A partir de esta información, se identificó que en cruces a nivel se concentra más de la mitad de la siniestralidad del sistema ferroviario mexicano (ver Gráfica 4).

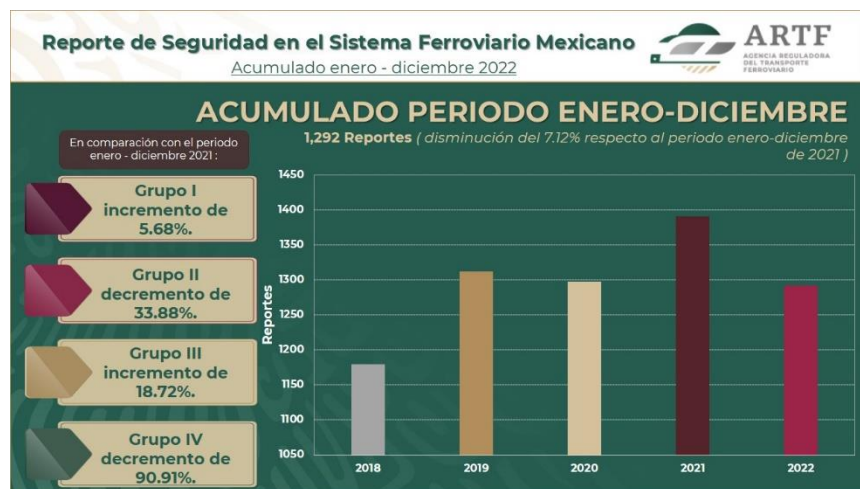
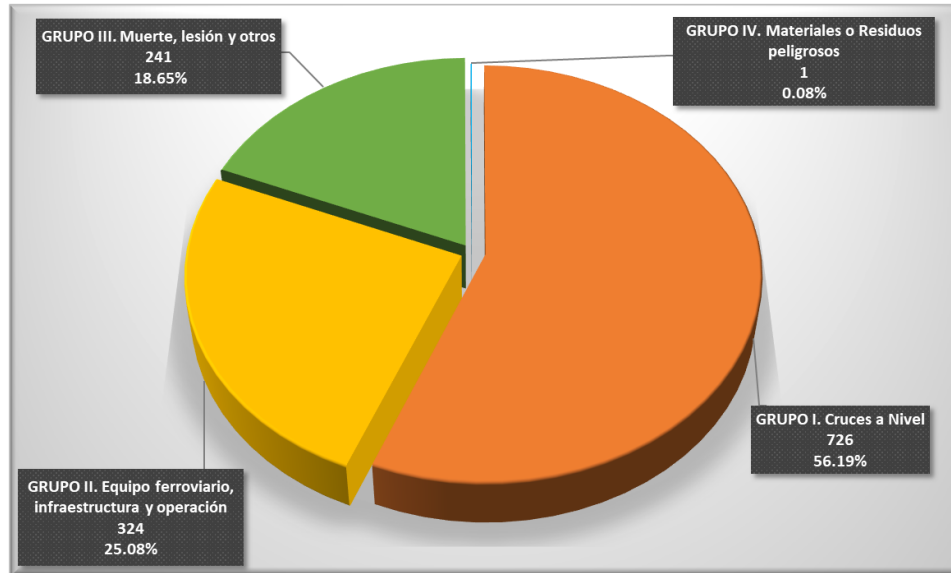


Figura 3 – Siniestros en el sistema ferroviario mexicano de 2018 a 2022. Fuente (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2022)

<sup>3</sup> Se define como “Siniestro ferroviario: Hecho fortuito e inesperado que sobreviene durante la operación ferroviaria y sus servicios auxiliares que afecta o puede afectar la seguridad en la vía general de comunicación ferroviaria, instalaciones de las empresas ferroviarias o interrumpe el tráfico ferroviario; produciendo o no, lesiones a los tripulantes, pasajeros o terceros, así como en su caso, daños materiales a otros vehículos, a las vías generales de comunicación, al mismo vehículo o a bienes públicos o de terceros.” (ARTF, 2020). No confundir con el término “Siniestro” definido en el apartado 4.23.

Gráfica 4 – Siniestros en el sistema ferroviario mexicano / grupo, en el año 2022. Fuente: en base al Pulso del Sistema Ferroviario Mexicano – Seguridad. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2022)



### 5.2.5.1. Arrollamiento de vehículo

Empleando la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano de la ARTF, se realizó un análisis de siniestralidad para el periodo de 2017 a 2022<sup>4</sup>, en primera instancia, se optó por obtener los registros de tipo arrollamiento de vehículo, el cual determinó que no se cuenta con un patrón definido por temporada con mayor número de hechos de tránsito, por ejemplo, en los años 2017 y 2020 en agosto se presentaron la cantidad máxima de ellos, sin embargo, el resto de los meses el comportamiento fue diferente para ambos años. En otro ejemplo, en 2022 y 2018 se observó un comportamiento relativamente lineal, sin tantos altibajos, sin embargo, los siniestros fueron mucho mayores para los del año 2022, ver Tabla 6 y Gráfica 5.

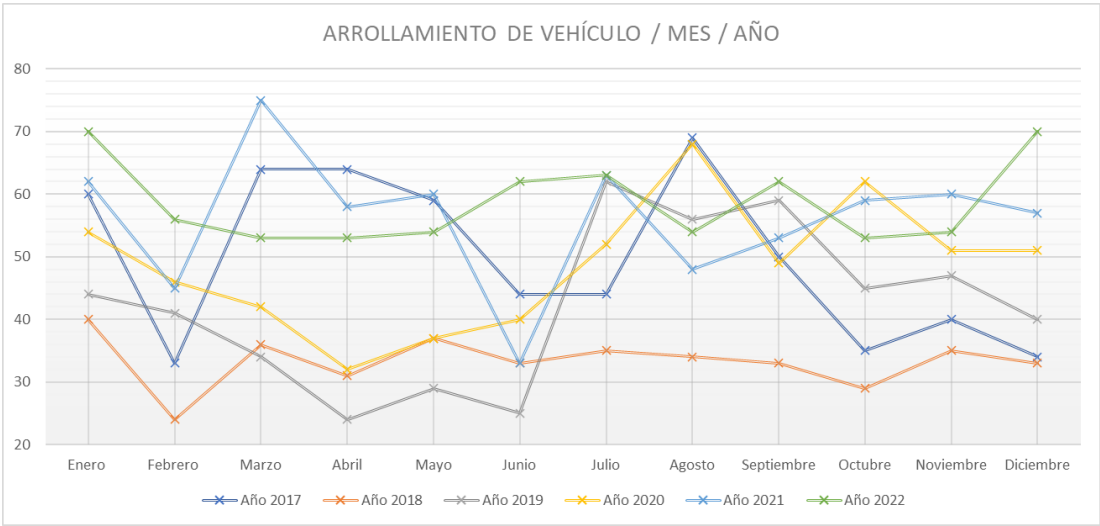
Esta modalidad aportó en su mayoría la estadística del grupo I, salvo al decrecimiento del periodo 2017 a 2018, el crecimiento anual fue notorio como se ilustra en la Gráfica 6.

<sup>4</sup> Se descartó el año 2016, dado que solo se cuentan registros del último trimestre del año.

Tabla 6 – Siniestros en cruces a nivel por arrollamiento de vehículo/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

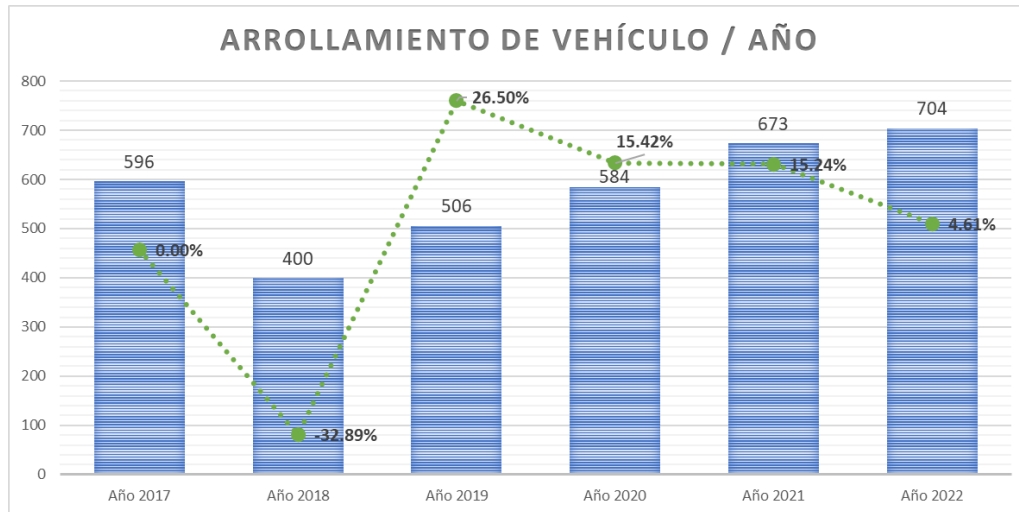
Mes	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Enero	65	40	44	54	62	70
Febrero	33	24	41	46	45	56
Marzo	65	36	34	42	75	53
Abril	67	31	24	32	58	53
Mayo	63	37	29	37	60	54
Junio	45	33	25	40	33	62
Julio	45	35	62	52	63	63
Agosto	71	34	56	68	48	54
Septiembre	50	33	59	49	53	62
Octubre	35	29	45	62	59	53
Noviembre	40	35	47	51	60	54
Diciembre	35	33	40	51	57	70
Total	614	400	506	584	673	704

Gráfica 5 - Siniestros en cruces a nivel por arrollamiento de vehículo/mes/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).





Gráfica 6 - Siniestros en cruces a nivel por arrollamiento de vehículo/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



### 5.2.5.2. Impacto a tren

Para el mismo periodo de análisis, se observó que este tipo de siniestro es mucho menor al anterior, sus registros son los que se indicaron en la Tabla 7, el máximo se obtuvo en el año 2019; con un patrón análogo, no se tuvo una homogeneidad o tendencia a un mes en específico con mayores hechos de tránsito, confirmando el comportamiento aleatorio y no ajustado a cierto periodo o temporada del año (ver Tabla 7 y Gráfica 7). En ese orden de ideas, se infirió que la probabilidad de ocurrencia es menor; con respecto a su crecimiento anual presentó un comportamiento anormal debido a crecimientos (2017 a 2019) y decrecimientos (2019 a 2021) como se cotejó en la Gráfica 8.

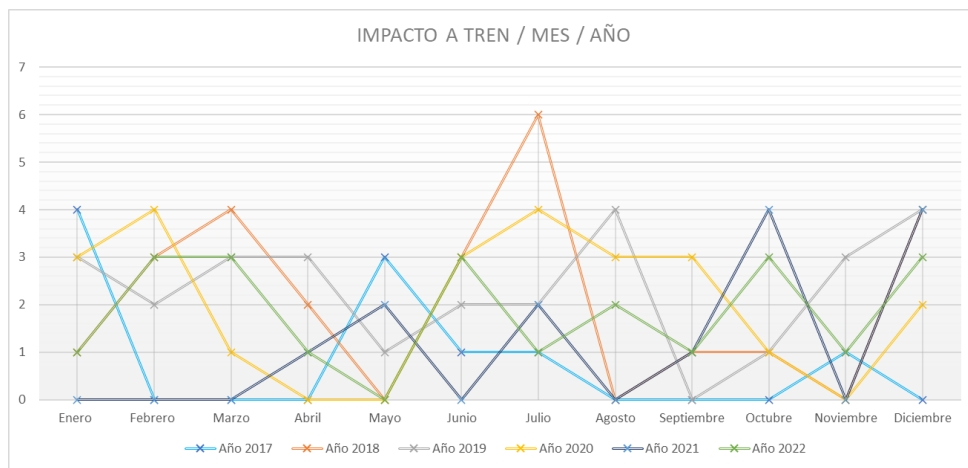
Tabla 7 - Siniestros en cruces a nivel por impacto a tren/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

Mes	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Enero	4	1	3	3	0	1
Febrero	0	3	2	4	0	3
Marzo	0	4	3	1	0	3
Abril	0	2	3	0	1	1
Mayo	3	0	1	0	2	1

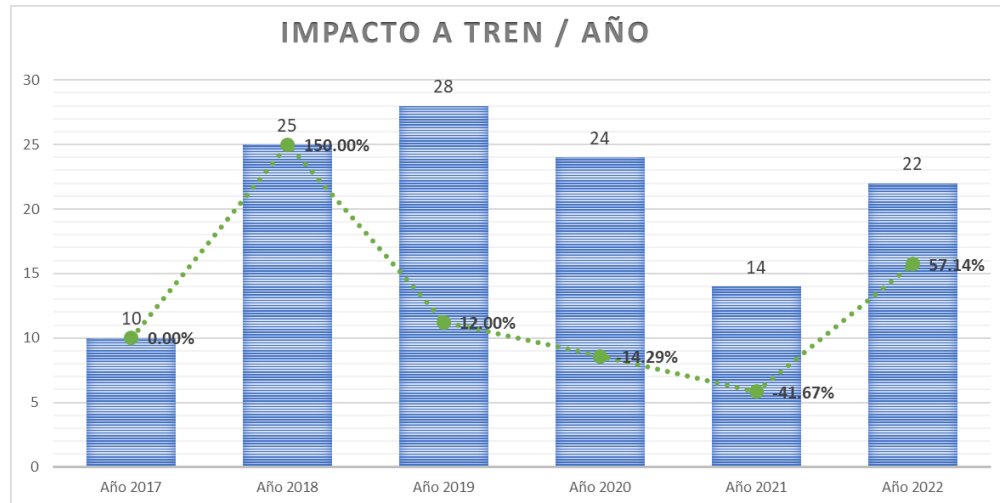


Mes	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Junio	1	3	2	3	0	3
Julio	1	6	2	4	2	1
Agosto	0	0	4	3	0	1
Septiembre	0	1	0	3	1	1
Octubre	0	1	1	1	4	3
Noviembre	1	0	3	0	0	1
Diciembre	0	4	4	2	4	3
Total	10	25	28	24	14	22

Gráfica 7 - Siniestros en cruces a nivel por impacto a tren/mes/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



Gráfica 8 - Siniestros en cruces a nivel por impacto a tren/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



### 5.2.5.3. Total del grupo I

La sumatoria de las 2 modalidades previamente descritas arrojaron la totalidad del grupo I, y confirmaron la tendencia de crecimiento, con el mayor número de registros en el año 2022 (ver Tabla 8 y Gráfica 9).

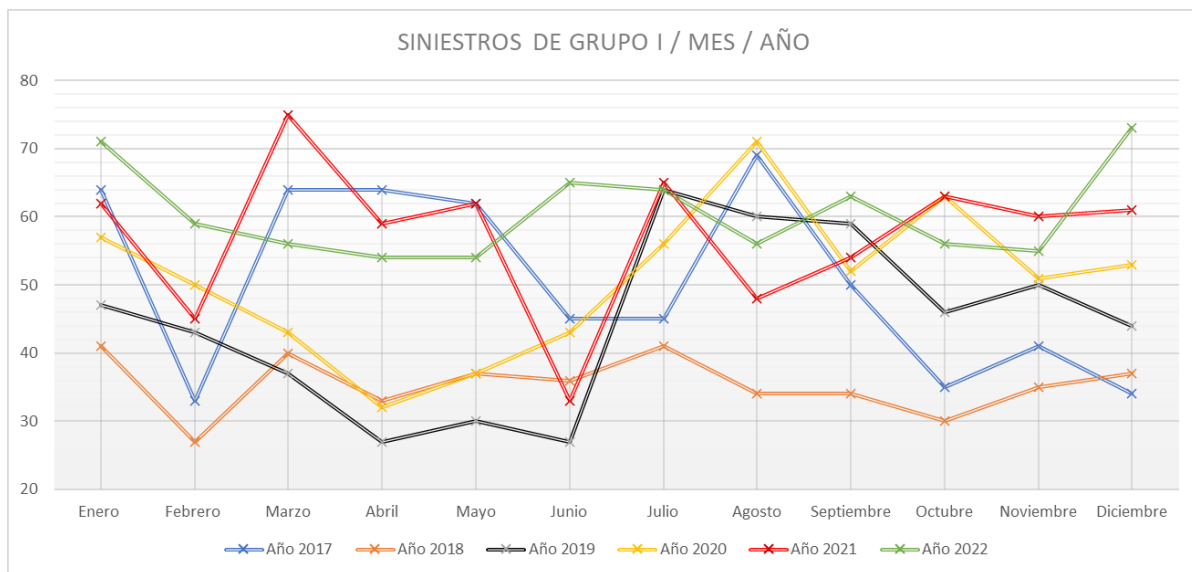
Se observó el aumento considerable (ver Gráfica 10), tomando como referencia el último año, se pudo inferir que en el sistema ferroviario mexicano en promedio, ocurrieron 2 siniestros al día en cruces a nivel. En resumen, de los 3586 hechos de tránsito analizados de 2017 a 2022, para la modalidad de arrollamiento de vehículo se obtuvieron 3463 (96.57%) registros, y 123 (3.43%) para el impacto a tren.

Tabla 8 - Siniestros del grupo I. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).

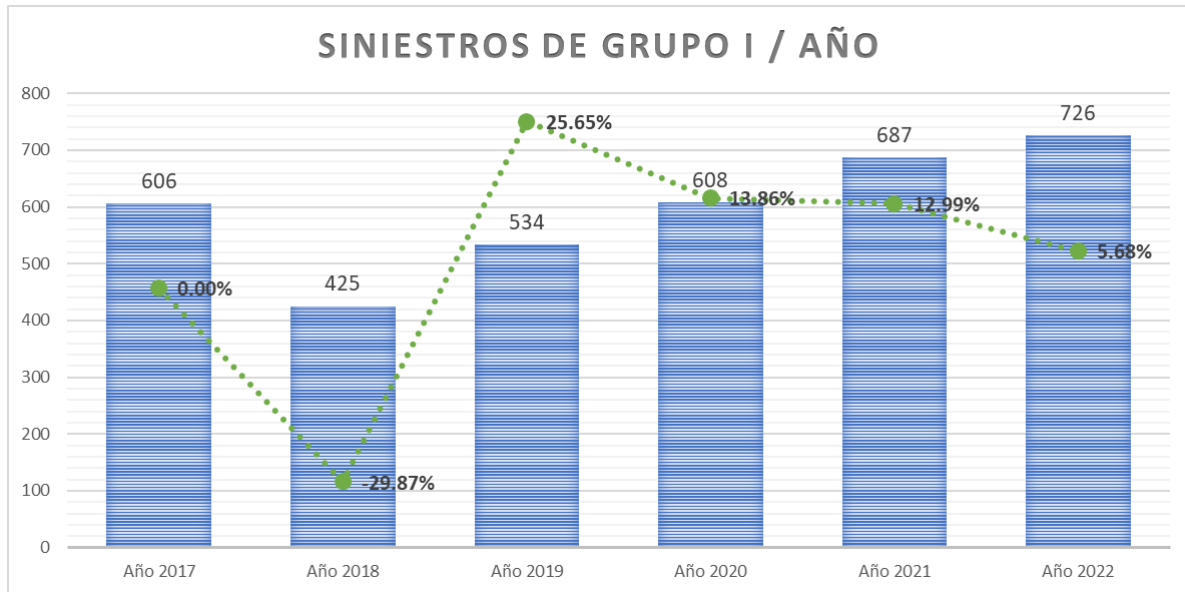
Mes	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Enero	69	41	47	57	62	71
Febrero	33	27	43	50	45	59
Marzo	65	40	37	43	75	56
Abril	67	33	27	32	59	54
Mayo	66	37	30	37	62	55

Mes	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Junio	46	36	27	43	33	65
Julio	46	41	64	56	65	64
Agosto	71	34	60	71	48	55
Septiembre	50	34	59	52	54	63
Octubre	35	30	46	63	63	56
Noviembre	41	35	50	51	60	55
Diciembre	35	37	44	53	61	73
Total	624	425	534	608	687	726

Gráfica 9 - Siniestros en cruces a nivel del grupo I/mes/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



Gráfica 10 - Siniestros en cruces a nivel del grupo I/año. Fuente: de acuerdo con la Base de Datos de Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano. (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023).



## 5.2.6. Seguridad vial con enfoque a los cruces a nivel

### 5.2.6.1. Campañas

En México, la seguridad vial con enfoque a los cruces a nivel es impulsada por instituciones, órganos colegiados o gremios; por ejemplo, la Asociación Mexicana de Ferrocarriles, A.C. (AMF) junto con los principales concesionarios, quienes establecieron como uno de sus objetivos, el fomentar y proteger las actividades en la operación ferroviaria. Dentro de sus líneas de acción consideran:

1. Infraestructura y/o la señalización en la convivencia de zonas urbanas – vías férreas.
2. Falta de sensibilización de peatones, ciclistas y automovilistas.

Lo anterior se materializó en el emprendimiento de campañas como: “*Cuidado con el Tren*”, al igual que celebrar la “*Semana de Seguridad Ferroviaria*” cuyos objetivos son el transmitir a la población que tiene mayor convivencia con las vías férreas, medidas de seguridad para evitar siniestros mediante infografías y blogs con temas específicos, por ejemplo: “*¿Cómo cruzar de forma segura?*”, en donde se explica la forma correcta en la que el usuario debe actuar al aproximarse a un cruce a nivel, ver Figura 4.



Figura 4 – Infografía de la semana de la seguridad ferroviaria de la AMF. Fuente: (Asociación Mexicana de Ferrocarriles A.C., 10).

Estos temas son también expuestos en infografías destinadas al público y principalmente al infantil, para que desde una edad temprana sean instruidos en el tema. Actualmente, la SICT, con el objetivo de promover la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios, realiza campañas informativas para difundir entre la población los aspectos fundamentales del tema, formándolos más seguros y creando progresivamente una cultura vial. Esta campaña considera los diferentes modos de transporte y usuarios del sistema de movilidad, por lo que los cruces a nivel son considerados dentro de la estrategia de difusión de información, ver Figura 5.



Figura 5 – Campaña “Emma y Juan Caminero” embajadores de la seguridad vial en la SICT.

Fuente: SICT.

### 5.2.6.2. VI Congreso Nacional de Seguridad Vial

En el día de cierre del VI Congreso Nacional de Seguridad Vial<sup>5</sup> organizado por la Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP), se consideraron los cruces a nivel. Se hizo mención de estadísticas indicando que *“para el 2021 que se tuvieron 1391 reportes de siniestros ferroviarios de los cuales 687 fueron del grupo 1 de cruces a nivel, la mitad de estos reportes son de siniestros en cruces a nivel y de esos, cerca del 30% son accidentes con autotransporte”*.

También se hizo mención que los siniestros han tenido víctimas mortales y la comparativa de la actitud que se tiene en México con respecto a la de Estados Unidos sobre la mayor importancia que se le da al acatamiento de leyes y/o reglas. Se resaltó la preocupación del tema, ya que afecta directamente a la prestación del servicio como a la logística de las propias empresas de autotransporte. Se enfatizó la problemática de invasión al derecho de vía que afecta directamente a la operación del servicio y que es un asunto que no puede ser regulado. Por último, se informó que en México se incluyeron los cruces a nivel en el sistema de mapas “Waze” (ver Figura 6) para que a través de ello, pueda existir otra herramienta que pueda ser de ayuda para promover la seguridad vial.

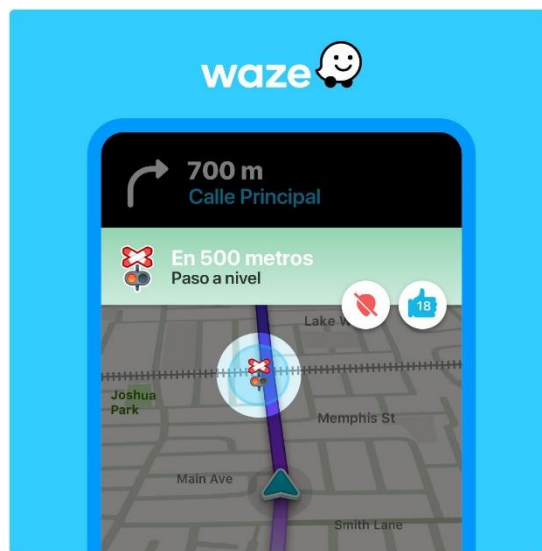


Figura 6 - Alerta mediante Waze en la proximidad a un cruce a nivel. Fuente: (Waze, 2023).

---

<sup>5</sup> Disponible para consulta en: <https://www.youtube.com/watch?v=i9MjvhD0ing>

### **5.3. Marco regulatorio**

El presente inciso contempla las disposiciones de principal correlación con los estudios y proyectos en cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas; en complemento a ello, investigaciones como la de (Paredes Camacho, 2018) manifiestan la importancia del fortalecimiento del marco jurídico que acá se menciona y primordialmente desde la siguiente óptica: incluir al transporte de pasajeros dentro del servicio público ferroviario; ante el vandalismo a la infraestructura ferroviaria, se valore su sanción con una pena mayor a la actual; continuar con la inversión pública y privada en la infraestructura; finalmente que se promueva una asignatura que estudie, investigue, vincule y fomente el derecho ferroviario, tal como lo menciona el citado autor.

#### **5.3.1. Disposiciones jurídicas**

##### **5.3.1.1. Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario (LRSF)**

###### **5.3.1.1.1. Artículo 15.**

Define el requerimiento de un permiso por la SICT en su fracción II para *“Construir accesos, cruzamientos e instalaciones marginales, en el derecho de vía de las vías férreas...”*. (H. Congreso de la unión, 2020).

###### **5.3.1.1.2. Artículo 31**

Regula la responsabilidad y el requerimiento de un proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito de cruces a nivel, citando *“Las obras de construcción y mantenimiento de los cruzamientos de vías férreas se harán por cuenta del operador de la vía u obra que cruce a la ya establecida, previo cumplimiento de los requisitos aplicables.*

*Los cruzamientos de las vías férreas por otras vías o por otras obras podrán llevarse a cabo por medio de pasos elevados, pasos a desnivel, o a nivel, previa autorización por parte de la Secretaría, en el entendido que, los cruzamientos a nivel en zonas urbanas solamente serán autorizados cuando las condiciones de seguridad, económicas y sociales así lo permitan.*

*En todos los casos, los cruzamientos de las vías férreas que se autoricen conforme a este artículo, deberán tener las señalizaciones necesarias con el objeto de minimizar los riesgos y la ocurrencia de accidentes. Las señalizaciones serán construidas, mantenidas y operadas por el operador de la vía u obra que cruce a la establecida con anterioridad.”*

Se observó que los artículos complementarios, se refieren a la existencia del Fondo Nacional de Seguridad para Cruces Viales Ferroviarios, el cual tenía como objeto *“...apoyar el financiamiento de la construcción, mantenimiento y operación de la señalización, los sistemas de*

*alerta y de obstrucción de tráfico automotor y peatonal, cuando el tránsito se realice al interior de zonas urbanas o centros de población, de tal manera que se garantice la seguridad”;* mismo que desapareció a raíz de la emisión del *“Decreto por el que se ordena la extensión o terminación de los fideicomisos públicos, mandatos públicos y análogos”*<sup>6</sup>, es por ello que en el presente trabajo, se consideró importante mencionar para conocimiento del lector, para mayor detalle se debe consultar los artículos 31 bis, 31 ter y 31 quater de la LRSF.

### **5.3.1.2. Reglamento del Servicio Ferroviario (RSF)**

#### **5.3.1.2.1. Artículo 18**

En las fracciones V y VI establece los requisitos que solicita SICT, incluyendo el proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito, para la obtención de los permisos referidos en el artículo 15 de la LRSF (apartado 5.3.1.1.1): *“... Los solicitantes deberán reunir los siguientes requisitos: ...V. Que los servicios o las obras objeto de la solicitud reúnan las condiciones técnicas, operativas y jurídicas en términos de este Reglamento y las Normas aplicables, que aseguren la viabilidad, continuidad y eficiencia, según sea el caso, conforme a las cuales se prestará el servicio o se realizará la obra, y; VI. Que los servicios o las obras objeto de la solicitud reúnan las condiciones de seguridad necesarias para evitar que se afecte la vía general de comunicación ferroviaria o la prestación de los servicios ferroviarios, para lo cual deberán acompañar el proyecto ejecutivo correspondiente, en términos del artículo 37 de este Reglamento y las Normas aplicables.”* (Cámara de diputados del H. Congreso de la unión, 2016).

#### **5.3.1.2.2. Artículo 37.**

Se detectó que el presente es de los principales a ser considerado el proyectista, ya que indica los requerimientos mínimos citando: *“El proyecto ejecutivo deberá contener, cuando menos, la ubicación de los inmuebles en los que se construirá la obra y el régimen jurídico de los mismos, la descripción y planos del proyecto, las características y especificaciones técnicas de las vías férreas determinadas por la Agencia, las condiciones logísticas de la obra, el programa de obra e inversión... En los casos en que se pretenda que las Vías Férreas crucen centros de población u otras vías de comunicación, los proyectos respectivos deberán contener además de lo previsto en*

---

<sup>6</sup> Disponible para consulta en:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591085&fecha=02/04/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591085&fecha=02/04/2020#gsc.tab=0)



*el párrafo anterior, las previsiones necesarias para garantizar la seguridad de los habitantes y el funcionamiento adecuado de las vías de comunicación...”.*

#### **5.3.1.2.3. Artículo 51**

Este artículo dice textualmente *“Tratándose de Cruzamientos de paso elevado, la altura de los mismos en ningún caso podrá ser inferior a 7.5 metros de altura contada a partir de la superficie del hongo del riel, ni a una distancia menor de 5.0 metros de ancho contada a partir del eje horizontal de la Vía Férrea que permita establecer las obras de drenaje necesarias para la segura operación de dicha Vía.”*; lo anterior aplica a pasos a desnivel, materia que se encuentra fuera de los alcances del presente trabajo, sin embargo se consideró necesaria su mención debido a que la NOM-050 cita una condicionante para considerar su empleo (ver apartado 6.4.2.).

#### **5.3.1.2.4. Artículo 53**

Se detectó que existen disposiciones para no alterar la señalización y dispositivos para el control del tránsito de los cruces a nivel, a través de este artículo se indica que: *“Los anuncios publicitarios no podrán instalarse en lugares que obstruyan cualquier tipo de señal de operación o precaución en la Vía Férrea o que pongan en riesgo la seguridad y eficiente operación de la misma, así como en Cruzamientos a nivel en los que se limite la visibilidad respecto del Tren y dispositivos de señalización.”*

### **5.3.1.3. Ley General de Movilidad y Seguridad Vial**

#### **5.3.1.3.1. Artículo 1**

Dentro de sus objetivos particulares, en la fracción IX pretende *“Establecer los mecanismos y acciones para la gestión de factores de riesgo que permitan reducir las muertes y lesiones graves ocasionadas por siniestros viales, así como salvaguardar la vida e integridad física de las personas usuarias del sistema de movilidad, bajo un enfoque de sistemas seguros.”* (Cámara de diputados del H. Congreso de la unión, 2022).

Lo anterior presentó correlación y se alineó a los enfoques indicados por la legislación de vías férreas indicadas en los apartados 5.3.1.1.2, 5.3.1.2.1 y 5.3.1.2.2. que hicieron referencia a la seguridad vial y eficiencia que se persigue como objetivo prioritario al igual que el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020 a 2024 que busca: *“Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal.”* (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2020).

## **5.3.2. Disposiciones técnicas**

### **5.3.2.1. NOM-050-SCT2-2017**

Es la regulación principal y a ella se deberán alinear todos los proyectos de señalización y dispositivos para el control del tránsito de cruces a nivel. Define en su objetivo que “...establece la señalización y dispositivos que deben instalarse, así como las disposiciones y los métodos de calificación que deben observarse para brindar seguridad a usuarios en los cruces a nivel de caminos, calles y carreteras con vías férreas.”; para ello la presente NOM clasifica en 3 tipos, en función de su peligrosidad, para emplearse en “...los diferentes tipos de cruces a nivel de caminos, calles y carreteras con vías férreas en el sistema ferroviario nacional” indicado en su campo de aplicación.

### **5.3.2.2. NOM-034-SCT2/SEDATU-2023**

A la fecha y como producto de su actualización quinquenal, la señalización y dispositivos para el control del tránsito se encuentran en el proceso de transición regulatoria, en ese sentido, se observó que una vez definida la clasificación del cruce a nivel por la NOM-050, ésta cita a la *NOM-034-SCT2-2011* como complementaria; para el presente trabajo, se empleó la versión vigente, es decir la *NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras*, cuyo objeto es “...establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implementar la señalización y los dispositivos de seguridad vial en calles y carreteras de jurisdicción federal, estatal y municipal...” en “...todas las carreteras federales, estatales y municipales así como en las vialidades urbanas.”.

### **5.3.2.3. Manual de Señalización y Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras**

Referida por las 2 regulaciones antes mencionadas como complementaria, tiene como propósito “contar con un documento que integre las disposiciones contenidas en las normas oficiales mexicanas, normas técnicas, manuales y otros documentos reglamentarios que se utilizan en el medio de los transportes y la movilidad para el diseño y proyecto de señalización y dispositivos de seguridad vial, estableciendo criterios y principios homogéneos para su aplicación adecuada a nivel federal, estatal y municipal.”; producto de la actualización de la NOM-034, la presente

regulación conllevó un proceso similar, ya que se detectó que el Manual de Señalización<sup>7</sup> es un documento complementario e indispensable para la aplicación de la misma.

#### **5.4. Panorama internacional**

Si bien el presente trabajo dentro de los alcances definidos en el capítulo 2 se acotó a la regulación en México, se consideró importante mencionar el panorama internacional afín al tema en estudio, con la finalidad de que pueda emplearse como referencia en futuras investigaciones, razón por la cual se describieron de manera general, sin abordar las particularidades de los mismos.

##### **5.4.1. Regulación en Estados Unidos**

Emitido por el US-DOT, mediante la FHWA y la FRA<sup>8</sup>, la tercera edición del Manual de cruces carreteros con ferrocarriles (*Highway – Rail Crossing Handbook*), se detectó que el presente regula exclusivamente los cruces a nivel y desnivel, indicando las practicas recomendadas y requisitos a considerar (US Department of Transportation, 2019). A su vez, se observó que la señalización considerada, es referenciada y complementada por el Manual de Dispositivos para Uniformizar el Control del Tránsito (*Manual on Uniform Traffic Control Devices*) (US DOT, 2009).

###### **5.4.1.1. Sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent transportation system)**

Se observó que se realizan actividades de investigación y desarrollo por el US-DOT, a ello han fomentado la Arquitectura Nacional para los Sistemas Inteligentes de Transporte (*National ITS Architecture*), considerando los avances tecnológicos en cruces a nivel se empieza a implementar el servicio de usuario 30 (*User Service 30*), Figura 7:

---

<sup>7</sup> Para el presente trabajo se empleó la versión publica disponible para consulta en el portal de la DGST: [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual\\_de\\_se%C3%B1alizaci%C3%B3n\\_y\\_dispositivos\\_para\\_el\\_control\\_de\\_transito/Manual\\_de\\_se%C3%B1alizacion\\_y\\_dispositivos\\_para\\_el\\_control\\_del\\_transito.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_de_se%C3%B1alizaci%C3%B3n_y_dispositivos_para_el_control_de_transito/Manual_de_se%C3%B1alizacion_y_dispositivos_para_el_control_del_transito.pdf) . Los manuales e información técnica publicada se encuentran en constante revisión y actualización, razón por la que se consideró necesario recomendar el monitoreo de las versiones de los mismos.

<sup>8</sup> En Estados Unidos existe el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (*United States Department of Transportation - US-DOT*) y cuenta con diversas administraciones, que para interés del presente trabajo corresponden a la Administración Federal de Ferrocarriles (*Federal Railroad Administration – FRA*) y la Administración Federal de Carreteras (*Federal Highway Administration – FHWA*).

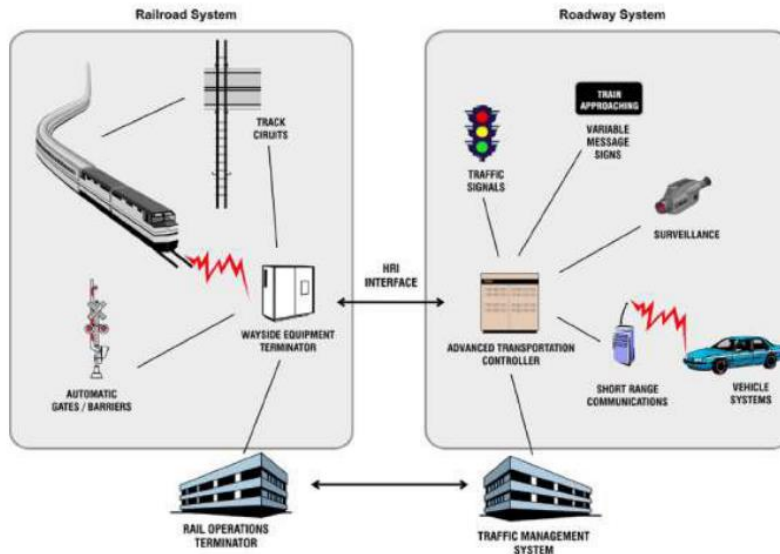


Figura 7 –Interfaz en un cruce a nivel, según la arquitectura nacional para los ITS. Fuente: (US Department of Transportation, 2019).

1. El subsistema de la carretera cuenta con un “controlador avanzado de transporte”, mientras que para la otra vía con un “equipamiento de vía férrea”.
  - I. El subsistema de la carretera envía el estatus en tiempo real al de la vía férrea, éste incluye la confirmación de bloqueo con semáforos para indicar la aproximación de equipo ferroviario (SEM 4.6 descritos en el apartado 7.6) por lo que los trenes pueden circular a la velocidad máxima autorizada, o en su caso, reducir la misma o hacer alto total.
  - II. El subsistema de la vía férrea proporciona en tiempo real al de la carretera su estado de operación, en su caso, posibles fallas en él, proximidad de llegada que se emplea cuando los semáforos van enlazados a los trenes, para el accionamiento y bloqueo de circulación de la carretera. En un futuro proporcionaría la hora y la duración de cierre del cruce a nivel derivado del número de trenes.
2. Lo anterior va enlazado al sistema de gestión de tráfico (*Traffic Management System-TMS*) y la terminal de operaciones de ferrocarril (*Rai Operations Terminator - ROT*).
  - I. El ROT envía la información al TMS para el auxilio en el bloqueo del cruce a nivel. Incluye horarios de servicio y de trabajos de mantenimiento. Adicionalmente, el ROT envía al TMS información en tiempo real de siniestros que pudieran afectar la

operación de la carretera, fallas en el equipo ferroviario, derrame de materiales peligrosos u otro aspecto relevante dentro del derecho de vía; el TMS envía mediante radio frecuencia a los vehículos dicha información.

## 6. Estudios

### 6.1. Estudios para el proyecto ejecutivo de carreteras

Los *Conceptos que conforman el proyecto ejecutivo de carreteras* publicados por la SICT definen que éste se integra por las etapas de *planeación, selección de ruta, proyecto geométrico de la ruta definitiva y estudios y proyectos de ingeniería de detalle*. Cada una se debe llevar a cabo cumpliéndolas en su totalidad, sin dejar de realizarlas, ya que se encuentran ligadas entre sí, mismas que se detallaron en la Tabla 9.

Cómo se indicó en el capítulo 2, el presente trabajo se delimitó a la etapa de “Proyecto ejecutivo” y en específico al “Proyecto de señalización y dispositivos para el control del tránsito”; lo anterior no implicó recurrir a determinado estudio de las etapas fuera de los alcances del mismo, solicitado por las regulaciones que ello implicó como se expresó en los apartados siguientes.

Tabla 9 – Etapas y estudios y/o proyectos que conforman el proyecto ejecutivo de carreteras.

Fuente: en base a Conceptos que conforman el proyecto ejecutivo de carreteras (SCT, 2012)

Etapa	Estudios y/o proyectos
Planeación	Estudios de interacción Oferta-Demanda
	Estudios de Ingeniería de Tránsito
	Estudios de Prefactibilidad Socioeconómica
	Estudios Geotécnicos
	Anteproyecto
	Estudios de Factibilidad Técnica
	Estudios de Factibilidad Ambiental
	Estudio de Factibilidad Legal
	Estudio de Costo-Beneficio
Selección de ruta definitiva	Selección de Ruta Preliminar
	Selección de Ruta Definitiva
Proyecto del trazo definitivo	Levantamiento Fotogramétrico
	Geotecnia Regional
	Ingeniería de Tránsito
	Selección de Entronques y Pasos a Desnivel
	Drenaje
Proyecto ejecutivo *	Planta y Perfiles Topográficos
	Trazo en Campo del Proyecto Definitivo
	Toponimia
	Topografía para Obras de Drenaje

Etapa	Estudios y/o proyectos
	Topografía de Pasos a Desnivel
	Estudio de Drenaje Menor
	Estudio Geotécnico para Terracerías
	Estudio Geotécnico para Pavimentos
	Estudio Geotécnico para Túneles
	Estudio Topográfico para Entronques
	Estudios Topohidráulicos-Hidrológicos
	Estudios de Cimentación para Puentes
	Proyecto Geométrico
	Proyecto de Puentes
	Proyecto de Túneles
	Proyecto del Pavimento
	Proyecto de Muros de Contención
	Proyecto de Entronques
	Proyecto de Señalamiento *
	Estudio de Impacto Ambiental
	Presentación del Proyecto Ejecutivo

Nota: \* Etapas, estudios y/o proyectos delimitados en el alcance para el presente trabajo

## 6.2. Ingeniería de tránsito

Si existe información disponible, se recomienda tomar como referencia (inclusive como cotejo) publicaciones emitidas por la DGST y del IMT; lo anterior no implica que se omitan los estudios específicos de acuerdo con lo solicitado en la NOM-050, NOM-034 y el Manual de Señalización.

### 6.2.1. Volumen

Los estudios de volumen, se regulan por el “*Manual para determinar volúmenes de tránsito en carreteras*” (SCT, 2016); mismos que se pueden complementar con lo establecido en el libro “*Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones (9a Edición)*” ( Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2017), considerando como mínimo:

- Número de estaciones recolectoras de datos.
- Estimaciones de volúmenes por clasificación y periodo.
- Cotejo y relación con los resultados de los Libros de Datos Viales publicados anualmente por la DGST de la SICT, si existe información.

### 6.2.2. Clasificación

Se obtiene contemplando la clasificación vehicular establecida en la *NOM-012-SCT-2-2017-Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal* (SCT, 2017), a su vez

el *Manual para determinar volúmenes de tránsito en carreteras* (SCT, 2016) las considera basadas en la NOM previamente indicada, por lo que se deberán emplear éstas para su elaboración.

### **6.2.3. Velocidad**

Para el tránsito de la calle o carretera se emplea un estudio por los métodos tradicionales, se recomienda el de velocidad de punto de acuerdo con la metodología establecida en el libro *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones (9a Edición)* ( Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2017), para medir las condiciones de operación en el lugar específico mediante la obtención de percentiles<sup>9</sup> ( $P_n$ ).

### **6.2.4. Siniestralidad**

El historial de siniestros se obtiene solicitando los registros del cruce a nivel en estudio al concesionario, asignatario y/o permisionario encargado, y de ser el caso a la ARTF, dado que sus registros (descritos en el apartado 5.2) son publicados sin particularizar al de un sitio en particular.

## **6.3. Características físicas y geométricas de las vialidades**

### **6.3.1. Alineamiento**

Se recomienda realizar las actividades de campo y gabinete necesarias para representar gráficamente y a una escala conveniente, la topografía mediante proyecciones horizontales (planimetría) y verticales (altimetría), identificando los puntos característicos de las obras que existan en el lugar y de las que se proyecten. Esto debe ser representados conforme a lo establecido en la Normativa para la Infraestructura del Transporte del IMT-SICT y/o lo requerido por la SICT. El levantamiento topográfico debe considerar un radio mínimo de 46.00 m según la NOM-050, sin embargo, producto de los sistemas de control de velocidad (descritos en el apartado 7.5) y empleando la condición más crítica, se recomienda una distancia mínima de 751.00 m<sup>10</sup> a cada lado a partir del riel más próximo a la calle o carretera, o la que el proyecto en estudio amerite.

---

<sup>9</sup> El  $P_{15}$  se refiere al límite inferior de la velocidad, que tiene por objeto controlar a los vehículos lentos; El  $P_{50}$  es utilizado como una media de la calidad de flujo vehicular, y es aproximadamente igual a la velocidad media; El  $P_{85}$  se refiere a la velocidad crítica a la cual debe establecerse el límite máximo de velocidad en conexión con los dispositivos de control de tránsito; El  $P_{98}$  se utiliza para emplear la velocidad de proyecto ( Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2017).

<sup>10</sup> Sumatoria de las distancias longitudinales de la señalización que demanda la condición más crítica del sistema de control de velocidad (ver inciso 7.5.1.2), en este caso el correspondiente a 110 km/h.



### 6.3.1.1. Horizontal

De acuerdo con la NOM-050, en la Figura 8 se definen las distancias mínimas que deben estar libres de obstáculos en un cruce a nivel, con ello se infiere que la visibilidad de los trenes no se verá afectada por obstáculos como maleza o árboles que se encuentren ubicados dentro del derecho de vía o en sus zonas aledañas.

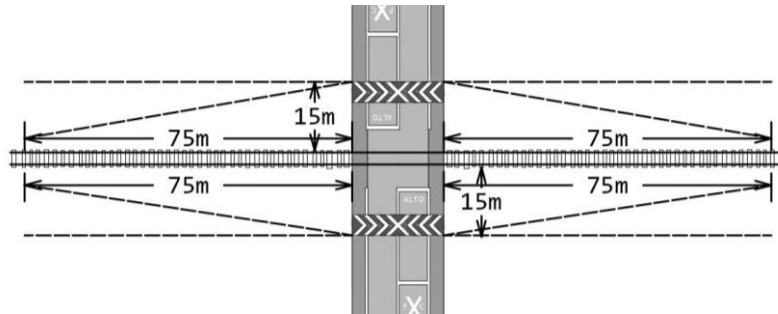


Figura 8 - Distancias mínimas libres de obstáculos en cruces a nivel. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Cuando las condiciones del sitio lo permitan, el cruzamiento se deberá realizar en ángulos rectos sin intersecciones adyacentes, accesos o curvas horizontales, ya que esto aumenta la visibilidad y seguridad del cruce a nivel. En caso contrario y bajo justificación técnica, el ángulo de esviaje debe ser minimizado como se ilustra en la Figura 9, y en ningún caso superar los 30°.

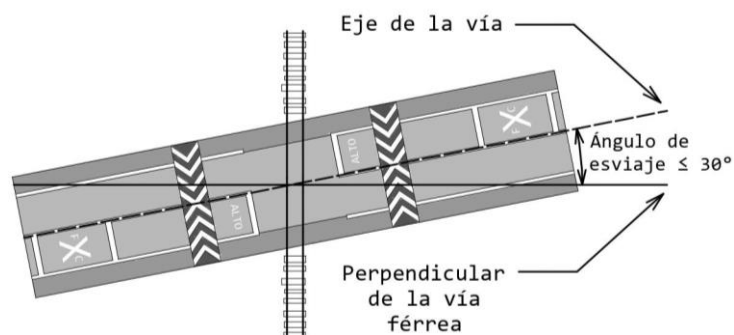


Figura 9 - Ángulo de esviaje. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

### 6.3.1.2. Vertical

Se recomienda que los niveles de rasante de la calle o carretera y vía férrea presenten el menor desnivel posible, para que el vehículo se encuentre con la mayor continuidad posible en la superficie de rodamiento.

### 6.3.2. Superficie de rodamiento

En términos del apartado 5.11 de la NOM-050 se establece que la superficie de rodamiento y los accesos al cruce a nivel deben presentar uniformidad en la rasante como se muestra en la Figura 10, para mayor detalle, se recomienda consultar el inciso mencionado.

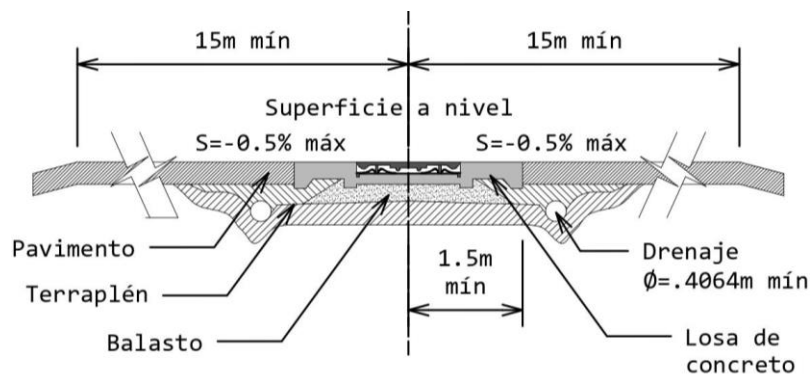


Figura 10 - Características debe reunir la superficie de rodamiento de un cruce a nivel.

Fuente: NOM-050-SCT2-2017 (SCT, 2017)

Para el inventario de deterioros se recomienda que los registros contengan, como mínimo, lo establecido en el formato No. 41 NVEDET del “Manual operativo de campo sistema mexicano para la administración de los pavimentos” (IMT, 1990); en el entendido que, lo anterior aplicará únicamente a calles o carreteras pavimentadas.

INVENTARIO DE DETERIOROS ( INVEDET )			
FECHA : ____ / ____ / ____		NOMENCLATURA ( COORD., GEOGR. ORIG-DEST. ) : _____	
ORIGEN CARRETERA : _____		DESTINO CARRETERA : _____	
ORIGEN TRAMO : _____		DESTINO TRAMO : _____	
SUBTRAMO INICIAL : _____		SUBTRAMO FINAL : _____	
FALLA O DETERIORO	%	O LONGITUD :	GRAVEDAD O SEVERIDAD ESTIMADA
RODERAS _____		PROFUNDIDAD ( mm )	
BACHES _____			
GRIETAS LONGITUDINALES _____		ABERTURA ( mm )	
GRIETAS TRANSVERSALES _____		ABERTURA ( mm )	
DESPRENDIMIENTOS _____			
ASFALTOS AFLORADOS _____			
GRIETAS PIEL DE COCODRILO _____			
PULIDO DE SUPERFICIE EN C.A. _____			
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS _____		PROFUNDIDAD ( mm )	
OTROS _____			
ORIGEN DATOS :			

Figura 11 - Formato INVEDET. Fuente: Manual operativo de campo sistema Mexicano para la administración de los pavimentos (IMT, 1990).

### 6.3.3. Drenaje y subdrenaje

La calle o carretera y la vía férrea debe contar con los sistemas de drenaje y subdrenaje, transversal y longitudinal con la finalidad de desalojar exitosamente el agua producto de las precipitaciones en la zona del cruce a nivel. En términos generales se recomienda que estos se encuentren conforme a lo establecido en la Normativa para la Infraestructura del Transporte del IMT-SICT.

### 6.3.4. Alumbrado

Como mínimo la zona de influencia ilustrada en la Figura 8, debe cumplir con lo establecido en la *NOM-013-ENER-2013 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades*. (SENER, 2013).

## 6.4. Clasificación del cruce a nivel

### 6.4.1. Calificación

La calificación máxima de cada elemento de un cruce a nivel se ilustra en la Tabla 10. Se ponderan de acuerdo con su importancia y la influencia que tienen para evitar la ocurrencia de siniestros agrupándolos en 5 bloques; sus parámetros de evaluación se detallaron en la Tabla 11.

Tabla 10 - Calificación del cruce a nivel. Fuente: En base a la NOM-050 (SCT, 2017).

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación
		Calificación	Valor relativo	Influencia	Calificación Máxima
Visibilidad	Ángulo de esviaje	5	40	30.00%	60
	Distancia de visibilidad en cuadrantes	5	30	20.00%	30
	Pendiente longitudinal	5	30	20.00%	30
Corona	Superficie de rodadura	5	60	6.67%	20
	Drenaje	5	40	5.00%	10
Vías Férreas	Número de vías férreas	5	60	10.00%	30
	Diferencia de peralte	5	40	7.50%	15
Vialidad	Número de carriles	5	80	30.00%	120
	Alumbrado	5	20	10.00%	10
Tránsito	Volumen Tránsito Vehicular	5	68.5	35.00%	120
	Volumen Tránsito Ferroviario	5	31.5	35.00%	55
Calificación final (Sumatoria)					<b>500</b>

Tabla 11 - Parámetros de evaluación en la calificación de cruces a nivel. Fuente: En base a la NOM-050 (SCT, 2017)

Elemento	Descripción
Visibilidad	Condición a la que el usuario del cruce a nivel se enfrenta, tales como visibilidad y tipo de terreno
Corona	Condición del estado físico de la superficie de rodamiento en el cruce a nivel
Vías férreas	Complejidad para el usuario por las características geométricas al cruzar
Vialidad	Complejidad para el usuario en el cruce a nivel debido a las condiciones del entorno
Tránsito	Volumen de tránsito vehicular y ferroviario en el sitio del cruce a nivel

### 6.4.1.1. Visibilidad

Depende del ángulo de esviaje entre ejes de la vía férrea y la calle o carretera, además de la visibilidad y la pendiente longitudinal definidas en el apartado 6.3.1. Los rangos para calificar se indican en la Tabla 12.

Tabla 12 - Calificación de visibilidad. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Ángulo de esviaje	Calificación
0 °-10 °	5
11 °-20 °	3
21 °-30 °	0

Distancia de visibilidad en cuadrantes	Calificación
Cuadrantes libres de obstáculos	5
Visibilidad obstruida en uno o más cuadrantes	0

Pendiente longitudinal (%)	Calificación
En una distancia mínima de 15 metros a ambos lados contados a partir del eje de la vía férrea.	
0%	5
> 0%	0

### 6.4.1.2. Corona

#### 6.4.1.2.1. Superficie de rodamiento

Se toman en cuenta los deterioros indicados en el apartado 6.3.2 (únicamente para calles o carreteras pavimentadas) en una distancia mínima de 15.00 m respecto al eje de la vía férrea en las áreas que se indican en la Tabla 13.

Tabla 13 - Calificación de la corona. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Superficie de rodadura pavimentada o sin pavimentar	Calificación
Sin deficiencias generalizadas	5
Con deficiencias en menos del 50% del área	3
Sin pavimentar o con deficiencias en más del 50% del área	0

#### 6.4.1.2.2. Drenaje y subdrenaje

Se miden aspectos como agua almacenada en la corona producto de la pendiente longitudinal y el bombeo en una distancia mínima de 15.00 m contados a partir del eje de la vía férrea, encharcamientos en las zonas adyacente a los hombros, y en caso de localizarse alcantarillas, se considera el estado de azolve que imposibilite la circulación agua; su calificación se obtiene de acuerdo con lo indicado en la Tabla 14.

Tabla 14 - Calificación de drenaje. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Drenaje y subdrenaje	Calificación
Satisfactorio	5
No satisfactorio	0

#### 6.4.1.3. Vías férreas

##### 6.4.1.3.1. Vías por cruzar

Se califica considerando el número de vías férreas por cruzar. La calificación se obtiene de acuerdo con la Tabla 15.

Tabla 15 - Calificación de acuerdo con el número de vías férreas. Fuente: En base a la NOM-050-SCT2-2017 (SCT, 2017).

Nº de Vías férreas	Calificación
1	5
2	0

##### 6.4.1.3.2. Diferencia de peralte

Es la diferencia entre los niveles de rasante de la vía férrea (hongo del riel) y la calle o carretera producto del levantamiento topográfico indicado en el apartado 6.3 u otro método tradicional que pueda reflejar dicho resultado, de acuerdo con la Tabla 16.

Tabla 16 - Diferencia de peralte. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Diferencia de peralte	Calificación
0 cm	5
1 - 5 cm	3

Diferencia de peralte	Calificación
> 6 cm	0

#### 6.4.1.4. Calificación de la vialidad

##### 6.4.1.4.1. Número de carriles

Depende de las características geométricas de la calle o carretera y se obtendrá con lo indicado en la Tabla 17.

Tabla 17 - Calificación de acuerdo el número de carriles de la calle o carretera. Fuente: En base a la NOM-050 (SCT, 2017).

N° de carriles por sentido en la calle o carretera	Calificación
1	5
2 o más	0

##### 6.4.1.4.2. Alumbrado

La calificación se obtiene bajo lo indicado en la Tabla 18. Si la calidad de iluminación cumple con lo establecido en el apartado 6.3.4.

Tabla 18 - Calificación de al cumplimiento de la NOM-013-ENER-2013. Fuente: En base a la NOM-050 (SCT, 2017).

Eficiencia de iluminación	Calificación
Cumple	5
No cumple	0

##### 6.4.1.5. Tránsito

Depende del tránsito diario promedio anual (TDPA) de la calle o carretera y el volumen de la vía férrea, su calificación se define de acuerdo con la Tabla 19 y Tabla 20.

Tabla 19 - Calificación de acuerdo con el TDPA. Fuente: en base a la NOM-050 (SCT, 2017).

TDPA (Veh/día)	Calificación
Hasta 1000	5
Entre 1001 y 3000	3

<b>TDPA (Veh/día)</b>	<b>Calificación</b>
Entre 3001 y 5000	2
Mayor a 5001	0

Tabla 20 -Calificación de acuerdo con el tránsito diario de la vía férrea. Fuente: en base a la NOM-050 (SCT, 2017).

<b>Equipo ferroviario/día</b>	<b>Calificación</b>
Menor a 10	5
Entre 11 y 20	3
Mayor a 21	0

#### **6.4.1.6. Ajuste a la calificación final**

##### **6.4.1.6.1. Por historial de siniestros en el cruce a nivel**

De acuerdo con la NOM-050, se consideran los siniestros en los últimos 4 años según a lo establecido en el apartado 6.2.4; a la calificación parcial obtenida se restan puntos indicados en la Tabla 21.

Tabla 21 - Accidentes en el cruce a nivel ocurridos en los últimos 4 años. Fuente: NOM-050-SCT2-2017 (SCT, 2017).

<b>Accidentes Ocurridos</b>	<b>Puntos a reducir</b>
1 - 2	10 puntos
3 - 4	30 puntos
5 - 10	50 puntos
> 11	100 puntos

##### **6.4.1.6.2. Por composición del tránsito vehicular**

Se restan puntos de acuerdo con el tipo de vehículo que transita la calle o carretera según lo descrito en la Tabla 22, si se presenta más de 1 tipo se recomienda seleccionar la condición más crítica.



Tabla 22 - Penalización por tipo de vehículo que transita en el cruce a nivel. Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Puntos a reducir</b>
Con materiales peligrosos.	Menos 100 puntos
Transporte público y especial de pasajeros.	Menos 75 puntos
Unidades de carga de gran peso o volumen.	Menos 50 puntos

#### **6.4.2. Clasificación**

Los cruces se clasifican de acuerdo con la calificación obtenida en los rangos indicados en la Tabla 23; de acuerdo con la NOM-050:

1. Si es menor a 150 puntos, es necesaria la separación de niveles de la calle o carretera y la vía férrea, considerando lo descrito en el apartado 5.3.1.2.3.
2. En ningún caso se permite la construcción de pasos a desnivel con calles o carreteras laterales que cuenten con cruces a nivel.
3. Cuando el paso a desnivel entre en operación, se procederá al desmantelamiento del o de los cruces a nivel existentes a una distancia mínima de 500 metros a partir de su eje, en ambos sentidos de la vía férrea.

Tabla 23 - Clasificación de cruces a nivel de acuerdo con su calificación. Fuente: en base a la NOM-050-SCT2-2017 (SCT, 2017)

<b>Tipo de cruce</b>	<b>Rango (puntaje) de calificación</b>
A	Hasta 250
B	De 251 a 350
C	De 351 a 500

## **7. Proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito**

En el presente capítulo establecieron especificaciones mínimas a considerar en términos de la NOM-034 y el Manual de Señalización, en el entendido que, y como se indica en ellas “...*la posición de todos los elementos del sistema puede variar según las características específicas del cruce, de acuerdo con lo que establezca el proyecto debidamente aprobado por la autoridad competente...*”.

De acuerdo con el Manual de Señalización, deben cumplir con requisitos generales como: “*proporcionar seguridad, debe ser necesaria, debe ser visible y llamar la atención, debe ser legible y fácil de entender, hacer que el usuario de la vía respete las señales (imponer respeto), debe ser ubicada en el lugar apropiado que facilite la recepción del mensaje, permitir al usuario dar tiempo para reaccionar de forma efectiva y segura y con ello, tomar una decisión oportuna.*”. Además de cumplir con especificaciones técnicas que se describieron en los párrafos siguientes.

### **7.1. Presentación del proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito para calles y carreteras**

El Manual de Señalización indica que se deben expresar planos en planta, en los que además de la geometría de la vía, se representen en forma esquemática todos los elementos de la señalización y dispositivos para el control del tránsito, elaborados por tramos a escala adecuada que permita la legibilidad de los mismos, por ejemplo 1:1,000 o 1:500 y de manera independiente para cada intersección a nivel o desnivel, estacionamiento, plaza de cobro, zona de obra, etapa de construcción o desviación y para los casos particulares que así lo amerite.

En los planos se debe presentar un cuadro con el resumen en el que se indique: tipo de señal, dispositivos, clave, color, dimensiones, cantidad y unidad; deben indicar las especificaciones generales y particulares para la fabricación e instalación, refiriendo en su caso las normas que apliquen. Además de considerar lo indicado por el artículo 37 del RSF (ver lo expuesto en el apartado 5.3.1.2.2).

### **7.2. Señalización vertical**

Se clasifican según su función y su estructura de soporte.

1. Según su función:
  - I. Preventivas (SP)
  - II. Restrictivas (SR)
  - III. Informativas

- i. De identificación (SII)
    - ii. De destino (SID)
    - iii. De recomendación (SIR)
    - iv. De información general (SIG)
  - IV. Turísticas y de Servicios (STS)
    - i. Turísticas (SIT)
    - ii. de servicios (SIS)
  - V. Adicionales
    - iii. Indicadores de obstáculos (OD-5)
    - iv. Reglas para vados y zonas inundables (OD-8)
    - v. Indicadores de curvas cerradas (OD-12)
2. Según su estructura de soporte:
- I. Señales bajas
    - i. En un poste
    - ii. En dos postes
    - iii. Adosadas
  - II. Señales elevadas
    - i. Bandera
    - ii. Bandera doble
    - iii. Estructura tipo puente
    - iv. Adosadas a estructuras existentes

Se debe tomar en cuenta como mínimo la forma, tamaño, ubicación y color, así como la estructura de soporte según el tipo de señal a emplear.

Para la aplicación en cruces a nivel, en el presente trabajo se sintetizaron los elementos a considerar en términos del capítulo 6 “*Señalización vertical*” de la NOM-034, y del Manual de Señalización en los apartados *III Señalización vertical* y *VIII.1.2 Señalización para cruce de ferrocarril*; para una consulta detallada se debe referir a los mismos y los que se mencionaron a continuación (Tabla 24):

Tabla 24 – Señalización vertical en cruces a nivel. Fuente: en base a la NOM-034 y el Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Código	Tipo	Referencia al inciso No. de la NOM-034	Referencia al inciso No. del Manual de Señalización	Descripción	
SP	Señales preventivas	-	6.2	III.2	SP-41 Reductor de velocidad; SP-35 Cruce de ferrocarril; SP-35-A Cruce de Ferrocarril
SR	Señales restrictivas	-	6.3	III.3	SR-6 Alto; SR-9 Velocidad;
SI	Señales Informativas	SIR. Señales informativas de recomendación	6.4.3.	III.4.3 VIII.1.2	SIR-9 Cruce de ferrocarril; SIR Reductor de velocidad;

Para su representación en formato *.dwg* en los planos de planta, se recomienda consultar y emplear la información contenida en el Banco Digital de Señalización Vial<sup>11</sup> emitido por la DGST y sus particularidades definidas en el apéndice A4. *Banco digital de señalización vial* del Manual de Señalización.

### 7.3. Señalamiento horizontal

Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos. Se ajustan a lo definido en el capítulo 5 *Señalización Horizontal* de la NOM-034 y al *Capítulo II. Señalización horizontal* del Manual de Señalización. Para cruces a nivel de calles o carreteras no pavimentadas, no aplicará lo correspondiente a dicho apartado, a menos que el proyecto ejecutivo incluya el proyecto ejecutivo para ello dentro de sus alcances.

#### 7.3.1. Marcas en el pavimento

Se pintan o se colocan sobre el pavimento para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones. El color debe cumplir por lo indicado en el capítulo 5.2. *Color de las marcas* de la NOM-

<sup>11</sup> El Banco digital de señalización vial permite consultar y descargar archivos en medios electrónicos de las señales verticales y sus elementos, así como de dispositivos para el control del tránsito, contenidos en el Manual de Señalización, con objeto de facilitar y difundir su uso en la fabricación de señales, elaboración del proyecto ejecutivo o en la elaboración de documentos afín a ello. Disponible para consulta en: <https://www.sct.gob.mx/bancodigital/> Fuente: (Dirección General de Servicios Técnicos, 2023).

034, misma que establece que deben ser reflejante: blanco, amarillo, verde o rojo, según su función. Los colores blanco, amarillo y verde deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas (Tabla 2 de la NOM-034) con la finalidad de asegurar los coeficientes mínimos de reflexión; deben considerarse los anchos (Tabla 3 de la NOM-034) y las longitudes mínimas (en función del sistema para control de velocidad expuesto en el apartado 7.5).

Para el presente trabajo, se sintetizaron los capítulos principales a considerar en términos la NOM-034 y el Manual de Señalización, para una consulta detallada se debe referir a los mismos y a los indicados a continuación (Tabla 25):

Tabla 25 – Señalización horizontal empleada en cruces a nivel. Fuente: en base a la NOM-034 y el Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023)

<b>Clasificación</b>	<b>Nombre</b>	<b>Referencia al inciso No. de la NOM-034</b>	<b>Referencia al inciso No. del Manual de Señalización</b>	<b>Observaciones</b>
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación	5.3.	II.2.1.1.	Su longitud nunca debe ser menor que la distancia definida desde treinta y cinco (35) metros antes del inicio de las marcas M-8
M-2	Raya separadora de carriles	5.4	II.2.1.2.	-
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial	5.5.	II.2.1.3.	-
M-6	Raya de alto	5.8	II.2.1.6.	En cruces a nivel debe ser de 60 cm de ancho y no menos de 5.00 m respecto al riel más próximo de la vía.
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril	5.10.	II.2.1.8.	-
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico	5.11	II.2.1.9.	Deben ser realizadas o complementadas con los botones alertadores (BT)
M-20	Marcas para identificar reductores de velocidad	5.22.	II.2.1.20.	El Manual de Señalización indica que será del tipo Sinusoidal.

#### **7.4. Dispositivos diversos**

Tienen como objetivo complementar algunas marcas sobre el pavimento, delimitar, confinar y proteger áreas de circulación peatonal y vehicular, así como advertir a los conductores de

situaciones de riesgo al transitar por la vía como lo define la NOM-034; los botones (B) empleados en cruces a nivel son:

1. Reflejantes sobre el pavimento (BRM).

Se usan para complementar las marcas, mejorando la visibilidad de la geometría del arroyo vial, cuando prevalecen condiciones climáticas adversas y/o durante la noche.

2. Botones alertadores (BT).

Se utilizan como complemento de las rayas con espaciamiento logarítmico y como vibradores para anunciar la llegada a una plaza de cobro, antes de un cruce a nivel, en calles o carreteras antes de un entronque con otra vía de mayor importancia, incorporaciones y desincorporaciones de vías de circulación continua, o en algún otro sitio donde se considere conveniente.

Según la NOM-034: los colores de los dispositivos diversos deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en las tablas 16 y 34; en el caso de pinturas para reductores de velocidad y limitadores de sentido, y de películas reflejantes, presentar los coeficientes mínimos de reflexión que se indican en las tablas 2 y 17; el cuerpo de los botones reflejantes y las barreras fijas de protección peatonal, deben ser de color gris; todas las referencias previas con respecto a la regulación en comentario.

Los reductores de velocidad (RV), se definen por la NOM-034 como dispositivos instalados o contruados en el arroyo vial con objeto de regular la velocidad de los vehículos al modificar el alineamiento vertical de calles y carreteras. Su uso y tipo a utilizar está condicionado a las características operacionales de la vía. Se deben construir en altorrelieve y contar con un diseño que permita un drenaje pluvial eficiente. Se deben colocar en los cruces a nivel con vías férreas, a cinco 5.00 m antes de las rayas de alto, como se muestra en el Manual de Señalización.

Como se detectó que las Barreras para el control de paso de vehículos (DD-9) para cruces a nivel, se regulan por la NOM-050, las mismas se describieron en el apartado 7.6.

Para el presente trabajo, se sintetizaron los elementos a considerar en términos de la NOM-034 y el Manual de Señalización, para una consulta detallada se debe referir a las mismas en los capítulos indicados a continuación:

Tabla 26 – Dispositivos diversos empleados en cruces a nivel. Fuente: en base a la NOM-034 y el Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023)

<b>Clasificación</b>	<b>Nombre</b>	<b>Referencia al inciso No. en la NOM-034</b>	<b>Referencia al inciso No. en el Manual de Señalización</b>
BRM	Botones reflejantes sobre el pavimento	7.5.1.	IV.4.1.
BT	Botones alertadores	7.5.4.	IV.4.4.
RV	Reductores de velocidad	7.10	IV.9.
DD-9	Barreras para el control de paso de vehículos	7.13.	IV.12.

### **7.5. Sistemas de control de velocidad**

Se presentaron los elementos principales a considerar en términos del Manual de Señalización en el capítulo *VIII.1.2.1. Sistemas de control de velocidad en cruces a nivel de ferrocarril*; para una consulta detallada se debe referir al mismo.

#### **7.5.1.1. Para velocidades de operación o de proyecto de 30 y 50 km/h**

El sistema de control de velocidad para velocidades de proyecto o de operación de 30 km/h y de 50 km/h se ajusta a lo establecido en la Figura 12.

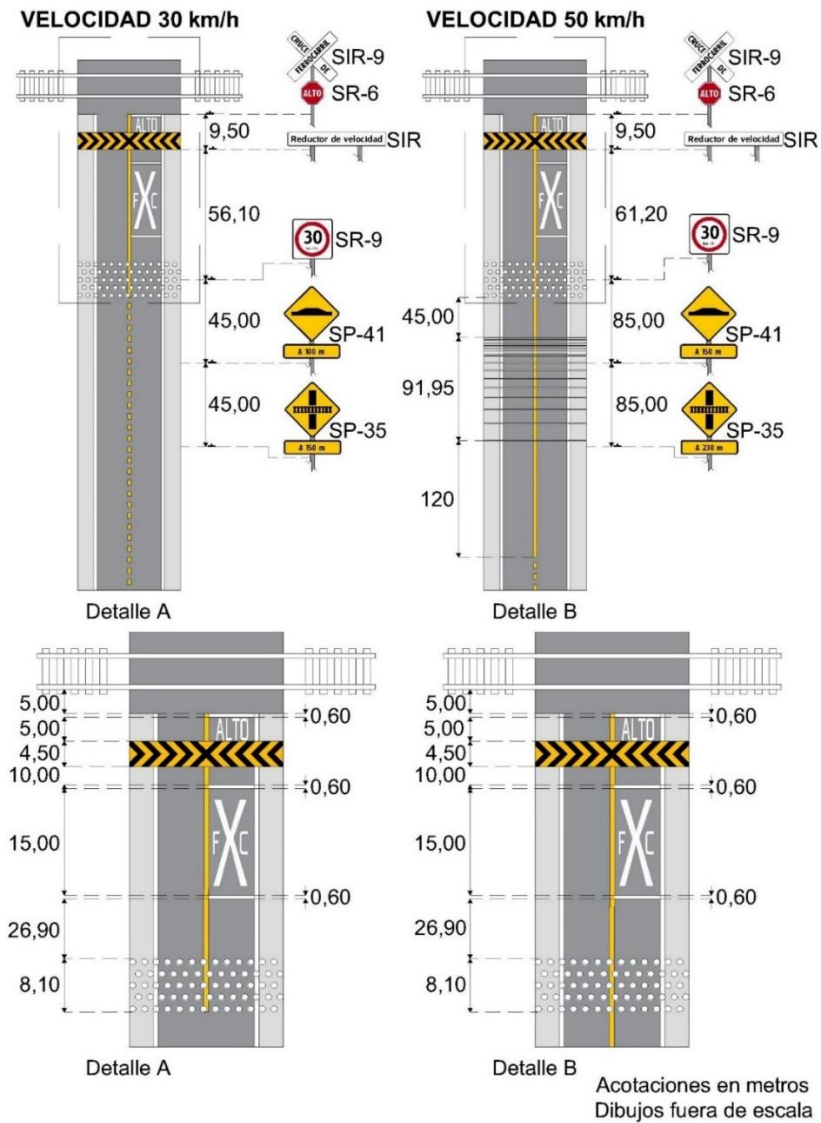


Figura 12 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel, para velocidades de operación o de proyecto de 30 y 50 km/h. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023)

**7.5.1.2. Para velocidades de operación o de proyecto de 80 y 110 km/h**

En el sistema de control de velocidad para velocidades de proyecto o de operación de 80 km/h y de 110 km/h se ajusta a lo establecido en la Figura 13.



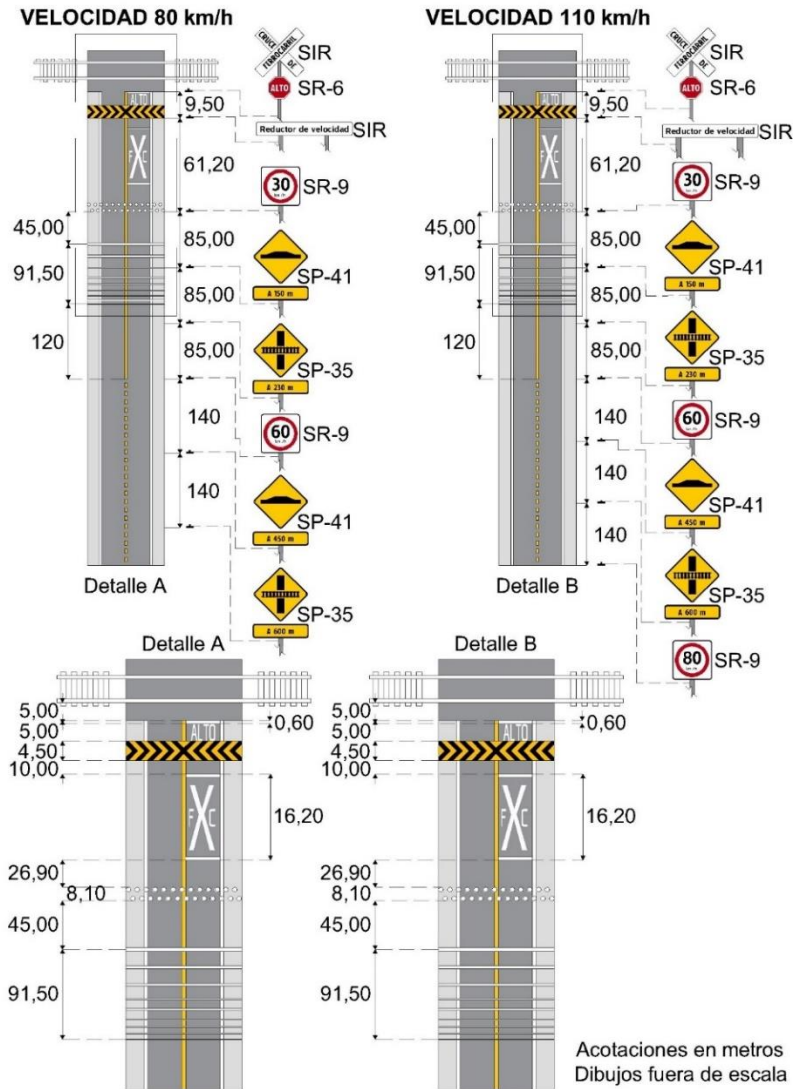


Figura 13 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel, para velocidades de operación o de proyecto de 80 y 110 km/h. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 7.5.1.3. Para cruces a nivel con intersecciones adyacentes

El sistema de control de velocidad en cruces a nivel con intersecciones adyacentes, se compone de la señalización y dispositivos para el control del tránsito que se muestran en la Figura 14, ajustándose de acuerdo con las características del sitio. Si el espacio disponible para su empleo tiene una longitud mayor de 160.00 m, se emplea la configuración para 30 km/h o el que corresponda a velocidades de operación mayores, si la longitud del espacio disponible lo permite. En caso contrario, si tiene una longitud menor de 45.80 m, se requiere un diseño especial.

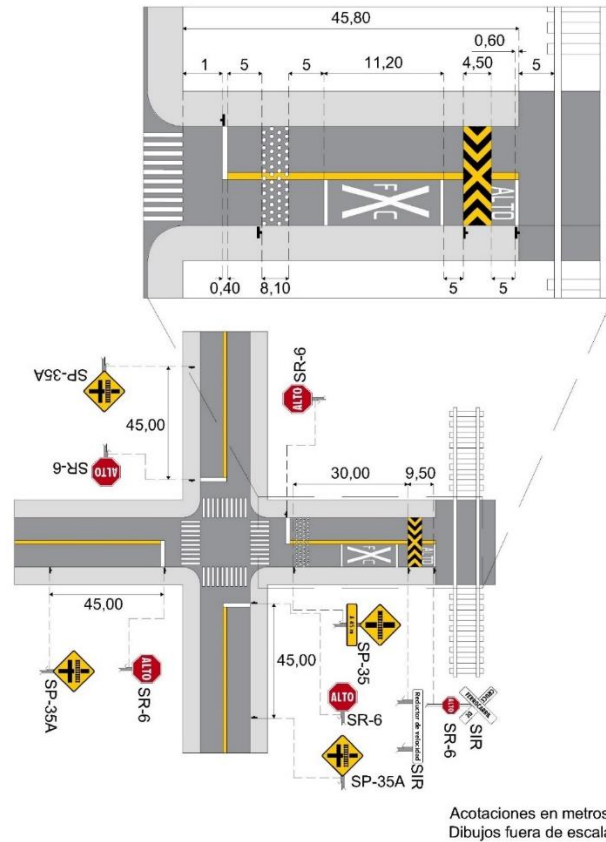


Figura 14 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel con intersecciones adyacentes.

Fuente: Manual de señalización vial (SICT/SEDATU, 2023).

#### 7.5.1.4. Para cruces a nivel en vialidades urbanas

El sistema de control de velocidad en cruces a nivel en zonas urbanas, se compone de la señalización y dispositivos para el control del tránsito que se muestra en la Figura 15 y Figura 16.

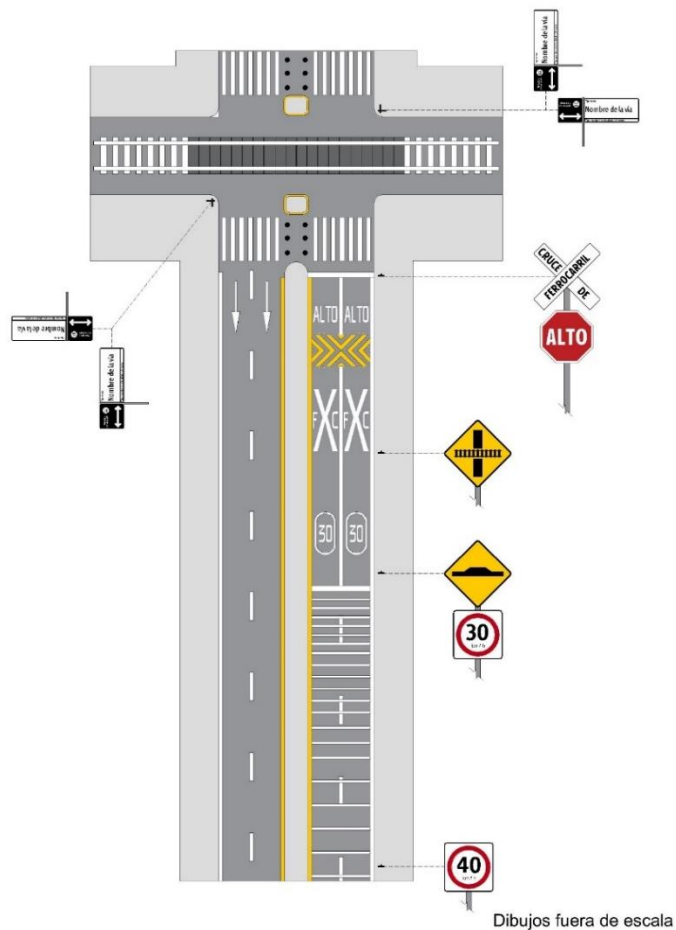
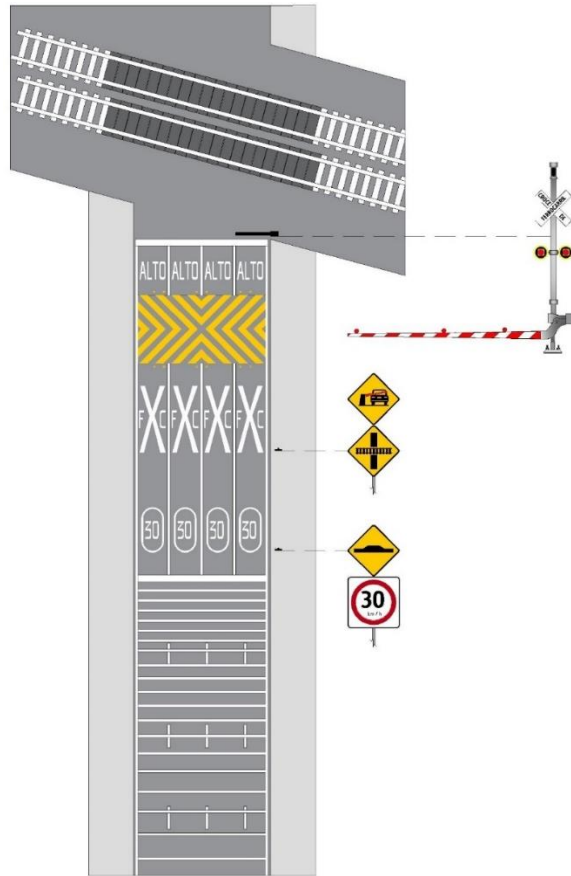


Figura 15 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel en zonas urbanas. Fuente: Manual de señalización vial (SICT/SEDATU, 2023).



Dibujos fuera de escala

Figura 16 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel, con una calzada formada por más de 1 carril por sentido de circulación en zonas urbanas. Fuente: Manual de señalización vial (SICT/SEDATU, 2023).

### 7.6. Semáforos para indicar la aproximación de equipo ferroviario

De acuerdo con la NOM-050, tienen como objetivo indicar a los vehículos y a los peatones mediante señales luminosas, dispositivos audibles y barreras, la aproximación o presencia de los trenes a un cruce a nivel, cuando éste se encuentre adyacente a una intersección que cuente con control de tránsito por medio de semáforos, éstos deben sincronizarse con los sistemas de detección del equipo ferroviario, de tal forma que cuando éste se aproxime, las indicaciones en los semáforos de la intersección de la carretera o calle restrinjan la circulación de los vehículos.

Se complementan con la Señal Informativa de Recomendación SIR "Cruce de Ferrocarril", cuando existen 2 o más vías férreas se le debe añadir un tablero adicional que indique el número de las mismas, como se muestra en la Figura 17.

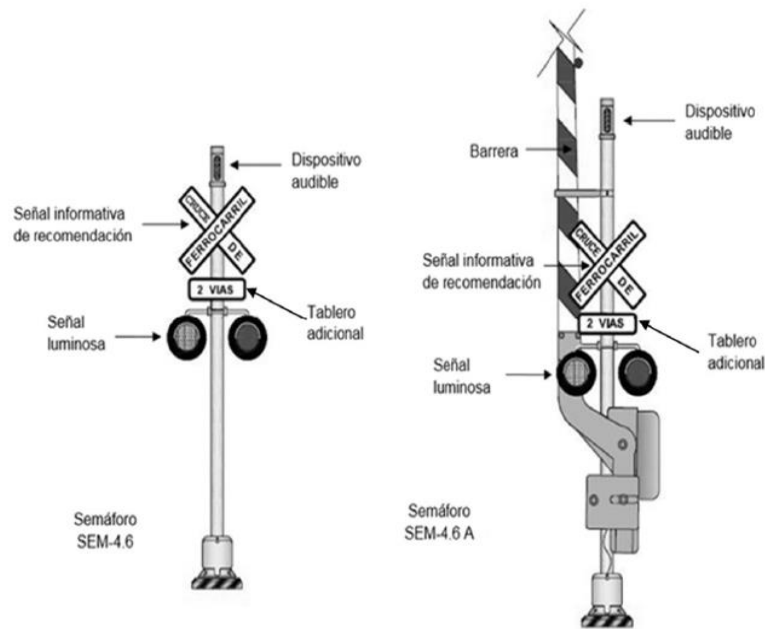


Figura 17 - Semáforos para indicar la aproximación de equipo ferroviario (SEM 4.6 y SEM 4.6 A). Fuente: NOM-050 (SCT, 2017).

Para el presente trabajo, se sintetizaron los elementos principales a considerar en términos de la NOM-050, para una consulta detallada se debe referir a la misma en los capítulos indicados a continuación, así como a lo indicado en los apartados *IV.12.1. Barreras para cruces a nivel de ferrocarril*, *VI.5.1.8. Semáforos de aproximación de equipo ferroviario*, *VI.9.4. Controles para semáforos de aproximación de equipo ferroviario* del Manual de Señalización.

Tabla 27 – Elementos de los semáforos para indicar la aproximación de equipo ferroviario tipo SEM 4.6 A y 4.6. Fuente: en base a la NOM-050 (SCT, 2017).

Concepto	Referencia al inciso No. De la NOM-050	Observaciones
Color	C.1	-
Unidades de destello	C.2	Podrá instalarse más de una unidad de destello de acuerdo con la particularidad del cruce a nivel.
Luminarias	C.3	
Ubicación	C4	Longitudinal: a 5.00 m respecto al riel más próximo; lateral: mínimo de 60 cm y máxima 1.00 m de la calle o carretera a partir de la orilla exterior del arroyo vial;

---

		Altura: no menor de 2.50 m ni mayor de 3.00 m, medidas sobre el nivel de la corona de la vialidad cuando se instalen en soportes tipo poste, si quedan suspendidas en un soporte tipo ménsula, la altura libre no debe ser mayor de 6.00 m ni menor de 5.50 m.
Barreras	D.	-
Dispositivo audible	E.	-
Mecanismo de control	F.	-
Funcionamiento	G.	-

---

### 7.6.1. Semáforo tipo SEM-4.6 A

Para cruces a nivel Tipo A se debe instalar un semáforo tipo SEM-4.6 A por sentido de circulación y complementar con la señalización y dispositivos para el control del tránsito necesarios; cuando por las características sitio esto no sea posible, se emplea uno del tipo SEM-4.6 previa aprobación de la SICT. La barrera debe ser de forma trapezoidal, con longitud suficiente para restringir la circulación de los vehículos en la aproximación y presencia del equipo ferroviario.

### 7.6.2. Semáforo tipo SEM-4.6

Para cruces a nivel Tipo B se debe instalar un semáforo tipo SEM-4.6 por sentido de circulación y complementar con la señalización y dispositivos para el control del tránsito necesarios.

### 7.6.3. Sin semáforo

Para cruces a nivel Tipo C se instala la señalización y dispositivos para el control del tránsito necesarios.

## 7.7. Señalización y dispositivos para protección en zonas de obras viales

Es regulada por la *NOM-086-SCT2-2023, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales*, que lo define como el conjunto integrado de marcas y señales que se colocan provisionalmente en las carreteras, vías urbanas y desviaciones, donde se ejecuten trabajos de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento, para indicar la geometría temporal de esas vías públicas, regular el tránsito vehicular y peatonal, denotar los elementos estructurales que pudieran representar un riesgo, así como servir de guía a los usuarios en su paso por estas zonas. Producto de la actualización del Manual de Señalización, como novedad en sus capítulos *V.10. Aplicaciones, V10.2. Ejemplos de señalización y dispositivos para protección en zonas de obras viales* considera una configuración en zona de obra próximo a un

cruce a nivel, mismo que se ilustra en la Figura 18. Para su aplicación, lo anterior se resumió en las siguientes tablas:

Tabla 28 – Señalización vertical en zona de obras en proximidades a cruces a nivel. Fuente: en base a la NOM-086 y el Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023).

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>		<b>Referencia al inciso No. de la NOM-086</b>	<b>Referencia al inciso No. del Manual de Señalización</b>	<b>Descripción</b>
SPP	Señales preventivas	-	6.2.	V.5.2.	SPP-1. Preventivas específicas SPP-9. Preventivas específicas
SRP	Señales restrictivas	-	6.3.	V.5.3.	-
SIP	Señales Informativas	-	6.4.	V.5.4.	SIP-8. Decisivas. SIP-9. Confirmativas.
ODP	Señales adicionales y dispositivos diversos		6.5.	V.5.5.	

Tabla 29 – Dispositivos de canalización y protección en zona de obras empleado en proximidades a cruces a nivel. Fuente: en base a la NOM-086 y el Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023).

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Referencia al inciso No. de la NOM-086</b>	<b>Referencia al inciso No. del Manual de Señalización</b>
OD-4	Barreras de protección	7.6.	V.6.6.
-	Conos	7.7.	V.6.7.
-	Tambos	7.8.	V.6.8.

Con referencia a la NOM-086 en sus siguientes apartados, se observó que para su instalación se debe considerar:

1. Determinación de la velocidad restringida (Vzt). (capítulo 9.1.)
2. Zona de información. (capítulo 9.2.)
3. Zona de transición. (capítulo 9.3.)
4. Zona de trabajo. (capítulo 9.4.)
5. Zona de redireccionamiento. (capítulo 9.5.)

Enseguida se configura la señalización y dispositivos de canalización y protección de obra, de acuerdo con la aplicación recomendada por el Manual de Señalización e indicada en la Figura 18.

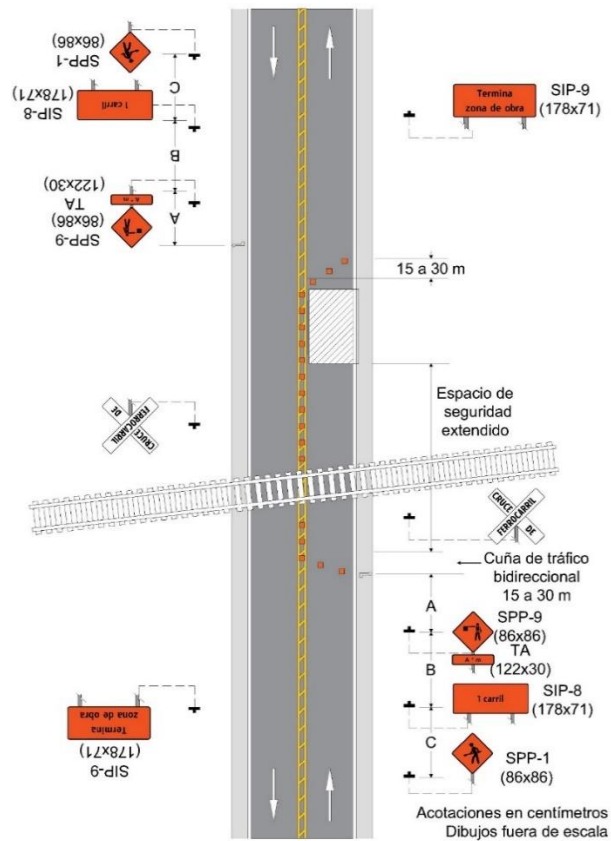


Figura 18 - Obras en la cercanía de un cruce a nivel (Vía con ancho de arroyo vial menor a 9 m). Fuente: NOM-086 (SICT, 2022).

La NOM-086 establece que tan pronto se concluyan los trabajos, cuando sean recibidos por la autoridad competente y se haya deshabilitado la zona de obra, la señalización y dispositivos para protección en zonas de obras debe ser eliminado o retirado, para proceder inmediatamente a reponerlas por las que haya establecido el proyecto ejecutivo.

El alcance del presente trabajo de investigación escolar es el proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control de tránsito permanente. Por lo que será necesario analizar de manera independiente el proyecto de señalización y dispositivos para protección en zonas de obras viales en cruces a nivel de calles y carreteras con vías férreas, cuando se trate de trabajos de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento.



## 8. Caso práctico

Para el presente trabajo se empleó información de los estudios realizados en diciembre de 2022, específicamente de ingeniería de tránsito, y el levantamiento topográfico; al tratarse de información de carácter particular, únicamente se indicaron los resultados de los mismos, los cuales fueron ejecutados por el Concesionario a cargo del cruce a nivel (por temas de privacidad, se hará referencia a él como “Concesionario”). Para complementar características físicas y geométricas del sitio, calificar y clasificar el cruce a nivel, se programaron los recorridos de campo (8 de septiembre de 2023), obteniendo los resultados que se detallaron en los incisos subsecuentes.



Figura 19 - Visita del sitio en estudio.

### 8.1. Ubicación

El cruce a nivel en estudio se localiza sobre el kilómetro 224+400.00 de la línea B México – Nuevo Laredo, la cual interseca con la carretera estatal sin número La Fuente – La Llave en el kilómetro 6+045.00, con clasificación geométrica tipo D; las coordenadas en el sistema UTM son  $X= 392470.00$ ,  $Y= 2266562.00$ , de la zona 14 Q en la localidad “La Vaya”, San Juan del Rio, Querétaro.



Figura 20 – Cruce a nivel en el km 224+450 de la línea B.

## 8.2. Estudios de ingeniería de tránsito

### 8.2.1. Volumen

#### 8.2.1.1. Vehicular

De acuerdo con los estudios realizados por el Concesionario, el volumen y la clasificación vehicular de la carretera fue la indicada en la Tabla 30.

Tabla 30 – Volumen y clasificación vehicular del sitio. (Fuente: En base a los estudios del Concesionario)

Tipo de vehículo	TDPA (Veh/año)	Composición vehicular (%)
A	1672	57.58
B	1148	39.53
C	84	2.89
Total	2904	100.00

#### 8.2.1.2. Ferroviario

Con datos del registro interno del Concesionario, el número de trenes que circulan por el cruce a nivel fue de 15 trenes/día. Actualmente se brinda el servicio público de transporte ferroviario de carga.

### 8.2.1.3. Peatonal

Tanto los estudios proporcionados por el Concesionario, como los recorridos de campo no detectaron volumen peatonal en los cuales los movimientos crucen transversalmente la vía carretera o férrea en la zona de la intersección; se detectó que la afluencia de peatones se concentra en la parada de autobuses localizada dentro del acceso a la localidad La Vaya (ver Figura 21), en donde el transporte público ingresa a ella para después retomar su itinerario a la carretera.

### 8.2.2. Velocidad

Se empleó el método tradicional de medición por cronómetro en un periodo de 11:00 a 13:00 horas en cada sentido de circulación, que consistió en registrar el tiempo de recorrido de los vehículos para una distancia de 20.00 m en cada sentido de circulación y lo más próximo al cruce, localizado estratégicamente donde se permitió la circulación a flujo libre sin dispositivos para el control del tránsito o deficiencias en la superficie de rodamiento que ameritaran la reducción de la velocidad operación; se obtuvieron resultados de 34.44 km/h en dirección a la localidad de La Llave (sur) y 41.55 km/h a La Fuente (norte). En el *Anexo 1. Registros de velocidad*, se adjuntaron los mismos, además del cálculo de los percentiles 85 y 98 por el método de velocidad de punto.



Figura 21 - Localización de estaciones de registro de velocidad de operación.

Como complemento, se realizó un vuelo con *drone* y mediante el software “*Data From Sky*”<sup>12</sup>; se obtuvieron los registros de las zonas adyacentes a los reductores de velocidad, donde se obtuvieron resultados de 18.40 km/h en dirección a la localidad de La Llave (sur) y 26.30 km/h a La Fuente (norte), lo que permitió determinar que éstos aún cumplen con su función, sin embargo, no presentan las características solicitadas por la NOM-034 como se describió en el apartado 8.6.2.

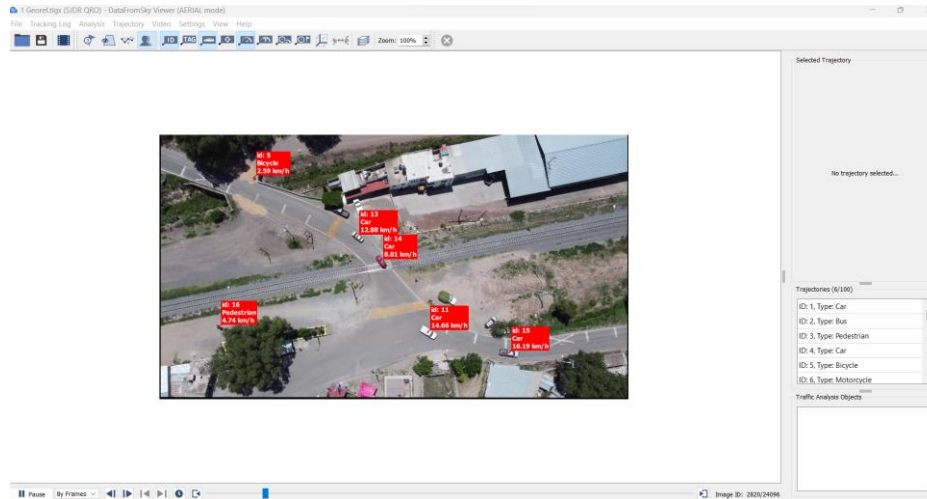


Figura 22 – Registro de velocidades de operación con el software “*Data from sky*”.

### 8.2.3. Siniestralidad

De acuerdo con el registro interno del Concesionario y a la información proporcionada por el mismo (ver inciso 6.2.4), en los últimos 4 años se presentaron 4 siniestros en el cruce a nivel.

## 8.3. Características físicas y geométricas de las vialidades

### 8.3.1. Alineamiento

#### 8.3.1.1. Horizontal

Durante los recorridos de campo se determinó que el cruce a nivel se encuentra libre de obstáculos que impidan la visibilidad en la zona de llegada a él ( ver Figura 20, Figura 23 y Figura 24) en una distancia requerida por la NOM-050 de 75.00 y 15.00 m longitudinal y transversal respectivamente, hacia ambos lados con respecto al eje de la vía férrea (ver Figura 8).

<sup>12</sup> DataFromSky es un software (no libre) y herramienta que ofrece análisis de flujos mediante videos, que permite convertir cualquier transmisión de video en un flujo de información procesable. Para más información ver: <https://datafromsky.com/>





Figura 23 - Vista del cruce a nivel en el km 224+450 de la línea B.



Figura 24 – Vista del cruce a nivel en el km 224+450 de la línea B.

De acuerdo con el levantamiento topográfico proporcionado por el Concesionario, se verificó que el esviaje en el cruce a nivel es de  $59^\circ$  a la izquierda con respecto al eje de la vía férrea.

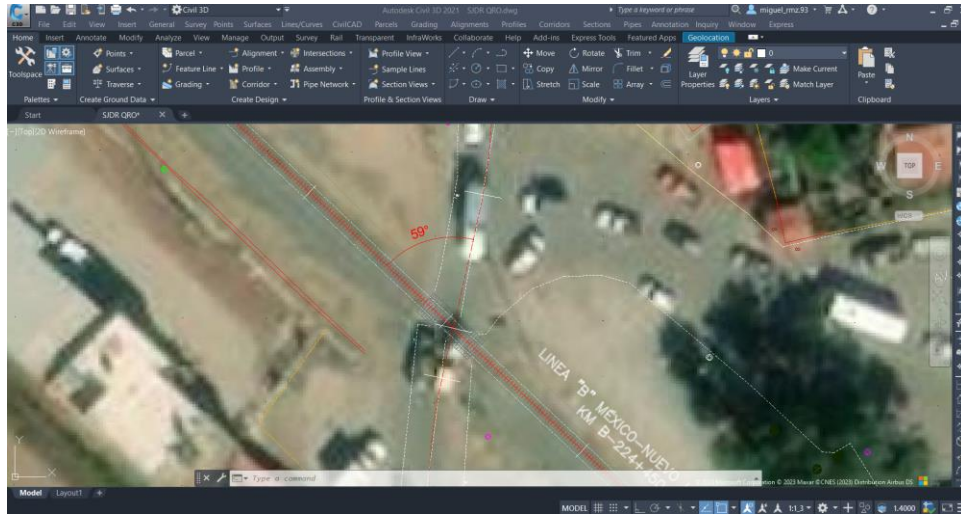


Figura 25 – Angulo de esviaje del cruce a nivel.

### 8.3.1.2. Vertical

Se determinó una pendiente de 0.27 % . en los accesos del cruce a nivel en una distancia de 15.00 m hacia ambos lados a partir del eje de la vía férrea como lo solicita la NOM-050 (Figura 10). Respecto a la diferencia de peralte, el nivel de rasante de la carretera y el hongo del riel se encuentran a nivel como se aprecia en la sección transversal presentada en la Figura 26 y físicamente en la en la Figura 27.

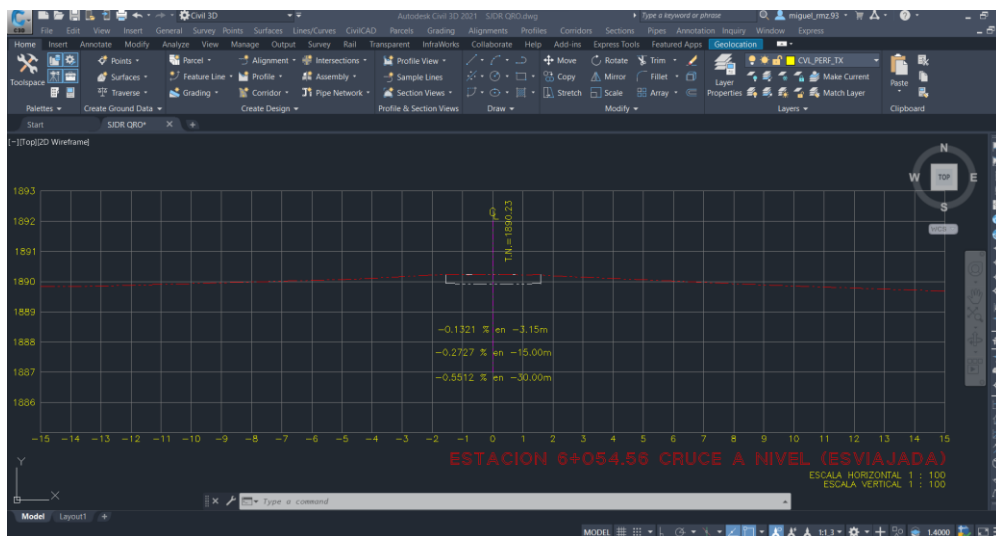


Figura 26 - Sección transversal de la vía.

### 8.3.2. Superficie de rodamiento

Se empleó el formato recomendado en el apartado 6.3.2., respetando las consideraciones mínimas y para este caso se determinó conveniente analizarlas en una distancia de 20.00 m a partir del eje de la vía férrea y hacia ambos de la carretera. Se observaron deterioros de tipo desprendimiento de los agregados en un porcentaje del 10% de la superficie inspeccionada, pulimiento de la carpeta asfáltica en un 25% en zonas puntuales; en términos de la NOM-050 se identificaron deficiencias en menos del 50% del área analizada (ver Tabla 31, Figura 27, Figura 28 y Figura 29).

Tabla 31 – Inventario de deterioros de la superficie de rodamiento del Cruce a nivel. Fuente: Propia.

Fecha	8//9/2023	Nomenclatura (coord,georef,o-d):		Cruce a nivel B-224+000.
<b>Origen carretera:</b>	La Fuente	<b>Destino carretera:</b>	La Llave	
<b>Origen tramo:</b>	-	<b>Destino tramo:</b>	-	
<b>Subtramo inicial:</b>	0+080.00	<b>subtramo final:</b>	0+120.00	
<b>Origen de los datos:</b>	Inventario de deterioros de la superficie de rodamiento de la carretera considerando el cruce a nivel			
<b>Falla o deterioro</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Longitud</b>	<b>Gravedad o severidad estimada</b>	
Rodera	0.00%	Profundidad (mm)	Sin deterioro	
Baches	0.00%	-	Sin deterioro	
Grietas longitudinales	0.00%	Abertura (mm)	Sin deterioro	
Grietas transversales	0.00%	Abertura (mm)	Sin deterioro	
Desprendimiento de agregados*	10.00%	-	Deterioro ligero. En un 10% del área inspeccionada se presentaron zonas puntuales con desprendimiento de agregados, en el remate de la superficie de rodamiento de la carretera y la losa del cruce a nivel.	
Exudación*	0.00%	-	Sin deterioro	
Agrietamiento por fatiga*	0.00%	-	Sin deterioro	

Pulimiento de agregados*	25.00%	-	Deterioro ligero. En un 25 % del área inspeccionada, en zonas muy particulares, se presentó pulimiento de agregados, se apreció el cambio de color de la superficie en ellas.
Hundimientos o asentamientos*	0.00%	Profundidad (mm)	Sin deterioro
Otros	Respecto a la losa de concreto del cruce a nivel, se observó que se encuentra en buen estado, salvo la zona de los bordes en donde en la interacción concreto – metal presentó ligero desprendimiento del agregado.		
Nota:			
* El formato No. 41 NVEDET indicado en el apartado 6.3.2 fue actualizado con los términos de la norma vigente N-CSV-CAR-1-03-008/18 Determinación de los deterioros superficiales de los pavimentos (DET), (SCT, 2018).			



Figura 27 – Estado de la losa de concreto en el cruce a nivel.





Figura 28 – Estado de la superficie de rodamiento (en dirección La Fuente).



Figura 29 - Estado de la superficie de rodamiento (en dirección La Llave).

### 8.3.3. Drenaje y subdrenaje

Con auxilio de las recomendaciones descritas en el apartado 6.4.1.2.2, se determinó que la zona de influencia del cruce a nivel no presentó rastros de un mal sistema de drenaje longitudinal y transversal, que en el caso de una vía férrea, usualmente el defecto más común es del tipo “aguachinado”, que corresponde a un asentamiento por efectos de almacenamiento y/o estancamiento de agua en determinada superficie. No se detectó balasto sedimentado, defecto que

se produce cuando el material presenta saturación excesiva; como se aprecia en la Figura 30, el estado de la subestructura (terracerías-balasto) y superestructura (durmiente-fijación-riel) de la vía férrea se encuentra en buen estado. La carretera tampoco presentó señales de un mal sistema de drenaje, que en caso contrario, reflejaría un nivel de deterioro diferente al indicado en el apartado 8.3.2; para fines de aplicación de la NOM-050 se determinó que se cuenta con un buen sistema de drenaje.

Fuera de la zona de influencia y sin interferencia con el cruce a nivel, se localizó un escurrimiento que es librado por una losa de mampostería con dimensiones de 1.50 x 1.50 m, el cual presentó un estado de azolve como se aprecia en la Figura 31; por lo que a la brevedad es recomendable realizar los trabajos de conservación y mantenimiento de la misma.



Figura 30 – Vista longitudinal de la vía férrea.



Figura 31 – Alcantarilla del tipo losa azolvada, paralela al trazo de la vía férrea.

### 8.3.4. Alumbrado

Se observó que existe una luminaria instalada en la zona del cruce a nivel (Figura 32), sin embargo de acuerdo con los lugareños no se encuentra en operación.



Figura 32 – Vista panorámica del cruce a nivel.

### 8.4. Calificación

Se aplicó la metodología descrita en el apartado 6.4. y considerando el resultado de los estudios expuestos previamente, de la Tabla 32 a la Tabla 36 se presentó el cálculo de la calificación parcial del cruce a nivel para cada elemento y sub elemento, se agruparon en la Tabla 37, y en la Tabla 38 se plasmó el ajuste por siniestralidad y composición vehicular que arrojó un puntaje final de 217.

Tabla 32 – Calificación parcial según el criterio de visibilidad. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación	Observaciones
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia		
Visibilidad	Ángulo de esviaje	0	40	30.00%	0	El ángulo de esviaje resulto de 59°, mayor a 30° solicitado por la NOM-050, en virtud a ello se le asignó la calificación de 0.
	Distancia de visibilidad en cuadrantes	5	30	20.00%	30	Los cuadrantes solicitados por la NOM-050 se encontraron libres de obstáculos, en virtud de



						ello se le asignó la calificación de 5.
	Pendiente longitudinal	0	30	20.00%	0	La pendiente longitudinal en una distancia mínima de 15 m hacia ambos lados con referencia al CL de la vía férrea fue de 0.27 % en términos de la NOM-050, en virtud a ello se le asignó la calificación de 0.

Tabla 33- Calificación parcial según el criterio de la corona de la carretera o calle. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación	Observaciones
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia	Calificación Máxima	
Corona	Superficie de rodadura	3	60	6.67%	12	La superficie de rodamiento resultó con deficiencias en menos del 50% del área en términos de la NOM-050, en virtud a ello se le asignó una calificación de 3. El sistema de drenaje y subdrenaje se encontró en buen estado y en condición satisfactoria en términos de la NOM-050, en virtud a ello se le asignó una calificación de 5.
	Drenaje	5	40	5.00%	10	

Tabla 34 - Calificación parcial según el criterio de la vía férrea. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación	Observaciones
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia	Calificación Máxima	
Vías Férreas	Número de vías férreas	5	60	10.00%	30	El cruce a nivel está compuesto por una vía férrea, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se le asigno una calificación de 5.

Diferencia de peralte	5	40	7.50%	15	No se detectó diferencia de peralte definida por el hongo del riel y la rasante de la vialidad al encontrarse ambas a nivel por el tipo de losa empleada, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se le asignó una calificación de 5.
-----------------------	---	----	-------	----	--

Tabla 35 - Calificación parcial según el criterio de la carretera o calle. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación	Observaciones
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia		
Vialidad	Número de carriles	5	80	30.00%	120	Al tratarse de un camino tipo D, se conforma por una vía de 1 carril por sentido de circulación, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se le asignó una calificación de 5.
	Alumbrado	0	20	10.00%	0	Si bien el cruce a nivel cuenta con sistema de alumbrado, se detectó que éste no se encuentra en funcionamiento, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se le asignó una calificación de 0.

Tabla 36 - Calificación parcial según el criterio del tránsito del cruce a nivel. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación	Observaciones
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia		
Tránsito	Volumen Tránsito Vehicular	3	68.5	35.00%	72	El TDPA de la carretera fue de 2904 veh/día con una composición de 57% de autos, 40% de autobuses y 3% de camiones, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se le asigna una calificación de 3.
	Volumen Tránsito Ferroviario	3	31.5	35.00%	33	El volumen de la vía férrea en promedio fue de 15 trenes/día, en términos de la NOM-050 y en virtud a

ello se le asignó una calificación de 3.

Tabla 37 - Calificación parcial del cruce a nivel. Fuente: Propia.

Elemento	Subelemento	Calificación y ponderación máxima			Evaluación
		Calificación (Máximo 5)	Valor relativo	Influencia	Calificación Máxima
Visibilidad	Ángulo de esviaje	0	40	30.00%	0
	Distancia de visibilidad en cuadrantes	5	30	20.00%	30
	Pendiente longitudinal	0	30	20.00%	0
Corona	Superficie de rodadura	3	60	6.67%	12
	Drenaje	5	40	5.00%	10
Vías Férreas	Número de vías férreas	5	60	10.00%	30
	Diferencia de peralte	5	40	7.50%	15
Vialidad	Número de carriles	5	80	30.00%	120
	Alumbrado	0	20	10.00%	0
Tránsito	Volumen Tránsito Vehicular	3	68.5	35.00%	72
	Volumen Tránsito Ferroviario	3	31.5	35.00%	33
<b>Calificación final (Sumatoria)</b>					<b>322</b>

Tabla 38 – Ajuste y determinación de la calificación final del cruce a nivel.

<b>Parámetro</b>	<b>Calificación</b>	<b>Observaciones</b>
Calificación parcial (Sumatoria)	<b>322</b>	-
Penalización por siniestros	<b>30</b>	En los últimos 4 años se presentaron 4 siniestros, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se restaron 30 puntos a la calificación final.
Penalización por tipo composición vehicular / tipo de transporte	<b>75</b>	Se presta el servicio de transporte ferroviario de carga, sin embargo, la carretera cuenta con un porcentaje en su composición vehicular de autobuses que ofrecen el servicio público de transporte de pasajeros de la comunidad, para ello se tomará éste último como criterio más desfavorable, en términos de la NOM-050 y en virtud a ello se restaron 75 puntos a la calificación final.
Calificación final	<b>217</b>	-
Clasificación del cruce a nivel (A= hasta 250, B=251 a 350, C= 351 a 500)	<b>Tipo A</b>	-
Separación de niveles (Para calificaciones menores a 150)	<b>No</b>	-
<b>Conclusión:</b> El cruce a nivel resultó con una calificación de 217 puntos, lo cual lo clasificó como un cruce a nivel del tipo A según la NOM-050. En virtud de ello se determinó la necesidad de emplear un semáforo del tipo SEM 4.6 A además de la señalización y dispositivos para el control del tránsito correspondientes.		

### 8.5. Clasificación del cruce a nivel

En términos de lo indicado en el apartado 6.4.2 se determinó:

1. La calificación resultó de 217 puntos, ante ello, el cruce a nivel se clasificó de tipo A de acuerdo con la NOM-050; se determinó la necesidad de emplear un semáforo tipo SEM 4.6-A y la señalización y dispositivos para el control del tránsito correspondientes.
2. Producto que la calificación fue mayor a 150 puntos, se concluyó que es no necesaria la separación de niveles de la carretera y la vía férrea mediante un paso superior o inferior vehicular/ferroviario.

## 8.6. Proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito

### 8.6.1. Inventario de señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes

En base a los recorridos de campo, se realizó el inventario de la señalización y dispositivos para el control del tránsito de la zona de influencia del cruce a nivel, considerada de 751.00 m como se expuso en el apartado 6.3.1, mismo que se plasmó en el plano denominado “Planta de señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes (PTA-SDCT-E-01)” disponible en formato .dwg en los anexos digitales del presente trabajo, ver Figura 33.

Tabla 39 – Inventario de señalización vertical existente. Fuente: Propia.

Clave	Dimensiones	Descripción	Cantidad	Unidad	Ubicación
SP-6.	71 x 71	Curva.	1	Pieza	Est. 5+950.20. Der.
SII-15.	30 x 76	Kilometraje sin ruta	1	Pieza	Est. 6+000.00. Der.
S/C	71x71	Reductor	1	Pieza	Est. 6+035.00. Der.
SIR +	156 x 30	Cruce de Ferrocarril.	1		
SR-6	30 x lado	Alto	1	Pieza	Est. 6+044.30. Der.
S/C	71 x 150	Uso obligatorio del cinturón de seguridad	1	Pieza	Est. 6+123.49. Der.
SR-14	86 x 86	Doble circulación	1	Pieza	Est. 6+129.80 Der.
SII-15.	30 x 76	Kilometraje sin ruta	1	Pieza	Est. 6+000.00. Izq.
S/C	86 x 150	Cuidado con el tren	1	Pieza	Est. 6+053.86 Izq.
SIR +	156 x 30	Cruce de Ferrocarril.	1		
SR-6	30 x lado	Alto	1	Pieza	Est. 6+062.53. Izq.
S/C	86 x 150	Cuidado con el tren	1	Pieza	Est. 6+078.36 Izq.
OD-5	30 x 122	Indicador de obstáculo	1	Pieza	Est. 6+124.25 Izq.
S/C	120 x 244	Cuida tu vida	1	Pieza	Est. 6+127.73 Izq.
SR-9	71 x 71	Velocidad	1	Pieza	Est. 6+181.22 Izq.
SIG	178 x 56	Tramo a cargo	1	Pieza	Est. 6+194.09 Izq.

Tabla 40 – Inventario de señalización horizontal existente. Fuente: Propia.

Clave	Cantidad	Unidad	Ubicación
M-1.1. Raya continua sencilla.	407.00	m	De Est. 5+840.00 a la Est. 6+053.00. De Est. 6+056.00 a la Est. 6+250.00.



M-3.1. Raya en la orilla derecha, continua.	840.00	m	De Est. 5+840.00 a la Est. 6+051.00. Der. De Est. 6+054.00 a la Est. 6+250.00. Der. De Est. 5+840.00 a la Est. 6+024.00. Izq. De Est. 6+058.00 a la Est. 6+250.00. Izq. 57.00 m en el acceso por Av. Gral. Álvaro Obregón. Izq.
M-8. Marcas para cruce de ferrocarril	42.60	m	21.30 m en la Est. 5+990.00. Der. 21.30 m en la Est. 6+115.00. Izq. 3.00 m en la Est. 5+947.00. Der. 3.00 m en la Est. 5+956.00. Der. 3.00 m en la Est. 5+964.00. Der. 3.00 m en la Est. 5+973.00. Der. 3.00 m en la Est. 5+982.00. Der. 3.00 m en la Est. 5+998.00. Der. 3.00 m en la Est. 6+007.00. Der. 3.00 m en la Est. 6+017.00. Der.
M-9. Rayas con espaciado logarítmico	54.00	m	3.00 m en la Est. 6+026.00. Der. 3.00 m en la Est. 6+081.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+090.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+099.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+108.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+122.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+130.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+139.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+147.00. Izq. 3.00 m en la Est. 6+155.00. Izq.
M-20. Marcas para identificar reductores de velocidad	378.00	m	280.00 m en la Est. 6+040.00. 98.00 m en la Est. 6+074.00.

Tabla 41 - Inventario de dispositivos diversos existentes. Fuente: Propia.

Clave	Cantidad	Unidad	Ubicación
BT. Botones alertadores.	352.00	Pieza	32 piezas en la Est. 5+956.00. Der. 32 piezas en la Est. 5+973.00. Der. 32 piezas en la Est. 5+998.00. Der. 32 piezas en la Est. 6+007.00. Der. 32 piezas en la Est. 6+017.00. Der. 32 piezas en la Est. 6+026.00. Der. 32 piezas en la Est. 6+090.00. Izq. 32 piezas en la Est. 6+099.00. Izq. 32 piezas en la Est. 6+122.00. Izq. 32 piezas en la Est. 6+130.00. Izq. 32 piezas en la Est. 6+147.00. Izq.



## **8.6.2. Análisis de la señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes**

Los párrafos del presente apartado, se emitieron en referencia y de acuerdo con lo solicitado por la NOM-050, NOM-034 y el Manual de Señalización. Se realizó el análisis<sup>13</sup> que contempló parámetros como forma, tamaño, ubicación, color, altura y estructura de soporte, estado físico, ancho, y materiales, según les aplicó.

Con la finalidad de obtener un sistema de señalización y dispositivos para el control del tránsito armonizado con las actualizaciones de la regulación, se optó por mencionar únicamente aquellos que requerirán atención, en el entendido que si no se señaló alguno en particular, es porque se encontró en concordancia con las mismas.

Considerando las condiciones actuales se concluyó que la infraestructura existente, demanda una actualización en base a un proyecto ejecutivo que satisfaga las condiciones técnicas y operativas actuales, ya que éstas son diferentes a las que en su momento originaron al diseño del sitio. En el apartado 8.6.3.5 se enlistó la señalización y dispositivos para el control del tránsito que se mantuvo y/o sustituyó considerando la convivencia con el proyecto ejecutivo.

### **8.6.2.1. Señalamiento vertical**

#### **8.6.2.1.1. SP-6. Est. 5+950.20. Der.**

Debe corresponder a un tablero con dimensión de 86x86 cm para una carretera con ancho de arroyo vial mayor de 6.50 m, que difiere a la observada de 71x71 cm.

#### **8.6.2.1.2. SII-15. Est. 6+000.00. Der.**

Se apreció que ya no es visible y la leyenda ya no es legible, derivado a un mal estado físico.

#### **8.6.2.1.3. S/C. Est. 6+035.00. Der.**

El pictograma de la presente señal no se encontró en el catálogo de señales preventivas requeridas; se infirió que la actual corresponde a una señal SP-41.

---

<sup>13</sup> Al tratarse de un trabajo escolar, se tuvo como limitante obtener los parámetros como coordenadas cromáticas, los coeficientes de reflexión, que no pudieron analizarse debido al costo de adquisición y/o renta del equipo para ello, razón por la que se omitió del presente análisis.

**8.6.2.1.4. SIR + SR-6. Est. 6+044.30. Der.**

Se observó diferencia en la leyenda requerida “Cruce de Ferrocarril” con la de “Cuidado con el tren” del sitio.

**8.6.2.1.5. S/C. Est. 6+123.49. Der.**

El pictograma y la leyenda “Uso obligatorio del cinturón de seguridad” no se localizó en el catálogo de señales restrictivas; se infirió que la actual corresponde a una señal SR-34.

**8.6.2.1.6. SR-14. Est. 6+129.80 Der.**

No presentó observaciones.

**8.6.2.1.7. SII-15. Est. 6+000.00. Izq.**

Se apreció que la leyenda ya no es legible, derivado a un mal estado físico.

**8.6.2.1.8. S/C. Est. 6+053.86 Izq.**

De acuerdo con el pictograma y la leyenda “Cuidado con el tren”, la presente señal no se encontró en el catálogo de señales informativas de recomendación (SIR).

**8.6.2.1.9. SIR + SR-6. Est. 6+062.53. Izq.**

Se observó que su estado físico no es el adecuado, además que la altura debe estar a dos 2.00 m a partir de la parte inferior del tablero y el nivel del hombro de la carretera, que difiere a la observada de 1.00 m.

**8.6.2.1.10. S/C. Est. 6+078.36 Izq.**

Presenta el mismo caso que la descrita en el apartado 8.6.2.1.8.

**8.6.2.1.11. OD-5. Est. 6+124.25 Izq.**

No presentó observaciones.

**8.6.2.1.12. S/C. Est. 6+127.73 Izq.**

De acuerdo con el pictograma y la leyenda “Cuida tu vida”, la presente señal no se encontró en el catálogo de señales informativas de recomendación (SIR).

**8.6.2.1.13. SR-9. Est. 6+181.22 Izq.**

Los tableros de las señales deben ser 86 x 86 cm, que difiere con la dimensión de 71x71 cm de la señal instalada.

**8.6.2.1.14. SIG-9. Est. 6+194.09 Izq.**

La leyenda ya no es legible, derivado a mal estado físico.

### **8.6.2.2. Señalamiento horizontal**

#### **8.6.2.2.1. M-1.1. Raya continua sencilla.**

Se observó que no es visible zonas puntuales.

#### **8.6.2.2.2. M-3.1. Raya en la orilla derecha, continua.**

Se observó que no es visible zonas puntuales, adicional no se localizó en el lado izquierdo de la estación 6+055.00 hacia el acceso a Av. Gral. Álvaro Obregón.

#### **8.6.2.2.3. M-8. Marcas para cruce de ferrocarril**

En ambos sentidos de circulación, no se observó la marca M-6 “Alto” ni de la zona de vibradores a base de botones complementaria.

#### **8.6.2.2.4. M-9. Rayas con espaciamiento logarítmico**

Se observó una mala ubicación y configuración en ella, ya que su inició se encontró por delante de las marcas M-8 en el sentido de circulación del tránsito, que difieren a lo requerido.

#### **8.6.2.2.5. M-20. Marcas para identificar reductores de velocidad**

No se visualizó la dimensión, y la forma requerida a base de rayas diagonales de 60 cm de ancho separadas 60 cm en el caso de carreteras, con una inclinación de 45 grados.

#### **8.6.2.2.6. BT. Botones alertadores.**

No se localizaron en el interior de los 60 cm definidos de las rayas M-9, en zonas particulares no se cuenta con ellos.

### **8.6.3. Propuesta de Señalización y Dispositivos de seguridad**

Se partió de los resultados del estudio de tránsito expuesto en el numeral 8.2 donde la velocidad de operación fue de 34.44 km/h en dirección a la localidad de La Llave (sur) y 41.55 km/h en dirección hacia la localidad de La Fuente (norte). Se seleccionó el sistema de control de velocidad requerido indicado en el apartado 7.5; en ese sentido, se optó por emplear el de 50 km/h (ver Figura 35), para cubrir el intervalo superior (41.55 km/h) de la velocidad de operación del sitio. Los planos que integraron el proyecto ejecutivo y que se encuentran en los anexos digitales del presente trabajo, y fueron:

1. Planta de señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes (PTA-SDCT-E-01)

2. Planta de señalización y dispositivos para el control del tránsito de proyecto (PTA-SDCT-P-01)
3. Planta de señalización vertical de proyecto (PTA-SV-P-01)
4. Planta de señalización horizontal de proyecto (PTA-SH-P-01)
5. Planta de dispositivos para el control del tránsito de proyecto (PTA-DCT-P-01)

Se consideró el contenido mínimo del proyecto ejecutivo descrito en el apartado 7.1, y en base a ello se enlistó el resumen y cantidades de señalización vertical, horizontal, dispositivos diversos y semáforos requeridos para el proyecto ejecutivo, en términos de la NOM-050, NOM-034 y el Manual de Señalización Vial.



### 8.6.3.1. Señalización horizontal

La clasificación, clave, color, dimensiones, ubicación y cantidad del señalamiento horizontal se indicaron en la Tabla 42 y Tabla 43, bajo lo siguiente:

- Se observó que los colores deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas de la tabla 2 de la NOM-034, con los coeficientes mínimos de reflexión que en la misma se indican (ver Figura 36).
- El ancho se seleccionó para una carretera con un carril por sentido de circulación con un ancho de corona de 7.00 m.
- Las marcas M-4.2, se propusieron para el acceso con dirección al ejido de la localidad.
- Por cuestiones del alineamiento horizontal, se realizó un ajuste al sistema de control de velocidades en las marcas M-8 en dirección hacia La Fuente, en la cual, en la condición original, el inicio de las mismas se ubicaría en la estación 6+024.54, misma que se localiza dentro de la curva horizontal del trazo de la carretera; ante ello, se optó por recorrer dicha marca en una distancia de 27.22 m, es decir su inicio en la estación 5+997.32 localizada en tangente, con la finalidad de no alterar o deformar las rayas, símbolos y letras “FXC” característica de dichas marcas al localizarse en una curva. Ante ello se cumplió con la distancia mínima requerida de 10.00 a partir de las marcas M-20 indicadas por el Manual de Señalización, que resultaron de 37.32 m producto del ajuste.
- El detalle de las marcas se añadió en el *Anexo 2. Detalles y especificaciones particulares para la señalización y dispositivos para el control del tránsito empleados* para el caso práctico, en específico para las marcas M-8 (Figura 37 y Figura 38); leyenda de “Alto” complementaria a las marcas M-6 (Figura 39); Marcas M-9 (Figura 40 y Figura 41).

Tabla 42 - Cantidades de señalización horizontal, en dirección a la Fuente. Fuente propia.

Clave	Color	Dimensiones	De	A	Cantidad	Unidad	Descripción
M-1.1	Amarillo	10 cm	5+689.17	6+044.04	354.87	m	Raya continua sencilla
M-3.1	Blanco	10 cm	5+689.17	6+044.04	354.87	m	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.3	Blanco	10 cm	5+689.17	6+024.23	335.06	m	Raya en la orilla izquierda, continua
M-4.2	Blanco	10 cm	6+024.23	6+053.47	29.24	m	Raya para trayectorias dentro de una



Clave	Color	Dimensiones	De	A	Cantidad	Unidad	Descripción
M-9	Blanco	60 cm	5+809.17	5+901.12	91.95	m	intersección. Lado izquierdo. Rayas con espaciado logarítmico
M-8	Blanco	Variable	5+981.12	5+997.32	16.20	m	Marcas para cruce de ferrocarril
M-20	Negro/Amarillo	Variable	6+034.54	6+039.04	4.50	m	Marcas para identificar reductores de velocidad
M-6	Blanco	60 cm	6+044.04	6+044.64	0.60	m	Raya de alto

Tabla 43 - Cantidades de señalización horizontal, en dirección a la Llave. Fuente propia.

Clave	Color	Dimensiones	De	A	Cantidad	Unidad	Descripción
M-1.1	Amarillo	10 cm	6+066.91	6+395.16	328.25	m	Raya continua sencilla
M-3.1	Blanco	10 cm	6+090.98	6+395.16	304.18	m	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.3	Blanco	10 cm	6+066.91	6+395.16	328.25	m	Raya en la orilla izquierda, continua
M-4.2	Blanco	10 cm	6+055.27	6+090.98	35.71	m	Raya para trayectorias dentro de una intersección. Lado derecho.
M-6	Blanco	60 cm	6+066.91	6+067.51	0.60	m	Raya de alto
M-20	Negro/Amarillo	Variable	6+072.51	6+077.01	4.50	m	Marcas para identificar reductores de velocidad
M-8	Blanco	Variable	6+087.01	6+103.21	16.20	m	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Blanco	60 cm	6+183.21	6+275.16	91.95	m	Rayas con espaciado logarítmico

### 8.6.3.2. Señalización vertical

La clasificación, clave, dimensiones, ubicación, cantidad de la señalización horizontal se indicó en la Tabla 44 y Tabla 45 para los lados derecho e izquierdo con respecto al incremento del cadenamiento, bajo lo siguiente:

- Se observó que los colores deben estar dentro del área de las coordenadas cromáticas de tabla 16 de la NOM-034, así como las películas reflejantes deben tener los coeficientes mínimos de reflexión inicial indicados en la tabla 17 de la misma regulación (ver Figura 43 y Figura 44).
- Las dimensiones de los tableros y tableros adicionales se seleccionaron considerando una carretera con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional para el rebase con un ancho de arroyo vial mayor de 6.50 m.

- Señales preventivas:
  - a) La ubicación longitudinal se determinó en función del sistema de control de velocidades (Figura 35), además que la distancia lateral y altura de las señales preventivas estarán en función de la sección geométrica en donde ésta se instale (Figura 48).
- Señales restrictivas:
  - a) Se observó que la ubicación longitudinal será en la zona de inicio de la restricción y localizada de acuerdo con el sistema de control de velocidad (ver Figura 35), y que la distancia lateral y altura de las señales restrictivas estarán en función de la sección geométrica en donde ésta se localice (ver Figura 53).
  - b) Se consideró que las dimensiones para la señal SR-6 Alto serán de 30 cm por lado (Figura 50).
- Señales informativas.
  - a) De identificación - de kilometraje. Se determinó que la ubicación longitudinal será en la zona de identificación, además que la distancia lateral y altura de las señales informativas estarán en función de la sección geométrica en donde esté situada (Figura 54 y Figura 55).
  - b) De recomendación “Cruce de ferrocarril”. Se dispuso que la ubicación longitudinal será en la zona de recomendación; que respecto a la forma y dimensiones serán como se ilustró en la Figura 56 y Figura 57 y que las distancias laterales y altura mínimas serán de 60 cm a partir del hombro del camino y de 2.00 m en el caso de carreteras respectivamente. No requirió tablero adicional al tratarse de 1 sola vía férrea.
  - c) De recomendación “Reductor de velocidad”. Se observó que la ubicación longitudinal será en la zona de recomendación, además que de acuerdo con el Manual de Señalización, la longitud de la leyenda será la que defina la longitud del tablero, considerando las dimensiones comerciales en el mercado actual, con un alto de 40 cm (ver Figura 58).

Tabla 44 - Resumen de señalización vertical, en dirección a La Fuente. Fuente: Propia.

Clave	Dimensiones (cm)	Descripción	Cantidad	Unidad	Ubicación
SP-35	86 x 86; T.A. 122 x 30	Cruce con Vía Férrea	1	Pieza	5+776.12

Clave	Dimensiones (cm)	Descripción	Cantidad	Unidad	Ubicación
SP-41	86 x 86; T.A. 122 x 30	Reductor de velocidad	1	Pieza	5+861.12
SR-9	86 x 86	Velocidad Permitida (30 km/h)	1	Pieza	5+946.12
SIR	Variable	Reductor de velocidad	1	Pieza	6+034.54
SIR-9	156.79 x 30 C/U	Cruce de Ferrocarril	1	Pieza	6+044.04
SR-6	30 x lado	Alto	1	Pieza	

Tabla 45 - Resumen de señalización vertical, en dirección a La Llave. Fuente: Propia.

Resumen de señalamiento vertical, lado izquierdo					
Clave	Dimensiones (cm)	Descripción	Cantidad	Unidad	Ubicación
SIR-9	156.79 x 30 C/U	Cruce de Ferrocarril	1	Pieza	6+067.51
SR-6	30 x lado	Alto	1	Pieza	
SIR	Variable	Reductor de velocidad	1	Pieza	6+077.01
SR-9	86 x 86	Velocidad Permitida (30 km/h)	1	Pieza	6+138.21
SP-41	86 x 86; T.A. 122 x 30	Reductor de velocidad	1	Pieza	6+223.21
SP-35	86 x 86; T.A. 122 x 30	Cruce con Vía Férrea	1	Pieza	6+308.21

### 8.6.3.3. Dispositivos diversos

La clave, color, dimensiones, ubicación y cantidad de botones alertadores (BT) se indicaron en la Tabla 46 y Tabla 47, se consideró una forma semiesférica y de color aluminio, una superficie de contacto a no más de 100 cm<sup>2</sup> y no sobresalir del pavimento más 2 cm (Figura 60 y Figura 61).

Tabla 46 – Resumen de dispositivos diversos, en dirección La Fuente. Fuente: Propia.

Clave	Color	Dimensiones (cm)	De	A	Cantidad	Unidad	Descripción
BT	Aluminio	0.1	5+809.17	5+901.12	221.00	Pieza	Botones alertadores. En marcas M-9.
	Aluminio	0.1	5+946.12	5+954.22	270.00	Pieza	Botones alertadores. En zona de vibradores

Tabla 47 - Resumen de dispositivos diversos, en dirección La Llave. Fuente: Propia

Clave	Color	Dimensiones (cm)	De	A	Cantidad	Unidad	Descripción
BT	Aluminio	0.1	6+130.11	6+138.21	270.00	Pieza	Botones alertadores. En zona de vibradores
	Aluminio	0.1	6+183.21	6+275.16	221.00	Pieza	Botones alertadores. En marcas M-9.

#### 8.6.3.4. Semáforos

La clasificación, clave, ubicación, cantidad de semáforos se indica en la Tabla 48, en la que se consideró lo siguiente:

- Se determinó que la forma debe ser de sección trapezoidal, con un ancho mínimo de 30 cm en la base mayor y 15 cm en la base menor de manera que permitan la instalación de luces y franjas diagonales reflejantes (ver Figura 63).
- Se observó que la ubicación lateral debe ser como mínimo de 60 cm respecto al hombro, y longitudinalmente cumplir como mínimo 5.00 m con respecto al riel más próximo en términos de la NOM-050, ya que Manual de Señalización indica mínimo 3.00 m (Ver Figura 64), por lo que para el presente rigió lo indicado en la NOM.
- Se apreció que el color, unidades de destello, luminarias, dispositivo audible, mecanismo de control y funcionamiento, deberán cumplir lo indicado en el apartado 7.6 (Tabla 27) según la NOM-050.

Tabla 48 – Resumen de semáforos. Fuente: propia.

Clave	Descripción	Cantidad	Unidad	Ubicación
SEM 4-6	Semáforos de aproximación de equipo ferroviario	1	Pieza	6+047.14
SEM 4-6	Semáforos de aproximación de equipo ferroviario	1	Pieza	6+064.41

#### 8.6.3.5. Armonización con la señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes

El análisis realizado en el apartado 8.6.2, permitió determinar las condiciones actuales de la señalización y dispositivos para el control del tránsito existentes, por lo que para que el proyecto ejecutivo propuesto presente una armonización con ellos, se recomienda lo siguiente:

- SR-14. Ubicada en el km 6+129.80 a la derecha, puede permanecer puesto que no presentó observaciones.
- OD-5. Situada en el km 16+124.25 a la izquierda, presentó la misma situación que la previamente descrita.
- SII-15 “Kilometraje sin ruta”. Referente a las localizadas en el kilómetro 6+000.00 en ambos sentidos de circulación, se determinó que pueden permanecer al ser necesarias,

sin embargo, requieren sustitución por una del mismo tipo debido a su grado de deterioro.

- La señalización y dispositivos para el control del tránsito restantes, requirieron de sustitución por lo considerado en la propuesta del proyecto ejecutivo.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

1. A partir diagnóstico de la seguridad operativa realizado en el apartado 5.2.5, se identificó que en cruces a nivel se concentra el 56% de los siniestros en el sistema ferroviario mexicano, el 44% corresponde a otros tipos como los relacionados al equipo ferroviario, infraestructura y operación; muerte, lesión y otros, y materiales o residuos peligrosos. Para el grupo I en particular, el arrollamiento de vehículo representó el 96%, y el impacto a tren el 4% de su totalidad.
2. Se cumplieron los objetivos propuestos en el capítulo 1, dado que se recomendaron las especificaciones técnicas considerando a la regulación vigente en México para realizar los estudios que determinaron las características de físicas y operación de la zona de influencia del sitio en estudio (descritas en los apartados 6.1 y 6.3), éstas concordaron sin contradecir lo regulado por la NOM-050, lo que permitió obtener una clasificación tipo A para el cruce a nivel del km 224+400.00 de la línea México – Nuevo Laredo.
3. En lo que competió al proyecto ejecutivo de señalización y dispositivos para el control del tránsito, se infirió que las actualizaciones de la NOM-034 y el Manual de Señalización bajo una correcta interpretación y aplicación, brindan los mecanismos y herramientas necesarias para que los proyectos cuenten con una infraestructura que permita el tránsito de peatones, vehículos y el equipo ferroviario de manera eficiente y con miras a contribuir a la seguridad vial en cruces a nivel. En ese contexto, es importante que el sector cuente con el conocimiento de la legislación vigente, para que con ello planifiquen y ejecuten proyectos ejecutivos que cuenten con una solución técnica adecuada bajo la demanda solicitada, que coadyuve a la disminución de siniestros.

Para ellas, resalta contemplar también que producto de la transición del marco normativo con respecto a las versiones anteriores, se observaron modificaciones en algunas especificaciones, por lo que deben ser consideradas por todas las partes involucradas; esto también, daría las pautas para que trabajos como éste puedan analizar particularmente dichas actualizaciones y determinar los impactos correspondientes.

4. En el mismo orden de ideas, mediante el desarrollo y análisis del caso práctico del capítulo 8 se demostró que cada proyecto es específico, lo cual conlleva a modificaciones a criterio

del proyectista, previa aprobación de la autoridad competente, tal como lo citan las regulaciones empleadas; en ese sentido, las propuestas de solución no pueden replicarse aun si se trata de infraestructura similar. Para el cruce a nivel del km 224+400.00 se expuso que las condiciones del alineamiento, implicaron realizar un ajuste al sistema de control de velocidad con la finalidad de no alterar las especificaciones indicadas por las marcas M-8 que demandaban su colocación dentro de una curva horizontal, la cual se reubicó hacia la tangente más próxima, en la que se respetó la distancia mínima respecto a las marcas M-6 y M-9.

5. La propuesta de solución para el cruce a nivel del km 224+400, será la técnicamente adecuada considerando lo siguiente:

- I. Calificación.

Dentro de los elementos de análisis de la NOM-050, se observó que con la intervención de trabajos de conservación, con miras a reducir la peligrosidad, se puede atender la pendiente longitudinal (15.00 m a partir del eje de la vía férrea hacia ambos lados), la superficie de rodamiento, el drenaje, la diferencia de peralte y el alumbrado. El resto, como por ejemplo, el ángulo de esviaje, implicaría una rectificación de trazo que a corto y mediano plazo se observa difícil. La calificación obtenida por el número de carriles y número de vías férreas no se alterará hasta no modificar la geometría original.

También se determinó que existiría un aumento a la misma, si el TDPA sobrepasa los 3000 veh/día como lo señala la NOM-050; mismo caso si el volumen ferroviario supera los 20 trenes al día. Sin embargo, aún se mantendría la clasificación tipo A al no existir otra categoría de mayor peligro. Lo anterior, no implica que los encargados del cruce a nivel no realicen las acciones de monitoreo continuo del mismo.

- II. Sistema de control de velocidad.

El sistema de control de velocidad seleccionado fue de 50 km/h, esto quiere decir que la señalización y dispositivos para el control del tránsito propuestos como solución técnica, serán los adecuados siempre y cuando la velocidad de operación no sobrepase este límite, al igual que el numeral anterior, se deben realizar las acciones de monitoreo constante.

## 9.2. Recomendaciones

1. Adicional al impulso que se realiza en materia de seguridad vial en cruces a nivel en México, es importante promover e incrementar las acciones de investigación del tema; partiendo del diagnóstico del apartado 5.2.4, el sistema ferroviario mexicano cuenta con el 62% de cruces regulares en la red y el 38% se encuentra en una situación irregular ante la SICT, se infirió que presentan un incumplimiento en términos de la regulación aplicable, y que existe una demanda por solventar dicha situación. Por lo que se observó como viable que trabajos como la propuesta de regularización realizada por (Bonilla Chávez, 2020) (ver inciso 5.1.1), y la expuesta en el presente trabajo, puedan servir como antecedente y referencia a líneas de investigación que permitan aplicar las prácticas recomendadas en materia de seguridad vial, pública y operativa como se hace en otros modos de transporte. En el mismo orden de ideas, también se identificó que en nuestro país y producto de la emisión de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, se realizan “Auditorías de Seguridad Vial” a infraestructura específica como rampas de frenado y áreas de servicio, intersecciones, retornos, túneles, puentes, entre otras, ante ello los cruces a nivel no se excluyen de aplicar dicha metodología, y son una ventana de oportunidad para su fomento.
2. Por último, es necesario considerar el auge que conllevó el ferrocarril en México de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, principalmente de pasajeros (sin excluir carga); si bien los proyectos en puerta y aún en construcción no consideran cruces a nivel por el momento, se observó en el apartado 5.2.4.2 la presencia de éste tipo de infraestructura en el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros. En ese sentido, si bien la NOM-050 contempla una condenación por el “tránsito de transporte público y especial de pasajeros” en sus criterios de calificación, existen recomendaciones internacionales que se podrían implementar como las descritas brevemente en el apartado 5.4.1; un ejemplo de ello son los sistemas inteligentes de transporte (*intelligent transportation system*) en los cruces a nivel, lo anterior, previo a un análisis de factibilidad técnica y económica que justifique la viabilidad de su empleo.



## 10. Anexos

### 10.1. Anexo 1. Registros de velocidad de operación

#### 10.1.1. En dirección La Llave

##### 1.- Distribucion de frecuencias o arreglo tabular de datos

Distribucion de velocidades de punto			
Velocid	N°	Velocidad	N°
16	1	44	0
17	1	45	0
18	0	46	0
19	0	47	0
20	1	48	0
21	1	49	0
22	3	50	0
23	3	51	0
24	4	52	0
25	6	53	0
26	6	54	0
27	4	55	0
28	7	56	0
29	3	57	0
30	3	58	0
31	4	59	0
32	1	60	0
33	6	61	0
34	1	62	0
35	3	63	0
36	3	64	0
37	0	65	0
38	1	66	0
39	0	67	0
40	0	68	0
41	0	69	0
42	0	70	0
43	0		

**1.1 Amplitud total**  
 Medicion mas grande: 38 km/h  
 Medicion mas pequeña: 16 km/h  
 Diferencia algebraica: 22 km/h

**1.2 N° de intervalos de clase** De tabla 9.5 ó k 6.91  
 N 7

**1.3 Ancho de intervalo de clase**  
 A 3.14 km/h  
 Redondeado 4 km/h

Muestra  
 n 62 veh

1		2		3		4		5		6		7		8	
Intervalos de clase		Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		(2) ^2	(2*3)	(3*6)	(2) ^2	fi*Vi	fi*Vi^2	Vi^2	fi*Vi	fi*Vi^2
Grupos de			Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa									
(km/h)		Vi (km/h)	fi (km/h)	(fi/n)100 %	f i a	(f i a/n)100 %	Vi^2	fi*Vi	fi*Vi^2	Vi^2	fi*Vi	fi*Vi^2	Vi^2	fi*Vi	fi*Vi^2
13	16.99	15	1	1.61	1	1.61	225	15	225	225	15	225	225	15	225
17	20.99	19	2	3.23	3	4.84	361	38	722	361	38	722	361	38	722
21	24.99	50	11	17.74	14	22.58	2500	550	27500	2500	550	27500	2500	550	27500
25	28.99	27	23	37.10	37	59.68	729	621	16761	729	621	16761	729	621	16761
29	32.99	31	11	17.74	48	77.42	961	341	10568	961	341	10568	961	341	10568
33	36.99	35	13	20.97	61	98.39	1225	455	15920	1225	455	15920	1225	455	15920
37	40.99	39	1	1.61	62	100.00	1521	39	1521	1521	39	1521	1521	39	1521
Σ			62.00	100.00				2059	73216						

### 3.- Valores representativos

#### 3.1 Velocidad media $\bar{d}$ km/h

$$V_t = 33.2 \text{ km/h}$$

#### 3.2 Desviación estandar km/h

$$\begin{aligned} \frac{(\sum f_i V_i)^2}{n} &= 4238431 \text{ veh} \\ \frac{\sum (f_i * V_i^2)}{n-1} &= 73216 \\ \frac{((\sum f_i V_i)^2 / n)}{n-1} &= 68362 \\ S &= 8.92 \text{ km/h} \end{aligned}$$

#### 3.3 Error estándar de la media

$$E = 1.133 \text{ km/h}$$

#### 3.4 Tamaño apropiado de la muestra

Valores empíricos recomendados

$$S = 8.92 \text{ km/h}$$

e

2.00

$$\text{Confiabilidad} = 90.00 \%$$

$$K = 1.64$$

$$n = 54 \text{ Por lo tanto la muestra es adecuada}$$

### 4.- Uso de Percentiles

$$P_{15} = 23.28 \text{ km/h}$$

$$P_{50} = 27.95 \text{ km/h}$$

$$P_{85} = 34.44 \text{ km/h}$$

$$P_{98} = 36.92 \text{ km/h}$$

Ver grafica de frecuencias reativas acumuladas de velocidad de punto

## 10.1.2. En dirección La Fuente

### 1.- Distribucion de frecuencias o arreglo tabular de datos

Distribucion de velocidades de punto			
Velocid	Nº	Velocidad	Nº
18	5	46	2
19	1	47	1
20	1	48	1
21	1	49	0
22	8	50	2
23	5	51	0
24	5	52	0
25	8	53	0
26	4	54	0
27	4	55	0
28	11	56	0
29	10	57	1
30	7	58	0
31	4	59	0
32	7	60	0
33	8	61	0
34	1	62	0
35	7	63	0
36	10	64	0
37	4	65	0
38	2	66	0
39	3	67	0
40	5	68	0
41	8	69	0
42	2	70	0
43	3	71	0
44	1	72	1
45	1	73	0

#### 1.1 Amplitud total

Medicion mas grande:	72 km/h
Medicion mas pequeña:	18 km/h
Diferencia algebraica:	54 km/h

#### 1.2 N° de intervalos de clase

De tabla 9.5 ó

k 8.12

N 10

#### 1.3 Ancho de intervalo de clase

A	5.40 km/h
Redondeado	6 km/h

Muestra

n 144 veh

1		2	3		4		5		6	7	8
Intervalos de clase		Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		(2)^2	(2*3)	(3*6)		
Grupos de			Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa					
(km/h)		Vi (km/h)	fi (km/h)	(fi/n)100 %	f i a	(f i a/n)100 %	Vi^2	fi*Vi	fi*Vi^2		
15	20.99	18	7	4.86	7	4.86	324	126	2267		
21	26.99	24	31	21.53	38	26.39	576	744	17849		
27	32.99	50	43	29.86	81	56.25	2500	2150	107500		
33	38.99	36	32	22.22	113	78.47	1296	1152	41460		
39	44.99	42	22	15.28	135	93.75	1764	924	38799		
45	50.99	48	7	4.86	142	98.61	2304	336	16125		
51	56.99	54	0	0.00	142	98.61	2915	0	0		
57	62.99	60	1	0.69	143	99.31	3599	60	3599		
63	68.99	66	0	0.00	143	99.31	4355	0	0		
69	74.99	72	1	0.69	144	100.00	5183	72	5183		
Σ			144.00	100.00				5563	232782		

### 3.- Valores representativos

#### 3.1 Velocidad media $\bar{d}$ km/h

$$V_t = 38.6 \text{ km/h}$$

#### 3.2 Desviación estandar km/h

$$\begin{aligned} \sum f_i V_i^2 &= 30952477 \\ n &= 144 \quad \text{veh} \\ \sum (f_i * V_i^2) &= 232782 \\ n-1 &= 143 \\ ((\sum f_i V_i^2) / n) &= 214948 \\ S &= 11.17 \quad \text{km/h} \end{aligned}$$

#### 3.3 Error estándar de la media

$$E = 0.931 \text{ km/h}$$

#### 3.4 Tamaño apropiado de la muestra

Valores empíricos recomendados

$$S = 11.17 \quad \text{km/h}$$

$$e = 2.00$$

$$\text{Confiabilidad} = 90.00 \%$$

$$K = 1.64$$

$$n = 84 \text{ Por lo tanto la muestra es adecuada}$$

### 4.- Uso de Percentiles

$$P_{15} = 23.82 \text{ km/h}$$

$$P_{50} = 31.73 \text{ km/h}$$

$$P_{85} = 41.55 \text{ km/h}$$

$$P_{98} = 50.24 \text{ km/h}$$

Ver grafica de frecuencias reativas acumuladas de velocidad de punto

### 10.1.3. Registros de velocidad de operación obtenidos a partir de *Data From SKY*

#### 10.1.3.1. En dirección La Fuente

vehículo	fecha	v (km/h)	vehículo	fecha	v (km/h)
A	8/9/2023	20.8	A	8/9/2023	31.1
A	8/9/2023	16.8	A	8/9/2023	31.6
A	8/9/2023	30.2	A	8/9/2023	14.6
A	8/9/2023	16.4	A	8/9/2023	32.8
A	8/9/2023	40.9	A	8/9/2023	28.9
A	8/9/2023	23.9	A	8/9/2023	43.2
A	8/9/2023	29.4	A	8/9/2023	40.1
A	8/9/2023	32.5	A	8/9/2023	39.0
A	8/9/2023	40.0	A	8/9/2023	39.8
A	8/9/2023	37.7	A	8/9/2023	19.8
A	8/9/2023	32.2	B	8/9/2023	24.3
A	8/9/2023	32.4	B	8/9/2023	19.0
A	8/9/2023	14.0	B	8/9/2023	24.1
A	8/9/2023	10.3	B	8/9/2023	23.8
A	8/9/2023	28.0	B	8/9/2023	20.5
A	8/9/2023	20.6	B	8/9/2023	21.2
A	8/9/2023	24.7	B	8/9/2023	20.4
A	8/9/2023	14.0	B	8/9/2023	17.2
A	8/9/2023	14.9	B	8/9/2023	17.2
A	8/9/2023	14.2	B	8/9/2023	10.3
A	8/9/2023	14.4	B	8/9/2023	4.3
A	8/9/2023	26.7	C	8/9/2023	31.6
A	8/9/2023	40.5	C	8/9/2023	34.1
A	8/9/2023	35.4	C	8/9/2023	27.6
A	8/9/2023	40.1	C	8/9/2023	25.7
A	8/9/2023	26.1	C	8/9/2023	25.0
A	8/9/2023	22.2	C	8/9/2023	28.5
A	8/9/2023	37.0			
A	8/9/2023	34.7			
A	8/9/2023	34.1			

### 10.1.3.2. En dirección La Llave

<b>VEHICULO</b>	<b>FECHA</b>	<b>V (KM/H)</b>
A	8/9/2023	27.6
A	8/9/2023	22.5
A	8/9/2023	27.2
A	8/9/2023	20.3
A	8/9/2023	21.3
A	8/9/2023	23.9
A	8/9/2023	10.5
A	8/9/2023	23.6
A	8/9/2023	11.7
A	8/9/2023	11.4
A	8/9/2023	13.4
A	8/9/2023	25.6
A	8/9/2023	18.3
A	8/9/2023	25.9
A	8/9/2023	8.4
A	8/9/2023	8.4
A	8/9/2023	9.9
B	8/9/2023	8.1
B	8/9/2023	31.7
B	8/9/2023	7.9
B	8/9/2023	8.1
B	8/9/2023	18.2
C	8/9/2023	20.4
C	8/9/2023	37.0

## 10.2. Anexo 2. Detalles y especificaciones particulares para la señalización y dispositivos para el control del tránsito empleados para el caso práctico

### 10.2.1. Sistema de control de velocidad

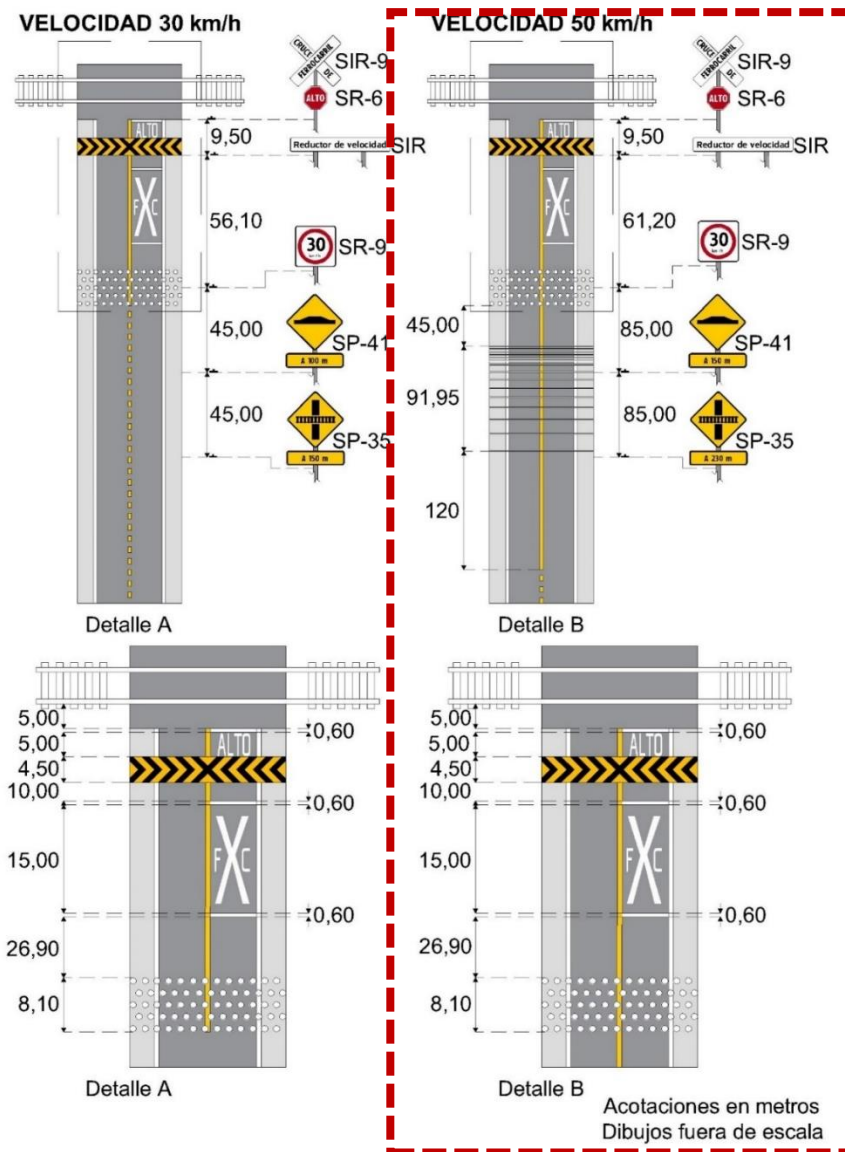


Figura 35 - Sistema de control de velocidad para cruces a nivel, para velocidades de operación o de proyecto de 30 y 50 km/h. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

## 10.2.2. Señalamiento horizontal

TABLA.2 - Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilizan en las marcas para señalización horizontal, y coeficientes mínimos de reflexión

Color	Punto Nº	Coordenadas [1]		Coeficiente mínimo de reflexión (mcd / lx) / m2					
		x	y	Pintura convencional			Pintura termoplástica o pretomado termoplástico		
				Inicial	A 180 días	Vida de proyecto	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto
Blanco	1	0,355	0,355	250	150	100	300	250	150
	2	0,305	0,305						
	3	0,285	0,325						
	4	0,335	0,375						
Amarillo	1	0,550	0,440	200	150	50	250	175	100
	2	0,490	0,510						
	3	0,420	0,440						
	4	0,460	0,400						
Verde	1	0,295	0,495	24	16	8	37	28	17
	2	0,365	0,465						
	3	0,330	0,405						
	4	0,260	0,435						
Azul [2]	1	0,105	0,100	14	9	4	20	13	6
	2	0,220	0,180						
	3	0,200	0,260						
	4	0,060	0,220						
Azul [3]	1	0,130	0,190	14	9	4	20	13	6
	2	0,135	0,300						
	3	0,227	0,300						
	4	0,200	0,180						
Rojo	1	0,480	0,300	35	24	11	51	39	23
	2	0,690	0,315						
	3	0,620	0,380						
	4	0,450	0,350						

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (Comisión Internationale de l'Éclairage, CIE) para determinar el color (1931), medido con una fuente luminosa estandar tipo "D65".

[2] Para uso en carreteras

[3] Para uso en calles

Figura 36 – Coordenadas que definen las áreas para los colores que se utilicen en las marcas para señalización horizontal, y coeficientes mínimos de reflexión. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

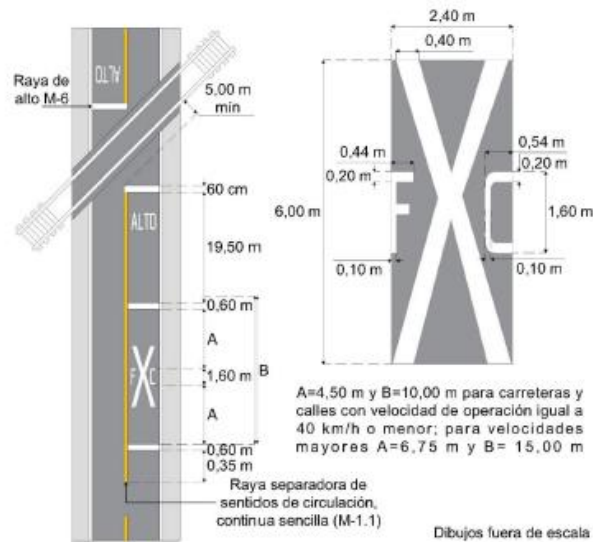
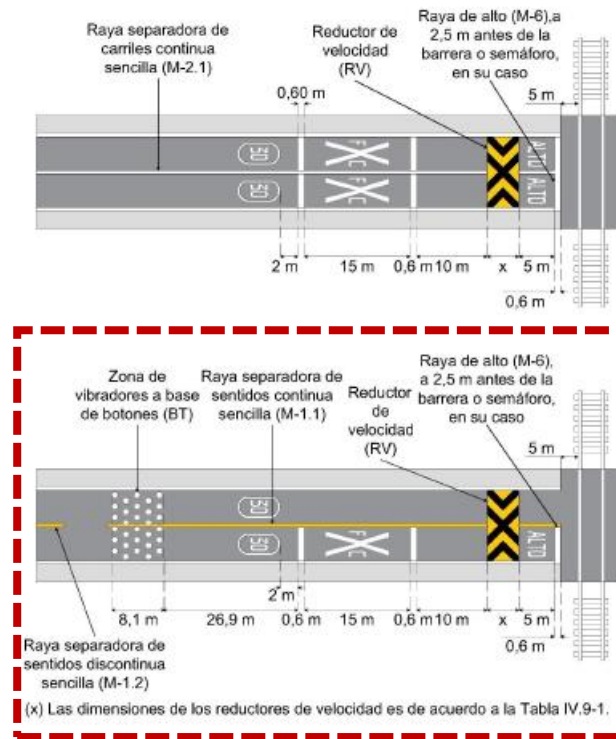


Figura II.2- 19 Marcas para cruce de ferrocarril (M-8)

Figura 37 – Marcas para cruce de ferrocarril (M-8). Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).





Dibujos fuera de escala

Figura II.2- 20 Ubicación de vibradores y reductor de velocidad para cruces de ferrocarril a nivel

Figura 38 – Ubicación de vibradores y reductor de velocidad para cruces de ferrocarril a nivel. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

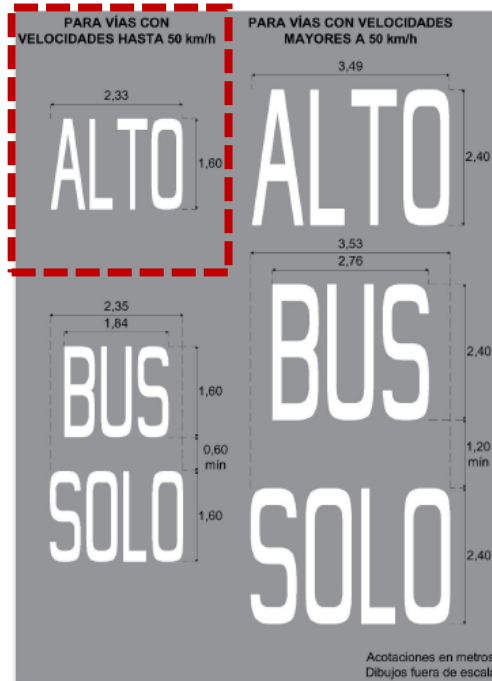


Figura II.2- 32 Leyendas para regular el uso de carriles

Figura 39 - Leyendas para regular el uso de carriles. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

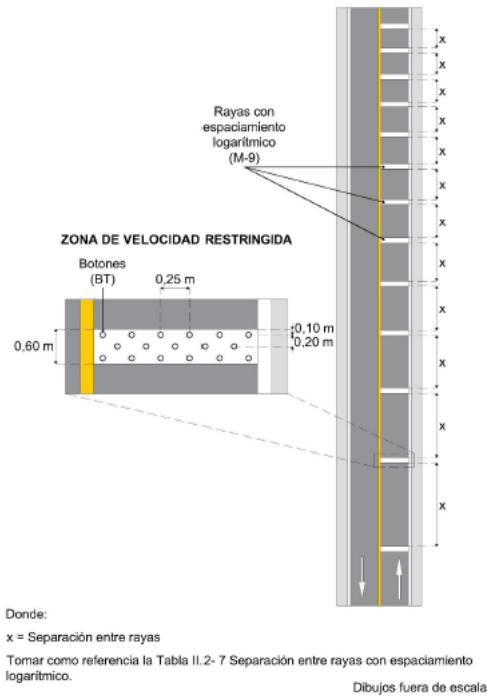


Figura II.2- 22 Rayas con espaciamento logarítmico (M-9)

Figura 40 -Rayas con espaciamento logarítmico (M-9). Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Tabla II.2- 7 Separación entre rayas con espaciamiento logarítmico

Diferencia de velocidades (km/h) / Número de líneas requeridas	Separación entre rayas (m)					
	20 / 13	30 / 20	40 / 28	60 / 32	80 / 38	90 / 44
15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25
11.75	12.85	13.10	13.50	13.70	13.90	14.05
8.55	10.70	11.50	12.05	12.50	12.90	13.05
6.05	9.30	10.25	10.90	11.45	11.85	12.15
4.95	8.25	9.25	10.00	10.60	11.05	11.40
4.10	7.40	8.40	9.20	9.80	10.30	10.70
3.50	6.70	7.70	8.50	9.15	9.70	10.10
3.05	6.10	7.15	7.95	8.60	9.15	9.60
2.65	5.65	6.80	7.60	8.10	8.65	9.10
2.35	5.25	6.50	7.30	7.85	8.40	8.85
2.10	4.85	6.20	7.00	7.55	8.10	8.55
1.90	4.55	5.95	6.75	7.30	7.85	8.30
1.75	4.30	5.75	6.55	7.10	7.65	8.10
1.65	4.05	5.50	6.30	6.85	7.40	7.95
1.55	3.85	5.25	6.00	6.55	7.10	7.65
1.45	3.65	5.00	5.75	6.30	6.85	7.40
1.35	3.45	4.75	5.50	6.05	6.60	7.15
1.25	3.25	4.50	5.25	5.80	6.35	6.90
1.15	3.05	4.25	5.00	5.55	6.10	6.65
1.05	2.85	4.00	4.75	5.30	5.85	6.40
0.95	2.65	3.75	4.50	5.05	5.60	6.15
0.85	2.45	3.50	4.25	4.80	5.35	5.90
0.75	2.25	3.25	4.00	4.55	5.10	5.65
0.65	2.05	3.00	3.75	4.30	4.85	5.40
0.55	1.85	2.75	3.50	4.05	4.60	5.15
0.45	1.65	2.50	3.25	3.80	4.35	4.90
0.35	1.45	2.25	3.00	3.55	4.10	4.65
0.25	1.25	2.00	2.75	3.30	3.85	4.40
0.15	1.05	1.75	2.50	3.05	3.60	4.15
0.05	0.85	1.50	2.25	2.80	3.35	3.90
0.00	0.65	1.25	2.00	2.55	3.10	3.65
0.00	0.45	1.00	1.75	2.30	2.85	3.40
0.00	0.25	0.75	1.50	2.05	2.60	3.15
0.00	0.05	0.50	1.25	1.80	2.35	2.90
0.00	0.00	0.25	1.00	1.55	2.10	2.65
0.00	0.00	0.00	0.75	1.30	1.85	2.40
0.00	0.00	0.00	0.50	1.05	1.60	2.15
0.00	0.00	0.00	0.25	0.80	1.35	1.90
0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	1.10	1.65
0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.85	1.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.60	1.15
Σ1	84.16	122.30	168.40	184.40	201.26	206.96
Σ2	81.66	124.90	174.00	213.80	264.06	292.76

Σ1 = Longitud de espaciamiento  
Σ2 = Longitud total (espaciamiento + anchura de la raya)

Figura 41 – Separación entre rayas con espaciamiento logarítmico. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

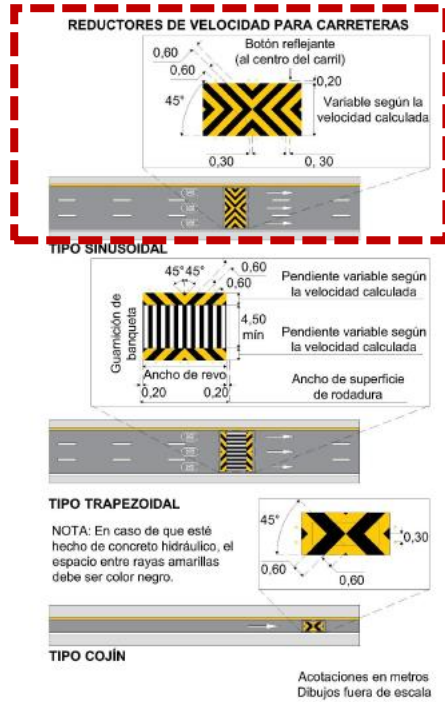


Figura II.2- 59 Marcas para identificar reductores de velocidad en carreteras

Figura 42 – Marcas para identificar reductores de velocidad en carreteras. Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 10.2.3. Señalamiento vertical

Tabla III.2-4 Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en señales verticales

Color	Coordenadas cromáticas <sup>(1)</sup>				Factor de luminancia para películas reflejantes (Y)			
					%			
					Tipo A <sup>(2)</sup> (de alta intensidad)		Tipo B (de muy alta intensidad)	
					Para carreteras de dos carriles y calles secundarias y terciarias		Para carreteras de cuatro o más carriles y calles primarias	
Punto N°	Condición	x	y	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Blanco	1	Diurna	0,303	0,300	27	—	27	—
		Nocturna	0,475	0,452				
	2	Diurna	0,368	0,366	27	—	27	—
		Nocturna	0,360	0,415				
	3	Diurna	0,340	0,393	27	—	27	—
		Nocturna	0,392	0,370				
	4	Diurna	0,274	0,329	27	—	27	—
		Nocturna	0,515	0,409				
Amarillo	1	Diurna	0,498	0,412	15	45	15	45
		Nocturna	0,513	0,487				
	2	Diurna	0,557	0,442	15	45	15	45
		Nocturna	0,500	0,470				
	3	Diurna	0,479	0,520	15	45	15	45
		Nocturna	0,545	0,425				
	4	Diurna	0,438	0,472	15	45	15	45
		Nocturna	0,572	0,425				
Rojo	1	Diurna	0,565	0,346	2,5	15	2,5	15
		Nocturna	0,650	0,348				
	2	Diurna	0,629	0,281	2,5	15	2,5	15
		Nocturna	0,620	0,348				
	3	Diurna	0,735	0,265	2,5	15	2,5	15
		Nocturna	0,712	0,255				
	4	Diurna	0,648	0,351	2,5	15	2,5	15
		Nocturna	0,735	0,265				
Verde	1	Diurna	0,026	0,399	3	12	3	12
		Nocturna	0,007	0,570				
	2	Diurna	0,166	0,364	3	12	3	12
		Nocturna	0,200	0,500				
	3	Diurna	0,286	0,446	3	12	3	12
		Nocturna	0,322	0,590				
	4	Diurna	0,207	0,771	3	12	3	12
		Nocturna	0,193	0,782				
Azul	1	Diurna	0,140	0,035	1	10	1	10
		Nocturna	0,091	0,133				
	2	Diurna	0,244	0,210	1	10	1	10
		Nocturna	0,230	0,240				
	3	Diurna	0,190	0,255	1	10	1	10
		Nocturna	0,180	0,370				
	4	Diurna	0,065	0,216	1	10	1	10
		Nocturna	0,033	0,370				

Figura 43 – Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en señales verticales. Fuente: Manual de Señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Color	Coordenadas cromáticas <sup>[1]</sup>		Factor de luminancia para películas reflejantes (Y) <sup>[2]</sup>					
			Tipo A <sup>[3]</sup> (de alta intensidad)		Tipo B (de muy alta intensidad)			
			Para carreteras de dos carriles y calles secundarias y terciarias		Para carreteras de cuatro o más carriles y calles primarias			
			Min.	Máx.	Min.	Máx.		
Punto N°	Condición	x	y	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Verde limón fluorescente	1	Diurna	0,387	0,610	60	60	-	-
		Nocturna	0,480	0,520				
	2	Diurna	0,369	0,546	60	60		
		Nocturna	0,473	0,490				
	3	Diurna	0,428	0,496	60	60		
		Nocturna	0,523	0,440				
	4	Diurna	0,460	0,540	60	60		
		Nocturna	0,550	0,449				
Amarillo fluorescente <sup>[4]</sup>	1	Diurna	0,479	0,520	40	40	-	-
		Nocturna	0,554	0,445				
	2	Diurna	0,446	0,483	40	40		
		Nocturna	0,526	0,437				
	3	Diurna	0,512	0,421	40	40		
		Nocturna	0,569	0,394				
	4	Diurna	0,557	0,442	40	40		
		Nocturna	0,610	0,390				
Café	1	Diurna	0,430	0,340	1	9	1	9
		Nocturna	0,595	0,405				
	2	Diurna	0,610	0,390	1	9	1	9
		Nocturna	0,540	0,405				
	3	Diurna	0,550	0,450	1	9	1	9
		Nocturna	0,570	0,365				
	4	Diurna	0,430	0,390	1	9	1	9
		Nocturna	0,643	0,355				

[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 "D65" para condiciones diurnas y tipo "A" para condiciones nocturnas.  
[2] Para carreteras de dos carriles con accesos controlados se podrán utilizar películas reflejantes Tipo B.  
[3] El uso de esta película reflejante queda sujeto a la aprobación de la autoridad responsable de la calle o carretera, previa justificación mediante un estudio de Ingeniería de tránsito.  
[4] El uso de esta película reflejante queda sujeto a la aprobación de la autoridad responsable de la calle o carretera, previa justificación mediante un estudio de Ingeniería de tránsito.

Figura - Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en señales verticales. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023) (Continuación).

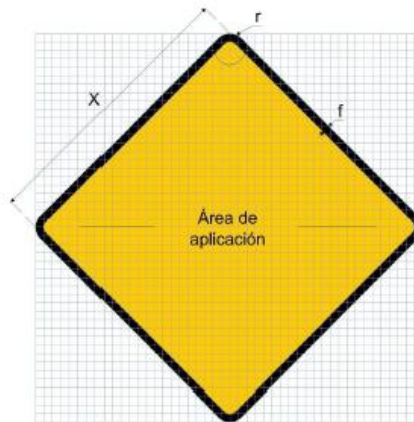
Tabla III.2-5 Coeficientes mínimos de reflexión inicial para películas reflejantes

Color	Ángulo de observación <sup>[2]</sup> grados (°)	Tipo A <sup>[1]</sup> (de alta intensidad)		Tipo B (de muy alta intensidad)	
		Para carreteras de dos carriles y calles secundarias y terciarias		Para carreteras de cuatro o más carriles y calles primarias	
		Ángulo de entrada <sup>[3]</sup> grados (°)			
		-4	30	-4	30
Coeficiente de reflexión (cd/flux) / m <sup>2</sup>					
Blanco	0,2	360	170	580	220
	0,5	150	72	420	150
	1	---	---	120	45
Rojo	0,2	65	30	87	33
	0,5	27	13	63	23
	1	---	---	18	7
Verde	0,2	50	25	58	22
	0,5	21	10	42	15
	1	---	---	12	5
Azul	0,2	30	14	26	10
	0,5	13	6	19	7
	1	---	---	5	2
Verde limón fluorescente	0,2	260	135	460	180
	0,5	120	55	340	120
	1	---	---	98	36
Amarillo	0,2	270	135	435	165
	0,5	110	54	315	110
	1	---	---	90	34
Amarillo fluorescente <sup>[4]</sup>	0,2	220	100	350	130
	0,5	100	40	250	90
	1	---	---	72	27
Café	0,2	18	8,5	17	7
	0,5	7,5	3,5	13	5
	1	---	---	4	1

[1] Para carreteras de dos carriles con accesos controlados se podrán utilizar películas reflejantes Tipo B.  
[2] Ángulo relativo que existe entre el haz de luz incidente de una fuente luminosa y el haz de luz reflejado al centro del receptor. Mientras menor sea el ángulo de observación, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.  
[3] Ángulo formado entre un haz de luz incidente y una perpendicular imaginaria a la superficie del elemento reflejante. Mientras menor sea el ángulo de entrada, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.  
[4] El uso de esta película reflejante queda sujeto a la aprobación de la autoridad responsable de la calle o carretera, previa justificación mediante un estudio de Ingeniería de tránsito.

Figura 44 – Coeficientes mínimos de reflexión inicial para películas reflejantes. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 10.2.3.1. Señales preventivas



Donde:

X = Lado del tablero

r = radio de redondeo de esquinas

f = filete

Tomar como referencia la Tabla III.2-1 Dimensiones del tablero de las señales preventivas.

Dibujos fuera de escala

Figura III.2-1 Área de aplicación para las señales preventivas

Figura 45 - Área de aplicación de las señales preventivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Tabla III.2-1 Dimensiones del tablero de las señales preventivas

Tipo de vía		Dimensiones cm <sup>[1]</sup>		
Calle	Carretera	Lado del tablero	r	Filete
Vía de circulación peatonal	No debe usarse	30 x 30	2,0	0,8
En área de conservación patrimonial	No debe usarse	45 x 45	3,0	1,2
Secundaria y terciaria	No debe usarse	61 x 61	3,5	1,6
Primaria	Con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	71 x 71 <sup>[4]</sup>	4,0	2,0
Vía de circulación continua <sup>[2]</sup>	Con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional para el rebase con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m <sup>[3]</sup>	86 x 86 <sup>[4]</sup>	5,0	2,4
No debe usarse	De dos o más carriles por sentido de circulación <sup>[3]</sup>	117 x 117	7,0	3,2

[1] En casos especiales, las señales pueden ser de mayores o menores dimensiones, para lo cual se requiere un estudio de las características de operación de la calle o carretera que lo justifique; la autoridad competente determinará los requisitos para su elaboración.

[2] Se puede usar el tamaño inmediato inferior únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

[3] Para carreteras de un carril por sentido de circulación y accesos controlados, se podrán utilizar señales de 117x117 cm y para carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación, con accesos controlados, se podrán utilizar señales de 152x152 cm.

[4] Esta dimensión se debe utilizar sólo para tableros de la señal SP-33 Escolares.  
r: radio de redondeo de esquinas.

Figura 46 – Dimensiones del tablero de las señales preventivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Tabla III.2-2 Dimensiones del tablero adicional de las señales preventivas

Tamaño señal preventiva cm <sup>[1]</sup>	Renglones de la leyenda	Dimensiones cm <sup>[1]</sup>		
		Longitud x altura	r	Filete
30 x 30	1	42 x 10	2,0	0,8
	2	42 x 15		
	3	42 x 20		
45 x 45	1	63 x 15	3,0	1,2
	2	63 x 22,5		
	3	63 x 30		
61 x 61	1	85 x 20	3,5	1,6
	2	85 x 30		
	3	85 x 40		
71 x 71	1	100 x 25 <sup>[2]</sup>	4,0	2,0
	2	100 x 37,5 <sup>[2]</sup>		
	3	100 x 50 <sup>[2]</sup>		
86 x 86	1	122 x 30 <sup>[2]</sup>	5,0	2,4
	2	122 x 45 <sup>[2]</sup>		
	3	122 x 60 <sup>[2]</sup>		
117 x 117	1	152 x 40	7,0	3,2
	2	152 x 60		
	3	152 x 80		

[1] El tamaño de los tableros adicionales será proporcional a la dimensión de la señal preventiva que acompaña. En casos especiales, las señales pueden ser de mayores o menores dimensiones, para lo cual se requiere un estudio de las características de operación de las vías que lo justifique; la autoridad de la calle o carretera determinará los requisitos para su elaboración.

[2] Esta dimensión se debe utilizar para tableros adicionales a la señal SP-33 Escolares.  
r: radio de redondeo de esquinas.

Figura 47 – Dimensiones del tablero adicional de las señales preventivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

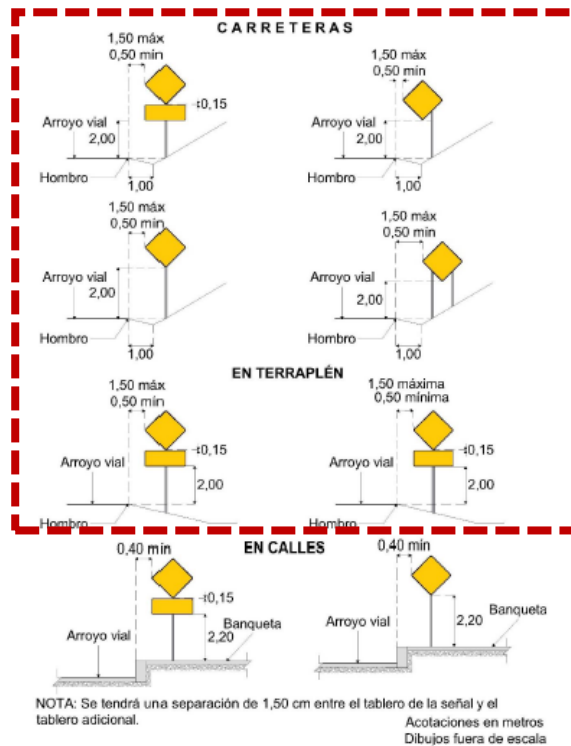
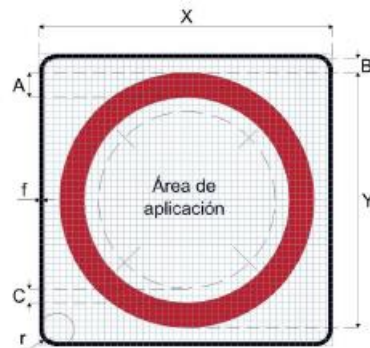


Figura III.2-3 Distancia lateral y altura de las señales preventivas

Figura 48 – Distancia lateral y altura de las señales preventivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).



### 10.2.3.2. Señales restrictivas



Donde:

X = Lado del tablero

Y = Diámetro de la circunferencia

r = radio de redondeo de esquinas

f = filete

A: Ancho de la circunferencia y de la franja diagonal

B: Margen de separación entre el filete y la circunferencia

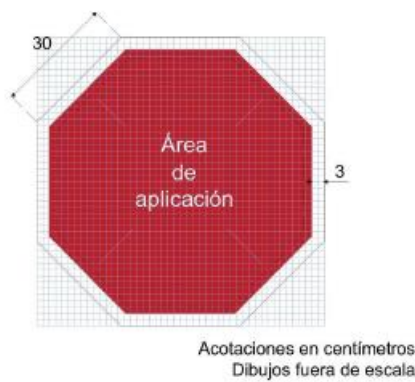
C: Separación entre circunferencia y pictograma

Tomar como referencia la Tabla III.3-1 Dimensiones del tablero de las señales restrictivas.

Dibujos fuera de escala

Figura III.3-1 Área de aplicación para las señales restrictivas

Figura 49 - Área de aplicación para las señales restrictivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).



Acotaciones en centímetros  
Dibujos fuera de escala

Figura III.3-3 Área de aplicación para la señal SR-6 ALTO

Figura 50 - Área de aplicación para la señal SR-6 Alto. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Tabla III.3-1 Dimensiones del tablero de las señales restrictivas

Tipo de vía		Dimensiones cm <sup>[1]</sup>						
Calle	Carretera	Lado del tablero	r	Filete	X	A	B	C
Vía de circulación peatonal	No debe usarse	30 x 30	2	0,4	26	2,5	1,5	1,5
En áreas de conservación patrimonial	No debe usarse	45 x 45	3	0,6	39	4	2,2	2,2
Secundaria y terciaria	No debe usarse	61 x 61	3,5	0,8	53	5	3	3
Primaria	Con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	71 x 71	4	1	62	6	3,5	3,5
Vía de circulación continua <sup>[2]</sup>	Con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional para el rebase con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m <sup>[3]</sup>	86 x 86	5	1,2	75	7	4,2	4,2
No debe usarse	De dos o más carriles por sentido de circulación <sup>[3]</sup>	117 x 117	7	1,6	102	10	5,8	5,8

[1] En casos especiales, las señales pueden ser de mayores o menores dimensiones, para lo cual se requiere un estudio de las características de operación de la vía que lo justifique; la autoridad de la calle o carretera determinará los requisitos para su elaboración.

[2] Se puede usar el tamaño inmediato inferior únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

[3] Para carreteras de un carril por sentido de circulación y accesos controlados, se podrán utilizar señales de 117 x 117 cm y para carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación, con accesos controlados, se podrán utilizar señales de 152 x 152 cm.

r: radio de redondeo de esquinas.

X: diámetro de la circunferencia.

A: ancho de la circunferencia y de la franja diagonal.

B: margen de separación entre el filete y la circunferencia.

C: separación entre circunferencia y pictograma.

Figura 51 – Dimensiones del tablero de las señales restrictivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

Tabla III.3-3 Dimensiones del tablero adicional de las señales restrictivas

Dimensiones señal restrictiva cm <sup>[1]</sup>	Renglones de la leyenda <sup>[2]</sup>	Dimensiones cm <sup>[1]</sup>		
		Longitud x altura	r	Filete
30 x 30	1	30 x 10	2	0,8
	2	30 x 15		
	3	30 x 20		
45 x 45	1	45 x 15	3	1,2
	2	45 x 22,5		
	3	45 x 30		
61 x 61	1	61 x 20	3,5	1,6
	2	61 x 30		
	3	61 x 40		
71 x 71	1	71 x 25	4	2
	2	71 x 37,5		
	3	71 x 50		
86 x 86	1	86 x 30 <sup>[4]</sup>	5	2,4
	2	86 x 45 <sup>[3]</sup>		
	3	86 x 60 <sup>[3]</sup>		
117 x 117	1	117 x 40	7	3,2
	2	117 x 60		
	3	117 x 80		
152 x 152	1	150 x 35	9	5
	2	150 x 61		

[1] El tamaño de los tableros adicionales será proporcional a la dimensión de la señal restrictiva que acompaña. En casos especiales, las señales pueden ser de mayores o menores dimensiones, para lo cual se requiere un estudio de las características de operación de las calles o carreteras que lo justifique; la autoridad competente determinará los requisitos para su elaboración.

[2] Para facilitar la lectura de las señales con pictogramas, estos pueden ocupar el espacio correspondiente a dos renglones de texto.

[3] Esta dimensión del tablero se debe utilizar para tableros adicionales a la señal SR-6 "ALTO", "CEDA EL PASO", "PREFERENCIA DE PASO" y "PRIORIDAD DE USO".

[4] En carreteras se debe usar esta dimensión para la señal SR-37 "SENTIDO DEL TRANSITO".  
r: radio de redondeo de las esquinas.

Figura 52 - Dimensiones del tablero adicional de las señales restrictivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

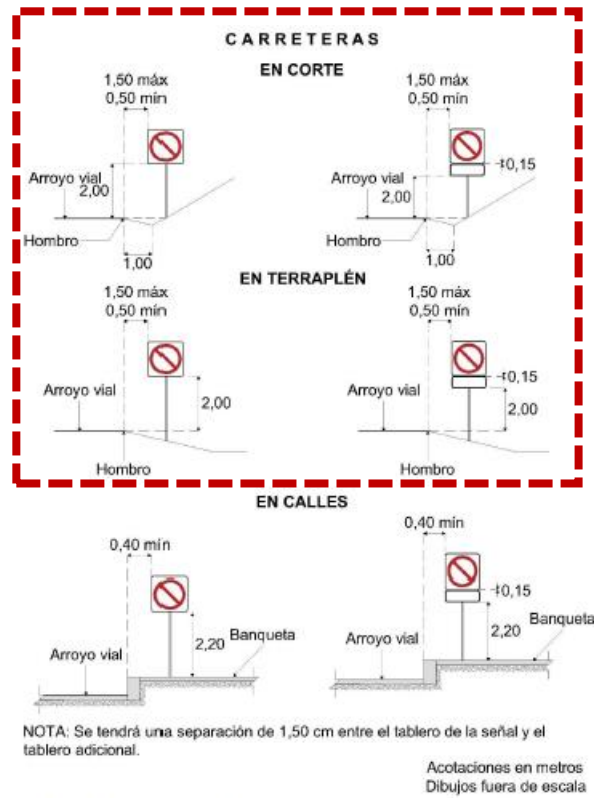
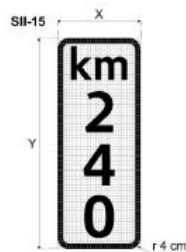


Figura III.3-8 Distancia lateral y altura de las señales restrictivas

Figura 53 – Distancia lateral y altura de las señales restrictivas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 10.2.3.3. Señales informativas

#### 10.2.3.3.1. De identificación



Donde:  
 X = Longitud del tablero  
 Y = Altura del tablero  
 r = radio de redondeo de esquinas  
 El texto de distancia en kilómetros se coloca utilizando la Tipografía México Serie 1.  
 Tomar como referencia la Tabla III.4-4 Dimensiones de los tableros de distancia en kilómetros.

Dibujos fuera de escala

Figura III.4-7 Señal SII-15 de Distancia en kilómetros sin escudo

Figura 54 – Distancia en kilómetros sin escudo. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

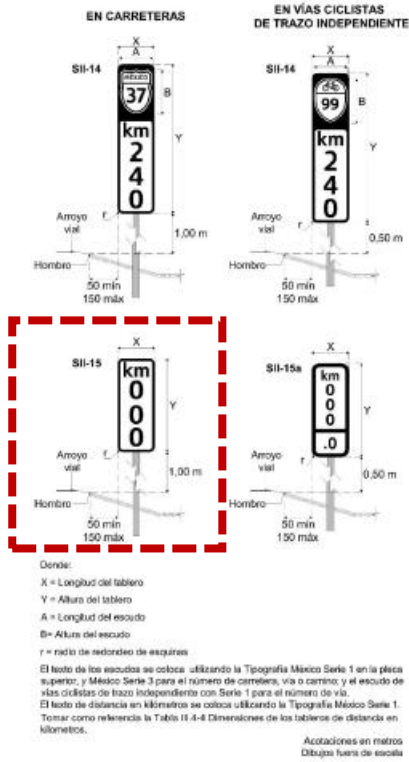
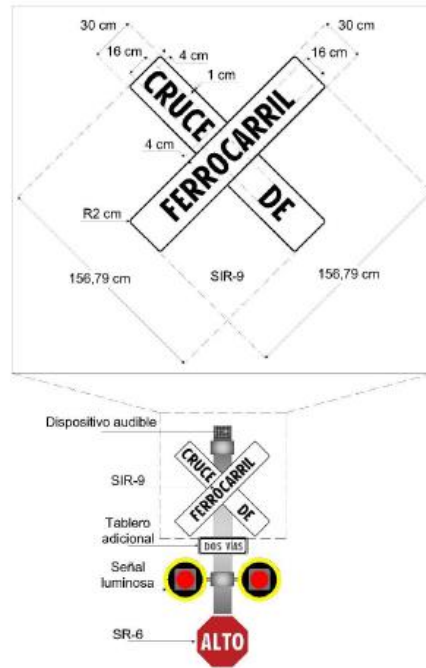


Figura III.4- 16 Ubicación y dimensiones de señales de kilometraje

Figura 55 – Ubicación y dimensiones de señales de kilometraje. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

10.2.3.3.2. De recomendación

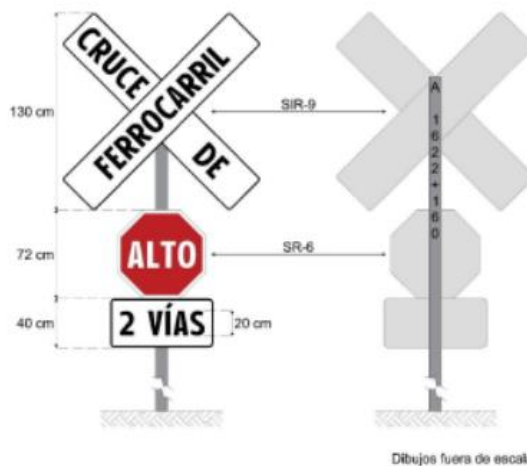


Para la leyenda se utilizó la Tipografía México Serie 3.

Dibujos fuera de escala

Figura III.4- 66 SIR-9 CRUCE DE FERROCARRIL

Figura 56 - SIR-9 Cruce de ferrocarril. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).



Dibujos fuera de escala

Figura VIII.1-5 Señalización para CRUCE DE FERROCARRIL

Figura 57 – SIR-9 para cruce de Ferrocarril. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

TABLA 25.- Altura del tablero de las señales informativas de recomendación, bajas

Unidades en centímetros, excepto las indicadas en otra unidad

Calle	En área de conservación patrimonial	Secundaria y terciaria	Primaria	Vía de circulación continua [1]
Carretera	No debe usarse	Con un carril por sentido de circulación, con ancho de arroyo vial de hasta 6,5 m	Con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional para el rebase, con ancho de arroyo vial mayor a 6,5 m	De dos o más carriles por sentido de circulación
Altura del tablero [2]		30	40	56
(1 renglón)				
Altura del tablero [2]		56	71	86
(2 renglones)				
r		2	3	4
(1 renglón)				
r		4	6	8
(2 renglones)				
Filete		1	1,5	2
(1 renglón)				
Filete		2	3	4
(2 renglones)				
B3		2 a 4	3 a 6	4 a 8
B4	9	13	16	20
Altura del texto [3]	12	16	20	25

[1] Se puede utilizar el tamaño inmediato inferior, únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.  
 [2] Para tableros de mayor altura estas dimensiones deben crecer proporcionalmente.  
 [3] Para letra mayúscula.  
 r: radio de redondeo de esquinas.  
 B3: margen de separación entre el filete y el texto.  
 B4: margen de separación entre renglones.

Figura 58 - Altura del tablero de las señales informativas de recomendación, bajas. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).



Figura III.4- 63 Señal SIR-7 Ejemplos de señales informativas de recomendación

Figura 59 - Señal SIR-7 Ejemplos de señales informativas de recomendación. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 10.2.4. Dispositivos diversos

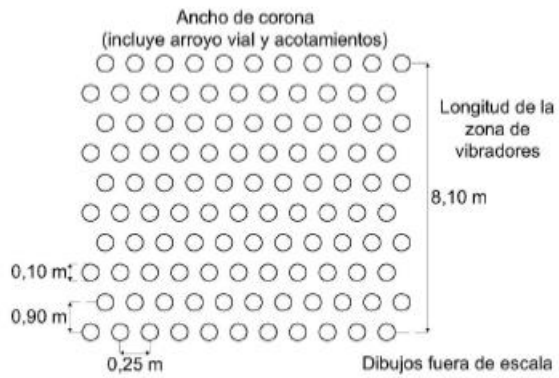


Figura II.2- 21 Distribución de los botones alertadores (BT) en la zona de vibradores

Figura 60 – Distribución de los botones alertadores (BT) en zona de vibradores. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

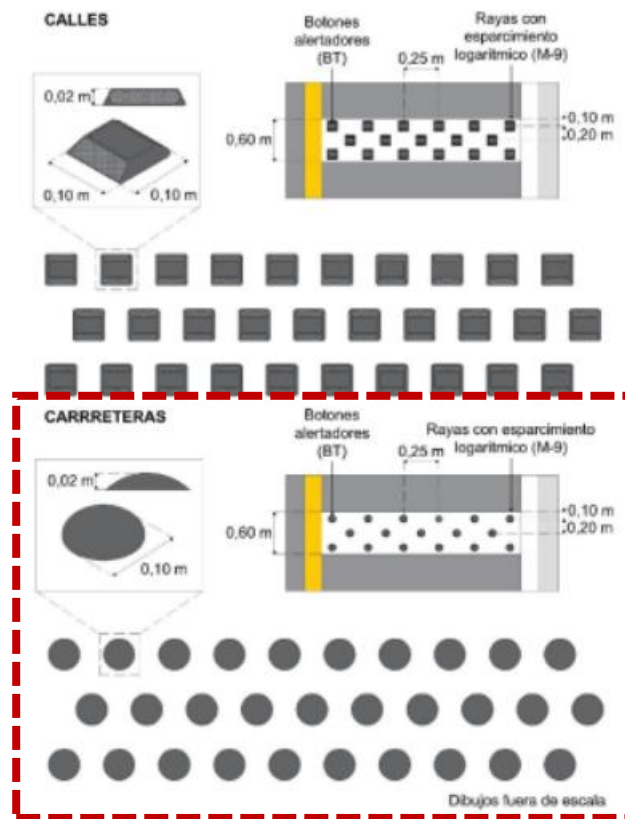


Figura IV.4- 6 Botones alertadores (BT) en rayas con espaciamiento logaritmico

Figura 61 – Botones alertadores (BT) en rayas con espaciamiento logaritmico. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

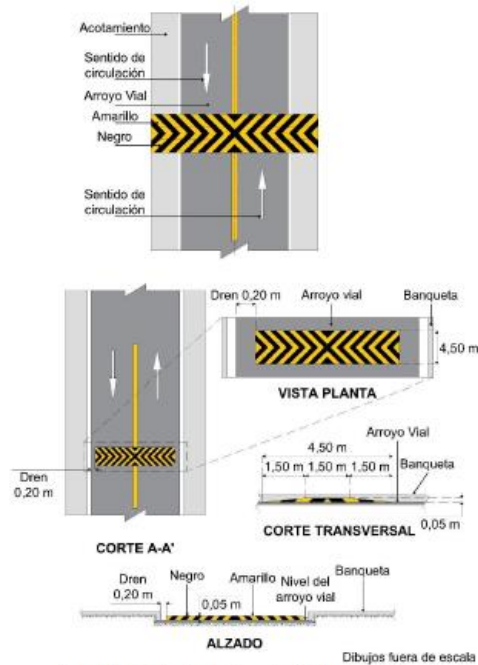


Figura IV.9- 2 Reductor de velocidad en carreteras

Figura 62 – Reductor de velocidad en carreteras. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

### 10.2.5. Semáforos

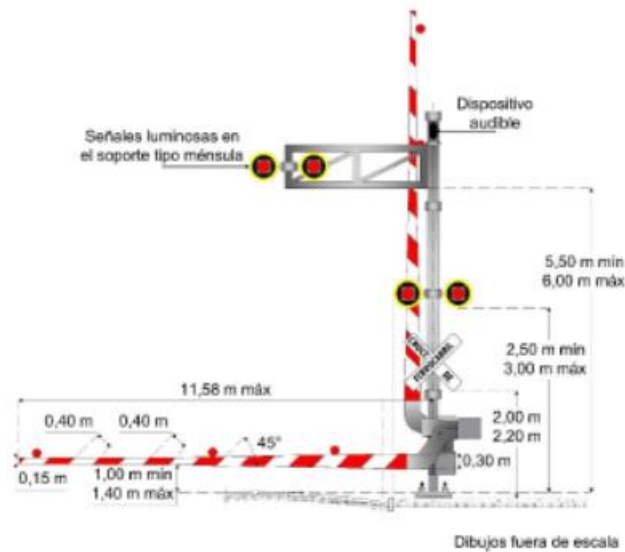


Figura IV.12- 2 Barreras para cruces a nivel de ferrocarril

Figura 63 – Barreras para cruces a nivel de ferrocarril. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).



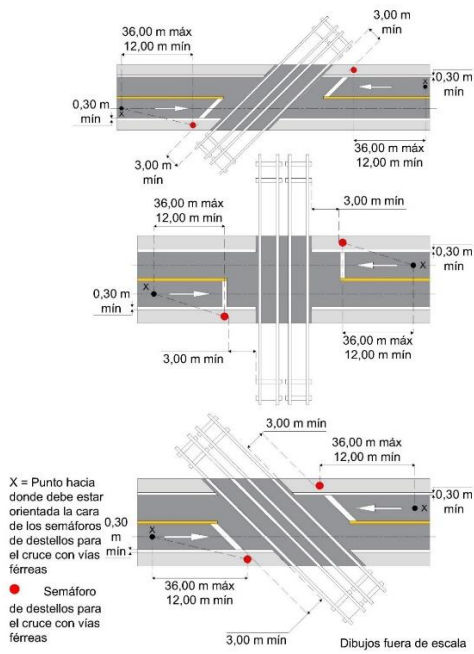


Figura 64 - Ubicación longitudinal de los semáforos y las barreras. Fuente: Manual de señalización (SICT/SEDATU, 2023).

## 11. Referencias

- Reyes Spíndola, R. C., & Cárdenas Grisales, J. (2017). *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones (9a Edición)*. Limusa.
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (30 de Abril de 2022). *Anuario estadístico 2022*. Ciudad de México: ARTF. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/845220/Anuario\\_Estad\\_stico\\_2022\\_VF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/845220/Anuario_Estad_stico_2022_VF.pdf)
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (30 de Abril de 2022). *Pulso del sistema ferroviario mexicano - seguridad - diciembre 2022*. Ciudad de México: ARTF. Obtenido de <https://www.gob.mx/artf/documentos/pulso-de-seguridad-diciembre-2022>
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (28 de abril de 2023). *Base de datos "Siniestros en el Sistema Ferroviario Mexicano"*. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/siniestros-en-el-sistema-ferroviario-mexicano>
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (30 de Abril de 2023). *Mapa Digital del Sistema Ferroviario Mexicano*. Obtenido de <https://geoweb.centrogeo.org.mx/panoramas/sfm>
- ARTF. (2020). *NOM-004-ARTF-2020, Sistema ferroviario-Seguridad-Notificación de siniestros- Metodología*. Ciudad de México: ARTF.
- Asociación Mexicana de Ferrocarriles A.C. (2023 de Mayo de 10). *Asociación Mexicana de Ferrocarriles, A.C.* Obtenido de <https://amf.org.mx/images/pdfs/CUIDADO%20CON%20EL%20TREN.pdf>
- Bonilla Chávez, J. (2020). *Propuesta de regularización de cruces a nivel ferroviarios mediante la implementación de un sistema de información geográfica integral ferroviario (SIGIF)*. Ciudad de México: UNAM.
- Cámara de dipitados del H. Congreso de la unión. (2016). *Reglamento del servicio ferroviario*. Ciudad de México: DOF.
- Cámara de diputados del H. Congreso de la unión. (2022). *Ley general de movilidad y seguridad vial*. Ciudad de México: DOF.
- Dirección General de Servicios Técnicos. (11 de 06 de 2023). *Banco Digital de Señalización Vial*. Obtenido de <https://www.sct.gob.mx/banкодigital/>

- H. Congreso de la unión. (2020). *Ley reglamentaria del servicio ferroviario*. Ciudad de México: DOF.
- IMT. (1990). *Manual operativo de campo sistema Mexicano para la administración de los pavimentos*. Querétaro: IMT.
- Información técnica del proyecto Tren Maya. (10 de mayo de 2023). *Tren Maya*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/513993/TM\\_ANEXO\\_TECNICO\\_VF2\\_\\_1\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/513993/TM_ANEXO_TECNICO_VF2__1_.pdf)
- Molina, G. D. (2020). *Importancia de la seguridad ferroviaria en el sistema mexicano*. Ciudad de México: UNAM.
- Paredes Camacho, J. D. (2018). *El servicio público ferroviario de carga en México. Una valoración interdisciplinaria desde el derecho administrativo a 20 años de ser "actividad prioritaria" del desarrollo de la administración pública federal*. Nezahualcóyotl: UNAM.
- SCT. (2001). *N-PRY-CAR-6-01-001/01 Ejecución de proyectos de nuevos puentes y estructuras similares*. México D.F.: SCT.
- SCT. (2012). *Conceptos que conforman el proyecto ejecutivo de carreteras*. México D.F.: SCT.
- SCT. (2016). *Manual para determinar volúmenes de tránsito en carreteras*. Ciudad de México: SCT.
- SCT. (2017). *NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal*. Ciudad de México: DOF.
- SCT. (2017). *NOM-050-SCT2-2017, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas*. Ciudad de México: SCT.
- SCT. (2018). *N-CSV-CAR-1-03-008/18 Determinación de los deterioros superficiales de los pavimentos (DET)*. Querétaro: IMT.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2020). *Programa sectorial de comunicaciones y transportes*. Ciudad de México: SCT.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. (10 de Mayo de 2023). *Tren Interurbano México Toluca*. Obtenido de <http://sct.gob.mx/index.php?id=4119>
- SENER. (2013). *NOM-013-ENER-2013, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades*. México D.F.: SENER.

- SICT. (2022). *NOM-086-SCT2-2022, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales*. Ciudad de México: SICT .
- SICT/SEDATU. (2023). *Manual de Señalización y Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras*. Ciudad de México: SICT/SEDATU.
- SICT/SEDATU. (2023). *NOM-034-SCT2/SEDATU-2022 Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras*. Ciudad de México: SICT/SEDATU.
- US Department of Transportation. (2019). *Highway - Rail crossing handbook*. US DOT.
- US DOT. (2009). *Manual de Dispositivos para Uniformizar el Control del Tránsito (Manual on Uniform Traffic Control Devices)*. US DOT.
- Waze. (Agosto de 05 de 2023). *Waze*. Obtenido de <https://waze.another.co/waze-lanza-alertas-para-cruces-con-vias-del-tren-y-ferrocarril-a-nivel-global>