



**COMUNICACIONES**

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



# Auditorías de seguridad vial en zonas de obra sobre la autopista México - Querétaro

---

Isaac Sarmiento Castellanos  
Wendy Alejandra Casanova Zavala  
Nadia Gómez González  
Emilio Abarca Pérez  
Alberto Mendoza Díaz

Publicación Técnica No. 716  
**Querétaro, México**  
**2022**

ISSN 0188-7297



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el Ing. Isaac Sarmiento Castellanos, la M.I. Wendy Alejandra Casanova Zavala, la M.I. Nadia Gómez González, el M.I. Emilio Abarca Pérez y el Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI-08/22 Auditorías de seguridad vial en zonas de obra sobre la autopista México-Querétaro.

Se agradece la colaboración del LEST. Abraham Cortés Ronquillo, por su colaboración con los videos e imágenes obtenidos por vuelos con drone.



# Tabla de Contenido

---

	Página
Índice de Figuras.....	v
Índice de tablas.....	vii
Sinopsis.....	ix
Abstract.....	xi
Introducción.....	1
Objetivo.....	3
Alcances.....	3
Metodología.....	4
Beneficios esperados.....	6
1.    Auditorías de Seguridad vial en Zonas de Obra.....	7
1.1    Zonas de obra.....	7
1.2    Auditorías de seguridad vial.....	10
1.2.1    Auditorías de Seguridad Vial en ZO.....	11
2.    Recolección de datos.....	23
2.1    Levantamiento de datos con el vehículo de inspección Hawkeye 24	
2.2    Estudio de velocidades de punto.....	25
2.2.1    Análisis de las velocidades.....	26
3.    Análisis de la recolección de datos.....	31
3.1    Zona de obra 1. Reparación de juntas en puente vehicular.....	31
3.1.1    Hallazgos encontrados.....	32

3.2	Zona de obra 2. Distribuidor vial con Puente Inferior Vehicular	34
3.2.1	Hallazgos encontrados.....	35
3.3	Zona de obra 3. Construcción de rampa de emergencia para frenado .....	36
3.3.1	Hallazgos encontrados.....	37
3.4	Zona de obra 4. Pavimentación de carriles con concreto hidráulico.....	38
3.4.1	Hallazgos encontrados.....	39
4.	Recomendaciones para Zonas de Obra efectivas.....	43
4.1	Cálculo de datos para diseños de ZO .....	43
4.1.1	Zona de información .....	44
4.1.2	Zona de transición.....	46
4.1.3	Zona de trabajo .....	48
4.1.4	Zona de redireccionamiento .....	48
4.1.5	Especificaciones y características de los conos.....	49
4.2	Proyecto de zona de obra.....	50
4.3	Recomendaciones generales de seguridad vial en zonas de obra	52
4.3.1	Principios generales.....	53
4.3.2	Normatividad y gestión .....	53
4.3.3	Sistemas de alerta .....	54
4.3.4	Control del tránsito .....	55
4.3.5	Protección de los trabajadores.....	57
	Conclusiones.....	59
	Bibliografía .....	63

# Índice de Figuras

---

Figura 1.1 Zona de obra.....	9
Figura 1.2 Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra. ....	19
Figura 1.2 Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra (continuación) .....	20
Figura 1.2 Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra (continuación) .....	21
Figura 3.1 Zona de obra en puente inferior vehicular .....	31
Figura 3.2 Inicio de zona de obra 1.....	32
Figura 3.3 Colocación de dispositivos de control de tránsito en zona de obra 1.....	33
Figura 3.4 Protección en zona de trabajo en zona de obra 1.....	33
Figura 3.5 Zona de redireccionamiento en la zona de obra 1.....	34
Figura 3.6 Zona de obra 2.....	34
Figura 3.7 Colocación de señalamiento preventivo y restrictivo. ....	35
Figura 3.8 Objeto lateral peligroso.....	36
Figura 3.9 Señalamiento vertical antiguo y delimitación de zona de trabajos. ....	36
Figura 3.10 Señalamiento vertical anulado.....	37
Figura 3.11 Señalamiento vertical anulado.....	37
Figura 3.12 Dispositivos de control de tránsito discontinuos.....	38
Figura 3.13 Barrera metálica descontinua.....	38
Figura 3.14 Zona de obra 4.....	39

Figura 3.15 Señalamiento vertical.....	39
Figura 3.16 Señalamiento horizontal.....	40
Figura 3.17 Áreas de trabajo desprotegidas.....	40
Figura 3.18 Zona de termino de trabajos. ....	41
Figura 4.1 Zona de obra 1.....	50
Figura 4.2 Zona de obra 2 Sentido 1.....	51
Figura 4.3 Zona de obra 2 Sentido 2.....	51
Figura 4.4 Zona de obra 3.....	52
Figura 4.5 Zona de obra 4.....	52

## Índice de tablas

---

Tabla I.1 Datos de la siniestralidad en ZO en la RCF.....	2
Tabla 1.1 Lista de chequeo general, etapa de zona de obras.....	18
Tabla 2.1 Zonas de obras auditadas.....	24
Tabla 2.2 Ubicación y número de registros de velocidad de punto.....	26
Tabla 2.3 Resultados del estudio de velocidad de punto.....	27
Tabla 2.4 Revisión de la velocidad restringida.....	29
Tabla 4.1 Características de las zonas de obra.....	43
Tabla 4.2 Distancia de separación de señales.....	45
Tabla 4.3 Longitud de información para las ZO.....	46
Tabla 4.4 Longitud de transición para las ZO.....	47
Tabla 4.5 Longitud de área de protección antes del área de labores.....	48
Tabla 4.6 Longitud de la zona de redireccionamiento.....	49
Tabla 4.7 Espaciamiento longitudinal de los conos.....	49



## Sinopsis

---

En el presente estudio, se identificaron los problemas típicos potenciales de las Zonas de Obra (ZO) que afectan la seguridad vial a través de una Auditoría de Seguridad Vial en ZO y se realizaron sugerencias de medidas preventivas para reducir la ocurrencia y severidad de los siniestros de tránsito derivados de la presencia y operación de las ZO, con la finalidad de que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), empresas constructoras, de proyecto y de supervisión cuenten con la información necesaria para mejorar la seguridad de todos los usuarios de las carreteras de la red federal, tanto para los conductores como para los trabajadores, que circulen o laboren en las ZO.



# Abstract

---

This paper proposes to identify the typical potential problems of Construction Work Zones (ZO) that affect road safety and to suggest preventive measures to reduce the occurrence and severity of traffic accidents derived from the presence and operation of the ZO, with the purpose that the Secretariat of Infrastructure, Communications and Transportation (SICT), construction, project and supervision companies have the necessary information to improve the safety of all road users of the federal network, both for drivers and workers, Communications and Transportation (SICT), construction, project and supervision companies have the necessary information to improve the safety of all users of the federal highway network, both for drivers and workers, who circulate or work in the ZO.



# Introducción

---

Las diferentes actividades de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de las carreteras requieren la implementación de ciertos señalamientos y dispositivos para interrumpir el funcionamiento normal del tránsito sin detener la operación, y dar lugar a la realización de dichos trabajos, alojar el material, el equipo y al personal. Estas actividades se desarrollan en sitios denominados zonas de obra (ZO).

Actualmente, el diseño, instalación y operación de las ZO se han hecho más complejos debido a la intensidad del flujo de tránsito, a la heterogeneidad de la composición vehicular y las altas velocidades de operación que ocasionan mayor confusión por los cambios inesperados en la vía, congestión vial, desorden visual, contaminación, inconformidad y siniestros viales por parte de los usuarios. Las ZO, por sus características intrínsecas, representan un mayor riesgo para los usuarios y trabajadores, y generalmente constituyen un entorno que requiere mayor precaución que la normal por parte de los usuarios. Debido a lo anterior, las ZO se pueden considerar sitios potencialmente peligrosos.

La situación de la siniestralidad en ZO en la Red Carretera Federal (RCF) se puede conocer a través de los registros de las colisiones que elabora la Guardia Nacional. En la tabla I.1 se muestran los datos disponibles de colisiones, lesionados y muertes relacionados con las ZO. En cada caso, se presentan los datos fuera y dentro de las ZO y el total en la red, así como si hubo presencia del control del tránsito a través de abanderamiento (Cuevas et al., 2015-2020).

En la tabla I.1 se puede apreciar que, aunque las colisiones y los lesionados en ZO tienen una ligera tendencia a la baja, las muertes en ZO presentan una tendencia estable. Lo anterior puede explicarse ya que, a pesar de las acciones que se están realizando en materia de seguridad vial en la red carretera federal, éstas no se han aplicado o no han sido efectivas en mejorar la seguridad en las ZO. En la tabla, también se puede observar que, en la gran mayoría de los casos, más de la mitad de los datos (colisiones, lesionados y muertes) sucedieron sin control del tránsito a través del abanderamiento o con presencia de bandereros, esto indica que el control del tránsito contribuye significativamente en la seguridad operativa de las ZO.

**Tabla I.1 Datos de la siniestralidad en ZO en la RCF**

Año	Colisiones				Lesionados				Muertes			
	Fuera de ZO	En ZO	*Con control	Total	Fuera de ZO	En ZO	*Con control	Total	Fuera de ZO	En ZO	*Con control	Total
2020	11,140	309	112	11,449	6,542	164	55	6,706	2,635	87	29	2,722
2019	11,711	345	133	12,056	8,277	224	84	8,501	2,976	68	31	3,044
2018	11,893	344	147	12,237	8,465	296	125	8,761	2,890	104	52	2,994
2017	11,606	277	141	11,883	8,695	215	92	8,910	2,861	60	30	2,921
2016	12,184	383	160	12,567	10,849	326	129	11,175	3,277	99	50	3,376
2015	16,803	438	151	17,241	15,345	382	130	15,727	3,464	82	31	3,546

Nota: \*Con control de tránsito, con declaración de abanderamiento o con presencia de bandereros.

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2020, en la tabla I.1 se observa que se presentaron 309 colisiones, 164 lesionados y 87 muertes (3.2% del total), aumentando en relación con el año anterior, lo que representa al menos una víctima por cada accidente, se desconoce si fueron usuarios de la vía o trabajadores. Los tipos de percances más frecuentes reportados son los choques por alcance, generalmente estos impactos suelen involucrar a una mayor cantidad de vehículos.

Debido al problema de la siniestralidad en las ZO en la red carretera federal y con la iniciativa de contribuir a mejorar sus condiciones de seguridad vial es que los investigadores de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte proponen el presente proyecto. Se pretende la implementación de un procedimiento efectivo que nos permite la identificación de fortalezas y debilidades (evaluación ex post) que evalúe las condiciones de la infraestructura carretera y que proponga medidas de mejora que garanticen la seguridad vial de las ZO.

Las Auditorías de Seguridad Vial en las zonas de obras de una carretera son un procedimiento sistemático y técnico en el que un equipo auditor independiente y calificado comprueba de forma pormenorizada las condiciones de seguridad, para todos los usuarios, de los señalamientos y dispositivos de protección colocados en zonas donde se realicen obras de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de carreteras que afectan al tránsito de la vía, o en las desviaciones necesarias para dirigir el tránsito fuera de dichas zonas (DGST, 2018).

Por lo tanto, para este proyecto, se realizaron Auditorías de Seguridad Vial utilizando el equipo de inspección Hawkeye 2000 del IMT en 3 obras con diferentes características dentro de la carretera federal MEX - 057D México – Querétaro donde se encuentran realizando actividades de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento. Se identificaron los problemas típicos potenciales de las ZO que afectan la seguridad vial y se recomendaron medidas preventivas para reducir la ocurrencia y severidad de los siniestros de tránsito derivados de la presencia y operación de las ZO.

La elección de la carretera federal MEX-057D México – Querétaro se justifica por ser uno de los ejes transporte más importantes en el país y se encuentra cerca de las instalaciones del IMT.

Esta investigación se alinea con el objetivo prioritario 1 del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024 “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”, a su estrategia prioritaria 1.2 “Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios” y sus siete acciones puntuales, así como también a la acción puntual 1.5.5 “Aumentar la investigación científica y capacidad tecnológica vinculadas a las necesidades del sector”. Cabe señalar que el Programa Sectorial se encuentra alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024.

## **Objetivo**

Realizar Auditorías de Seguridad Vial utilizando el equipo inspección Hawkeye 2000 del IMT en 3 obras con diferentes características dentro de la carretera federal MEX-057D México – Querétaro donde se realicen actividades de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento, para identificar los problemas típicos potenciales de las ZO que afectan la seguridad vial y sugerir medidas preventivas para reducir la ocurrencia y severidad de los siniestros de tránsito derivados de la presencia y operación de las ZO.

## **Alcances**

Para este proyecto, se identificaron los problemas típicos potenciales de las ZO que afectan la seguridad vial y se recomendaron medidas preventivas para reducir la ocurrencia y severidad de los siniestros de tránsito derivados de la presencia y operación de las ZO, con la finalidad de que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), empresas constructoras, de proyecto y de supervisión cuenten con

la información necesaria para mejorar la seguridad de todos los usuarios de las carreteras de la red federal, tanto para los conductores como para los trabajadores que circulen o laboren en las ZO.

## **Metodología**

La Auditorías de Seguridad Vial en las ZO se realizaron utilizando el equipo Hawkeye 2000 del IMT. Este tipo de auditoría es un procedimiento sistemático y técnico en el que un equipo auditor calificado formado por investigadores de la Coordinación de Seguridad y Operación del transporte comprobó de forma pormenorizada las condiciones de seguridad, para todos los usuarios, de los señalamientos y dispositivos de protección colocados en zonas donde se realizan obras de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de carreteras que afectan al tránsito de la vía, o en las desviaciones necesarias por donde se canaliza al tránsito fuera de dichas zonas.

El trabajo de campo consistió en la realización de un levantamiento de las ZO seleccionadas con el equipo Hawkeye del IMT. Con la información recopilada, se llevó a cabo el trabajo de gabinete, mediante el cual se identificaron los principales problemas de las ZO y se propusieron las medidas de mejora, considerando a todos los usuarios de la vía.

Finalmente, se generaron una serie de recomendaciones de seguridad vial enfocadas a mejorar la infraestructura que permita una operación segura en las ZO de las carreteras, reduciendo así la accidentalidad y sus consecuencias.

A continuación, se describe el procedimiento para realizar el proyecto, basado en el Manual de Auditorías de Seguridad Vial (DGST, 2018):

### **1. Selección de los tramos de zonas de obras**

Se solicitó a Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) la información de las obras de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento asignadas a realizarse sobre la carretera federal MEX-057D México – Querétaro para el año 2022. A partir de la información anterior, se localizaron y analizaron los tramos que se encontraron más cercanos al IMT y se realizaron recorridos de campo para identificar las posibles ZO que presenten las mejores condiciones y la mayor cantidad de atributos indicados en las listas de chequeo de ZO del Manual de Auditorías de Seguridad Vial de la SICT, finalmente, se seleccionaron los mejores 3 tramos.

### **2. Recopilación de la documentación**

Se recopiló la información relacionada con las obras seleccionadas y de las desviaciones requeridas para canalizar al tránsito fuera de las mismas, así como toda la información complementaria disponible, como mínimo:

- a) Características geométricas donde se ejecutaron las obras, así como el tipo, longitud y duración de la obra en ejecución.
- b) Juego de planos del proyecto de señalamiento para protección en ZO, que incluye la representación del señalamiento horizontal, señalamiento vertical y dispositivos de canalización, así como la representación combinada del señalamiento y la información complementaria.
- c) Volúmenes de tránsito con clasificación vehicular y velocidades de operación donde se ejecutaron las obras, en condiciones normales de operación.
- d) Historial de accidentes registrados donde se ejecutaron las obras, se recopiló información de los últimos 5 años.
- e) Cualquier otro dato relevante que pueda afectar a la seguridad vial.

### **3. Visita de campo**

Una vez recopilada toda la información de las ZO a estudiar, se realizaron visitas de campo; para asegurar que todos los aspectos relacionados con la seguridad hayan sido estudiados. Asimismo, se realizó una visita en horario diurno y una visita en horario nocturno a cada ZO seleccionada, con la finalidad de recabar toda la información de las condiciones actuales. También se realizaron aforos para corroborar la composición vehicular, se midieron velocidades de operación, se caracterizaron los tramos mediante la información obtenida por el Hawkeye 2000 de forma que se conozcan todas sus características físicas y operativas. Además, se realizaron entrevistas o encuestas a los usuarios que circulaban por las ZO, así como a los trabajadores, durante la visita de campo, para conocer su percepción del riesgo. En la visita se utilizó el siguiente material: chaleco reflejante, casco y botas de seguridad; cinta métrica/rueda de medición siguiendo lo indicado en la NOM-046-SCFI-1994, instrumentos de medición-cintas métricas de acero; lápiz, papel y marcadores para marcar puntos concretos de la carretera; planos o croquis; listas de chequeo, computadora portátil y radar móvil, para registrar velocidades.

Los conceptos a evaluar durante la auditoria son los indicados en el Manual de Auditorias de Seguridad Vial de la DGST, los cuales son:

- Concepto 1: Aspectos Generales
  - ✓ Obras en carreteras en operación
- Concepto 2: Diseño
  - ✓ Seguridad de los carriles con tránsito

- ✓ Visibilidad
- ✓ Accesos a las zonas de obras
- ✓ Cierre de carriles y desvíos provisionales
- Concepto 3: Señalamiento e iluminación
  - ✓ Señalamiento vertical y horizontal
  - ✓ Dispositivos de canalización en obras
  - ✓ Iluminación
- Concepto 4: Necesidades de otros usuarios
  - ✓ Vehículos de emergencia, peatones, ciclistas, motociclistas y autobuses
- Concepto 5: Apertura al tránsito
  - ✓ Apertura al tránsito

#### **4. Elaboración de la auditoría**

Después del análisis de la información, las visitas de campo y el levantamiento de datos, se llevó a cabo el trabajo de gabinete, donde se identificaron los principales problemas de las ZO en los tramos estudiados.

#### **5. Análisis de la Información**

Una vez caracterizadas las condiciones actuales de la infraestructura de las ZO estudiadas, se determinaron las problemáticas en materia de seguridad vial y se analizaron las posibles medidas de mejora que se pueden aplicar para incrementar la seguridad vial de las zonas.

#### **6. Generación de recomendaciones de mejora de la seguridad vial**

De acuerdo a la problemática detectada y sus posibles soluciones, se generaron las recomendaciones de mejora por aplicar con la finalidad de incrementar la seguridad vial en las ZO.

### **Beneficios esperados.**

Con este proyecto se busca promover la seguridad para todos los usuarios de las carreteras, tanto para los conductores como para los trabajadores, que circulan o laboran en ZO mediante la implementación de las medidas de mejora y recomendaciones derivadas de este estudio. La información generada contribuirá para la actualización y mejoramiento de la normativa relacionada con el diseño, instalación y operación de ZO.

También se espera dejar sentadas las bases para realizar futuras investigaciones relacionadas con el mejoramiento del diseño, instalación y operación de las ZO.

# 1. Auditorías de Seguridad vial en Zonas de Obra

---

Las Auditorías de Seguridad Vial en las zonas de obras de una carretera son un procedimiento sistemático y técnico en el que un equipo auditor independiente y calificado comprueba de forma pormenorizada las condiciones de seguridad, para todos los usuarios, de los señalamientos y dispositivos de protección colocados en zonas donde se realicen obras de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de carreteras que afectan al tránsito de la vía, o en las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de dichas zonas (DGST, 2018).

En los siguientes apartados de este capítulo, se define que es una Zona de Obra, después se darán más detalles del significado de una auditoría de seguridad vial y por último se definirá el procedimiento de una Auditoría de Seguridad Vial en Zonas de Obra.

## 1.1 Zonas de obra

Una Zona de Obra (ZO) empieza con el primer señalamiento preventivo y termina con el último señalamiento o dispositivo que afecta al tránsito; de acuerdo con el Manual de Auditorías de Seguridad Vial de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) publicado en 2018; una ZO se define como el sitio en el cual se interrumpe el funcionamiento normal de un camino con el objeto de realizar trabajos de construcción o conservación y consiste en el espacio del camino cerrado a la circulación del tránsito donde se realizarán los trabajos y también es utilizado para alojar material, equipo y al mismo personal.

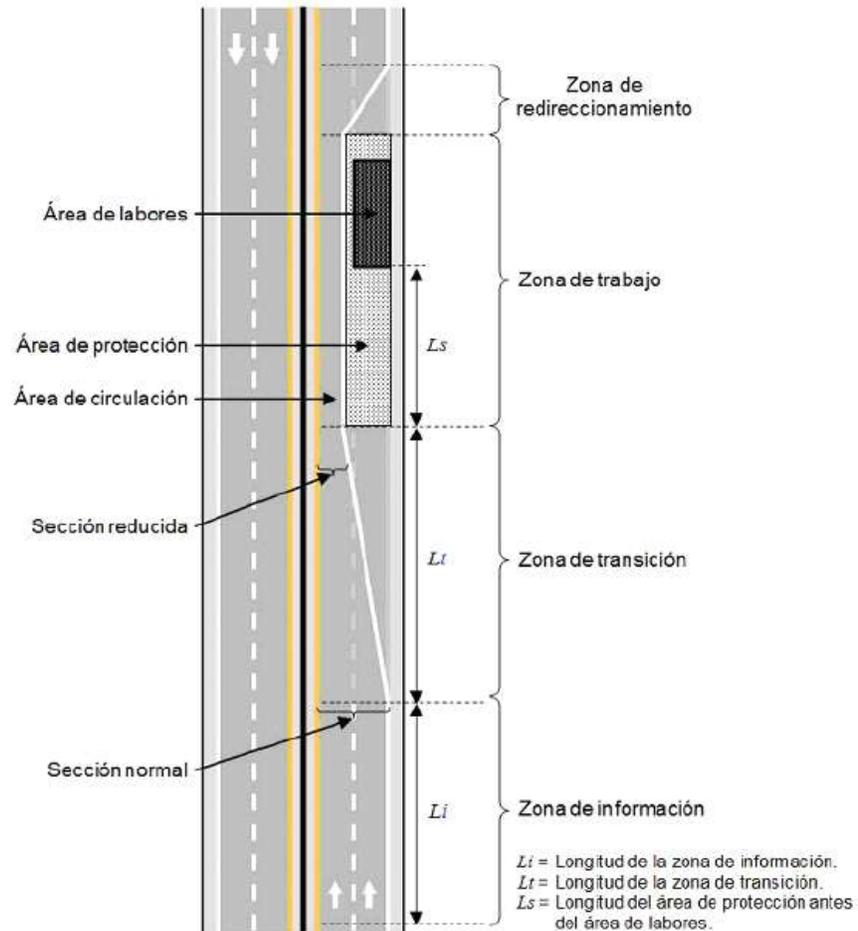
La Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015 “Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales”, tiene por objeto establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implantar el señalamiento y los dispositivos de protección en zonas de obras en las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal; esta NOM define una ZO como el área donde la operación normal del tránsito es afectada por la ejecución de trabajos de construcción, modernización o conservación, de una carretera o vialidad

urbana que comprende las siguientes zonas (Figura 1.1), en el sentido del tránsito:

- a) **Zona de información:** Es la zona donde, a través de señalamiento vertical, se informa y previene a los conductores sobre la existencia de una obra, complementado, en su caso, con señalamiento horizontal que indique la proximidad de la zona de transición o que contribuya al control de la velocidad de los vehículos.
- b) **Zona de transición:** Es el tramo de la carretera donde a través de dispositivos pertinentes se realiza el cambio de la sección normal de la carretera o vialidad urbana a la sección reducida que se diseñe para la zona de trabajo, o donde se realizan desviaciones del tránsito.
- c) **Zona de trabajo:** El tramo de la carretera o vialidad urbana donde se ejecutan los trabajos de construcción, modernización o conservación, que comprende las siguientes áreas:
  - i. **Área de labores,** donde se ejecutan los trabajos, se realizan las maniobras del personal, la maquinaria y el equipo de construcción, y se almacenan los materiales.
  - ii. **Área de protección,** circunda el área de labores, cuya función es la de separar el área de circulación del área de labores y estará delimitada por los dispositivos de canalización necesarios para permitir la reacción de los conductores que pudieran atravesarlos.
  - iii. **Área de circulación,** donde se encauza el tránsito de los vehículos y peatones durante la ejecución de los trabajos.
- d) **Zona de redireccionamiento:** Es el tramo de la carretera o vialidad posterior a la zona de trabajo, en el sentido del tránsito, que sirve para reencauzar al tránsito vehicular a las condiciones normales de la carretera o vialidad urbana.

En una zona de obra vial, el señalamiento horizontal, vertical y los dispositivos de seguridad, se colocan provisionalmente para guiar al tránsito y resguardar la integridad física de los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, así como la del personal que trabaja en las obras de construcción, modernización o conservación. Dicha zona se integra mediante marcas en el pavimento y en las estructuras adyacentes, así como tableros con símbolos, pictogramas y leyendas, y se complementa con dispositivos de protección. De esta manera, constituye un sistema que tiene como objetivos: i) delinear las características geométricas de esas vías públicas, ii) denotar todos aquellos elementos que estén dentro del derecho de vía, iii) prevenir sobre la existencia de los peligros potenciales que implican los trabajos mencionados en el camino, iv) regular el tránsito señalando la existencia de las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen su uso, v) guiar oportunamente a los

usuarios a lo largo de sus itinerarios, indicándoles las rutas alternas a poblaciones, sitios turísticos, recreativos, de servicios u otros lugares de interés y las distancias en kilómetros, transmitiéndoles indicaciones relacionadas con su seguridad, la protección de las vías de comunicación, de las obras y de su personal, para regular y canalizar correctamente el tránsito de vehículos, equipo de construcción y peatones. Con el propósito de facilitar que los usuarios comprendan esas indicaciones, dicho sistema debe ser uniforme en todo el territorio nacional, para disminuir la ocurrencia de accidentes (NOM-086-SCT2-2015).



Fuente: NOM-086-SCT2-2015

**Figura 1.1 Zona de obra**

Precisamente por lo mencionado en el párrafo anterior, las auditorías de seguridad vial en zonas de obra, cobran relevancia y son importantes para garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los usuarios de vía, por ello se debe realizar un proyecto seguro de señalamiento y dispositivos de protección en ZO (trabajos de construcción, modernización o conservación de una carretera o una vialidad urbana). Dicho proyecto ejecutivo debe incluir la configuración de la zona de obra

y la determinación de la velocidad máxima que se permitirá para que los vehículos transiten por el área de circulación de la zona de trabajo o por la desviación, es decir, la velocidad restringida.

## **1.2 Auditorías de seguridad vial**

Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) de acuerdo con el Manual de Auditorías de Seguridad Vial de la SICT publicado en 2018, busca lograr, desde sus primeras etapas, un proyecto carretero que privilegie la seguridad de los usuarios: conductores, pasajeros, peatones, ciclistas y motociclistas. Debe lograr que el proyecto sea indulgente con el usuario para que, ante la ocurrencia de un accidente, no se ocasione la pérdida de vidas humanas ni personas con lesiones de gravedad.

Las etapas que conforman un proyecto carretero, desde su factibilidad hasta su operación y seguimiento, son las siguientes:

1. Etapa de Factibilidad
2. Etapa de Anteproyecto
3. Etapa de Proyecto Ejecutivo
4. Etapa de Preapertura
5. Etapa de Inicio de la Operación
6. Etapa de Seguimiento de la Operación
7. Zona de Obras, lugares en los que se realicen trabajos de construcción, modernización y conservación de carreteras.

El principal objetivo de las ASV es identificar deficiencias de seguridad en la infraestructura vial para que se adopten las medidas preventivas oportunas. De manera general, la elaboración de una auditoría de seguridad vial consta de los siguientes pasos:

- i. Identificación del proyecto y recopilación de la documentación.
- ii. Análisis preliminar de la documentación y selección del equipo auditor.
- iii. Reunión inicial para revisión de la información.
- iv. Conceptos para considerar, dependiendo de la etapa del proyecto.
- v. Trabajos de campo
- vi. Listas de chequeo y ejecución de la ASV con el reporte de anomalías detectadas.
- vii. Informe de auditoría
- viii. Reunión final para presentar los resultados de la ASV.
- ix. Respuesta formal y corrección de anomalías encontradas cuando sea conveniente.

En este trabajo, se realizó una ASV en la etapa de Zona de obra, por lo que a continuación se describe su procedimiento.

### 1.2.1 Auditorías de Seguridad Vial en ZO

Las Auditorías de Seguridad Vial en ZO de una carretera, se llevan a cabo donde se ejecuten trabajos de construcción, modernización y conservación de carreteras; son un procedimiento sistemático y técnico en el que un Equipo Auditor independiente y calificado comprueba de forma pormenorizada las condiciones de seguridad, para todos los usuarios, de los señalamientos y dispositivos de protección colocados en zonas donde se realicen obras de construcción o conservación de carreteras que afectan al tránsito de la vía, o en las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de la zona de ejecución de las obras de carreteras divididas y no divididas e intersecciones, tanto en tramos carreteros interurbanos como en los de conexión con áreas urbanas (tramos suburbanos). A continuación, se describe el procedimiento de elaboración de la auditoría de seguridad vial en ZO:

1. **Recopilación de la documentación:** Es la reunión de la documentación relacionada con las obras y las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de las mismas, que pueda resultar de utilidad al Equipo Auditor, así como toda la información complementaria que esté disponible:
  - Características geométricas de la vialidad y tipo de carretera donde se ejecutarán las obras, para la que se ha proyectado el señalamiento, así como el tipo, longitud y duración de la obra en ejecución,
  - Juego de planos del proyecto de señalamiento para protección en zonas de obra con la representación del señalamiento horizontal y vertical y dispositivos de canalización, así como la representación combinada del señalamiento y la información complementaria,
  - Copia del proyecto “as built” de la carretera o, en su caso, documentación que especifique los inventarios de características geométricas, de señalamiento y de dispositivos de seguridad de la vía objeto de la Auditoría,
  - Informe de la última Auditoría de la carretera y el Informe Respuesta correspondiente, en caso de haberlo,
  - Relación de actuaciones ejecutadas, en los últimos 5 años o desde que la carretera está en operación,
  - Volúmenes de tránsito con clasificación vehicular y sus velocidades de operación, desde que se iniciaron las obras.

- Historial de accidentes registrados en la carretera donde se ejecutarán las obras, de los últimos 5 años o desde que la carretera está en operación y
  - Cualquier otro dato relevante que pueda afectar a la seguridad vial.
- 2. Análisis preliminar de la documentación:** Consiste en comprobar que la documentación corresponde con lo solicitado, está completa y es accesible, incluyendo los antecedentes y las condicionantes de las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de la zona de obras.
- 3. Reunión inicial:** Entre el equipo auditor, el residente de servicios, el residente de obra, el superintendente de construcción y el supervisor.
- 4. Conceptos para considerar:** Son la relación de aspectos que, de forma enunciativa y no limitativa, tendrá en cuenta el Equipo Auditor apoyado en la documentación aportada y la visita de campo, para analizar los señalamientos y dispositivos de protección en zonas donde se realicen las obras de construcción, modernización, reconstrucción o conservación de la carretera, que afectan al tránsito habitual de la vía, o en las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de dichas zonas. El listado de conceptos mínimos se muestra a continuación:
- *Obras en carreteras en operación:* Si las obras se realizan por fases, se comprobará que las diferentes etapas se ejecuten en condiciones de seguridad. Se revisará que éste contenga los planos respectivos para cada fase, así como que la programación de la construcción y los planos dispongan medidas específicas de seguridad y señalamiento para cada distribución temporal. Se comprobará que los planos de señalamiento y dispositivos de canalización para la protección en obras estén diseñados para las diferentes situaciones a lo largo y durante la obra. Se revisará la señalización existente antes de la obra y la eliminación de la que contradiga las condiciones de tránsito durante las obras.
  - *Seguridad de los carriles con tránsito:* Se comprobará que las áreas de advertencia, direccionamiento, trabajo y redireccionamiento, que componen las ZO, estén claramente definidas de acuerdo con la velocidad de operación de la zona de trabajo. Asimismo, se verificará que el inicio de la ZO esté correctamente señalado. Se comprobará que los desvíos estén claramente definidos y que las áreas de trabajo se encuentran separadas del tránsito. Se revisará si las transiciones entre la carretera existente y las obras son seguras y están correctamente señalizadas.

- *Visibilidad:* Se comprobará que las distancias de visibilidad de parada se cumplan a lo largo del camino, antes, durante y después de la ZO.
- *Accesos a las ZO:* Se comprobará que los accesos a la ZO operen con seguridad y disponga de la distancia de visibilidad de parada calculada para la velocidad de operación de la obra. Se revisará que las zonas de entrecruzamiento, entradas y salidas se encuentran protegidas, que en los accesos al área de los trabajos se haya colocado en tiempo y forma el señalamiento horizontal y vertical para su protección. También se verificará la efectividad del señalamiento de iluminación nocturno y la existencia del control del tránsito en lugares donde interactúen los vehículos de la obra con los vehículos de la carretera en operación.
- *Cierre de carriles y desvíos provisionales:* Se revisará que el ancho de los carriles, los radios de curvatura y las ampliaciones en curva garanticen la integridad de los usuarios de las vialidades, del personal y de la obra en sí, durante la ejecución de los trabajos. Además, se revisará el alineamiento de las guarniciones, isletas y fajas separadoras; y que las desviaciones temporales permitan a los camiones y a los autobuses maniobrar con seguridad.
- *Señalamiento vertical y horizontal:* Se comprobará que el señalamiento horizontal se encuentre en buenas condiciones, que sea claro, no ambiguo y su colocación sea la adecuada de acuerdo con la NOM-086-SCT2-2015; que todas las señales preventivas, restrictivas e informativas, así como las señales diversas (indicadores de obstáculos y de alineamiento) y los dispositivos de seguridad, cumplan también con la NOM. También, se verificará si se dispone de las señales de límite de velocidad requeridas para los trabajos que se realizarán, y están ubicadas en el lugar correcto de acuerdo al proyecto de señalamiento de ZO. Por último, se comprobará que las señales estén colocadas de manera que no obstruyan la visibilidad.
- *Dispositivos de canalización en obras:* Se comprobará que para el encauzamiento de los vehículos a través de las desviaciones se instalen dispositivos de canalización para protección en ZO. En cuanto a las barreras fijas, se revisará si están instaladas en aquellas zonas donde son requeridas para separar las ZO de los carriles del flujo de tránsito, si protegen a los vehículos del flujo de tránsito de otros peligros, si están ubicadas e instaladas correctamente y si no suponen un peligro para el tránsito o dificultan la visibilidad.

- *Iluminación:* Se comprobará que se haya provisto iluminación en la ZO para asegurar su visibilidad durante la noche y que exista iluminación para peatones, ciclistas y motociclistas, en caso de que se prevea su circulación por la ZO.
- *Vehículos de emergencia, peatones, ciclistas, motociclistas y autobuses:* Se comprobará que se hayan previsto accesos seguros y rutas de paso para vehículos de emergencia, peatones, ciclistas y motociclistas, que tengan continuidad y estén libres de zonas resbaladizas y zanjas. También se verificará que el señalamiento informe a los peatones, ciclistas y motociclistas de la ZO y se revisará que las paradas de autobús, en caso de existir, estén señalizadas y ubicadas de forma segura y la visible.
- *Control del tránsito:* Se comprobará que el control del tránsito a través del abanderamiento se realice considerando lo estipulado en la NOM-086-SCT2-2015 y en la Guía del Banderero (DGCC, 2000), tales como que los bandereros cuenten con la vestimenta de seguridad de alta visibilidad y dispositivos de protección adecuados para actividades diurnas y nocturnas; que utilicen equipo básico de control del tránsito, como señales, banderas, lámparas de haz luminoso, bocina de emergencia, entre otros, de acuerdo al tipo de obra y a las velocidades de operación de las ZO; y que realicen los procedimientos para el control del tránsito descritos en dicha norma.
- *Apertura al tránsito:* Se comprobará que sobre el camino construido, modernizado, reconstruido o rehabilitado se haya colocado el señalamiento definitivo, retirando las señales de la zona de obras cuando las obras concluyan.

**5. Trabajos de campo:** Se realizan las visitas necesarias al tramo para asegurar que todos los aspectos relacionados con la seguridad hayan sido tratados. Como mínimo se realizará una visita en horario diurno y una visita en horario nocturno, reproduciendo las condiciones de circulación de todos los usuarios. Las visitas a campo tienen los siguientes objetivos:

- Comprobar las condiciones de seguridad de los señalamientos y dispositivos de protección en ZO, o en las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de dichas zonas, así como todos los elementos y situaciones de la carretera donde se ejecutarán las obras que no se pudieron tener en cuenta en la elaboración del proyecto de señalamiento de la ZO por no disponer del nivel de detalle
- Comprobar la manera en que el señalamiento y los dispositivos de protección en ZO corresponden con su

proyecto y con las modificaciones, en los aspectos relacionados con la seguridad vial de todos los usuarios de la vía

- Comprobar cómo interactúan el tramo de carretera objeto de las obras de construcción, modernización, reconstrucción o conservación, el tramo restante de la carretera en operación y el resto de las carreteras en el área de influencia y cómo están ejecutadas las transiciones entre ellas
- Identificar impedimentos potenciales y conflictos para los diferentes grupos de usuarios que transitarán por las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de la ZO
- Comprobar las condiciones de seguridad de los caminos de acceso para comunicar los frentes de trabajo, los lugares para la obtención de los materiales destinados a la ejecución de los trabajos y para permitir el movimiento de los equipos, maquinaria y vehículos necesarios para la realización de las obras de construcción, modernización, reconstrucción o conservación.

Durante la vista, se grabará material audiovisual con cámaras fotográficas y de video que muestren la ubicación geográfica de las tomas, así como el registro de las condiciones prevalecientes durante la misma. La grabación de videos y fotografías de forma sistemática servirá para revisar los aspectos tratados durante la visita. Además, se utilizarán: chaleco reflejante, casco y botas de seguridad; cinta métrica/rueda de medición siguiendo lo indicado en la NOM-046-SCFI-1994, instrumentos de medición-cintas métricas de acero; lápiz, papel y marcadores para señalar puntos concretos de la carretera; planos o croquis; listas de chequeo; computadora portátil, grabadora; cronómetro o radar móvil, para registrar velocidades; instrumento de posicionamiento global (GPS) que ofrecerá una precisión mínima de  $\pm 3$  m en modalidad de navegación y  $\pm 1$  cm en modo estático. Se cumplirá el Protocolo NMEA – 183, publicado por la National Marine Electronics Association en el año 2001.

- 6. Listas de chequeo:** Son herramientas de verificación que muestran todos los aspectos de seguridad que se revisarán de la carretera, de manera que no se olvide comprobar ninguno de ellos. Se usarán como apoyo los trabajos de auditoría. Las listas estarán estructuradas con una serie de preguntas clasificadas de acuerdo con los conceptos y subconceptos de revisión en las zonas de obras a las que se responde con “Sí” o “No” y cuentan con un campo

adicional para registrar las observaciones a las respuestas dadas (Figura 1.2).

**7. Informe de auditoría:** una vez completados los trabajos anteriores, se redactará e identificará, de forma clara y concisa, los aspectos de las ZO que impactan negativamente en el nivel de seguridad desde el punto de vista de todos los usuarios. El informe incluirá fotos y diagramas que ilustren las deficiencias encontradas, así como referencias a otras normas, manuales, prácticas recomendables o estudios publicados sobre la seguridad vial que sustenten las deficiencias detectadas. Como mínimo, el informe incluirá lo siguiente:

- Nombres de los miembros del Equipo Auditor indicando sus funciones, incluyendo los técnicos especialistas que hayan colaborado en la elaboración del Informe
- Nombre del Residente de Servicios, quien validará el Informe de Auditoría
- Nombres del Residente General correspondiente o del Gerente de Supervisión o del Mantenedor/Operador, según el tipo de carretera auditada
- Nombres del Residente de Obra, del Superintendente de Construcción, del Contratista de la Obra y del Supervisor de la Obra contratado por la Dependencia
- Identificación de quien encarga el Informe de la Auditoría, quien ha de realizar el Informe Respuesta
- Descripción breve de las obras de construcción, modernización, reconstrucción o conservación
- Relación de la información recibida y revisada por el Equipo Auditor
- Descripción breve del desarrollo de la Auditoría, incluyendo las reuniones celebradas entre el Residente de Servicios, el Equipo Auditor, el Residente de Obra, el Superintendente de Construcción y el Supervisor de la Obra
- Descripción sencilla de las visitas de campo realizadas.
- Relación de las deficiencias, omisiones y elementos de diseño críticos identificados desde el punto de vista de la seguridad vial, con una explicación sobre la naturaleza del riesgo que originan y el tipo de accidente que pueden ocasionar
- Las deficiencias encontradas registradas de mayor a menor relevancia en términos de seguridad vial
- En el Informe Final de Auditoría sólo se identificarán las deficiencias y omisiones que no se hayan resuelto mediante modificaciones en la ZO
- Fotografías, croquis o planos de los elementos que ilustren adecuadamente los aspectos identificados en la Auditoría y

sobre los que se formulan las deficiencias y omisiones de seguridad

- Las recomendaciones, sugerencias, alternativas y estrategias para eliminar o mitigar los peligros asociados a cada deficiencia. Las recomendaciones serán viables, proporcionadas al problema identificado, acordes con el alcance del estudio y plantearán las directrices de cómo resolver el problema, sin detalles específicos de la solución
- El Equipo Auditor, en caso de que identifique deficiencias u omisiones que conduzcan a situaciones de riesgo en el aspecto de la seguridad vial para las que no sea posible formular recomendaciones, dejará constancia de la necesidad de ampliar la investigación para determinar la(s) posible(s) solución(es)
- Declaración fechada y firmada por el Auditor Jefe de Seguridad Vial, como responsable del equipo, de que ha llevado a cabo y completado la Auditoría
- Relación de firmas del Equipo Auditor, con nombre y función desempeñada durante la Auditoría, indicando lugar y fecha de entrega del Informe.

El Informe de Auditoría incluirá en anexos: Los informes intermedios, en los casos en los que se hayan llevado a cabo y/o las listas de chequeo utilizadas.

**8. Reunión final:** Se entrega el Informe al Residente de Obra y al Superintendente de Construcción, donde se expondrán las conclusiones del Informe de Auditoría, explicando las deficiencias encontradas desde el punto de vista de la seguridad vial, estructuradas de mayor a menor relevancia, así como las recomendaciones, sugerencias, alternativas y estrategias de implementación consideradas para eliminar o mitigar los peligros asociados a cada deficiencia.

**9. Respuesta formal:** Será redactado por el Superintendente de Construcción y coordinado por el Residente de Obra. En ella se explicarán los detalles técnicos de las medidas de mejora adoptadas a partir de las deficiencias y omisiones identificadas en el Informe de Auditoría y de las recomendaciones, sugerencias, alternativas y estrategias de implementación para eliminar o mitigar los peligros asociados a cada una de ellas (DGST, 2018).

Con respecto a las listas de chequeo, en la tabla 1.1 se muestran los conceptos a verificar en la auditoría de seguridad vial de una zona de obra.

**Tabla 1.1 Lista de chequeo general, etapa de zona de obras.**

Concepto 1: Aspectos Generales	
1.1	Obras en carreteras en operación
Concepto 2: Diseño	
2.1	Seguridad de los carriles con tránsito
2.2	Visibilidad
2.3	Accesos a las zonas de obras
2.4	Cierre de carriles y desvíos provisionales
Concepto 3: Señalamiento e iluminación	
3.1	Señalamiento vertical y horizontal
3.2	Dispositivos de canalización en obras
3.3	Iluminación
Concepto 4: Necesidades de otros usuarios	
4.1	Vehículos de emergencia, peatones, ciclistas, motociclistas y autobuses
Concepto 5: Apertura al tránsito	
5.1	Apertura al tránsito

Fuente: MASV (DGST, 2018)

Finalmente, es responsabilidad de las autoridades, los concesionarios y empresas de carreteras encargadas de construir, operar y conservar las carreteras y vialidades urbanas, la instalación y retiro del señalamiento y dispositivos de protección en zonas de obra. Por lo anterior, se prohíbe realizar cualquier trabajo de construcción, modernización o conservación en las carreteras y vialidades urbanas, mientras no se instalen el señalamiento y los dispositivos de protección en zonas de obra del tramo que sea afectado por dichos trabajos, también se prohíbe dejar algún tipo de señalamiento o dispositivo de protección en zonas de obra, después de haber concluido los trabajos de construcción, modernización o conservación que se hayan realizado en el tramo definido por la ZO, o en sus inmediaciones, que provoque confusión o distracción a los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas.

<b>Lista de chequeo</b>				
<b>ETAPA DE ZONA DE OBRAS</b>				
<b>Concepto 1: Aspectos Generales</b>				
<b>1.1</b>	<b>Obras en carreteras en operación</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
1.1.1	Si la construcción se va a dividir en varios subproyectos ¿se ha comprobado que el orden de ejecución no afecta negativamente a la seguridad vial?			
1.1.2	Si el proyecto se va a dividir en etapas o va a ser ejecutado en distintas etapas ¿incluyen los planos constructivos y la programación de la obra medidas específicas de seguridad, señalamiento y dispositivos de canalización para la protección en obras diseñados para cada distribución temporal?			
1.1.3	¿Se ha revisado el señalamiento existente antes de la obra? ¿existe señalamiento a eliminar que contradiga las condiciones de tránsito durante la obra?			
<b>Concepto 2: Diseño</b>				
<b>2.1</b>	<b>Seguridad de los carriles con tránsito</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
2.1.1	¿Está claramente definida la zona de advertencia, direccionamiento, trabajo y redireccionamiento de la zona de obra de acuerdo a la velocidad de proyecto establecida?			
2.1.2	¿Se percibe correctamente el inicio de las obras a través del señalamiento?			
2.1.3	¿Están claramente definidos los desvíos para ambos sentidos del tránsito?			
2.1.4	¿La zona de obras se encuentra separada del tránsito y sin generar problemas en la seguridad vial de los usuarios?			
2.1.5	Los trabajos en la carretera ¿están ubicados con seguridad respecto al alineamiento horizontal y vertical? Si no ¿se advierte a partir del señalamiento de la zona de obras?			
2.1.6	¿Son seguras las transiciones desde las carreteras existentes a la carretera en obras? ¿están señalizadas correctamente?			
2.1.7	¿Se pueden continuar realizando con seguridad los trabajos de mantenimiento durante las obras, considerando a trabajadores y a usuarios?			
<b>2.2</b>	<b>Visibilidad</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
2.2.1	¿Existe distancia de visibilidad de parada a lo largo del camino, antes, durante y después de la zona de obras, acorde con la velocidad de proyecto?			
2.2.2	¿Están localizadas las entradas y salidas a las zonas de obras a una distancia de visibilidad perceptible con anticipación por los usuarios?			
<b>2.3</b>	<b>Accesos a las zonas de obras</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
2.3.1	¿Están claramente definidas las zonas de obras? ¿está claro por dónde cruza el tránsito donde no se han dispuesto bandereros?			

Fuente: MASV (DGST, 2018)

**Figura 1.2** Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra.

2.3.2	Durante las obras en la carretera ¿operan con seguridad los accesos a la zona de obras desde las carreteras adyacentes? ¿se han adoptado medidas adicionales?			
2.3.3	Las entradas y salidas de la zona de obras ¿disponen del señalamiento ubicado con anticipación para garantizar la seguridad?			
2.3.4	¿Se han dispuesto correctamente dispositivos de canalización para protección en obras, en las zonas de entrecruzamiento, entradas y salidas?			
2.3.5	La longitud en la zona de entrecruzamiento ¿garantiza condiciones de operación seguras?			
2.3.6	¿Es efectivo el señalamiento horizontal y vertical para protección en zonas de obras durante la noche? ¿es necesario instalar iluminación?			
2.3.7	¿Existen controles de tránsito en los lugares dónde interactúan los vehículos de la obra y los de la carretera?			
<b>2.4</b>	<b>Cierre de carriles y desvíos provisionales</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
2.4.1	La anchura de los carriles ¿permite el tránsito de todos los vehículos que usan las desviaciones de la zona de obras?			
2.4.2	Los radios de curvatura y las ampliaciones en curva ¿permiten el tránsito de todos los vehículos que usan las desviaciones de la zona de obras?			
2.4.3	¿El alineamiento de las guarniciones, las isletas y las fajas separadoras, se adapta al tipo de carretera y las características del tránsito vehicular?			
2.4.4	¿Permiten los desvíos temporales maniobrar a los camiones y a los autobuses con seguridad en su carril designado?			
<b>Concepto 3: Señalamiento e iluminación</b>				
<b>3.1</b>	<b>Señalamiento vertical y horizontal</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
3.1.1	¿Son claras y no ambiguas las rayas separadoras de sentidos de circulación y en la orilla de la calzada?			
3.1.2	¿Son suficientes y necesarias todas las regulaciones, advertencias y señales de orientación?			
3.1.3	¿Están bien ubicadas todas las señales preventivas, restrictivas e informativas, así como las señales diversas (indicadores de obstáculos y de alineamiento) y los dispositivos de seguridad necesarios?			
3.1.4	¿Tienen la forma, el tamaño y el color necesario en función de los requerimientos de la obra?			
3.1.5	¿Están todas las señales de tránsito correctamente colocadas, en función del gálibo vertical y horizontal?			
3.1.6	¿Se han dispuesto las señales de límite de velocidad requeridas para los trabajos que se realizan? Si es así ¿se aplican correctamente?			
3.1.7	¿Están colocadas las señales de manera que no obstruyan la visibilidad de los usuarios y personal de la obra?			

Fuente: MASV (DGST, 2018)

**Figura 1.2 Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra (continuación)**

<b>3.2</b>	<b>Dispositivos de canalización en obras</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
3.2.1	Para el encauzamiento de los vehículos a través de reducciones de carril ¿están instalados los dispositivos de canalización para protección en obras?			
3.2.2	¿Se usan barreras fijas para separar las áreas de los trabajos de las zonas de flujo del tránsito?			
3.2.3	¿Es necesario disponer de barreras fijas para proteger al tránsito y a los usuarios y personal de la obra de otros peligros?			
3.2.4	¿Cumplen su función y están ubicadas e instaladas correctamente las barreras fijas?			
3.2.5	¿Las barreras fijas al tránsito obstruyen la visibilidad comprometiendo la seguridad vial de usuarios y personal de la obra?			
<b>3.3</b>	<b>Iluminación</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
3.3.1	¿Se ha provisto de iluminación u otros dispositivos luminosos para asegurar la visibilidad de la zona de obras durante la noche?			
3.3.2	En el caso que se prevea circulación de peatones, ciclistas y motociclistas por la zona de obras ¿garantiza buenas condiciones de visibilidad tanto de día como de noche?			
<b>Concepto 4: Necesidades de otros usuarios</b>				
<b>4.1</b>	<b>Vehículos de emergencia, peatones, ciclistas, motociclistas y autobuses</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
4.1.1	¿Se han previsto rutas seguras de paso para peatones, ciclistas y motociclistas? ¿y para vehículos de emergencia que necesiten acceder a la zona?			
4.1.2	Las rutas para ciclistas y motociclistas ¿tienen continuidad y están libres de zonas resbaladizas y zanjas?			
4.1.3	¿El señalamiento es perceptible e informa con anticipación a los peatones, ciclistas y motociclistas que accedan a la zona de obras?			
4.1.4	¿Pueden los usuarios andar con seguridad desde y hasta la parada del autobús?			
4.1.5	¿Se han señalado las paradas de autobús con la distancia de visibilidad requerida? ¿se han separado de los carriles con tránsito para garantizar la seguridad?			
<b>Concepto 5: Apertura al tránsito</b>				
<b>5.1</b>	<b>Apertura al tránsito</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
5.1.1	¿Se ha colocado el señalamiento definitivo? ¿existen señales innecesarias? ¿se han retirado todas las señales de obra?			

Fuente: MASV (DGST, 2018)

**Figura 1.2** Listas de chequeo detalladas para ASV Etapa Zona de obra (continuación)



## 2. Recolección de datos

---

Para este estudio, se realizó un recorrido sobre la vía para identificar, en toda su longitud, las diferentes zonas de obras que se encontraban en operación. Se revisaron las diferentes características de cada una de ellas para elegir 3 o 4 zonas de obra para su auditoría.

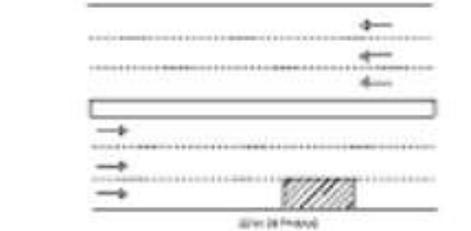
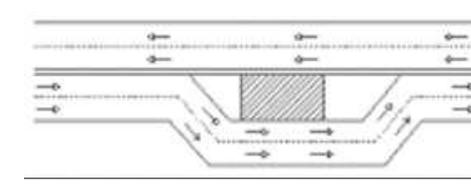
Este recorrido se realizó con un vehículo ligero y posteriormente se realizó el levantamiento con el vehículo de inspección Hawkeye 2000 para obtener imágenes, posiciones geográficas, distancias y perfiles de cada tramo levantado.

También se realizaron mediciones de velocidades en puntos específicos para ver el comportamiento de los conductores en zonas de obra tanto en zonas de información, en zonas de transición y en áreas de trabajo.

De acuerdo con lo establecido en la metodología de este estudio, se tomaron en cuenta tres zonas de obra sobre la Autopista México-Querétaro, Carretera Federal Mex.57, sobre ella, de acuerdo a datos viales del año 2021 el tránsito diario promedio anual, TDPA, fluctúa entre 25,000 y 45,000 vehículos sobre la vía y llega a ser mayor de 85,000 vehículos en los kilómetros cercanos a la zona urbana de la ciudad de Querétaro.

Después de una auscultación sobre la vía y recopilando datos de las obras en proceso, se eligieron 4 zonas de obra que se describen en la tabla 2.1. De acuerdo a su particularidad y clasificación en cada uno de los casos, para esta categorización se toma en cuenta la Tabla 9 de la NOM-086-SCT-2015, por ubicación de la zona de trabajo en carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación. Cabe señalar que las obras estaban en ejecución al momento de realizar este trabajo y que las 4 seleccionadas son parte de construcción de nuevos elementos como el distribuidor vial del kilómetro 89+000 al 92+000, modernización de la rampa de emergencia y carriles de concreto hidráulico, conservación y mantenimiento de las juntas del puente. Para estos levantamientos, se tomaron en cuenta las características geométricas de las zonas. Por falta de tiempo, los planos del proyecto no fueron solicitados a la dependencia correspondiente, pero se realizaron vuelos con drone para las vistas en planta, los volúmenes de tránsito se obtuvieron de los Datos Viales que proporciona la SICT en su portal, se consiguieron datos de velocidad y más adelante, en este capítulo, se mostrará su análisis.

**Tabla 2.1 Zonas de obras auditadas.**

Zona de Obra	Cadenamiento	Diagrama	Ubicación de los trabajos
1	Sentido 2 Del km 127+200 al 127+300		Reparación de juntas de puente sobre el carril de alta velocidad.
2	Sentido 1 y 2 Del km 89+000 al 92+000		Construcción de un distribuidor vial con un PIV, al momento las zonas se encuentran fuera de la vía.
3	Sentido 1 Del km 157+000 al 158+000		Construcción de rampa de emergencia, la obra se encuentra completamente fuera de la vía.
4	Sentido 1 Del km 165+200 al 174+500		Pavimentación con concreto hidráulico en los 3 carriles, la obra desvía la circulación pero no afecta al otro sentido.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1 Levantamiento de datos con el vehículo de inspección Hawkeye

Con la ayuda de la tecnología, como el caso del vehículo de inspección Hawkeye 2000, se pueden obtener datos que pueden ser de mucha utilidad para auditorías de seguridad vial.

Este equipo, propiedad del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), tiene instaladas las siguientes herramientas:

- Sistema de Adquisición de datos. Computadora con software sistematizado para el almacenamiento y procesamiento de datos levantados con las herramientas que posee el vehículo

- Sistemas de imágenes digitales – Cámaras Digitales. Sirven para identificar y localizar visualmente las características de la carretera y el borde de la carretera con precisión. El sistema utiliza cámaras digitales y produce cuadros de vídeo de alta resolución, nítidos
- Sistemas de navegación por satélites GPS. Proporciona datos recibidos por satélites, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición
- Instrumento de medición de distancias. Calcula la distancia total o parcial recorrida, colocada en la rueda trasera y programada junto con los demás sistemas para la recolección de datos
- Gipsi-Trac Road Mapping. Sistema que utiliza sensores de navegación por un receptor GPS, sistema basado en microprocesador que registra y combina datos de inercia que recibe de los giroscopios, los acelerómetros y un sensor de distancia con posición GPS.

A nivel mundial, la serie 2000 de este vehículo de inspección ha sido utilizada en inspecciones de recopilación de datos de activos carreteros para proyectos y redes, inventario de mobiliario vial y gestión de activos, inspecciones de cartografía y geometría de infraestructuras varias, control de calidad del contratista, evaluación de seguridad vial y mantenimiento de pistas de aeropuertos.

Desde la obtención de este equipo por el IMT, se ha utilizado en proyectos relacionados con auditorías de seguridad vial y evaluaciones con la metodología de iRAP, sin embargo, desde el año 2018, la SCT publicó el Manual de Auditorías de Seguridad Vial, donde uno de varios requisitos adicionales es medir en campo los parámetros geométricos de una carretera para llevar a cabo la Auditoría de Seguridad Vial.

## 2.2 Estudio de velocidades de punto

Se realizó un estudio de registros de velocidades de punto en cada una de las zonas de obra analizadas. Se utilizó un radar para el registro de las velocidades de los vehículos que circulaban a través de las zonas de obra. La tabla 2.2 presenta la ubicación de las zonas de obra analizadas, las coordenadas geográficas donde se tomaron las velocidades de punto y el número de registros de velocidad por cada sitio.

Los sitios de los registros de velocidad se ubicaron entre las zonas de transición y de trabajo para poder determinar el impacto que tiene en los conductores los dispositivos para el control del tránsito y los señalamientos ubicados previamente en las zonas de información.

Los registros de velocidad fueron obtenidos durante los días jueves y viernes entre las 10 y 13 horas con buenas condiciones climáticas y de visibilidad.

El número de registros de la muestra se consideró representativo para el cálculo de la velocidad de operación.

**Tabla 2.2 Ubicación y número de registros de velocidad de punto.**

ZO	Cadena- miento	Compo- nente	Ubicación en la ZO	Ubicación del sitio de registro de velocidad		Número de Registros
				Latitud	Longitud	
1	127+200 - 127+300 Sentido 2	Zona de trabajos	Dentro de la calzada	20.183791	-99.768528	120
2	89+000 – 92+000 Sentido 1	Zona de trabajos	Fuera de la calzada	20.0196321	-99.518854	186
3	157+000 - 158+000 Sentido 1	Zona de Transición	Fuera de la calzada	20.3767023	-100.00397	180
		Zona de trabajos	Fuera de la calzada	20.380885	-100.01302	180
4	165+200 – 174+500 Sentido 1	Zona de trabajos	Dentro de la Calzada	20.4163990	-100.04417	150

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2.1 Análisis de las velocidades

Con base en la información de los registros de velocidad obtenidos en las zonas de obra analizadas se calcularon para cada sitio la velocidad promedio, la velocidad de operación y el porcentaje de vehículos que excedieron el límite de velocidad establecido en la zona de obra como Velocidad Restringida, obtenido en cada sitio durante la inspección de campo.

La Velocidad Restringida es la velocidad máxima que se permite para los vehículos que circulen por las zonas de transición y de trabajo o por la desviación. Se determina en función de la geometría de la carretera, de la ubicación del área de labores y de la configuración de la zona de trabajo.

En la tabla 2.3 se presentan los resultados del estudio de las velocidades de punto de los sitios en cada una de las zonas de obra analizadas. De la columna 5 a la columna 8 se presentan la velocidad promedio, la velocidad de operación y el porcentaje de vehículos que excedieron el límite de velocidad restringida, respectivamente.

**Tabla 2.3 Resultados del estudio de velocidad de punto.**

ZO	Cadena- miento	Compo- nente	Ubicación en la ZO	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad de operación (km/h)	Velocidad restringid a (km/h)	Porcentaje de vehículos que exceden la velocidad restringida
1	127+200 - 127+300 Sentido 2	Zona de trabajos	Dentro de la calzada	65	76	70	31
2	89+000 - 92+000 Sentido 1	Zona de trabajos	Fuera de la calzada	96	116	70	90
3	157+000 - 158+000 Sentido 1	Zona de Transición	Fuera de la calzada	86	100	60	99
		Zona de trabajos	Fuera de la calzada	65	76		76
4	165+200 - 174+500 Sentido 1	Zona de trabajos	Desviación: Dentro de la Calzada	81	96	70	77

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados más relevantes de este análisis son los siguientes:

- En cuatro de los cinco sitios analizados, la velocidad promedio es mayor a la velocidad restringida indicada en las zonas de obra
- En todos los sitios analizados, la velocidad de operación es mayor a la velocidad restringida indicada en las zonas de obra. El sitio ubicado en la ZO 2 es el más crítico, ya que se excede por 46 km/h
- En cuatro de los cinco sitios analizados, más del 76% de los vehículos registrados exceden la velocidad restringida
- El sitio ubicado en la en la zona de transición de la ZO 3, presenta el mayor porcentaje de vehículos que exceden la velocidad restringida, con casi el 100%
- El sitio que presenta el menor porcentaje de vehículos que exceden la velocidad restringida (31 %) está ubicado en la ZO 1 donde la zona de los trabajos se encuentra dentro de la calzada
- Los sitios que se encuentran ubicados en las zonas de obra fuera de la calzada presentan los mayores porcentajes de vehículos que exceden la velocidad restringida.

Los resultados muestran que los señalamientos y dispositivos utilizados para el control del tránsito no tienen el impacto necesario en los usuarios para que regulen su velocidad al circular por las zonas de obra, siendo más notable en los sitios ubicados fuera de la calzada.

Como se mencionó anteriormente, la Velocidad Restringida se determina en función de la geometría de la carretera, de la ubicación del área de labores y de la configuración de la zona de trabajo, por lo que se realizó un análisis para revisar si las velocidades utilizadas en las zonas de obra en estudio son las correspondientes a las condiciones prevalecientes registradas en la inspección de campo.

Con base en lo estipulado en el apartado 9.1 “Determinación de la velocidad restringida (Vzt)” de la NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales) y considerando la información obtenida en campo de las zonas de obra analizadas se determinaron los “factores de afectación” para cada uno de los casos estudiados, además, se obtuvo la velocidad de operación en condiciones normales (antes de la implementación de la zona de obra) basado en un estudio previo de velocidades de punto realizado en los mismos sitios.

La Tabla 2.4 presenta los resultados de la revisión de la velocidad restringida en las zonas de obra analizadas. En la columna 3 se presenta el factor de afectación, la columna 4 la velocidad de operación en condiciones normales, la columna 5 velocidad restringida calculada y la columna 6 la velocidad restringida utilizada en la condición actual de las zonas de obra.

Se aprecia de forma muy evidente que, en todos los casos, la velocidad restringida utilizada en la condición actual es mucho menor que la calculada, basado en lo establecido en la normativa vigente.

Es importante mencionar, que varios elementos que conforman la zona de obra se basan en esta variable, tales como: la separación entre señales ubicadas en la zona de información, la longitud de la zona de transición, la longitud del área de protección en el área de labores, la longitud de la zona de redireccionamiento, el nivel de los elementos de contención, entre otros.

La subestimación de la velocidad restringida da como resultado una zona de obra con elementos restringidos que pueden afectar la operación al circular por ella, aumentando la posibilidad de que se presenten accidentes que pongan en riesgo tanto a los usuarios como a los trabajadores.

**Tabla 2.4 Revisión de la velocidad restringida.**

<b>ZO</b>	<b>Cadena- miento</b>	<b>Ubicación en la ZO</b>	<b>Factor de afectación</b>	<b>Velocidad de operación (Condición normal) (km/h)</b>	<b>Velocidad restringida Calculada (km/h)</b>	<b>Velocidad restringida Utilizada (km/h)</b>
1	127+200 - 127+300 Sentido 2	Dentro de la calzada	0.7	130	90	70
2	89+000 – 92+000 Sentido 1	Fuera de la calzada	0.8	120	90	70
3	157+000 – 158+000 Sentido 1	Fuera de la calzada	0.8	120	90	60
4	165+200 – 174+500 Sentido 1	Desviación: Dentro de la Calzada	0.7	130	90	70

Fuente: Elaboración propia.



### 3. Análisis de la recolección de datos

---

Para cada una de las zonas, como se muestra en la tabla 2.1 de manera particular, se puede presentar diferente percepción por parte de los usuarios. Se espera observar diferentes respuestas por parte de los conductores ante estos cambios en su circulación u operación dentro de las zonas de obra. De acuerdo con el señalamiento que estas poseen, puede definirse como una buena zona de obra ya que con la información proporcionada el conductor previene cambios de velocidades, cambios de carriles y/o detenciones por tráfico generado.

A continuación, se muestra la información gráfica de las zonas de obra y sus hallazgos en la auditoría realizada a cada una de estas.

#### 3.1 Zona de obra 1. Reparación de juntas en puente vehicular

Esta zona de obra en particular está sobre uno de los carriles más significantes de la vía, pues está sobre el carril de alta velocidad en una vía de 3 carriles. Aunque se encuentra en tangente, como vemos en la figura 3.1, carece de información de aproximación a la zona de obra y tiene una pendiente ascendente en el sentido de circulación.



Nota: La zona de obra es la señalada con el círculo rojo.

Fuente: Elaboración propia con vuelos de dron.

**Figura 3.1 Zona de obra en puente inferior vehicular**

### 3.1.1 Hallazgos encontrados

Dentro de los hallazgos encontrados en la inspección realizada a la zona de obra se encontraron los siguientes.

1. En cuanto al diseño de la zona de obra, no está claramente definida la zona de información donde se debe advertir de los trabajos. Como se observa en la figura 3.2 no se identifica si la zona de transición se encuentra delimitada de acuerdo a la velocidad de proyecto establecida, por lo que no se percibe correctamente el inicio de las obras a través del señalamiento.



Nota: No se percibe señalamiento antes de la zona de obra ni de aviso ni de reducción de velocidad, se alcanza a ver a un trabajador en la imagen de la derecha en los márgenes del arroyo vial y en la imagen izquierda se percibe el inicio de los conos para delimitar la obra.

Fuente: Elaboración propia con fotos tomadas por el Hakweye.

**Figura 3.2 Inicio de zona de obra 1**

2. En cuanto al señalamiento vertical y horizontal, no se percibe ninguno, de tipo vertical, que prevenga que hay una zona de obra cerca, ni de reducción de carriles, ni de velocidad de operación de la vía y en cuanto al horizontal no afecta mucho, en la Figura 3.3 se muestra con flechas rojas la colocación de los conos para reducir el carril, el recuadro rojo señala la zona del trabajo y el círculo la colocación del banderero.
3. En cuanto al número de bandereros se observa solo uno, pero no está colocado en el inicio del desvío o inicio de conos y se encuentra fuera de la vía, dentro de la faja separadora y bajo de un árbol, con poca visibilidad por lo que no provoca un aviso preventivo hacia los conductores. El movimiento que se percibió que realizaba es el de siga y no el de baje su velocidad, como se presenta en la figura 3.3.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.3 Colocación de dispositivos de control de tránsito en zona de obra 1.**

4. Para la seguridad de los trabajadores se encontró que en la zona de trabajo no existe el área para su protección y resguardo, solo está colocado un vehículo de materiales frente a ellos y existe un peligro potencial grave como se observa en la figura 3.4.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.4 Protección en zona de trabajo en zona de obra 1.**

5. Por último, tampoco se encuentra la zona de redireccionamiento la cual ayuda al conductor a regularizar su velocidad normal y ocupar los carriles ya disponibles. En la figura 3.5 se muestra en el recuadro rojo que solamente se colocó un cono.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.5 Zona de redireccionamiento en la zona de obra 1.**

## **3.2 Zona de obra 2. Distribuidor vial con Puente Inferior Vehicular**

Esta zona de obra se encuentra, en ese momento, fuera de la vía, aunque se encontraron aún dispositivos de tránsito. Por el momento, la obra está fuera y delimitada ya que aún se encuentra en movimientos de tierra por lo cual hay salidas y entradas de vehículos hacia y desde la obra. Esta zona de obra se encuentra en ambos sentidos como se observa en la figura 3.6.



Fuente: Elaboración propia con vuelos de drone.

**Figura 3.6 Zona de obra 2.**

### 3.2.1 Hallazgos encontrados

Dentro de los hallazgos encontrados en la inspección realizada a la zona de obra se encontraron los siguientes.

1. La Zona de obra se encuentra muy bien delimitada, existe señalamiento previo de información y de restricción de velocidades de acuerdo al acercamiento a la zona de obra y al área de trabajo, pero como se puede observar en la Figura 3.7 no existe la restricción de velocidad de acuerdo a la normativa, ya que la circulación es a una velocidad de operación de más de 110 km/h y se encuentra el primer señalamiento preventivo y, posterior a este, una restrictiva de velocidad de 60 km/h y posterior a 40 km/h, que es la calculada para la zona de obra. De acuerdo con la NOM-086, en ese caso el Factor de afectación a la velocidad es de 0.8 por lo que la velocidad debería de ser 90 km/h tomando en cuenta una velocidad de operación de 110 km/h.



Fuente: Elaboración propia con fotos tomados por el Hakweye.

**Figura 3.7 Colocación de señalamiento preventivo y restrictivo.**

2. Aunque la obra está en una tangente la distancia de visibilidad, puede ser afectada por las obras que se realizan dentro de la faja separadora o a los laterales, No se encuentra señalamiento de las entradas y salidas de la zona de obra y la protección hacia ellos es nula, como se observa en la figura 3.8 las columnas construidas para el puente, totalmente desprotegidas, siendo un objeto rígido peligroso para el conductor. Del lado del copiloto, los obreros y demás vehículos están desprotegidos, solo cuentan con escasos dispositivos de tránsito.



Fuente: Elaboración propia con fotos tomados por el Hakweye y vuelos de drone.

**Figura 3.8 Objeto lateral peligroso.**

3. Se encontró señalamiento horizontal de otra etapa de la obra. Es importante señalar que una vez concluidas las obras, estos arreglos en las zonas de obra deben ser borrados para no generar confusión. Como se muestra en la figura 3.9, aún se encuentran señalamiento de etapas anteriores y si no están debidamente delimitadas causará confusión a los usuarios.



Fuente: Elaboración propia con fotos tomados por el Hakweye y vuelos de drone.

**Figura 3.9 Señalamiento vertical antiguo y delimitación de zona de trabajos.**

### **3.3 Zona de obra 3. Construcción de rampa de emergencia para frenado**

Esta zona de obra se encuentra fuera de la vía, solo en un sentido en dirección hacia Querétaro, sin embargo, forma parte importante, de acuerdo con su ubicación, pues se encuentra a lo largo de una pendiente

descendente en sentido a la circulación y termina con una curva cerrada, se podría asociar a ciertos comportamientos de los conductores circulando por la zona en construcción, en la figura 3.10 se puede observar cómo se encuentra esta zona.



Fuente: Elaboración propia con fotos tomados por vuelos de drone.

**Figura 3.10 Señalamiento vertical anulado.**

### 3.3.1 Hallazgos encontrados

Dentro de los hallazgos encontrados en la inspección realizada a la zona de obra se destacan los siguientes.

1. Existe un señalamiento antiguo de localización de la rampa de emergencia para frenado, está cubierto para no dar aviso a los conductores que está habilitada, sin embargo, como se muestra en la figura 3.11, no se observa señalamiento vertical de aviso de que se está construyendo o modernizando dicha rampa.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.11 Señalamiento vertical anulado.**

2. Se encuentra el inicio de la obra por colocación de un dispositivo de control de tránsito, sin embargo, no se encuentran los señalamientos preventivos de inicio de obra y, como se muestra en

la Figura 3.12, existe discontinuidad en la colocación de estos dispositivos canalizadores o delimitadores de zonas de trabajo y/o usados como dispositivos de control de tránsito.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.12 Dispositivos de control de tránsito discontinuos.**

3. Existe descontinuación de barrera metálica, dado que la zona de obra termina al final de una curva cerrada, que contaba con barrera, su descontinuación es de alta peligrosidad por salidas del camino y al mismo tiempo, como se observa en la Figura 3.13, la barrera no cuenta con inicios o terminales con amortiguadores que reduzcan un impacto o enganches de los vehículos que pierdan el control.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.13 Barrera metálica discontinua.**

### **3.4 Zona de obra 4. Pavimentación de carriles con concreto hidráulico**

Esta zona de trabajo se encuentra dentro de la vía, pues se trata de pavimentación de los carriles de circulación de la autopista, aunque está dentro de la vía, la zona de obra está totalmente separada del otro cuerpo

y sentido de la vía, cuenta con dos carriles auxiliares para la circulación normal y se colocaron en la faja separada central, como se ve en la Figura 3.14, aunque se trata de más de 8 km en reparación, cada área de trabajo está protegida de manera individual.



Fuente: Elaboración propia con fotos de drone.

**Figura 3.14 Zona de obra 4.**

### 3.4.1 Hallazgos encontrados

Dentro de los hallazgos encontrados en la inspección realizada a la zona de obra se destacan los siguientes.

1. Si bien la zona ha sido anunciada desde 2 kilómetros antes por las múltiples áreas de trabajo, es importante anunciar y no crear confusión al conductor en su circulación dentro de toda la zona delimitada. Esta zona en particular reduce los carriles y hay un ligero cambio de carriles que no están reforzados con el señalamiento vertical, puesto que solo hay una señal de reducción de carril al principio y solo se refuerza con señales de mensajes confuso como el de “camino cerrado” y una flecha indicando de irse a la izquierda como se muestra en la Figura 3.15.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.15 Señalamiento vertical.**

2. Otro de los hallazgos importantes es el señalamiento horizontal para delimitar los cambios de carril, existe el antiguo señalamiento y no se alcanza a guiar al conductor por donde debe circular. Como se observa en la Figura 3.16, existen flechas como en la imagen izquierda que indican al sentido contrario creando confusión para los usuarios y hay espacios sin señalamiento, como se nota en la imagen de la derecha.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.16 Señalamiento horizontal.**

3. Área de trabajo desprotegida, como se nota en la Figura 3.17 el área donde se encuentra personal laborando no está de manera adecuado protegido y existe discontinuidad de la barrera de concreto y no existe ancho de trabajo para resguardo tanto del lado del conductor y del copiloto.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.17 Áreas de trabajo desprotegidas.**

4. Por último, tampoco se encuentra la zona de redireccionamiento la cual ayuda al conductor a regularizar su velocidad normal y ocupar los carriles ya disponibles. En la Figura 3.18 se muestra en el recuadro y círculo rojo como solo terminan los dispositivos de control de tránsito y no se indica que carriles tomar, si ya están habilitados todos, el señalamiento vertical y horizontal son nulos. En la imagen derecha se observa un dispositivo de mensaje variable el cual no está en funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.18 Zona de termino de trabajos.**



## 4. Recomendaciones para Zonas de Obra efectivas

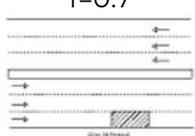
Como parte de una buena gestión de la movilidad segura dentro de las zonas de obra en obras de construcción, modernización o conservación en las carreteras federales, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes ofrece una norma para el diseño de estas zonas de obra de acuerdo con las características particulares de estas. Se ha visto, en diferentes auditorías de seguridad vial realizadas por este instituto, que no es tan primordial para las empresas contratistas o encargadas de las obras tener un buen diseño de las zonas de obra, ya que al conducir dentro de ellas se encuentran deficiencias en el proyecto de zona de obra.

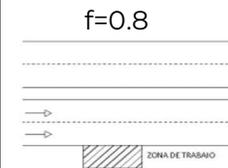
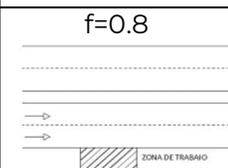
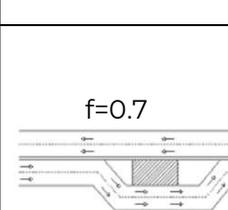
En este capítulo se realizarán recomendaciones para cada una de las obras analizadas en este estudio, se propondrá de manera esquemática el diseño adecuado de la zona de obra de acuerdo a la NOM-086 y se documentarán recomendaciones generales para zonas de obras más seguras.

### 4.1 Cálculo de datos para diseños de ZO

De acuerdo con las 4 zonas de obra analizadas en la Tabla 4.1 se mostrarán las especificaciones, así como el tipo de obra se está realizando, TDPA, velocidades de operación y datos de referencia de la Norma.

**Tabla 4.1 Características de las zonas de obra.**

Zona de Obra	Cadena -miento	Diagrama	Ubicación de los trabajos	Vel de operación (condición normal $V_o$ ) (km/h)	Vel restringida calculada (km/h)
1	Sentido 2 Del km 127+200 al 127+300	f=0.7 	Reparación de juntas de puente sobre el carril de alta velocidad.	130	90

2	Sentido 1 y 2 Del km 89+000 al 92+000	f=0.8 	Construcción de un distribuidor vial con un PIV, al momento las zonas se encuentran fuera de la vía.	120	90
3	Sentido 1 Del km 157+000 al 158+000	f=0.8 	Construcción de rampa de emergencia, la obra se encuentra completamente fuera de la vía.	120	90
4	Sentido 1 Del km 165+200 al 174+500	f=0.7 	Pavimentación con concreto hidráulico en los 3 carriles, la obra desvía la circulación pero no afecta al otro sentido.	130	90

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

La velocidad restringida que se permita desde el inicio de la zona de transición o de la desviación hasta la terminación de la zona de trabajo o de la desviación, de acuerdo a la NOM-086 se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_{zt} = f * V_o$$

Donde:

V<sub>zt</sub>=velocidad restringida en las zonas de transición y de trabajo o en la desviación, aproximada a la decena inmediata inferior.

V<sub>o</sub>=velocidad de operación en el tramo de la carretera o vialidad urbana, donde se ejecutarán los trabajos de construcción, modernización o conservación, (km/h).

f=Factor de afectación por ubicación de la zona de trabajo.

### 4.1.1 Zona de información

La zona de información que antecede a la zona de transición debe tener una longitud (L<sub>i</sub>) suficiente para informar a los usuarios con la anticipación debida, en la tabla 4.2 se muestra esta longitud (L<sub>i</sub>) para cada una de las ZO y que dependen de las características físicas, geométricas y operacionales

del tramo y su zona de influencia, así como de la diferencia de velocidades entre la velocidad en la carretera o vialidad urbana y la velocidad restringida en la zona de trabajo.

Esta señalización debe instalarse de acuerdo con criterios ingenieriles como:

1. Las señales verticales se deben colocar en tramos de tangente horizontal.
2. La separación entre las señales verticales será como mínimo la establecida en la tabla 10 de la NOM-086.
3. Al inicio de la zona de información se debe colocar una señal informativa (SIP) “PRINCIPIA TRAMO EN REPARACIÓN A xx m” y donde termina una señal restrictiva (SRP-9 “VELOCIDAD”) que indique la velocidad restringida (Vzt), ya sea al inicio de la zona de transición, en el caso de que se reduzca la sección transversal, o donde inicie la zona de trabajo.

**Tabla 4.2 Distancia de separación de señales.**

Zona de Obra	Velocidad (km/h)	Distancia (m)
1	90	170
2	90	170
3	90	170
4	90	170

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

4. En la zona de información se debe considerar la instalación alternada de señales restrictivas (SRP9 “VELOCIDAD”), señales preventivas (SPP) y señales informativas (SIP), de tal manera que se reduzca gradualmente la velocidad en la carretera o vialidad urbana, preferentemente en intervalos de 20 km/h hasta llegar a la velocidad restringida (Vzt) al inicio de la zona de transición y entre éstas se colocarán las señales necesarias para prevenir de los riesgos que se requieran señalar e indicar con tableros adicionales y señales informativas (SIP) las distancias a la zona de trabajo.

El análisis de la zona de información (Li) para cada zona se encuentra en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3 Longitud de información para las ZO.**

Zona de Obra	Velocidad inicial(km/h)	Velocidad final (km/h) (Vzt)	Distancia (m)	Configuración	Longitud de información (Li)
1	110	90	170	SIP - SRP/9(100KM/H)- SPP/HT - SRP/9(100KM/H)- SPP/21 - SRP/9 (90KM/H)	850 m
2	110	90	170	SIP - SRP/9(100KM/H)- SPP/HT - SRP/9(100KM/H)- SPP/HT - SRP/9 (90KM/H)	850 m
3	110	90	170	SIP - SRP/9(100KM/H)- SSP/HT - SRP/9(100KM/H)- SPP/HT - SRP/9 (90KM/H)	850 m
4	110	90	170	SIP - SRP/9(100KM/H)- SSP/HT - SRP/9(100KM/H)- SPP/21 - SRP/9 (90KM/H)	850 m

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

### 4.1.2 Zona de transición

Cuando por las características de la zona de obra se requiera reducir el número de carriles, reducir el ancho de un carril o encauzar el tránsito hacia una desviación, la longitud de la zona de transición para encauzar a los vehículos será lo suficientemente larga para permitir a los usuarios

incorporarse al carril disponible (área de circulación) antes de que termine la transición o de que inicie la desviación y se determinará considerando lo indicado en la Norma. Al inicio de la zona de transición se debe instalar una señal restrictiva de velocidad SRP 9 “VELOCIDAD” que indique la velocidad restringida (Vzt) a la que se debe circular en esta zona y en la zona de trabajo. La zona de transición debe estar libre de señales verticales, estas se muestran en la tabla 4.4 para nuestras ZO analizadas.

En carreteras la longitud de la zona de transición antes del sitio donde inicie la zona de trabajo se debe calcular considerando la siguiente expresión:

$$Lt = 0.6 * S * V_{zt}$$

Donde:

Vzt=velocidad restringida en las zonas de transición y de trabajo o en la desviación, aproximada a la decena inmediata inferior.

Lt=Longitud de la zona de transición antes del sitio donde inicie la zona de trabajo, aproximada a la unidad. (m).

S=Diferencia entre el ancho de la sección transversal al inicio de la zona de transición (sección normal) y el ancho disponible en la zona de trabajo (sección reducida), (m).

**Tabla 4.4 Longitud de transición para las ZO.**

Zona de Obra	S(m)	Vzt (km/h)	Lt (m)
1	3.5	90	189
2	NA	90	NA
3	NA	90	NA
4	3.5	90	<sup>1</sup> 95

Nota: El ancho de los carriles son de 3.5 m, para el caso de la ZO 1 se reduce de 3 a 2 carriles, en los casos ZO 2 y ZO 3 son fuera de la vía.

<sup>1</sup>La ZO 4 es una desviación de los carriles por lo que se toma de acuerdo a la NOM-086 la Lt final debe ser a un medio de la Lt obtenida.

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

### 4.1.3 Zona de trabajo

La zona de trabajo está constituida por las áreas de protección, de labores y de circulación, la ubicación y el dimensionamiento del área de labores dependen del tipo y magnitud de los trabajos de construcción, modernización o conservación que se vayan a realizar, del procedimiento para ejecutarlos incluyendo las maniobras del personal, de la maquinaria y del equipo de construcción, y del espacio necesario para almacenar los materiales

Esta área de labores determina la configuración de la zona de trabajo, pues requiere ser resguardada mediante un área de protección que separe los vehículos y peatones que transitan por el área de circulación, de manera que sus conductores tengan la posibilidad de reaccionar en el caso de que atraviesen los dispositivos de canalización que limiten el área de circulación y eviten penetrar en el área de labores.

En el sentido del tránsito de la carretera, inmediatamente antes del área de labores, el área de protección debe tener la longitud (Ls) en función de la velocidad restringida (Vzt), como se muestra en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Longitud de área de protección antes del área de labores.**

Zona de Obra	Vzt (km/h)	Ls (m) (antes)	<sup>1</sup> Ls (m) (después)
1	90	160	54
2	90	160	54
3	90	160	54
4	90	160	54

Nota: <sup>1</sup>Cuando la carretera o vialidad urbana sea de dos o más carriles por sentido de circulación y tenga barrera central, camellón o sea de cuerpos separados, el área de protección después del área de labores en el sentido del tránsito de los carriles afectados debe tener una longitud igual a un tercio de la indicada.

El área de protección en su parte paralela al área de circulación debe tener un ancho no menor de un (1) metro entre los dispositivos de canalización y la orilla contigua del área de labores.

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

### 4.1.4 Zona de redireccionamiento

Inmediatamente después de la zona de trabajo o de la desviación, para redireccionar los vehículos a las condiciones normales de operación, se requiere que la zona de transición tenga una longitud tal que, a partir de la velocidad restringida, los vehículos alcancen la velocidad reglamentaria para el tramo subsecuente de la carretera o vialidad urbana, considerando

una aceleración constante comúnmente de cinco (5) kilómetros por hora por segundo. La Zona de Redireccionamiento debe tener la longitud (Lrd) que se muestra en la tabla 4.6, en función de la velocidad restringida (Vzt) y la velocidad reglamentaria (Vr).

**Tabla 4.6 Longitud de la zona de redireccionamiento**

Zona de Obra	Vzt (km/h)	Vr (km/h) Velocidad restringida	Diferencia de velocidades	Lrd (m)
1	90	110	20	25
2	90	110	20	25
3	90	110	20	25
4	90	110	20	25

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

A cuando menos 100 m después de la zona de redireccionamiento, se debe colocar una señal restrictiva SRP-9 “VELOCIDAD”, que indique la velocidad máxima de circulación de la carretera o vialidad urbana, así como una señal informativa SIP con la leyenda “TERMINA ZONA DE OBRA”.

### 4.1.5 Especificaciones y características de los conos

Los conos se colocarán en serie sobre superficies uniformes, la definición de su número y ubicación depende de la configuración de la zona de obra, de las velocidades con que circulan los vehículos por ella y del espaciamiento longitudinal en el sentido del tránsito, de acuerdo con la tabla 4.7 para cada zona de obra auditada.

**Tabla 4.7 Espaciamiento longitudinal de los conos**

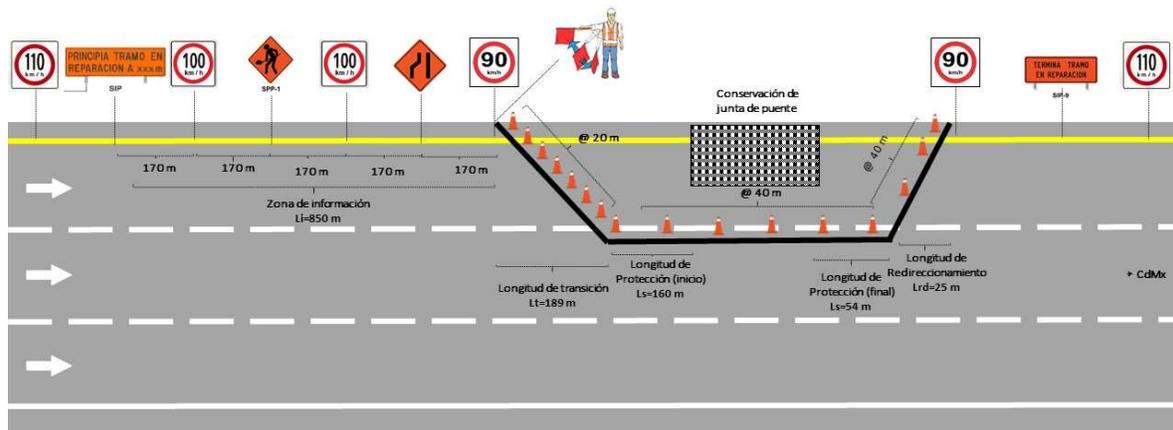
Zona de Obra	Vzt (km/h)	En zonas de transición	En zonas de trabajo desviaciones y zonas de redireccionamiento
		Espaciamiento (m) para Vzt>60	
1	90	20	40
2	90	20	40
3	90	20	40
4	90	20	40

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-086.

## 4.2 Proyecto de zona de obra

A continuación, se expondrán de manera esquemática el diseño de cada zona de obra de acuerdo a los datos obtenido basados en la NOM-086, estos dibujos están fuera de escala y son de forma representativa para análisis de este estudio.

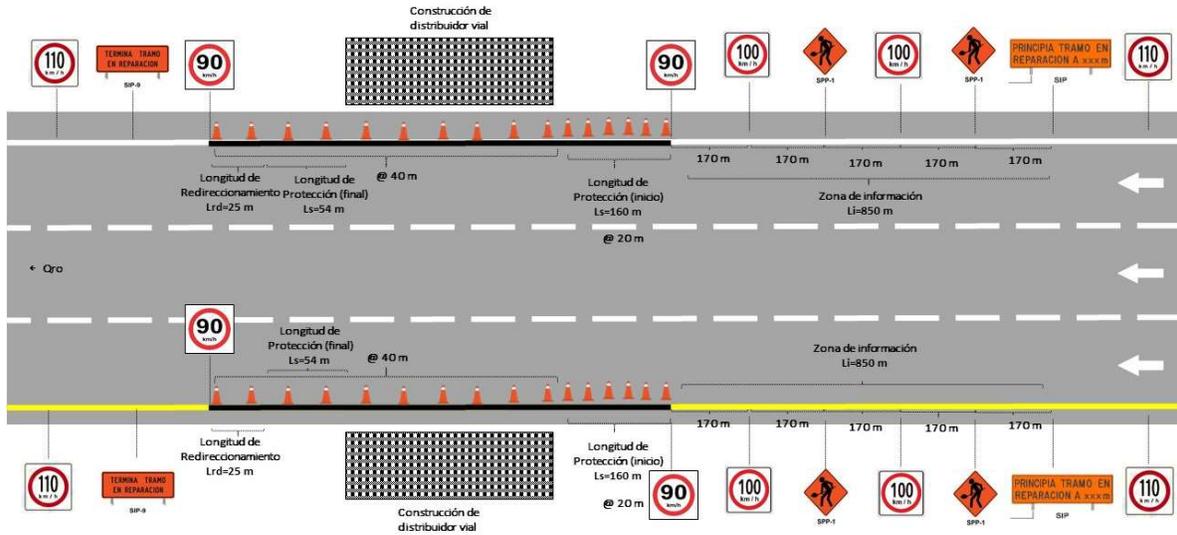
La primer ZO que se analizó es la reparación de una junta en un puente inferior vehicular donde permanece cerrado un carril, en la Figura 4.1 podemos observar el diseño adecuado del proyecto de zona de obra.



Fuente: Elaboración propia

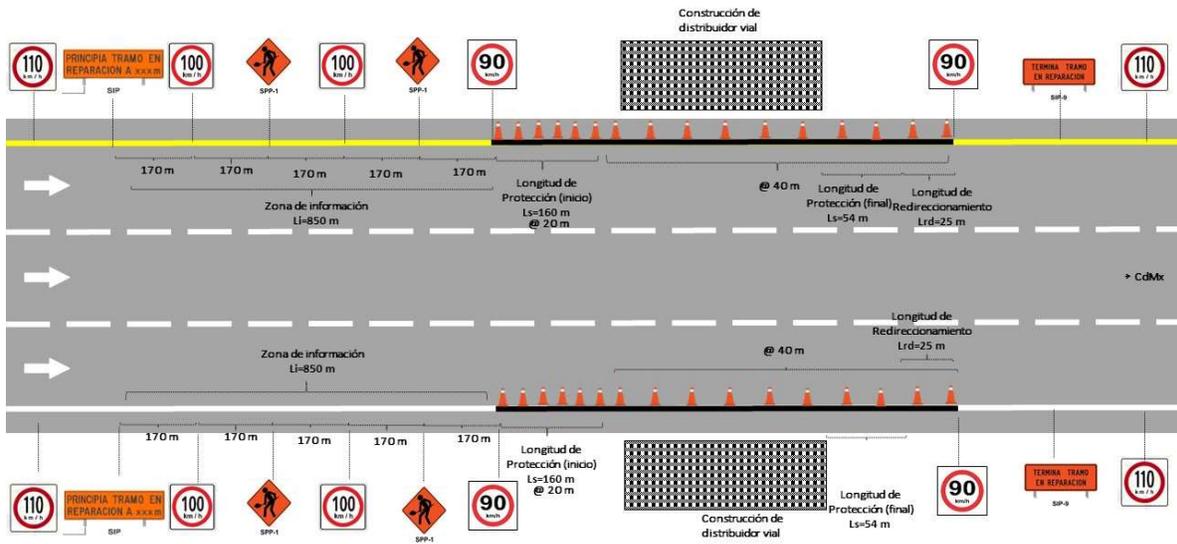
**Figura 4.1 Zona de obra 1**

La segunda zona de obra se trata de un distribuidor vial que por efectos de la obra abarca los dos cuerpos de la autopista, sin embargo, como los trabajos de ahora se encuentran fuera de la vía se tomó como una ZO fuera de la vía, en la Figura 4.2 y 4.3 se observa la configuración del proyecto de zona de obra.



Fuente: Elaboración propia

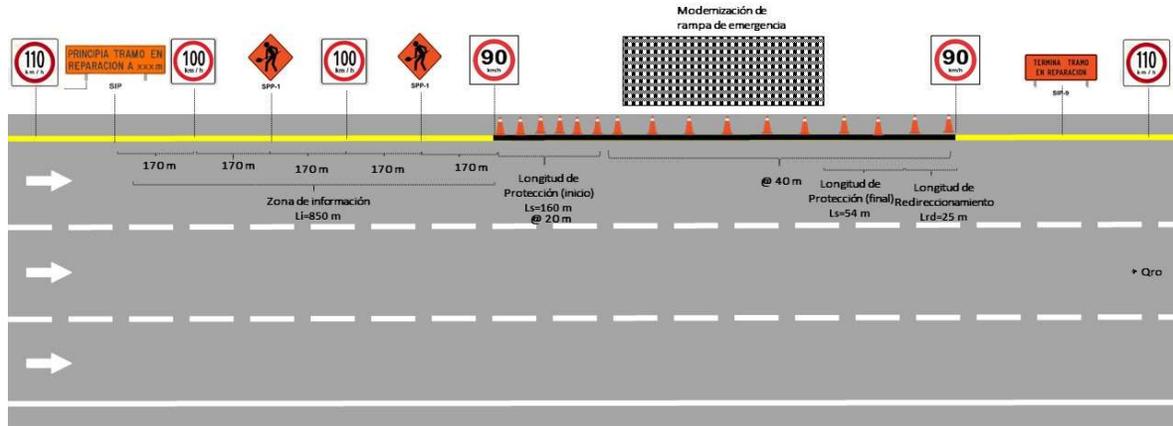
**Figura 4.2 Zona de obra 2 Sentido 1**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.3 Zona de obra 2 Sentido 2**

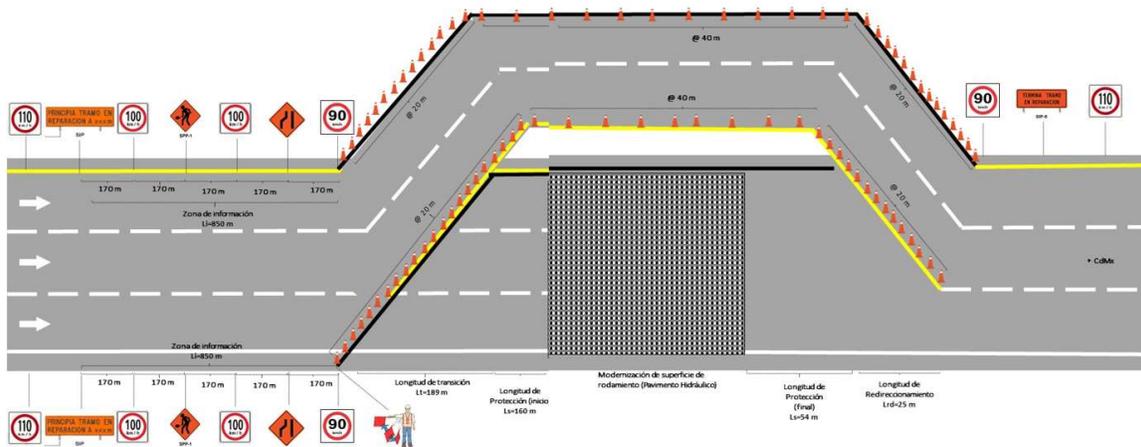
La tercera zona de obra se trata de una modernización que está fuera de la vía, en la Figura 4.4 se muestra el proyecto de ZO para una obra fuera de la vía.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.4 Zona de obra 3**

Para la última zona de obra auditada se presenta el cierre de los carriles por pavimentación con concreto hidráulico, por lo que el tránsito es desviado como se muestra en la Figura 4.5, esto sin afectar al otro sentido, se construyeron carriles alternos en la faja separadora central.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.5 Zona de obra 4**

### 4.3 Recomendaciones generales de seguridad vial en zonas de obra

En este trabajo, se han presentado una serie de hallazgos de problemas típicos relacionados con el diseño, montaje y operación de las zonas de obra como resultado de la auditoría de seguridad vial realizada sobre la autopista México – Querétaro. A partir de esta información y con base en investigaciones recientes (Varhelyi, 2018), se presentan a continuación una

serie de recomendaciones que son aplicables para mejorar la seguridad vial en las carreteras mexicanas cuando se realicen las actividades de construcción, conservación, mantenimiento y modernización.

Esta sección está dividida en los siguientes apartados: principios generales, normatividad y gestión, sistemas de alerta, control del tránsito y protección de los trabajadores.

### **4.3.1 Principios generales**

El diseño, montaje y operación de las zonas de obra deben de cumplir con los preceptos básicos de la gestión de la seguridad vial, es decir, debe ser conspicuo, legible, comprensible y creíble.

La conspicuidad implica que el conductor pueda ver físicamente lo que está por venir. Que la zona de obra sea obvia, notable, predecible, que llame la atención de los conductores, que se distinga claramente la diferencia entre elementos permanentes y los temporales, que provoque que el conductor esté en estado de alerta, con mayor atención, que pueda adaptar su velocidad y que circule por la zona de obra en la trayectoria segura.

La legibilidad consiste en que los conductores puedan interpretar o leer fácilmente la información presentada en las zonas de obra, de tal forma que no generen confusión, que no sean contradictorios, que mantengan hegemonía y consistencia.

La comprensibilidad significa que todas las instrucciones deben de ser claras, simples y entendibles, que el conductor esté seguro de lo que tiene que hacer y lo lleve a tomar las mejores decisiones.

Y la credibilidad se refiere a que el conductor debe reconocer las indicaciones como verdaderas, que pueda confiar en ellas y las perciba como una representación fiel de lo que ocurrirá más adelante (por ejemplo, la necesidad de reducir su velocidad).

Es muy importante considerar que las zonas de obra no deben generar ningún tipo de sorpresa a los conductores, en su lugar deben ser predecibles, lógicas, uniformes y consistentes, que los conductores de largo itinerario encuentren situaciones y diseños similares a lo largo de sus recorridos.

### **4.3.2 Normatividad y gestión**

Los procedimientos de licitación de las obras basan el otorgamiento de los contratos a las empresas que presentan propuestas con el menor costo,

por lo que la implementación de medidas de seguridad representa un problema muy importante en estos procedimientos. Se deben buscar mecanismos legales y de financiamiento para que las empresas inviertan más recursos en el mejoramiento de la seguridad vial de las zonas de obra.

Debe mejorarse la normativa actual con nuevos lineamientos que promuevan la protección de los trabajadores, que se reconozcan las zonas de obra como sitios de alto riesgo, para que esta labor sea mejor remunerada y para que los proyectos de planeación y diseño sean más exhaustivos en los análisis de riesgos e implementación de medidas de contingencia.

Deben mejorarse los mecanismos de supervisión de las zonas de obra. Deben realizarse inspecciones regulares, se recomienda que inmediatamente después de la instalación, se tomen fotografías con fecha de las diversas áreas, incluidas todas las señalizaciones y marcas recomendadas y dar un seguimiento permanente durante todo el periodo que duren los trabajos.

Deben iniciarse de forma obligatoria y regular las Auditorías de Seguridad Vial en Zonas de Obra.

Países a la vanguardia en seguridad vial mantienen una comunicación más cercana con los usuarios, priorizan la difusión de la información de las obras viales, así como el uso de incentivos particulares para generar cambios positivos en el comportamiento de los usuarios de las carreteras en las obras viales. La comunicación con los usuarios pone énfasis en comunicar los hechos en torno al esquema operativo de las zonas de obra, también informan sobre los detalles de lo que está sucediendo dentro de las obras y cuál será el beneficio. Existen programas que a través de una aplicación reciben una recompensa financiera cuando registran haber circulado por las rutas alternas a la zona de obra.

### **4.3.3 Sistemas de alerta**

En el caso de las obras viales a largo plazo, es conveniente informar a los usuarios de la carretera sobre rutas alternativas para evitar largas filas en horas pico.

Debe existir una vinculación confiable entre los sistemas de alerta y la información del tránsito real, que proporcione información actualizada en tiempo real con las alternativas que ayuden a los usuarios a tomar las mejores decisiones.

En la actualidad existen los “Sistemas Automatizados de Información de Zonas de Obra”, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Sistemas de navegación satelital
- Sistemas de transmisión por radio
- Sistemas de señales de mensajes variables
- Sistemas ITS.

La información que deben proporcionar estos sistemas son los siguientes:

- Difundir información del tránsito en tiempo real
- Información previa sobre próximas demoras por zonas de obra o accidentes viales
- Información oportuna para que los conductores puedan reducir su velocidad o detenerse
- Indicar longitudes de las filas
- Mensajes apropiados que indiquen la condición del tránsito por congestionamiento
- Información relacionada con las obras
- Etc.

#### **4.3.4 Control del tránsito**

Proporcionar información adecuada sobre las condiciones de la carretera a lo largo de la zona de obra y las medidas apropiadas que deben de tomar los conductores puede ayudar a evitar posibles peligros. Sin embargo, también la información excesiva o demasiado compleja puede generar confusión o sobrecarga de información en los conductores.

Cuando a lo largo de una carretera se dejan visibles las señales de límite de velocidad permanente y de protección de obras (SR-9 y SRP-9) y no se requiere la de zona de obra (SRP-9) contribuye a una menor credibilidad, menor cumplimiento y una opinión negativa de los usuarios que transitan por las zonas de obras. Cuando los conductores identifican los señalamientos para protección de obras y no ven ninguna actividad en curso, pero aun así se les exige que reduzcan su velocidad, pierden la confianza en la información de la zona de obra de la carretera. Para mantener la credibilidad de las señales de límite de velocidad en la zona de obra deben cubrirse o eliminarse cuando no se está trabajando o no se presentan peligros.

Se debe mejorar en la implementación del señalamiento horizontal, tales como rayas, marcas y pictogramas, sobre todo en las zonas de obra donde realicen desvíos. Está comprobada la efectividad de la instalación de flechas y pictogramas en zonas de obra donde existan diversas

alternativas de rutas cerca de intersecciones para ayudar a los conductores a la elección correcta de su carril.

Está comprobada la eficiencia y buen funcionamiento de un sistema que combina una flecha luminosa con una serie de luces de advertencia intermitentes individuales interconectadas y sincronizadas conectadas a los tambos que forman la cuña de cierre del carril en la zona de transición.

Algunos estudios demuestran que los colores agregados a la luz amarilla básica utilizada en los vehículos de trabajo daban como resultado un aumento en la frecuencia de respuesta apropiada de los automovilistas. La presencia de vehículos policiales dio un aumento adicional en esta frecuencia de respuesta. La presencia de más de un vehículo de trabajo fue efectiva para informar a los automovilistas que se estaban aproximando a una operación de zona de obra más grande.

Cuando los trabajadores o las operaciones de trabajo están más expuestos al tránsito presentan un mayor riesgo para los usuarios, por lo que se necesita una reducción de velocidad adecuada. Sin embargo, es muy importante eliminar o cubrir las señales de límite de velocidad de operación normal (SR-9) cuando entren en conflicto con los límites de velocidad de las zonas de obra (SRP-9). El límite de velocidad de la zona de obra (SRP-9) solo debe dejarse en su lugar una vez finalizado el turno de trabajo, si las restricciones de la carretera todavía presentan un peligro para los usuarios de la carretera. Si no se eliminan las señales preventivas (SPP) o del límite de velocidad (SRP-9) cuando no son necesarias, se reduce la credibilidad y cumplimiento de los conductores.

Recientes investigaciones descubrieron que los señalamientos de mensajes variables equipados con radar de velocidad eran eficaces para reducir la velocidad media, la velocidad de operación (percentil 85) y el porcentaje de vehículos que superaban el límite de velocidad. Los señalamientos de mensajes variables con pictogramas fueron más legibles y reconocibles en comparación con los que presentaban mensajes de texto.

Otros estudios demuestran el impacto que tienen algunos dispositivos para el control de la velocidad:

- Con poco efecto, pero significativo, el uso de rayas logarítmicas logra la disminución de velocidades en zonas de obras. Esta medida tiene un efecto positivo en los en los trabajadores.
- Las bandas alertadoras plásticas portátiles utilizadas en zonas de obra proporcionan resultados similares a las de instalación permanente. Generan sonido y vibraciones que alertan a los

conductores cuando circulan por la zona de obra. Son más efectivas en automóviles que en camiones.

- “Alertadores auditivos”, son altavoces que producen sonidos direccionales a lo largo de la zona de obra para alertar a los conductores y llamar su atención. Esta tecnología implementada en zonas de obra móviles puede reducir la velocidad 4 km/h en una distancia de convergencia de 40 metros.
- Si los conductores no reducen su velocidad con los señalamientos y los dispositivos para el control del tránsito, la presencia policial puede ser efectiva: un automóvil de la policía circulando o estacionado en la zona de obra son dos formas características de aplicación policial.
- La aplicación de la foto multa o foto radar de velocidad a través de una zona de obra activa tiene un impacto muy importante, se reduce en promedio un 27% de la velocidad. Sin embargo, tiene que estar bien estipulado la severidad del exceso de velocidad en los lugares de trabajo mediante multas disuasivas para los infractores en las leyes y reglamentos oficiales vigentes.

### **4.3.5 Protección de los trabajadores**

En relación con la protección de los trabajadores, la utilización de vehículos equipado con amortiguadores de impacto en la parte trasera ayuda para disipar la energía ante una eventual colisión, si adicionalmente el vehículo cuenta con luces estroboscópicas intermitentes instaladas mejorará las reacciones de los conductores.

Finalmente, para detectar vehículos fuera de control en una zona de obra, se pueden usar varios tipos de dispositivos de detección:

- Tubo neumático. Esta tecnología inalámbrica de microondas o infrarrojos se activa cuando un vehículo cruza a la zona de obra, el sensor y una estación base hace sonar una alarma para los trabajadores.
- Sistema de advertencia con GPS. Basado en geo-zonas inteligentes y aplicaciones de teléfonos móviles, permite a los operadores de tránsito advertir instantáneamente a los trabajadores en caso de una incursión errante de un vehículo
- Sensores de movimiento. Integrados en ciertos equipos pueden proporcionar una advertencia adicional cuando un vehículo pierden el control.



## Conclusiones

---

Actualmente, el diseño, instalación y operación de las Zonas de Obra (ZO) se han hecho más complejos debido a la intensidad del flujo de tránsito, a la heterogeneidad de la composición vehicular y las altas velocidades de operación que ocasionan mayor confusión por los cambios inesperados en la vía, congestión vial, desorden visual, contaminación, inconformidad por parte de los usuarios y siniestros viales. Las ZO, por sus características intrínsecas, representan un mayor riesgo para los usuarios y trabajadores, y generalmente constituyen un entorno que requiere mayor precaución que la normal; debido a ello las ZO se pueden considerar sitios potencialmente peligrosos.

Por esa razón, en el presente estudio, se realizaron Auditorías de Seguridad Vial (ASV) utilizando el equipo inspección Hawkeye 2000 del IMT en 4 obras con diferentes características dentro de la carretera federal MEX-057D México – Querétaro donde encuentran realizando actividades de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento. En estas ZO se identificaron los problemas típicos potenciales que afectan la seguridad vial y se realizaron sugerencias de medidas preventivas para reducir la ocurrencia y severidad de los siniestros de tránsito derivados de la presencia y operación de las ZO.

Otra razón importante que motivó la elaboración de este estudio, es la problemática de la siniestralidad en ZO en la Red Carretera Federal (RCF), donde se demuestra la existencia de colisiones, lesionados y muertes relacionados con las ZO. Por ello, con las ASV realizadas, se evaluaron las condiciones de la infraestructura carretera y se propusieron medidas de mejora que garantizan la seguridad vial de las ZO. Ya que una ASV en ZO de una carretera es un procedimiento sistemático y técnico en el que un equipo auditor independiente y calificado comprueba de forma pormenorizada las condiciones de seguridad, para todos los usuarios, de los señalamientos y dispositivos de protección colocados en zonas donde se realicen obras de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de carreteras que afectan al tránsito de la vía, o en las desviaciones necesarias para desviar el tránsito fuera de dichas zonas (DGST, 2018).

Entonces, en una ZO las diferentes actividades de construcción, modernización, rehabilitación, conservación o mantenimiento de las

carreteras requieren la implementación de ciertos señalamientos y dispositivos para interrumpir el funcionamiento normal del tránsito sin detener la operación, y dar lugar a la realización de dichos trabajos, alojar el material, el equipo y al personal. Por eso, la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015 “Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales”, tiene por objeto establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implantar el señalamiento y los dispositivos de protección en zonas de obras en las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal. Dentro de dicha NOM también se describe las partes en que se divide una ZO para un funcionamiento adecuado, así como la velocidad restringida que debe tener cada zona.

De los estudios de velocidad de punto que se realizó en esas 4 ZO, se concluye que los señalamientos y dispositivos utilizados para el control del tránsito no tienen el impacto necesario en los usuarios para que los ayude a regular su velocidad al circular por las ZO, siendo más notable en los sitios ubicados fuera de la calzada.

También se evidenció que la velocidad restringida utilizada en la condición actual de cada ZO, es mucho menor que la calculada, basado en lo establecido en la normativa vigente. Esto es de importancia, ya que varios elementos que conforman la ZO se basan en esta variable, tales como: la separación entre señales ubicadas en la zona de información, la longitud de la zona de transición, la longitud del área de protección en el área de labores, la longitud de la zona de re direccionamiento, el nivel de los elementos de contención, entre otros.

Entonces, la subestimación de la velocidad restringida da como resultado una ZO con elementos restringidos que pueden afectar la operación al circular por ella, aumentando la posibilidad de que se presenten accidentes que pongan en riesgo tanto a los usuarios como a los trabajadores.

De los resultados de las ASV, se concluye que casi todas las ZO carecen de información de aproximación, es decir no cuentan con la Zona de información de la Obra y no existe la restricción de velocidad de acuerdo a la normativa, también que las ZO no se encuentran señalizadas adecuadamente, no cuentan con los espacios de trabajo debidamente delimitados y mucho menos tienen definido una zona de re direccionamiento. Esto causa confusión y tránsito detenido en las carreteras ocasionando siniestros viales y demoras.

De acuerdo a lo expuesto en este estudio, se recomienda realizar un buen proyecto de señalamiento en ZO para hacer más seguras las ZO evaluadas, se presenta la configuración de cada ZO con las zonas de información, de

transición, la de trabajos y la de re direccionamiento debidamente delimitadas y con su colocación adecuada. También se propone el proyecto de colocación de conos para cada ZO y se dan recomendaciones generales de seguridad vial en las ZO.

Actualmente, se están operando ZO con un diseño no adecuado y como resultado, se tiene un aumento en la siniestralidad, también se demuestra la falta de uso y manejo de la Norma Oficial Mexicana que regula estos trabajos, por lo que se enfatiza la importancia de realizar Auditorías de Seguridad Vial en Zonas de Obras con el fin de regular los trabajos tanto fuera como dentro de la calzada e incentivar a las empresas constructoras, de conservación y mantenimiento de las carreteras a usar adecuadamente las normas para tener una operación segura en estas zonas.

Finalmente, es necesario contar con ZO bien diseñadas para mejorar la seguridad de todos los usuarios de las carreteras de la red federal, tanto para los conductores como para los trabajadores, que circulen o laboren en las ZO.



## Bibliografía

---

- Cuevas, A., Mayoral, F. y Mendoza, A., (2015). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2015*. [Documento técnico No. 66]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Cuevas, A., Mayoral, F. y Mendoza, A., (2016). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2016*. [Documento Técnico No. 69]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Cuevas, A., Mayoral, F. y Mendoza, A., (2017). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2017*. [Documento Técnico No. 74]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Cuevas, A., Mayoral, F. y Mendoza, A., (2018). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2018*. [Documento Técnico No. 77]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Cuevas, A., Cadengo, M. y Mendoza, A., (2019). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2019*. [Documento Técnico No. 80]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Cuevas, A., Cadengo, M. y Mendoza, A., (2020). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales del 2020*. [Documento Técnico No. 83]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
- Dirección General de Conservación de Carreteras, (2000). *Guía para bandereros*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Dirección General de Servicios Técnicos, (2018). *Manual de Auditorías de Seguridad Vial*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Dirección General de Servicios Técnicos, (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Dirección General de Servicios Técnicos, (2015). *Velocidades de punto (Adendum al libro Datos Viales 2014)*. México: Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (2016). *NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales*. México: Diario Oficial de la Federación.

Varhelyi, A., (2018). *Inventory of best practices to prevent incursions into work zones - Literature review*. Sweden: Lund University.





# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"  
San Fandila, Pedro Escobedo  
C.P. 76703  
Querétaro, México  
Tel: +52 442 216 97 77 ext. 2610

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>