



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Análisis estadístico de información de estaciones dinámicas de pesos, dimensiones y velocidades, 2020 y 2021

José Luis Gutiérrez Hernández
Nadia Gómez González

Publicación Técnica No. 709
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 M.I. José Luis Gutiérrez Hernández y la M.I. Nadia Gómez González.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI 07/22 Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2020 y 2021.

Se agradece la colaboración de la empresa Autovía Nuevo Necaxa Tihuatlán S.A. de C.V. (AUNETI) por proporcionar la información sobre los arcos de pesaje dinámico.

Tabla de Contenido

	Página
Índice de figuras y gráficas	vii
Índice de tablas	xi
Sinopsis	xiii
Abstract.....	xv
Introducción	1
Antecedentes.....	2
Objetivo.....	3
Alcances.....	4
Metodología.....	4
1. Estación de monitoreo báscula–arco.....	7
1.1 Funcionamiento.....	7
1.2 Ubicación	7
1.3 Clasificación vehicular.....	9
1.4 Regulaciones Vigentes.....	11
1.5 Descripción de la base de datos.....	14
2. Resultados del procesamiento estadístico.....	15
2.1 Vehículos registrados.....	15
2.2 Distribución vehicular	20
2.3 Peso bruto vehicular	29
2.3.1 Autobuses de dos ejes B2.....	30

2.3.2	Autobuses de tres ejes B3	31
2.3.3	Camión de dos ejes C2.....	33
2.3.4	Camión de tres ejes C3	35
2.3.5	Tractocamión simplemente articulado T3S2.....	37
2.3.6	Tractocamión simplemente articulado T3S3.....	39
2.3.7	Tractocamión doblemente articulado T3S2R4	41
2.4	Análisis de Velocidades.....	43
2.4.1	Autos.....	44
2.4.2	Autobuses B2.....	46
2.4.3	Autobuses B3.....	48
2.4.4	Camiones C2	50
2.4.5	Camiones C3	52
2.4.6	Tractocamiones T3S2	54
2.4.7	Tractocamiones T3S3.....	56
2.4.8	Tractocamiones T3S2R4	58
2.5	Análisis de longitudes	60
2.5.1	Autobuses B2.....	60
2.5.2	Autobuses B3.....	62
2.5.3	Camiones C2	64
2.5.4	Camiones C3	66
2.5.5	Tractocamiones T3S2.....	68
2.5.6	Tractocamiones T3S3.....	70
2.5.7	Tractocamiones T3S2R4	72
3.	Comparación de resultados	75
3.1	Tránsito promedio diario y distribución vehicular	76
3.2	Peso bruto vehicular	77
3.3	Velocidad.....	78
3.4	Longitud	79

Conclusiones.....	81
Bibliografía	83

Índice de figuras y gráficas

	Página
Figura 1.1 Ubicación de las estaciones de medición.....	9
Gráfica 2.1 Tránsito diario, promedio mensual 2020 y 2021, WIM 1 km 140+100.....	16
Gráfica 2.2 Tránsito diario, promedio mensual 2020 y 2021, WIM 2 km 169+120.....	17
Gráfica 2.3 Tránsito promedio por día de la semana, WIM 1 km 140+100. ...	18
Gráfica 2.4 Tránsito promedio por día de la semana, WIM 2 km 169+120... ..	18
Gráfica 2.5 Tránsito diario en periodo vacacional 2020 y 2021, WIM 1 km 140+100.....	19
Gráfica 2.6 Tránsito diario en periodo vacacional 2020 y 2021, WIM 2 km 169+120.....	19
Figura 2.1 Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa–Tihuatlán en 2020 y 2021.....	23
Gráfica 2.7 Distribución promedio horaria 2020, WIM 1 Km 140+100.....	25
Gráfica 2.8 Distribución promedio horaria 2020, WIM 2 Km 169+120.....	25
Gráfica 2.9 Distribución promedio horaria 2021, WIM 1 Km 140+100.....	26
Gráfica 2.10 Distribución promedio horaria 2021, WIM 2 Km 169+120.....	26
Gráfica 2.11 Distribución promedio horaria 2 de enero de 2020, WIM 1 km 140+100.....	27
Gráfica 2.12 Distribución promedio horaria 2 de enero de 2020 WIM 2 km 169+120.....	28

Gráfica 2.13 Distribución promedio horaria 4 de abril de 2021, WIM 1 km 140+100.....	28
Figura 2.2 B2, histograma de frecuencias del PBV.....	30
Figura 2.3 B2, frecuencias acumuladas del PBV.....	31
Figura 2.4 B3, histograma de frecuencias del PBV.....	32
Figura 2.5 B3, frecuencias acumuladas del PBV.....	33
Figura 2.6 C2, histograma de frecuencias del PBV.....	34
Figura 2.7 C2, frecuencias acumuladas del PBV.....	35
Figura 2.8 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3.....	36
Figura 2.9 C3, frecuencias acumuladas del PBV.....	37
Figura 2.10 Histograma de frecuencias del PBV Camiones T3S2.....	38
Figura 2.11 T3S2, frecuencias acumuladas del PBV.....	39
Figura 2.12 Histograma de frecuencias del PBV T3S3.....	40
Figura 2.13 T3S3, frecuencias acumuladas del PBV.....	41
Figura 2.14 Histograma de frecuencias del PBV T3S2R4.....	42
Figura 2.15 T3S2R4, frecuencias acumuladas del PBV.....	43
Figura 2.16 Histograma de frecuencias de velocidad de los autos.....	45
Figura 2.17 Autos, frecuencias acumuladas de velocidad.....	46
Figura 2.18 Histograma de frecuencias de velocidad de los B2.....	47
Figura 2.19 B2, frecuencias acumuladas de la velocidad.....	48
Figura 2.20 Histograma de frecuencias de velocidad de los B3.....	49
Figura 2.21 B3, frecuencias acumuladas de la velocidad.....	50
Figura 2.22 Histograma de frecuencias de velocidad de los C2.....	51

Figura 2.23 C2, frecuencias acumuladas de la velocidad.	52
Figura 2.24 Histograma de frecuencias de velocidad de los C3.....	53
Figura 2.25 C3, frecuencias acumuladas de la velocidad.	54
Figura 2.26 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S2.	55
Figura 2.27 T3S2, frecuencias acumuladas de la velocidad.	56
Figura 2.28 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S3.....	57
Figura 2.29 T3S3, frecuencias acumuladas de la velocidad.	58
Figura 2.30 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S2R4.	59
Figura 2.31 T3S2R4, frecuencias acumuladas de la velocidad.....	60
Figura 2.32 Histograma de frecuencias de la longitud de los B2.	61
Figura 2.33 B2, frecuencias acumuladas de la longitud.....	62
Figura 2.34 Histograma de frecuencias de la longitud de los B3.....	63
Figura 2.35 B3, frecuencias acumuladas de la longitud.....	64
Figura 2.36 Histograma de frecuencias de la longitud de los C2.	65
Figura 2.37 C2, frecuencias acumuladas de la longitud.....	66
Figura 2.38 Histograma de frecuencias de la longitud de los C3.	67
Figura 2.39 C3, frecuencias acumuladas de la longitud.....	68
Figura 2.40 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S2.....	69
Figura 2.41 T3S2, frecuencias acumuladas de la longitud.	70
Figura 2.42 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S3.	71
Figura 2.43 T3S3, frecuencias acumuladas de la longitud.....	72
Figura 2.44 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S2R4.	73
Figura 2.45 T3S2R4, frecuencias acumuladas de la longitud.....	74
Gráfica 3.1 Tránsito diario promedio anual.....	77

Gráfica 3.2 Distribución vehicular anual77

Índice de tablas

	Página
Tabla 1.1 Clasificación vehicular de la FHWA.....	10
Tabla 1.2 Correspondencia entre la clasificación FHWA, SCT y Norma 12....	11
Tabla 1.3 PBV máximo permitido en carreteras ET y A.	12
Tabla 1.4 Longitud máxima permitida en carreteras ET y A.....	13
Tabla 1.5 Velocidades máximas permitidas en carreteras federales.....	14
Tabla 2.1 Vehículos registrados por el WIM 1 en 2020 y 2021, km 140+100..	15
Tabla 2.2 Vehículos registrados por el WIM 2 en 2020 y 2021. km 169+120.	16
Tabla 2.3 Clasificación vehicular de la FHWA, WIM 1 km 140+100.....	20
Tabla 2.4 Clasificación vehicular de la FHWA, WIM 2 km 169+120.....	20
Tabla 2.5 Distribución vehicular, WIM 1 km 140+100.....	21
Tabla 2.6 Distribución vehicular, WIM 2 km 169+120.....	22
Tabla 2.7 Comparación de distribuciones equipo vs Datos Viales 2020.....	23
Tabla 2.8 Comparación de distribuciones equipo vs Datos Viales 2021.....	24
Tabla 2.9 PBV máximo en carreteras ET, en toneladas.....	29
Tabla 3.1 Días de registro de información mensual 2019-2021.....	75
Tabla 3.2 Tránsito diario promedio anual y distribución vehicular	76
Tabla 3.3 Peso bruto vehicular.....	78
Tabla 3.4 Comparación del promedio de velocidades.....	79
Tabla 3.5 Comparación del promedio de longitudes.....	79

Sinopsis

El peso bruto vehicular (PBV), la longitud y velocidad de operación de los vehículos son tres variables reguladas por la normativa mexicana, especialmente para el transporte de carga.

En este estudio se analizan los datos obtenidos en 2020 y 2021 de las estaciones de pesaje dinámico localizadas en los kilómetros 140+100 y 169+120 de la carretera Nuevo Necaxa–Tehuacán de la autopista México–Tehuacán. La carretera se localiza en su mayoría en terreno montañoso, es tipo A4, con velocidad de proyecto de 110 Km/h y sección transversal de 21m.

El objetivo es presentar un análisis de las variables PBV, longitud y velocidad, para cada configuración vehicular registrada; comparando los resultados con los valores máximos permitidos establecidos en la NOM-012-SCT-2-2017 y el Reglamento de Tránsito Federal.

La información analizada fue proporcionada por la concesionaria de la autopista y proviene de equipos de conteo automático cuya tecnología no está contemplada en la normativa mexicana, por lo que no se tienen parámetros específicos de precisión, repetitividad o calidad de datos. Además, esta información se ajusta a los 13 tipos de vehículos desarrollados por la FHWA de Estados Unidos, estableciendo la correspondencia con los vehículos permitidos en la normativa mexicana.

Abstract

The gross vehicle weight (GVW), length and operating speed of vehicles are three variables regulated by Mexican regulations, especially for freight transport.

This study analyses data obtained in 2020 and 2021 from dynamic weighing stations located at kilometres 140+100 and 169+120 of the Nuevo Necaxa-Tehuacán highway on the Mexico-Tuxpan highway. The road is located mostly in mountainous terrain, is type A4, with a design speed of 110 km/h and a cross-section of 21m.

The objective is to present an analysis of the variables PBV, length and speed, for each vehicle configuration recorded; comparing the results with the maximum permitted values established in NOM-012-SCT-2-2017 and the Federal Traffic Regulations.

The information analyzed was provided by the highway concessionaire and comes from automatic counting equipment whose technology is not covered by Mexican regulations, so there are no specific parameters of accuracy, repeatability or data quality. In addition, this information is adjusted to the 13 types of vehicles developed by the FHWA of the United States, establishing the correspondence with the vehicles allowed in the Mexican regulations.

Introducción

La velocidad, la longitud y el peso bruto de las diferentes configuraciones vehiculares que transitan por las carreteras son tres de las variables reguladas por la normativa mexicana.

El exceso de velocidad es un factor de riesgo que impacta directamente y de forma negativa en las condiciones de conducción. Las distancias de visibilidad (de frenado, de decisión y rebase) son directamente proporcionales a la velocidad. Por ejemplo, a mayor velocidad mayor distancia de frenado y menor amplitud de campo visual útil. El diseño geométrico de las carreteras, entre otras variables, considera la velocidad de proyecto como un factor primordial, conducir a velocidades mayores a las establecidas en las vialidades es un riesgo potencial de accidentes. En México, el exceso de velocidad representa el 14.4% de las causas de relacionadas con el conductor (Colunga et. al., 2022).

La longitud, ancho y altura máximos de los vehículos también son variables que se consideran en el diseño de carreteras, especialmente para las curvas verticales y la altura libre debajo de puentes (gálibo). Las longitudes máximas de vehículos consideradas en las carreteras más antiguas han sido superadas por las configuraciones vehiculares que circulan en la actualidad. Los vehículos largos implican mayor tiempo para ser rebasados, y en caso de curvas con carriles de anchos restringidos, se presenta la invasión de éstos.

El peso bruto vehicular (PBV), el peso de los vehículos más el peso de la carga que transportan, es una variable que se considera en el diseño estructural de las carreteras y sus puentes. Cuando el PBV es excedido frecuentemente se acelera el deterioro de las carreteras. También el exceso de peso en vehículos de carga (grandes) incrementa la distancia de frenado.

Las variables anteriores (velocidad, longitud y PBV) por si solas o junto con otros factores, como las malas condiciones físico-mecánicas, han incrementado el número de accidentes y con ello, el número de lesionados y muertes en años recientes, al reportarse cada año más de 350 mil accidentes que dejan un saldo de más de 14 mil fallecidos 90 mil lesionados (INEGI, 2021 a y b; Colunga et. al., 2022 y ST-CONAPRA, 2022); colocando al país en el séptimo lugar a nivel mundial en siniestros de

tránsito, de acuerdo con datos de la ONU, la SCT y otros organismos (INSP, 2021).

Lo anterior, manifiesta la importancia de controlar esas variables mediante operativos de supervisión aleatorias o de forma permanente con la ayuda de instalaciones equipadas apropiadamente. Atendiendo esta necesidad es que a partir del año 2002 se comienza con la construcción y puesta en marcha de Centros de Verificación de Peso y Dimensiones a lo largo de la Red Carretera Federal, contando con 12 centros en 2006, y para 2010 se incrementaron a 59, en 2012 a 66 y pasaron a 70 en 2017 (DGAF, 2022).

A partir de la información publicada por la Dirección General de Autotransporte Federal, se observa que en la última década el parque vehicular del Autotransporte de carga ha tenido un crecimiento promedio anual del 6.19%, estando registradas 1,201,053 unidades en 2021, 606,090 de las cuales corresponden a unidades motrices. Considerando que el parque vehicular del Autotransporte de carga coincide con la cantidad de unidades motrices registradas, se observa que los vehículos que son sometidos a revisión de peso y dimensiones corresponde únicamente al 8.7% de los vehículos registrados, al haberse verificado el peso y dimensiones de únicamente 104,652 vehículos durante 2021 (DGAF, 2022).

Antecedentes

Uno de los objetivos principales del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional (EECAN), fue la de conocer las condiciones en que circulan los vehículos de carga. El estudio no se realiza desde 2017. Durante su realización se detectó que un porcentaje considerable de los movimientos de mercancías realizados por las diferentes configuraciones vehiculares que circulan por la red carretera, excedieron el peso bruto vehicular (PBV) establecido en la Norma Oficial Mexicana vigente NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal (SCT, 2017).

Desde sus inicios, el EECAN evidenció la necesidad de verificar y controlar el PBV derivando en 2002 la instrumentación del Sistema de Centros de Control de Peso y Dimensiones de Vehículos. Entraron en operación dos centros de pesaje estático: uno en Calamanda, Querétaro, y otro en Nuevo Laredo, Tamaulipas.

A principios de 2017, con base en entrevistas realizadas a actores involucrados durante el año 2014, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) presentó el documento “Revisión de la Regulación del Transporte de Carga en México”, en el cual menciona que

si bien existen 70 centros de pesaje la gran mayoría está aparentemente fuera de servicio, o bien, son operadas manualmente de forma intermitente. También considera que “Los vehículos que transportan carga pesada están involucrados en una proporción relativamente menor de accidentes, pero la gran cantidad de vehículos pesados implica que las consecuencias de los accidentes en los que están involucrados son desproporcionalmente graves”. La OCDE recomienda en dicho documento: 1) Aumentar los recursos disponibles para la aplicación y verificación del cumplimiento de la regulación. 2) Considerar el establecimiento de una unidad especializada en la aplicación de las normas relativas a vehículos pesados. 3) Asignar recursos para asegurar que las estaciones de medición de pesos se encuentran en condiciones de operación y puestas en funcionamiento las 24 horas los 7 días de la semana (OCDE, 2017).

En octubre de 2016, se realizó en el senado el Foro “Pesos y Dimensiones de las Configuraciones Vehiculares que Transitan en las Vías Federales de Comunicación”, en dicho Foro, el Director General de Autotransporte Federal de la SCT mencionó que, para contribuir con el control y la seguridad vial, se debe fortalecer la capacidad de supervisión, que se trabaja en diferentes vías para que lo antes posible se comience la instalación de arcos de pesaje y de medición dinámicos (SCT, 2016).

A partir de los acuerdos del Foro, algunas de las vías concesionadas del país colocaron arcos de pesaje y de medición dinámicos, contando hasta diciembre de 2018 con seis arcos colocados en carreteras concesionadas de la Red Carretera Federal.

En esta edición del documento “Análisis estadístico para la generación de información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2020 y 2021”, se presenta el análisis de los datos recopilados durante 2020 y 2021, en dos de los arcos de pesaje y de medición dinámicos colocados en la Red Carretera Federal.

Objetivo

El objetivo principal de este estudio es continuar con el análisis de las tres variables (PBV, longitud y velocidad de circulación) para cada una de las diferentes configuraciones registradas en 2020 y 2021. Se cotejarán los resultados con los valores máximos señalados en las normas actuales.

Igual que lo analizado para 2016, 2017 y 2019, la información es la recopilada por la empresa concesionaria Autovía Necaxa Tihuatlán S.A. de C.V. (AUNETI) y corresponde a los arcos colocados en la autopista México–Tuxpan, proviene de equipos de conteo automático cuyo funcionamiento

no ha sido validado o autorizado por la Norma Oficial Mexicana NOM-198-SCFI-2018. Tampoco se cuenta con parámetros específicos de precisión, repetitividad o calidad de datos.

Alcances

El análisis estadístico se realizó con los datos provenientes de los sistemas instalados en la autopista México–Tuxpan para 2020 y 2021. Se obtuvieron las estadísticas de peso, longitud y velocidad para los automóviles (Tipo A), autobuses (Tipo B) y vehículos de carga (Tipo C). Se realizó la comparación de los resultados con los obtenidos en 2016, 2017 y 2019.

Metodología

La metodología empleada en el presente trabajo se resume en los siguientes pasos.

- 1.- Formación de base de datos.
- 2.- Procesamiento de los datos.
- 3.- Análisis estadístico de datos.
- 4.- Presentación de resultados.

La formación, el procesamiento y análisis de datos se realizaron mediante los softwares para el manejo de bases de datos VisualFox y Minitab.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones se presentan en los siguientes capítulos.

Con la culminación de este proyecto, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes y en general el sector transporte, cuenta con un análisis estadístico sobre la variación de las mediciones de pesos, dimensiones y velocidades de operación registrados por el sistema báscula–arco de los diversos vehículos que transitan por la autopista.

Con estos resultados, la SICT está en condiciones de determinar la confiabilidad de la información generada por el sistema.

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 y sus acciones puntuales “Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios”, así como también a la acción puntual 1.5.5

“Aumentar la investigación científica y capacidad tecnológica vinculadas a las necesidades del sector” (SCT, 2020).

1. Estación de monitoreo báscula–arco

En este capítulo se realiza una descripción de las características geométricas de la autopista y de acuerdo con su clasificación, en cuanto a regulación o normatividad vigente, se indican los límites de peso, dimensiones y velocidad que deben cumplir los vehículos que circulen por ella.

1.1 Funcionamiento

La autopista México–Tuxpan cuenta con un sistema de monitoreo vehicular (clasificación, longitud, peso y velocidad).

Cuando circula un vehículo a través del sistema (arco y báscula, WIM por sus siglas en inglés [Weigh In Motion system]) se registra su número de ejes, la separación entre ellos y su peso. Con base en un algoritmo, esa información se traduce en uno de los 13 grupos que considera la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos, (FHWA, por sus siglas en inglés).

1.2 Ubicación

La autopista México–Tuxpan tiene una longitud de 281 km, se comenzó a construir en 1993 y el último de los tramos, Nuevo Necaxa–Ávila Camacho se puso en operación en 2014. Une de forma directa a la Ciudad de México con el Golfo de México. En su recorrido pasa por los Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz. Los tiempos de recorrido promedio entre la Ciudad de México y el Puerto de Tuxpan, respecto al realizado antes de la puesta en operación de la autopista, se han reducido de 6 horas a 2 horas 45 minutos. Además de contribuir en el desarrollo económico de las diversas regiones por las que cruza, la autopista ha incrementado los índices de calidad del transporte de personas y mercancías.

La vialidad se compone de dos cuerpos (A y B), separados físicamente mediante una barrera de concreto tipo New Jersey o en algunos casos mediante un camellón. El cuerpo A, o sentido 1, corresponde a la circulación vehicular hacia Tuxpan y el cuerpo B, o sentido 2, hacia la Ciudad de México.

La sección transversal de cada cuerpo es de 10.1m, tienen 2 carriles de circulación por sentido, cada uno mide de 3.5m de ancho. De acuerdo con el sentido de circulación, los acotamientos del lado izquierdo miden 60 cm y los del lado derecho 2.5 m.

Se desarrolla, en su mayoría, en terreno montañoso, lo que implica cortes y terraplenes altos, con varios túneles, puentes y viaductos para salvar claros en terreno muy abrupto. La pendiente longitudinal para el cuerpo A es del 1.3% y para el cuerpo B de 1.11%.

De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (DGST, 2018), este tramo está clasificado como autopista A4, su velocidad de proyecto es de 110 km/h, pendiente gobernadora del 4% y pendiente máxima del 6%, su sección transversal es de 21 m de corona y 14 m de calzada. El espacio que recorre es, en su mayor parte, montañoso.

El tramo carretero Nuevo Necaxa–Tehuacán de la autopista México–Tuxpan se localiza dentro de la comunidad La Esperanza, del municipio de Tlacuilotepec, en el Estado de Puebla. El tramo es de cuota y tiene una longitud de 84.7 km que atraviesa los estados de Puebla y Veracruz, se divide en dos tramos: 1) Nuevo Necaxa–Ávila Camacho de 36.6 kilómetros de longitud y cuatro carriles de circulación, y 2) Ávila Camacho–Tehuacán de 48.1 kilómetros de longitud y dos carriles de circulación.

La ubicación específica de los dos equipos de monitoreo es: el WIM1 en el kilómetro 140+100 y el WIM2 en el 169+120, en ambos sentidos (véase Figura 1.1).

Los equipos cuentan con instrumentos para la medición dinámica (vehículo en movimiento) y el registro de datos. Para cada vehículo que circula, se obtiene la fecha y el momento en que circulan por los sitios de medición, el peso en cada eje y el peso bruto vehicular, su longitud total, velocidad y clasificación.

Cada una de las estaciones registra la información en ambos sentidos, el cuerpo A corresponde al sentido hacia Tuxpan y el cuerpo B al sentido hacia la Ciudad de México).



Fuente: Imágenes de Google Earth.

Figura 1.1 Ubicación de las estaciones de medición.













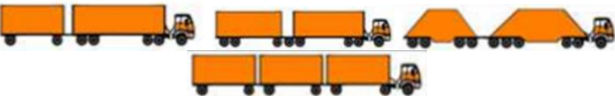
1.3 Clasificación vehicular

Los equipos instalados en las estaciones de la Autopista México–Tuxpan, además de contar vehículos de forma automática, registran longitud, número de ejes, distancia entre ellos y su peso. Mediante algoritmos, interpretan esa información para clasificar los vehículos de acuerdo con el sistema de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos, (FHWA, por sus siglas en inglés), el cual contempla 13 clases (ver

Tabla 1.1).

En México, el autotransporte de pasajeros o mercancías puede ser un servicio público o privado. Los vehículos para el autotransporte de carga se clasifican de acuerdo con su configuración o composición (camiones unitarios o articulados, tracto camiones articulados o doblemente articulados) y el número de ejes.

Tabla 1.1 Clasificación vehicular de la FHWA.

Clase y descripción	Ejemplos
I. Motocicletas	
II. Autos de pasajeros	
III. Unidades sencillas de 4 llantas	
IV. Autobuses	
V. Unidades sencillas, 2 ejes y 6 llantas	
VI. Unidades sencillas, 3 ejes	
VII. Unidades sencillas, 4 o más ejes	
VIII. Tracto camión, 4 o menos ejes	
IX. Tracto camión, 5 ejes	
X. Tracto camión, 6 o más ejes	
XI. Tracto camión doblemente articulado, 5 o menos ejes	
XII. Tracto camión doblemente articulado, 6 ejes	
XIII. Tracto camión doblemente articulado, 7 o más ejes	

Fuente: Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos.

La Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la SICT realiza anualmente el conteo y clasificación de los vehículos que circulan por las carreteras mexicanas, considera motos, autos, autobuses, camiones unitarios (C2 y C3), tractocamiones simplemente articulados (T3S2 y T3S3) y tractocamiones doblemente articulados (T3S2R4). Vehículos diferentes a éstos se clasifican como "Otros" (DGST, 2020).

Como la clasificación de la FHWA no se usa en México, es necesario establecer su correspondencia con la clasificación vehicular empleada en nuestro país establecida en la NOM-012-SCT-2-2017 (Norma 12). Ver Tabla 1.2 (SCT, 2017).

Tabla 1.2 Correspondencia entre la clasificación FHWA, SCT y Norma 12.

Descripción	FHW A	SICT (datos viales)	Norma 12
Motocicletas	I	M	
Autos	II	A	
Utilitarios sencillos de 2 ejes y 4 llantas	III	A	
Autobús de 2 ejes	IV	B	B2
Autobús de 3 ejes			B3
Autobús de 4 ejes			B4
Utilitarios sencillos de 2 ejes y 6 llantas	V	A	
Camión unitario de 2 ejes		C2	C2
Unidades sencillas de 3 ejes	VI	C3	C3
Unidades sencillas de 4 o más ejes	VII	Otros	C4 ¹
Camión unitario de 2 ejes y remolque de 2 ejes	VIII	Otros	C2R2
Tractor de 2 ejes y semirremolque de 1 eje			T2S1
Tractor de 2 ejes y semirremolque de 2 ejes			T2S2
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 1 eje			T3S1
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 2 ejes	IX	T3S2	T3S2
Camión de 3 ejes y remolque de 3 ejes	X	Otros	C3R3
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 3 ejes		T3S2	T3S3
Tractor de 2 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 2 ejes	XI	Otros	T2S1R2
Tractor de 2 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 3 ejes	XII	Otros	T2S1R3
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 2 ejes			T3S1R2
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 2 ejes y remolque de 2 ejes	XIII	Otros	T3S2R2
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 3 ejes y remolque de 4 ejes			T3S3R4 ¹
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes			T3S2R4

Nota: 1. Las configuraciones C4 y T3S3R4 no están consideradas por la NOM-012-SCT-2-2017.

Fuente: elaboración propia con datos de FHWA y la NOM-012-SCT-2-2017.

1.4 Regulaciones Vigentes

Desde principios de la década de los sesenta del siglo pasado, la normativa mexicana (entonces Ley de Vías Generales de Comunicación) ha clasificado las carreteras y establecido límites de pesos y dimensiones de los vehículos que circulan en ellas. Actualmente la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017 (Norma 12) establece, para el autotransporte de

pasajeros y carga, las configuraciones vehiculares permitidas, los límites de peso bruto vehicular y las dimensiones máximas de los vehículos (SCT, 2017).

De acuerdo con lo establecido en la Norma 12, la autopista México–Tuxpan es una carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares (PBV) máximos permitidos se indican en la Tabla 1.3 y la longitud en la Tabla 1.4.

Tabla 1.3 PBV máximo permitido en carreteras ET y A.

Configuración	Nº de Ejes	Nº de llantas	PBV (Ton)
B2	2	6	19.00
B3	3	8	24.00
B3	3	10	27.50
B4	4	10	30.50
C2	2	6	19.00
C3	3	8	24.00
C3	3	10	27.50
C2–R2	4	14	37.50
C3–R2	5	18	44.50
C3–R3	6	22	51.50
C2–R3	5	18	44.50
T2–S1	3	10	30.00
T2–S2	4	14	38.00
T3–S2	5	18	46.50
T3–S3	6	22	54.00
T2–S3	5	18	45.50
T3–S1	4	14	38.50
T2–S1–R2	5	18	47.50
T2–S1–R3	6	22	54.50
T2–S2–R2	6	22	54.50
T3–S1–R2	6	22	54.50
T3–S1–R3	7	26	60.50
T3–S2–R2	7	26	60.50
T3–S2–R3	8	30	63.00
T3–S2–R4	9	34	66.50
T3–S3–S2	8	30	60.00
T2–S2–S2	6	22	51.50
T3–S2–S2	7	26	58.50

Fuente: elaboración propia con base en la NOM–012–SCT–2–2017.

Tabla 1.4 Longitud máxima permitida en carreteras ET y A.

Vehículo	N° de ejes	N° de llantas	Longitud
B2	2	6	14.0
B3	3	8	14.0
B3	3	10	14.0
B4	4	10	14.0
C2	2	6	14.0
C3	3	8	14.0
C3	3	10	14.0
C2-R2	4	14	31.0
C3-R2	5	18	31.0
C3-R3	6	22	31.0
C2-R3	5	18	31.0
T2-S1	3	10	23.0
T2-S2	4	14	23.0
T3-S2	5	18	23.0
T3-S3	6	22	23.0
T2-S3	5	18	23.0
T3-S1	4	14	23.0
T2-S1-R2	5	18	31.0
T2-S1-R3	6	22	31.0
T2-S2-R2	6	22	31.0
T3-S1-R2	6	22	31.0
T3-S1-R3	7	26	31.0
T3-S2-R2	7	26	31.0
T3-S2-R4	9	34	31.0
T3-S2-R3	8	30	31.0
T3-S3-S2	8	30	31.0
T2-S2-S2	6	22	31.0
T3-S2-S2	7	26	31.0

Fuente: elaboración propia con base en la NOM-012-SCT-2-2017.

Con respecto a la velocidad, el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal (SSP y SCT, 2012) establece las velocidades máximas para autos, autobuses y vehículos de carga, de acuerdo con el tipo de vialidad y las condiciones de luz natural (día o noche). Se muestran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Velocidades máximas permitidas en carreteras federales.

Tipo de vehículo	Velocidad máxima		Tipo de Vialidad
	Día	Noche	
I. Automóvil	50	50	Carretera Urbana
	100	90	Carretera
II. Autobús	50	50	Carretera Urbana
	95	80	Carretera
III. Camión y Tractocamión	50	50	Carretera Urbana
	80	70	Carretera
IV. Cualquier otro vehículo distinto a los señalados en las fracciones I, II y III de esta Tabla.	50	50	Carretera Urbana
	100	90	Carretera

Fuente: elaboración propia con base en SSP y SCT, 2012.

La norma de pesos y dimensiones vigente, en su numeral 6.1.2.2.2 también limita la velocidad máxima a las configuraciones doblemente articuladas, cuando circulan en caminos ET y A, a 80 km/h, o la que indique el señalamiento cuando sea menor a 80 km/h.

El límite de velocidad correspondiente con la normativa para el tramo carretero en estudio es de 110 km/h para automóviles, 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para las distintas configuraciones de carga.

1.5 Descripción de la base de datos

Los datos proporcionados para el estudio están en archivos electrónicos con el formato de hoja de cálculo Microsoft Excel, cada renglón corresponde a un vehículo registrado, las dos primeras columnas identifican la báscula, las siguientes contienen fecha y hora de registro, velocidad, longitud, categoría (clasificación vehicular FHWA), peso total (kilogramos), número de ejes y el peso registrado en cada uno.

Los archivos se convirtieron al formato de bases de datos VisualFox y se agregaron campos convenientes para el procesamiento.

La información usada en este estudio comprende los meses de enero a diciembre de 2020 y 2021. Se detectó que los registros tienen discontinuidades en ambos equipos (WIM1 y WIM2); en enero de 2020 solo reportan 4 días de registro y ninguno para febrero, además en octubre de 2021 en el equipo WIM1 únicamente se registran datos en dos días.

2. Resultados del procesamiento estadístico

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante el procesamiento estadístico de los datos para el tránsito, el peso bruto vehicular, la velocidad y la longitud.

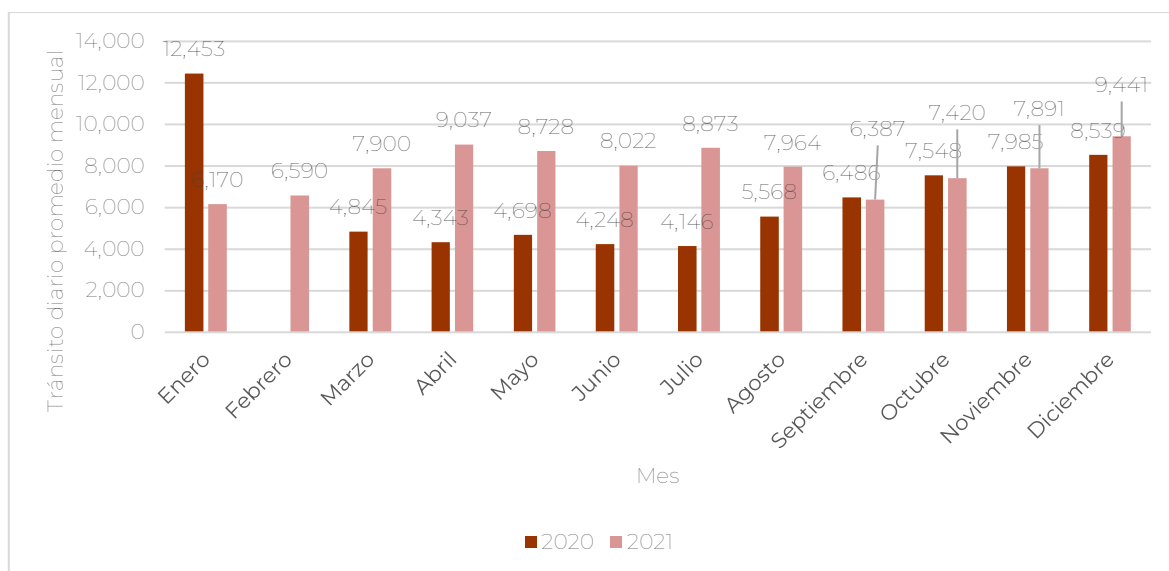
2.1 Vehículos registrados

El número total de vehículos registrados por los dos equipos de medición, así como los días de recopilación durante los meses de 2020 y 2021 se muestran en las Tablas 2.1 y 2.2. El tránsito diario promedio mensual resultante se representa en las Gráficas 2.1 y 2.2, para los dos sistemas, WIM 1 y WIM 2, respectivamente.

Tabla 2.1 Vehículos registrados por el WIM 1 en 2020 y 2021, km 140+100.

Mes	2020			2021		
	Días	Vehículos	Promedio	Días	Vehículos	Promedio
Enero	4	49 812	12 453	31	191 267	6 170
Febrero	-	-	-	26	171 330	6 590
Marzo	31	150 208	4 845	31	244 915	7 900
Abril	30	130 290	4 343	30	271 116	9 037
Mayo	31	145 649	4 698	31	270 583	8 728
Junio	30	127 438	4 248	30	240 670	8 022
Julio	31	128 525	4 146	31	275 065	8 873
Agosto	31	172 615	5 568	29	230 961	7 964
Septiembre	30	194 587	6 486	30	191 603	6 387
Octubre	31	233 981	7 548	2	14 840	7 420
Noviembre	30	239 544	7 985	30	236 716	7 891
Diciembre	31	264 712	8 539	31	292 664	9 441
Todos	310	1 837 361	5 927	332	2 631 730	7 927

Fuente: elaboración propia.



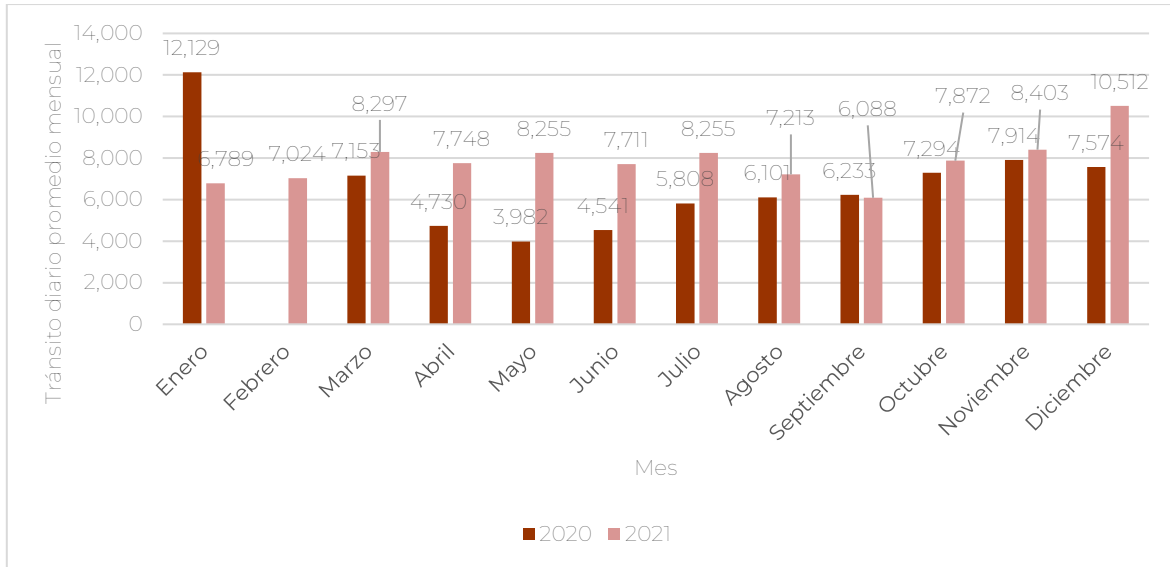
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.1 Tránsito diario, promedio mensual 2020 y 2021, WIM 1 km 140+100.

Tabla 2.2 Vehículos registrados por el WIM 2 en 2020 y 2021. km 169+120.

Mes	2020			2021		
	Días	Vehículos	Promedio	Días	Vehículos	Promedio
Enero	4	48 514	12 129	30	203 656	6 789
Febrero				28	196 661	7 024
Marzo	31	221 748	7 153	27	224 009	8 297
Abril	30	118 245	4 730	27	209 184	7 748
Mayo	31	95 558	3 982	26	214 621	8 255
Junio	30	95 356	4 541	30	231 318	7 711
Julio	31	180 054	5 808	25	206 381	8 255
Agosto	31	183 023	6 101	29	209 178	7 213
Septiembre	30	168 282	6 233	28	170 473	6 088
Octubre	31	226 101	7 294	31	244 024	7 872
Noviembre	30	237 431	7 914	30	252 098	8 403
Diciembre	31	204 499	7 574	30	315 345	10 512
Todos	310	1 778 811	6 330	341	2 676 948	7 850

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

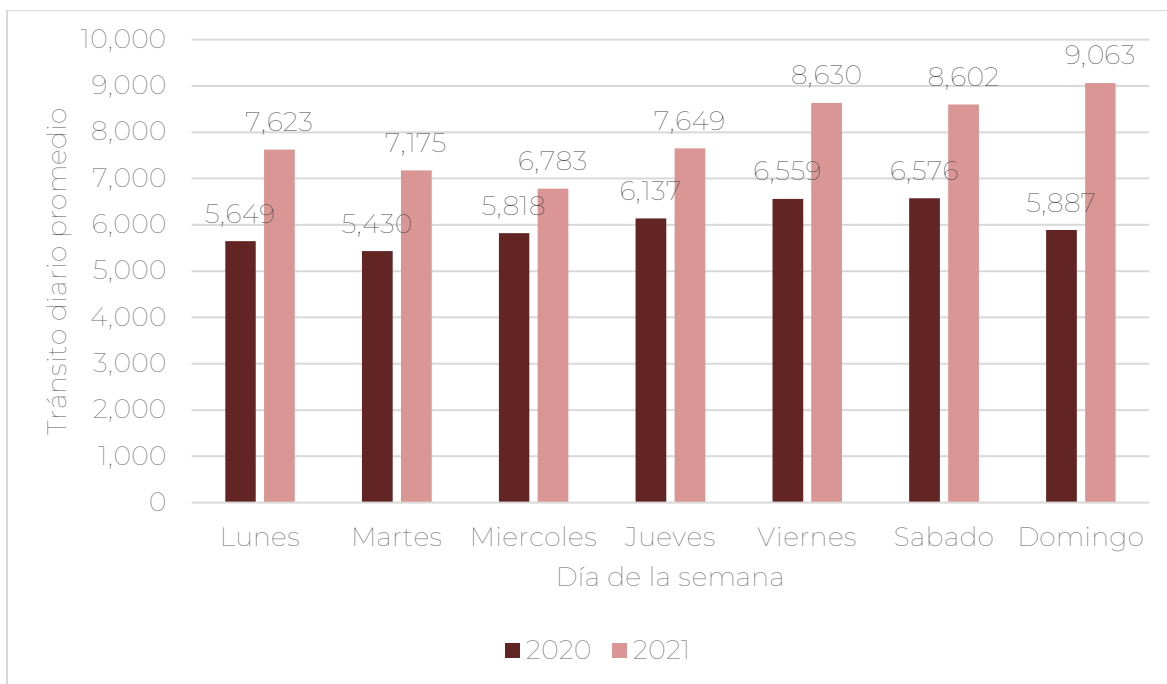
Gráfica 2.2 Tránsito diario, promedio mensual 2020 y 2021, WIM 2 km 169+120.

El tránsito diario promedio anual (TDPA) resultante para 2020 y 2021 es menor en el equipo WIM uno respecto a lo obtenido para el equipo WIM dos.

El TDPA obtenido para 2020 es de 5 mil 927 vehículos para el equipo uno y de 6 mil 330 para el equipo dos. Para 2021, los promedios son de 7 mil 927, equipo uno, y 7 mil 850, equipo dos. Respecto a los resultados en 2019 (7 mil 798 equipo uno y 7 mil 106 equipo dos) debido a la pandemia, en 2020 el TDPA del equipo uno se reduce en 24 % y solo 11 % en el equipo dos. El tránsito en 2021 se recupera a niveles de 2019.

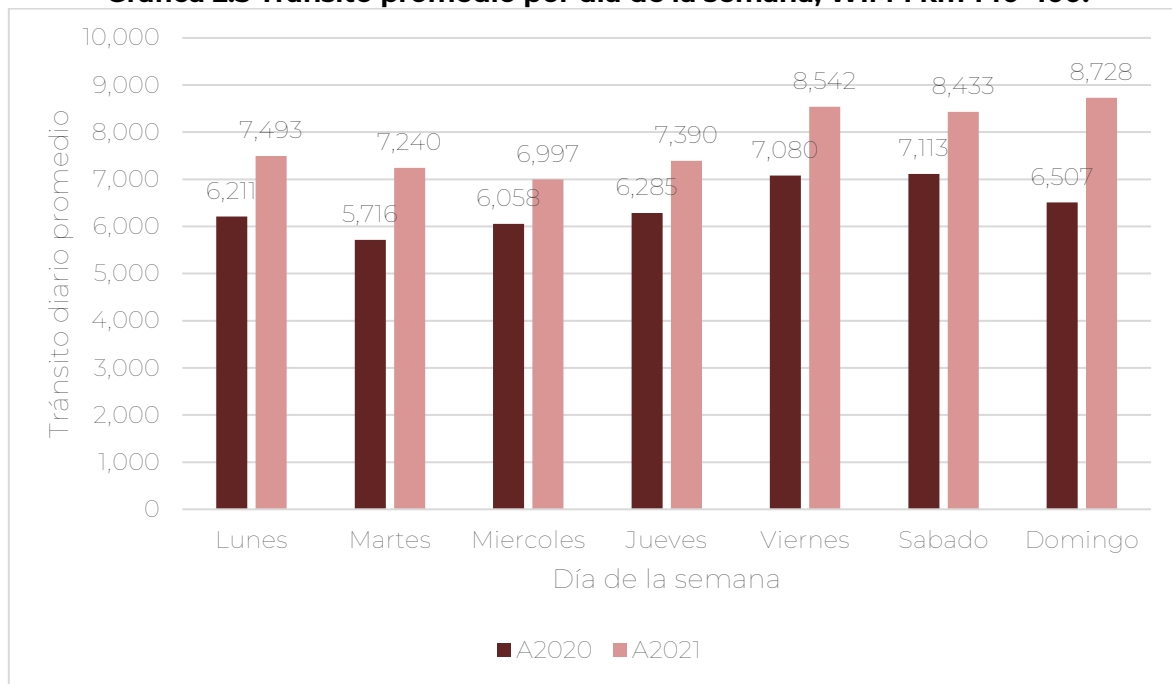
Considerando los meses con mayor número de días de registro, en 2020, diciembre obtiene el mayor TDPA en el equipo uno y noviembre en el equipo dos. Diciembre de 2021 corresponde al mayor promedio en ambos equipos.

El tránsito promedio por día de la semana se muestra en las Gráficas 2.3 y 2.4. Para ambas estaciones, en 2020 el mayor promedio se reporta los días sábado, mientras que para 2021 son los días domingo los que reportan la mayor cantidad de vehículos diarios promedio.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.3 Tránsito promedio por día de la semana, WIM 1 km 140+100.

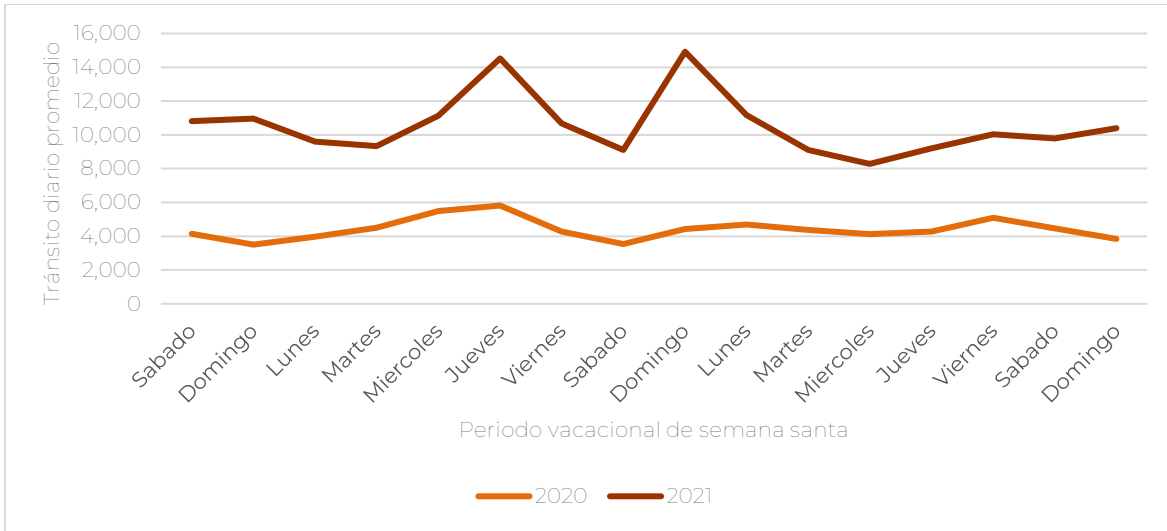


Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.4 Tránsito promedio por día de la semana, WIM 2 km 169+120.

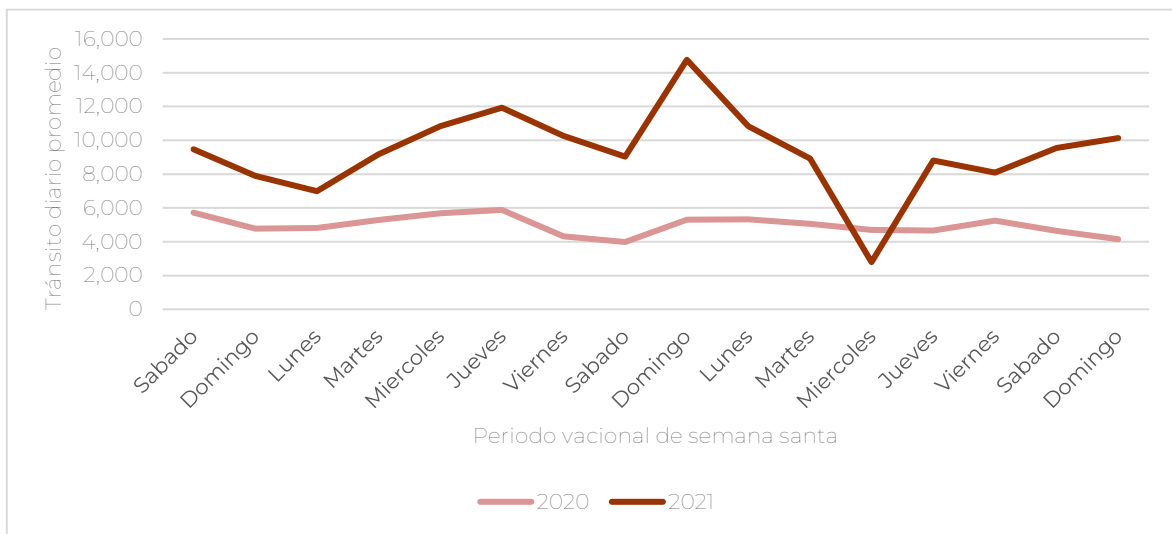
También se hizo el análisis para la temporada vacacional de semana santa, en 2020, el periodo vacacional escolar correspondiente a semana santa comenzó el sábado 4 de abril y terminó el domingo 19. Para 2021 dicho

periodo comenzó el sábado 27 de marzo y terminó el domingo 11 de abril. En ese periodo y para 2020, el jueves 9, jueves santo, se registró el mayor aforo, 5 mil 817 vehículos en la estación uno y 5 mil 883 en la dos. En 2021, el mayor aforo en la estación uno también se obtiene para el jueves santo (14 mil 513), pero en la estación dos es mayor el domingo de resurrección (4 de abril) (14 mil 767). Ver gráficas 2.5 y 2.6.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.5 Tránsito diario en periodo vacacional 2020 y 2021, WIM 1 km 140+100.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.6 Tránsito diario en periodo vacacional 2020 y 2021, WIM 2 km 169+120.

2.2 Distribución vehicular

La distribución vehicular para los días analizados, para cada año y estación, de acuerdo con la clasificación mostrada en la tabla 1.1 se presenta en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3 Clasificación vehicular de la FHWA, WIM 1 km 140+100.

Clase y descripción	2020		2021	
	Aforo	%	Aforo	%
0 No clasificados	21 170	1.2	11 366	0.4
1 Motocicletas	37 237	2.0	51 751	2.0
2 Autos de pasajeros	939 802	51.1	1 294 666	49.2
3 Unidades sencillas de 4 llantas	326 851	17.8	509 961	19.4
4 Autobuses	96 503	5.3	143 957	5.5
5 Unidades sencillas, 2 ejes y 6 llantas	89 975	4.9	131 109	5.0
6 Unidades sencillas, 3 ejes	72 070	3.9	105 279	4.0
8 Tracto camión, 4 o menos ejes	19 006	1.0	28 586	1.1
9 Tracto camión, 5 ejes	121 502	6.6	167 509	6.4
10 Tracto camión, 6 o más ejes	51 507	2.8	74 172	2.8
11 Tracto camión doblemente articulado, 5 o menos ejes	142	0.0	149	0.0
12 Tracto camión doblemente articulado, 6 ejes	64	0.0	108	0.0
13 Tracto camión doblemente articulado, 7 o más ejes	61 532	3.3	113 117	4.3
Total	1 837 361		2 631 730	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.4 Clasificación vehicular de la FHWA, WIM 2 km 169+120.

Clase y descripción	2020		2021	
	Aforo	%	Aforo	%
0 No clasificados	24 372	1.4	23 249	0.9
1 Motocicletas	24 295	1.4	54 318	2.0
2 Autos de pasajeros	776 497	43.7	1 249 135	46.7
3 Unidades sencillas de 4 llantas	371 091	20.9	546 179	20.4
4 Autobuses	32 690	1.8	45 120	1.7
5 Unidades sencillas, 2 ejes y 6 llantas	141 865	8.0	199 308	7.4
6 Unidades sencillas, 3 ejes	106 509	6.0	146 048	5.5
8 Tracto camión, 4 o menos ejes	28 836	1.6	32 679	1.2
9 Tracto camión, 5 ejes	135 390	7.6	167 875	6.3
10 Tracto camión, 6 o más ejes	47 058	2.6	68 727	2.6
11 Tracto camión doblemente articulado, 5 o menos ejes	758	0.0	1 254	0.0
12 Tracto camión doblemente articulado, 6 ejes	187	0.0	147	0.0
13 Tracto camión doblemente articulado, 7 o más ejes	89 263	5.0	142 909	5.3
Total	1 778 811		2 676 948	

Fuente: elaboración propia.

Un porcentaje entre el 0.9 y 1.4 de los vehículos no fue clasificado en alguna de las categorías.

De acuerdo con la clasificación vehicular, el número de ejes registrado, el peso bruto vehicular registrado, se realiza una nueva clasificación en la base de datos de acuerdo con las configuraciones vehiculares que circulan en las carreteras nacionales. Por ejemplo, a los vehículos sin clasificación “Otros” se les asigna el tipo de vehículo correspondiente al número de ejes registrado, se diferencian autobuses de 2 y 3 ejes, también los utilitarios tipo pick up y camiones C2.

Con la reclasificación, en las tablas 2.5 y 2.6 se muestra la distribución vehicular de los datos recopilados en las estaciones objeto del presente estudio.

Tabla 2.5 Distribución vehicular, WIM 1 km 140+100.

Tipo	2021		2021	
	Aforo	%	Aforo	%
Motos	37 237	2.0	51 751	2.0
Autos	939 802	51.1	1 294 666	49.2
Utilitario	332 337	18.1	512 620	19.5
B2	62 013	3.4	101 921	3.9
B3	34 490	1.9	42 036	1.6
C2	84 551	4.6	128 554	4.9
C3	72 008	3.9	105 175	4.0
T2S1	4 908	0.3	15 975	0.6
T2S2	20 065	1.1	7 913	0.3
T3S2	124 140	6.8	152 656	5.8
T3S3	53 999	2.9	65 295	2.5
T3S2R2	3 403	0.2	4 401	0.2
T3S2R3	30 293	1.6	883	0.0
T3S2R4	31 626	1.7	110 459	4.2
Otros	6 489	0.4	37 425	1.4
Total	1 837 361		2 631 730	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.6 Distribución vehicular, WIM 2 km 169+120.

Tipo	2021		2021	
	Aforo	%	Aforo	%
Motos	24 295	1.4	54 318	2.0
Autos	776 497	43.7	1 249 135	46.7
Utilitario	393 207	22.1	597 498	22.3
B2	32 159	1.8	43 718	1.6
B3	531	0.0	1 402	0.1
C2	119 766	6.7	148 033	5.5
C3	106 492	6.0	146 004	5.5
T2S1	5 980	0.3	6 768	0.3
T2S2	27 060	1.5	28 961	1.1
T3S2	144 008	8.1	173 504	6.5
T3S3	48 832	2.7	70 044	2.6
T3S2R2	11 657	0.7	7 536	0.3
T3S2R3	41 601	2.3	3 333	0.1
T3S2R4	38 089	2.1	140 911	5.3
Otros	8 637	0.5	5 783	0.2
Total	1 778 811		2 676 948	

Fuente: elaboración propia.

Al comparar la información recopilada por las estaciones de pesaje, contra los estudios Origen-Destino del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional (EECAN), se observa que la participación del T3S2R4 y el T3S2R3 en la composición vehicular no corresponde con los porcentajes obtenidos en el EECAN. De 2000 a 2017, considerando sólo los vehículos de carga, en ese periodo y para todas las estaciones, los T3S2R4 representan el 16% y los T3S2R3 el 0.1%.

Con el objeto de verificar la supuesta incongruencia, se comparará la distribución obtenida anteriormente (tablas 2.5 y 2.6) y la correspondiente a la distribución publicada en Datos Viales (DV) para el año 2020 y 2021 (Figura 2.1).

El TDPA obtenido a partir de los datos compartidos por la concesionaria difiere con los estimados en DV. Por ejemplo, para 2020 se obtuvo un tránsito de 5 mil 927 en la estación uno y 6 mil 330 en la dos, muy superiores a la estimación más alta de DV, 4 mil 142 en el km 45. En 2021 se obtuvo un tránsito de 7 mil 927 en la estación uno y 7 mil 850 en la dos, también superiores a la estimación más alta de DV, 4 mil 820 en el km 45)

54 CARR: Nuevo Necaxa - Tihuatlán (Cuota)				CLAVE:										RUTA: MEX-132D				AÑO: 2020		
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR										EN PORCIENTO				COORDENADAS	
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K	D	LATITUD	LONGITUD
T. C. Tejocotal - Nuevo Necaxa (Cuota)	0.00																			
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	1	3038	0.8	63.4	6.1	9.7	4.4	7.5	3.8	3.7	0.6	64.2	6.1	29.7	0.108	0.505	20.435696	-97.903125
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	2	3098	0.6	63.6	6.2	9.7	4.2	7.7	3.8	3.6	0.6	64.2	6.2	29.6	0.095	0.505	20.435776	-97.903162
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	1	2523	0.9	67.2	6.3	8.2	2.8	7.1	2.3	4.2	1.0	68.1	6.3	25.6	0.108	0.502	20.435697	-97.903117
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	2	2500	1.0	66.9	6.5	8.1	2.8	7.3	2.4	4.2	0.8	67.9	6.5	25.6	0.143	0.502	20.435774	-97.903165
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	1	0	3305	1.2	61.4	7.9	7.5	3.6	8.7	3.5	5.5	0.7	62.6	7.9	29.5	0.094	0.504	20.494655	-97.790529
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	3	0	4142	2.1	68.5	6.9	6.2	2.9	6.4	2.8	3.5	0.7	70.6	6.9	22.5	0.079	0.507	20.494639	-97.790516
Lim. Edos. Term. Pue. Ppia. Ver.	59.00																			
Tihuatlán	84.78	1	0	3774	1.5	67.6	7.4	6.1	2.8	7.1	2.9	3.7	0.9	69.1	7.4	23.5	0.095	0.500	20.659614	-97.525103

54 CARR: Nuevo Necaxa - Tihuatlán (Cuota)				CLAVE:										RUTA: MEX-132D				AÑO: 2021		
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR										EN PORCIENTO				COORDENADAS	
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K	D	LATITUD	LONGITUD
T. C. Tejocotal - Nuevo Necaxa (Cuota)	0.00																			
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	1	3767	0.7	63.5	6.1	9.7	4.4	7.5	3.8	3.7	0.6	64.2	6.1	29.7	0.096	0.505	20.427733	-97.921608
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	2	3842	0.5	63.6	6.2	9.7	4.2	7.7	3.8	3.7	0.6	64.1	6.2	29.7	0.084	0.505	20.427804	-97.921640
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	1	2921	0.8	67.1	6.4	8.3	2.8	7.2	2.3	4.2	0.9	67.9	6.4	25.7	0.100	0.502	20.441032	-97.890803
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	2	2898	1.0	66.8	6.5	8.1	2.8	7.4	2.3	4.3	0.8	67.8	6.5	25.7	0.130	0.502	20.441077	-97.890826
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	1	0	3739	1.3	61.1	7.8	7.4	3.8	8.6	3.6	5.6	0.8	62.4	7.8	29.8	0.075	0.504	20.487118	-97.802744
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	3	0	4820	2.1	68.5	6.9	6.2	2.9	6.4	2.8	3.5	0.7	70.6	6.9	22.5	0.068	0.507	20.502435	-97.778803
Lim. Edos. Term. Pue. Ppia. Ver.	59.00																			
Tihuatlán	84.78	1	0	4249	1.6	67.8	7.1	6.0	2.9	7.3	2.9	3.6	0.8	69.4	7.1	23.5	0.075	0.500	20.657239	-97.529662

Fuente: Datos Viales (DGST 2021 y 2022).

Figura 2.1 Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa-Tihuatlán en 2020 y 2021.

Para hacer la comparación, los registros correspondientes a autos y utilitarios de la báscula dinámica se agrupan en vehículos tipo A y los autobuses de dos y tres ejes en vehículos tipo B. Las demás configuraciones (Motos, C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4) son las mismas. Los vehículos no contemplados se incorporaron a “otros” (ver Tabla 2.5).

Tabla 2.7 Comparación de distribuciones equipo vs Datos Viales 2020.

Clase	Tipo	Distribución (%)		
		Equipo		Datos viales 2020
		WIM 1	WIM 2	
1	M	2.0	1.4	2.1
2 y 3	A	69.2	65.8	68.5
4	B	5.3	1.8	6.9
5	C2	4.6	6.7	6.2
6	C3	3.9	6.0	2.9
9	T3S2	6.8	8.1	6.4
10	T3S3	2.9	2.7	2.8
13	T3S2R4	1.7	2.1	3.5
	Otros	3.5	5.3	0.7

Fuente: elaboración propia.

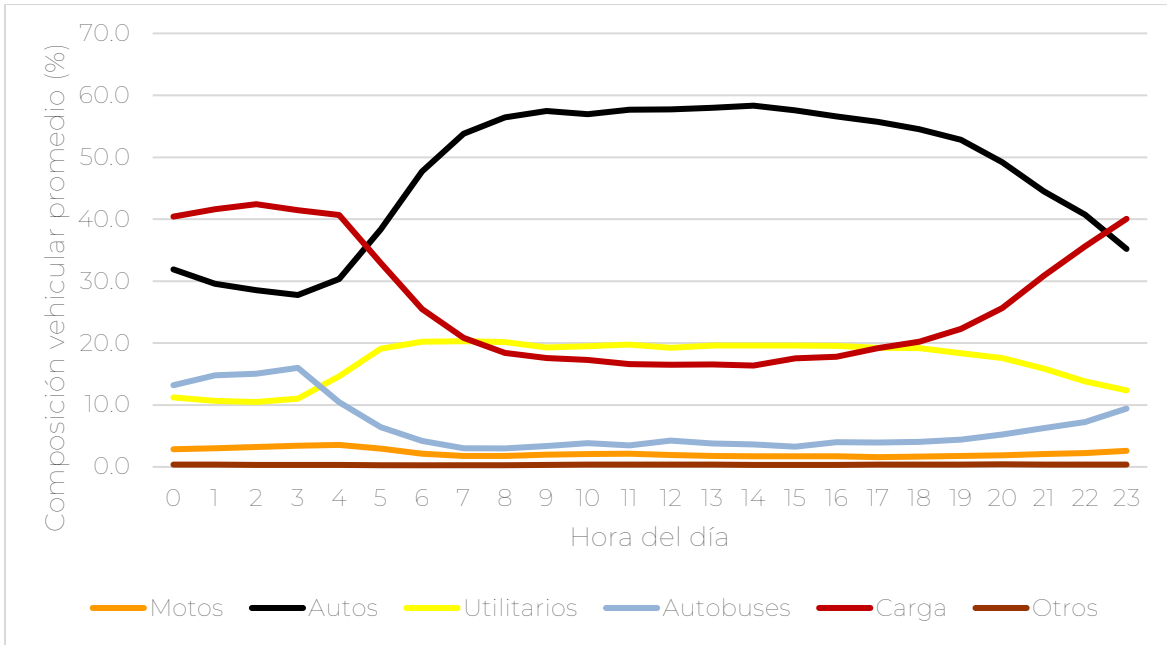
Tabla 2.8 Comparación de distribuciones equipo vs Datos Viales 2021.

Clase	Tipo	Distribución		
		Equipo		Datos viales 2020
		1	2	
1	M	2.0	2.0	2.1
2 y 3	A	68.7	69.0	68.5
4	B	5.5	1.7	6.9
5	C2	4.9	5.5	6.2
6	C3	4.0	5.5	2.9
9	T3S2	5.8	6.5	6.4
10	T3S3	2.5	2.6	2.8
13	T3S2R4	4.2	5.3	3.5
	Otros	2.5	2.0	0.7

Fuente: elaboración propia.

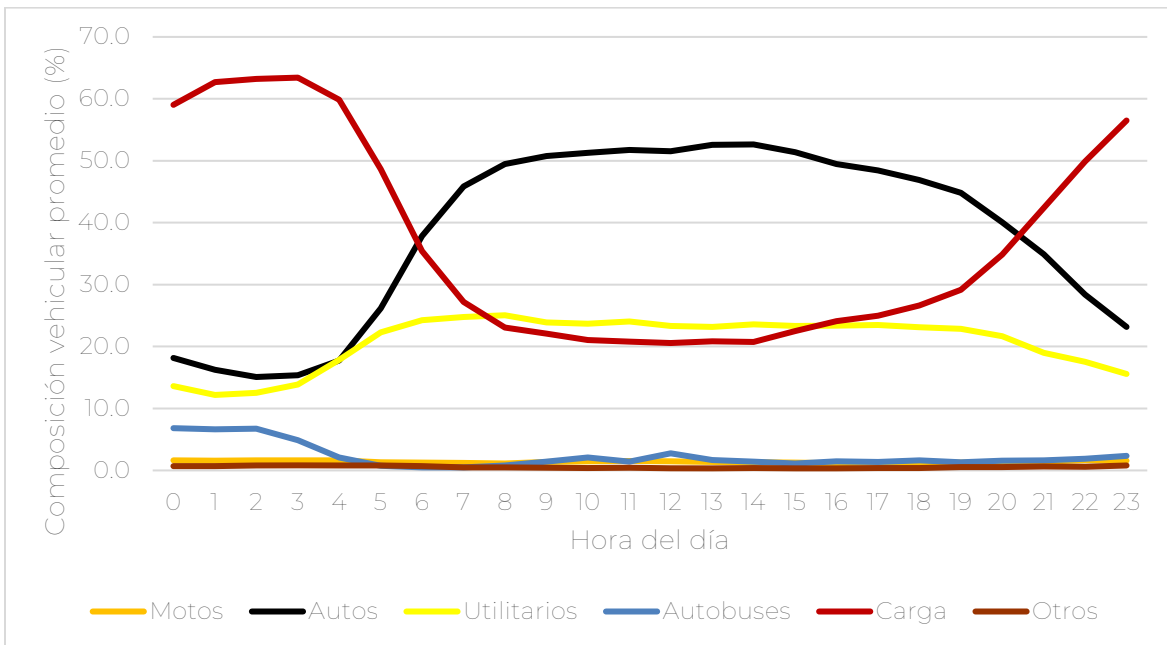
Con el ajuste realizado en la clasificación, los porcentajes de participación en la composición vehicular se asemejan más con los publicados en Datos Viales, excepto los obtenidos en el equipo dos para los autobuses y camiones C3, así como los tractocamiones T3S2R4 de ambos equipos de medición. Con base en lo anterior, se puede observar o deducir que el algoritmo del sistema no clasifica correctamente a algunas configuraciones, especialmente los autobuses, camiones C3 y tractocamiones T3S2R4. Es probable que los autobuses de tres ejes sean confundidos con camiones C3 y los T3S2R4 con los T3S2R3 o no los clasifica.

En general, para los dos años y las dos estaciones, los autos son los vehículos que más participan en la composición del tránsito vehicular total (65% a 69%). Sin embargo, a lo largo del día, la composición promedio varía; los vehículos de carga tienen más participación en el intervalo que comienza a las 22:00 y termina a las 05:00 horas del siguiente día, llegan a representar hasta el 63.4 % (2020, estación dos en la hora 3). La mayor proporción de autobuses se registró en la estación uno, para el promedio de la hora 2 del 2021 (véanse gráficas 2.7 a 2.10).



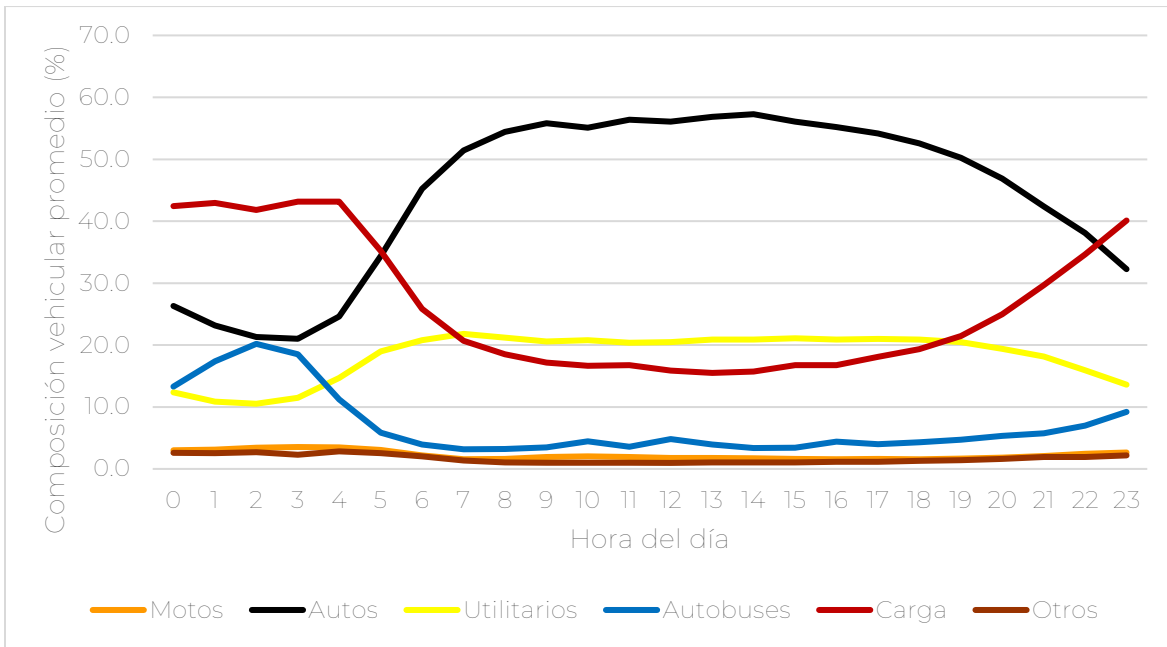
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.7 Distribución promedio horaria 2020, WIM 1 Km 140+100.



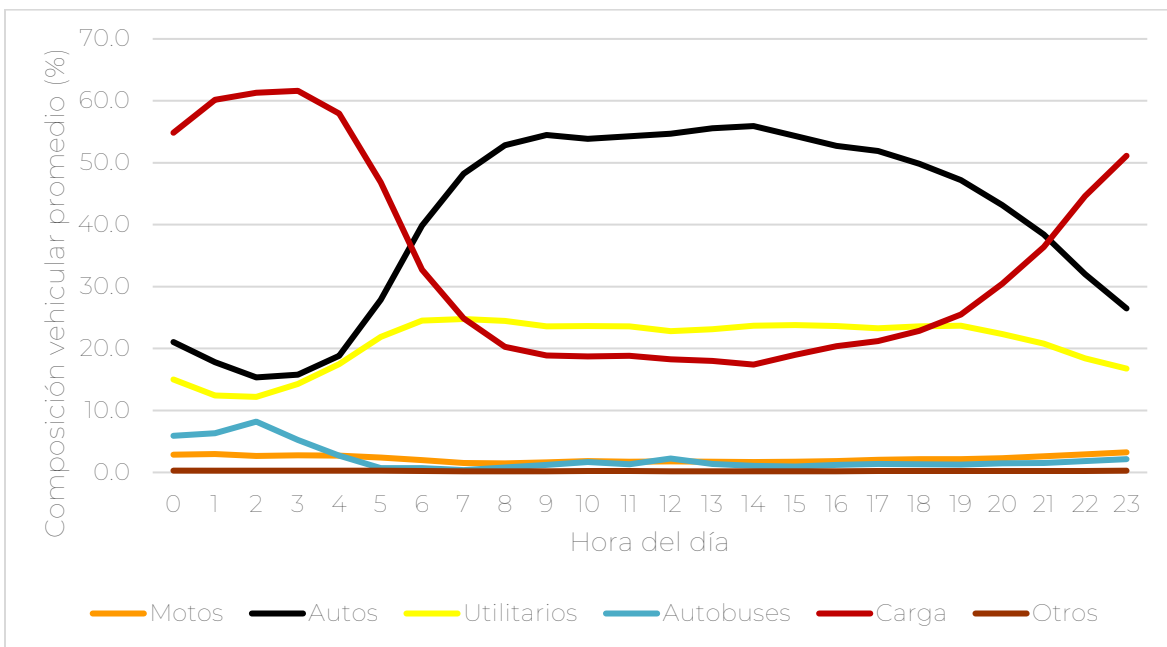
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.8 Distribución promedio horaria 2020, WIM 2 Km 169+120.



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2.9 Distribución promedio horaria 2021, WIM 1 Km 140+100.



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2.10 Distribución promedio horaria 2021, WIM 2 Km 169+120.

Los días con mayor aforo registrado, en 2020 y para la estación uno (WIM 1), fueron:

- 2 de enero (14 mil 704 vehículos),
- 3 de enero (12 mil 498 vehículos),
- 27 de diciembre (13 mil 89 vehículos) y
- 30 de diciembre (11 mil 98 vehículos).

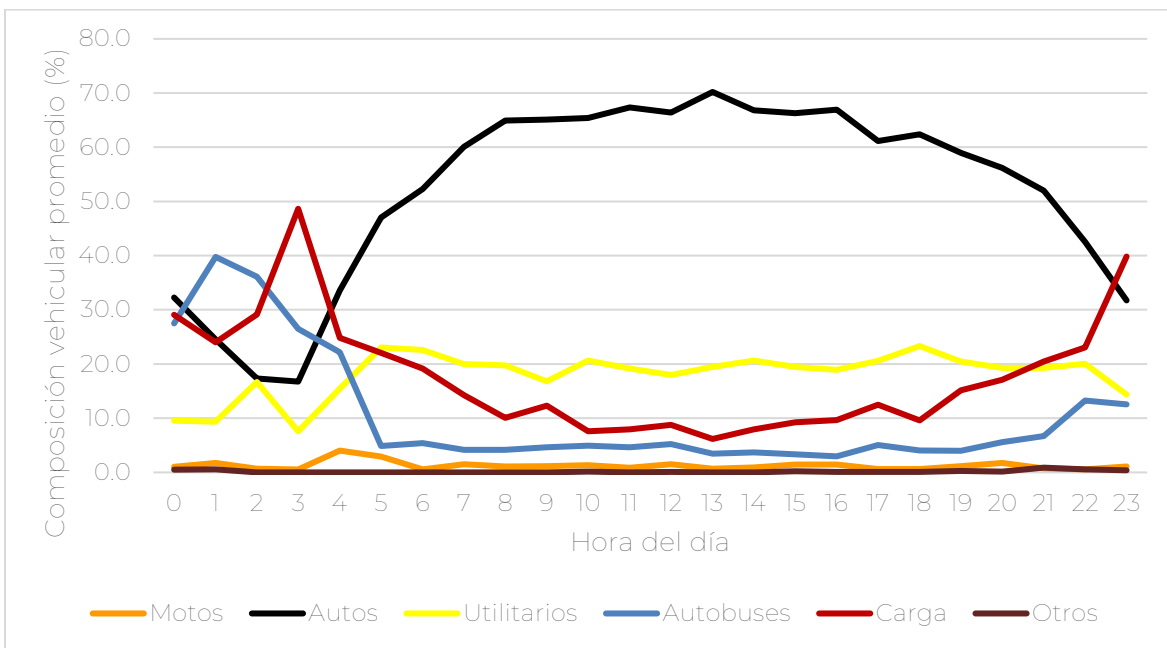
Para la estación dos (WIM 2) los días del 2020 con mayor aforo fueron:

- 2 de enero (14 mil 256 vehículos),
- 3 de enero (12 mil 191 vehículos),
- 14 de marzo (12 mil 418 vehículos) y
- 16 de marzo (12 mil 674 vehículos).

En 2021, los días con mayor aforo para la estación uno (WIM 1) fueron:

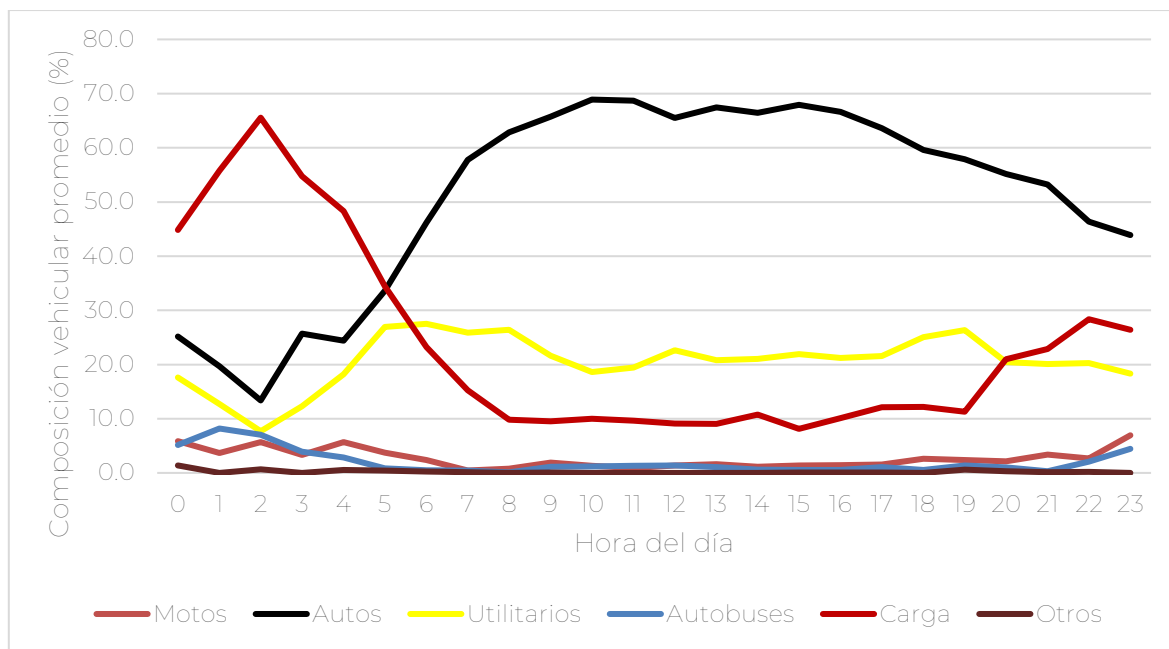
- 4 de abril (14 mil 767 vehículos),
- 26 de diciembre (16 mil 500 vehículos),
- 30 de diciembre (17 mil 155 vehículos) y
- 31 de diciembre (15 mil 831 vehículos).

En estos casos, los autos tienen la mayor proporción desde la hora 4 y llegan a representar hasta el 70% del tránsito. (ver gráficas 2.11 a 2.13).



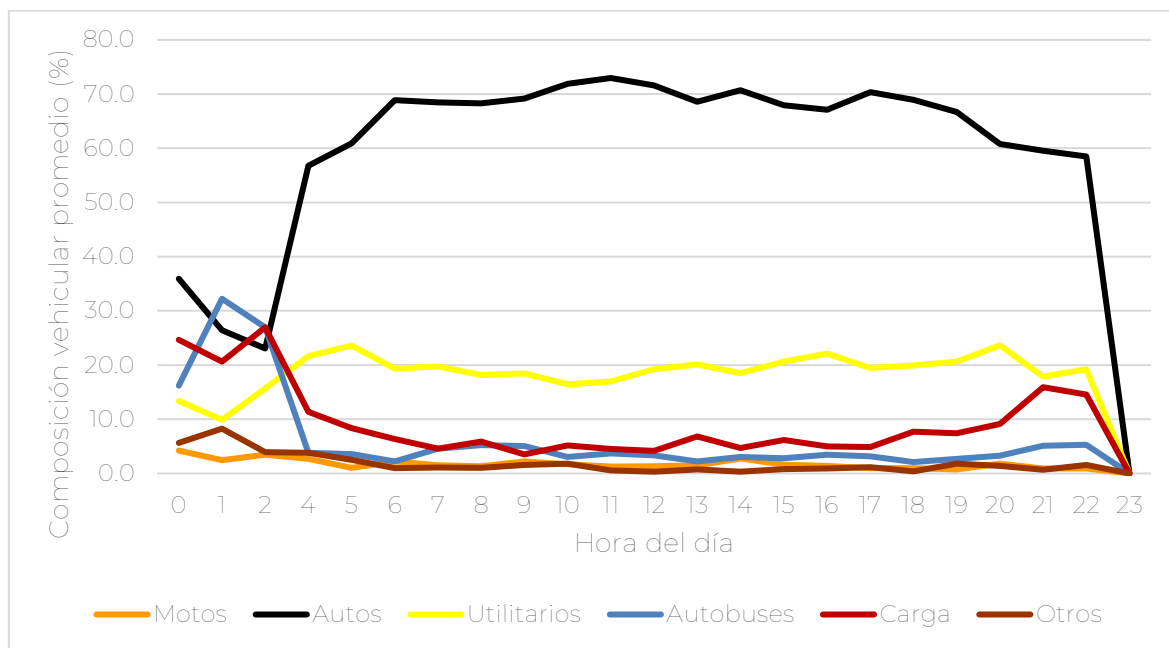
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.11 Distribución promedio horaria 2 de enero de 2020, WIM 1 km 140+100.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.12 Distribución promedio horaria 2 de enero de 2020 WIM 2 km 169+120.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2.13 Distribución promedio horaria 4 de abril de 2021, WIM 1 km 140+100.

2.3 Peso bruto vehicular

La versión vigente de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2017 (Norma 12), sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, es la publicada en diciembre de 2017 en el Diario Oficial de la Federación. Los autos y los vehículos utilitarios no son considerados por la norma, los análisis del presente estudio, en cuanto a Peso Bruto Vehicular (PBV), se realizan para autobuses y configuraciones de carga.

La Autopista México-Tuxpan está clasificada como ET (eje de transporte), por lo que la referencia será los pesos máximos permitidos para este tipo de carreteras. No se consideran el incremento de 1.5 toneladas por eje motriz y 1.0 toneladas por eje de carga que considera la norma para los tractocamiones doblemente articulados debido a que mediante el sistema no se puede comprobar que se cumplan las especificaciones técnicas, disposiciones de seguridad y de control para hacer efectivas dichas medidas.

En la Tabla 2.9 se muestra el PBV máximo permitido para carreteras ET.

Tabla 2.9 PBV máximo en carreteras ET, en toneladas.

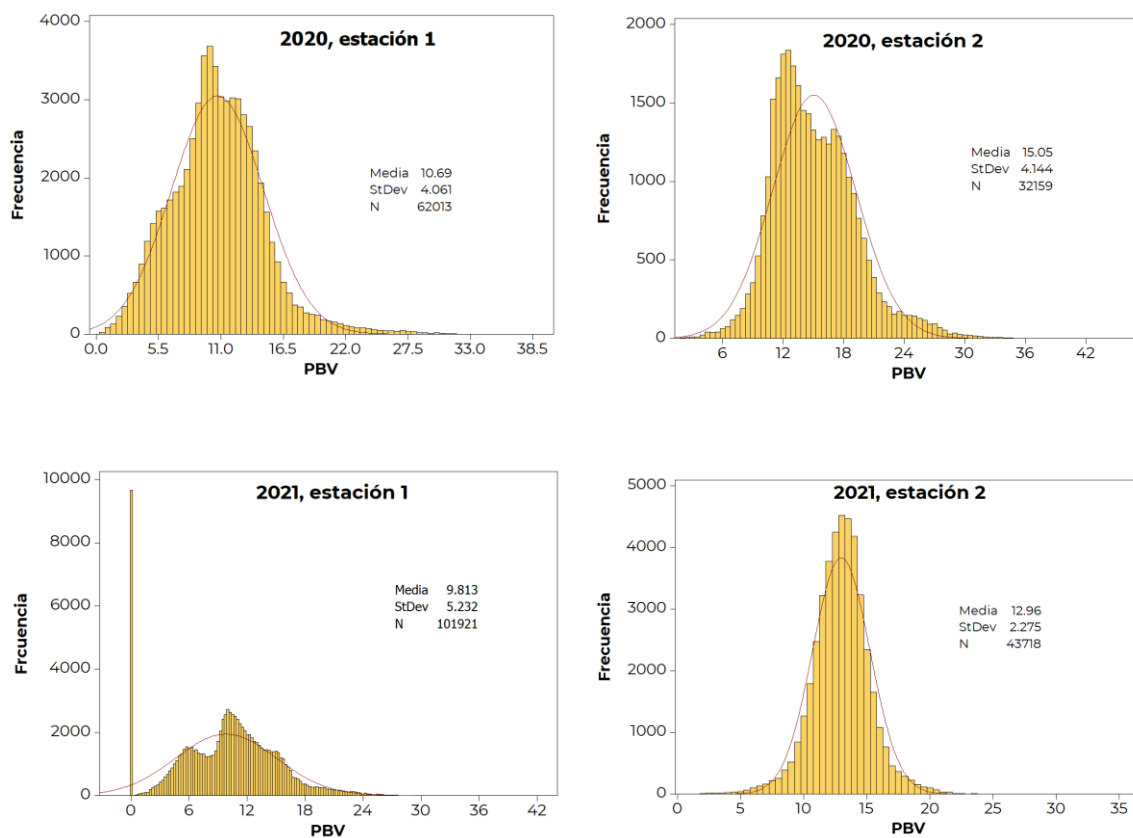
Tipo de vehículo		PBV máximo (Toneladas)
FHWA	NOM-012-SCT	
4	B2	19
4	B3	24
5	C2	19
6	C3	27.5
8	T2S1	30
8	T2S2	38
9	T3S2	46.5
10	T3S3	54
11	C2R2	37.5
11	T2S1R2	47.5
12	T3S1R2	54.5
13	T3S2R2	60.5
13	T3S2R3	63
13	T3S2R4	66.5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma 12.

2.3.1 Autobuses de dos ejes B2

Los pesos de los autobuses de 2 ejes vacíos, pesos brutos sin pasajeros, deberían de oscilar entre las 9 y 13 toneladas aproximadamente, y los pesos a plena capacidad de 13 a 18 toneladas.

En la Figura 2.2 se muestran las gráficas con los histogramas de distribución de frecuencias del PBV para cada año (2020 y 2021) y estación (1 y 2), en cada una se indica también la media, desviación estándar, y la muestra.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.2 B2, histograma de frecuencias del PBV.

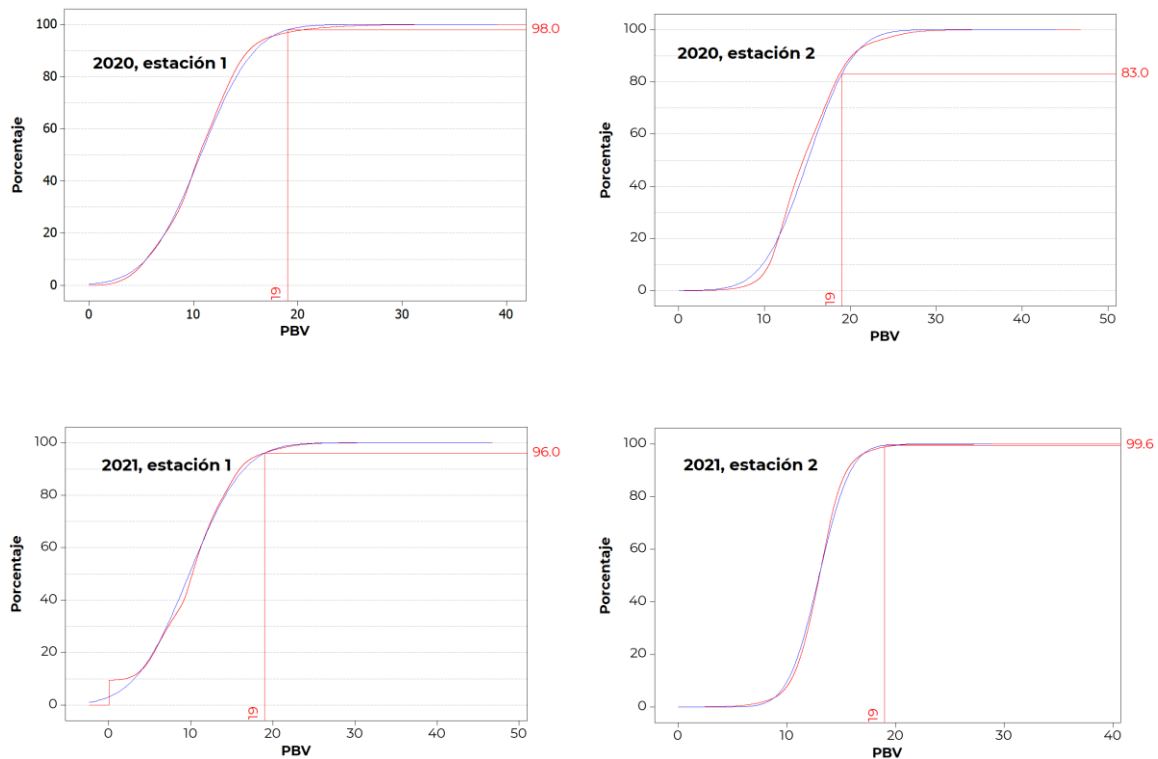
En 2021, en la estación 1 se clasificaron más de 11 mil vehículos como B2 con PBV menor a 3 toneladas.

Para todos los datos de PBV de B2 con (239 mil 811 autobuses), incluidos los dos años y las dos estaciones, la media es de 11.32 toneladas y la desviación estándar de 4.75.

Para 62 mil 251 registros (26% del total) la suma del peso en los dos ejes (E01+E02) no fue exactamente igual al PBV registrado por el sistema, para casi todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma E01+E02 es insignificante, de 5 a 10 kg, y en solo 23 registros la diferencia es mayor de una o dos toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia significativa, 241 mil 74, en la Figura 2.3 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de autobuses que exceden las 19 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 2 % (estación 1) y 17 % (estación 2); en 2021, 4 % (estación 1) y 0.4 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

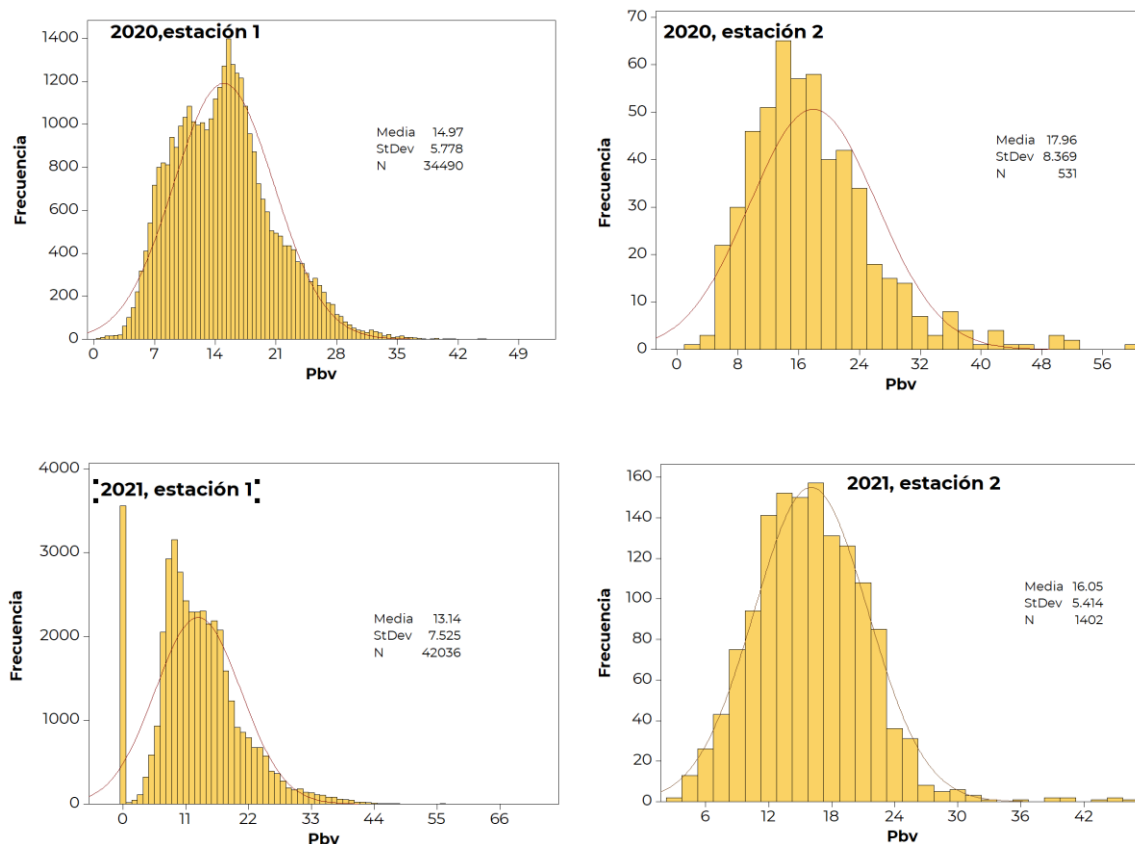
Figura 2.3 B2, frecuencias acumuladas del PBV.

2.3.2 Autobuses de tres ejes B3

Los pesos brutos sin pasajeros de los autobuses de tres ejes deberían oscilar entre las 17 y 23 toneladas aproximadamente, y los pesos a plena capacidad de 25 a 30 toneladas.

En la Figura 2.4 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada año y estación, también se incluyen la media y desviación estándar.

En la estación 1 los pesos promedio son menores a los obtenidos para la estación 2.

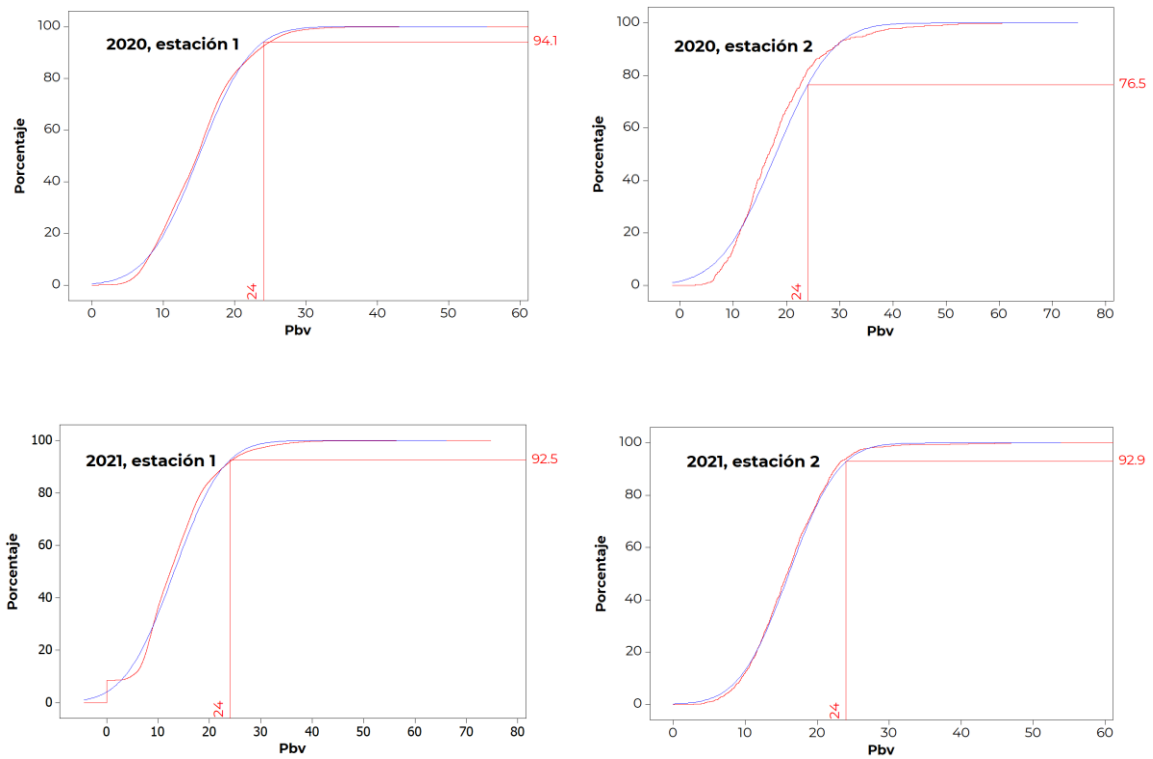


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.4 B3, histograma de frecuencias del PBV.

En la Figura 2.5 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de autobuses que exceden las 24 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 5.9 % (estación 1) y 23.5 % (estación 2); en 2021, 7.5 % (estación 1) y 7.1 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.5 B3, frecuencias acumuladas del PBV.

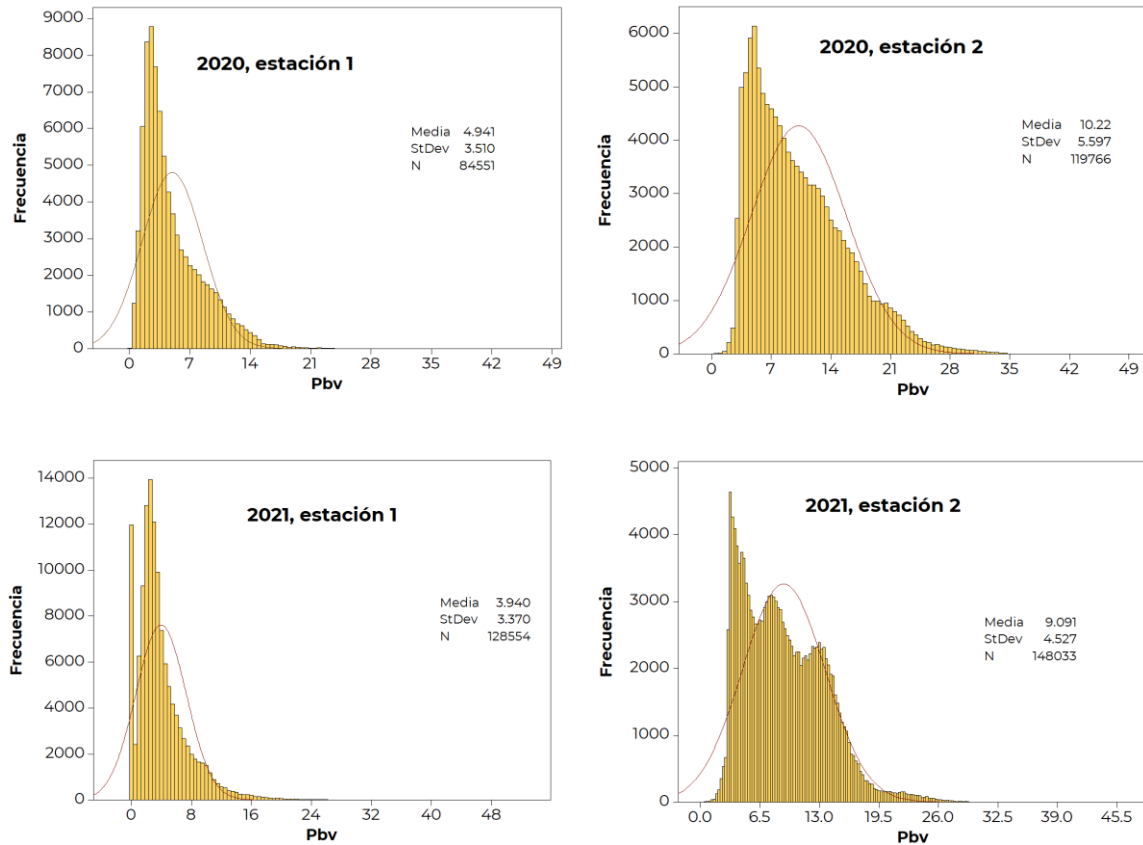
2.3.3 Camión de dos ejes C2

El sistema de pesaje incluye en la categoría 5 “SU-2 EJES” a vehículos utilitarios y camiones de dos ejes. Para diferenciarlos, se ha tomado en cuenta la longitud y el peso de los vehículos.

El peso bruto de los C2 sin carga registrado en el EECAN ha estado alrededor de 5 toneladas, y los pesos a plena capacidad en 10 toneladas.

En la Figura 2.6 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada año y estación, también se incluyen la media y desviación estándar.

En la estación 1 los pesos promedio son mucho menores a los obtenidos para la estación 2.

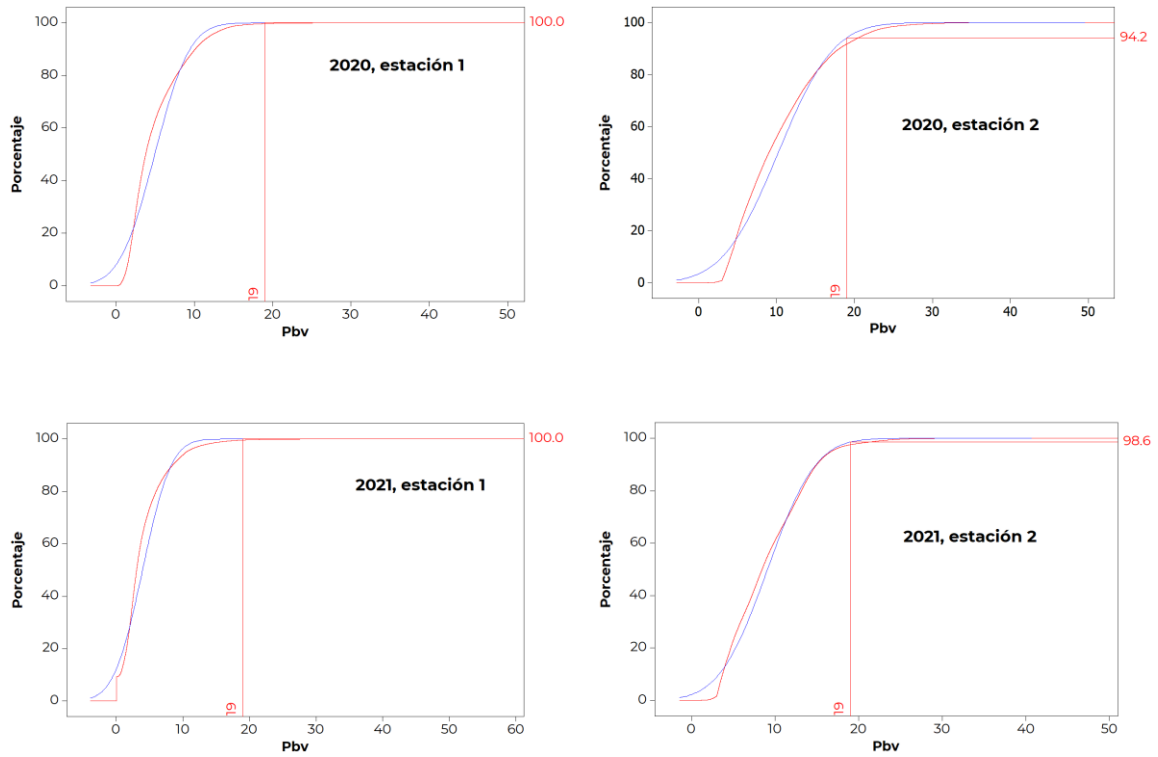


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.6 C2, histograma de frecuencias del PBV.

En la Figura 2.7 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

En 2020 y 2021, en la estación 1 no se registraron camiones que excedan las 19 toneladas de PBV máximo permitido. Para la estación 2, los porcentajes de camiones de dos ejes excedidos son: 5.8 % (2020) y 1.4 % (2021)



Fuente: elaboración propia.

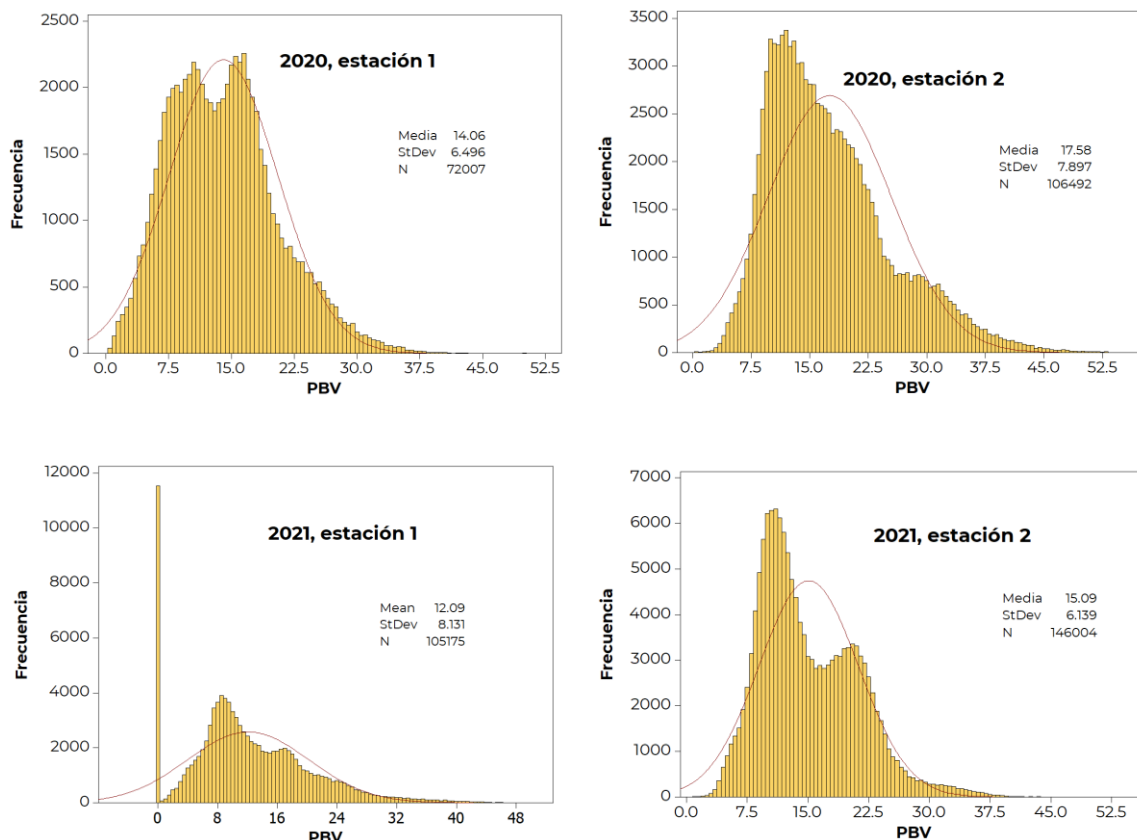
Figura 2.7 C2, frecuencias acumuladas del PBV.

2.3.4 Camión de tres ejes C3

Los camiones unitarios C3 vacíos pesan alrededor de 10 t y cargados 20 t.

En la Figura 2.8 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada año y estación, también se incluyen la media y desviación estándar.

De manera similar a lo obtenido para los camiones C2, en la estación 1 los pesos promedio de los C3 son menores a los obtenidos para la estación 2.

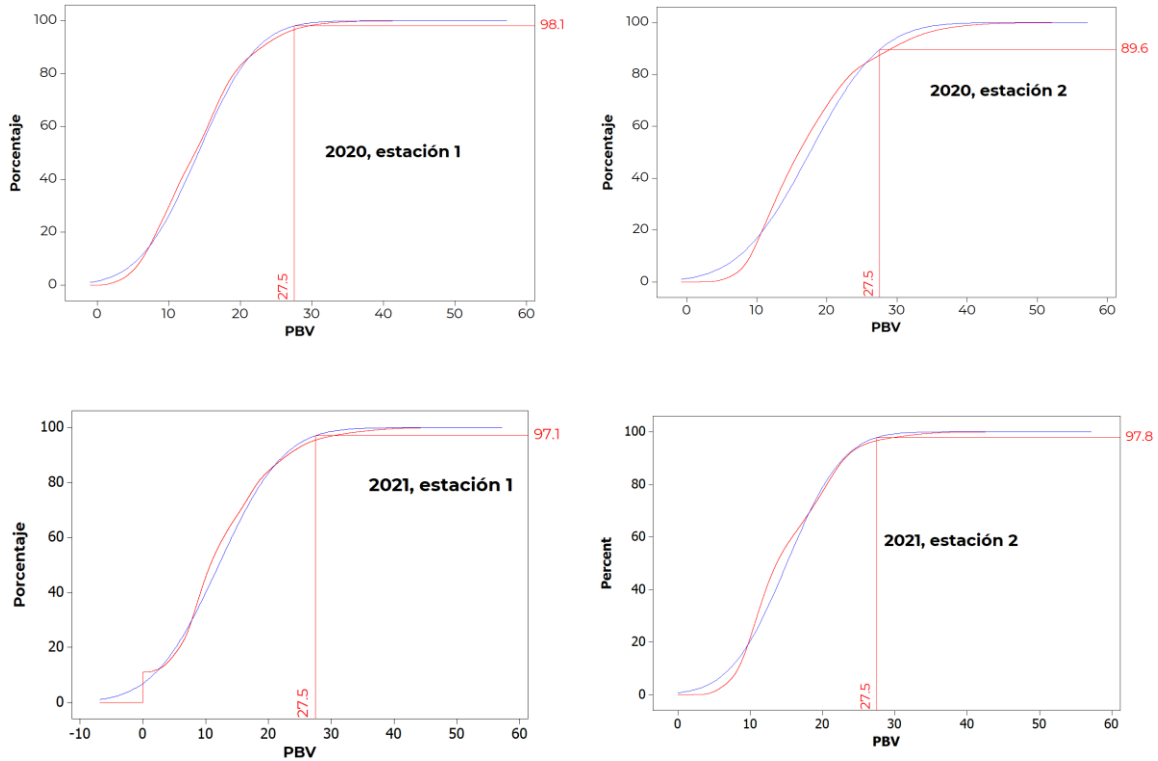


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.8 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3.

En la Figura 2.9 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de autobuses que exceden las 27.5 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 1.9 % (estación 1) y 10.4 % (estación 2); en 2021, 2.9 % (estación 1) y 2.2 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

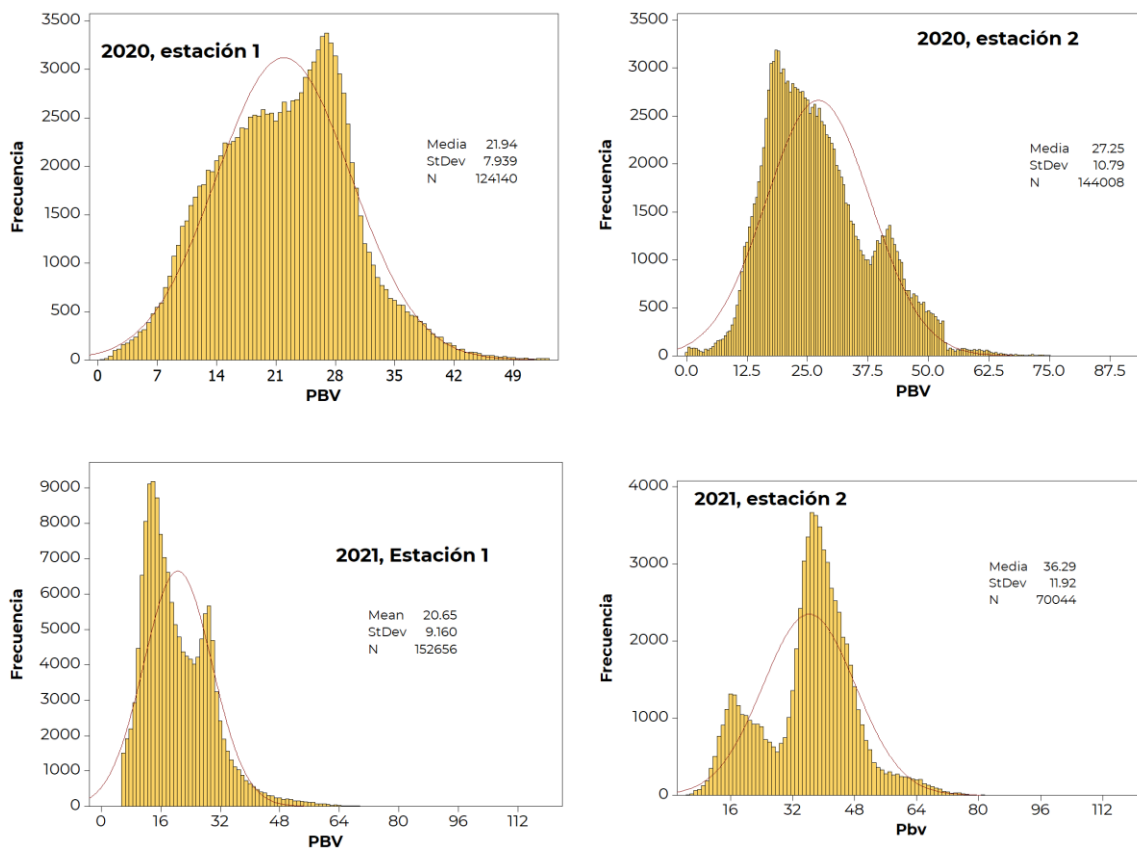
Figura 2.9 C3, frecuencias acumuladas del PBV.

2.3.5 Tractocami3n simplemente articulado T3S2

De acuerdo con el EECAN, los T3S2 vac3os pesan alrededor de 17 toneladas y cargados 35 t.

En la Figura 2.10 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada a3o y estaci3n, tambi3n se incluyen la media y desviaci3n est3ndar.

De manera similar a lo obtenido anteriormente, en la estaci3n 1 los pesos promedio de los T3S2 son menores a los obtenidos para la estaci3n 2.

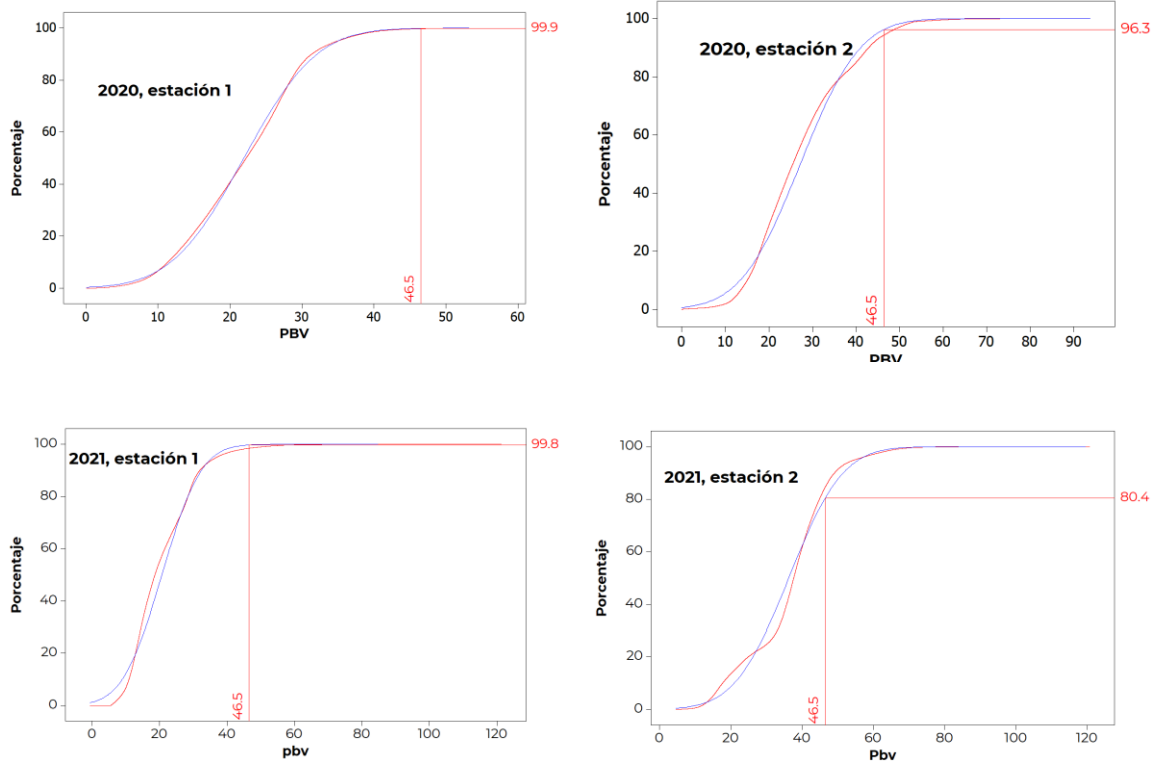


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.10 Histograma de frecuencias del PBV Camiones T3S2.

En la Figura 2.11 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de T3S2 que exceden las 46.5 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 0.1 % (estación 1) y 3.7 % (estación 2); en 2021, 0.2 % (estación 1) y 19.6 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

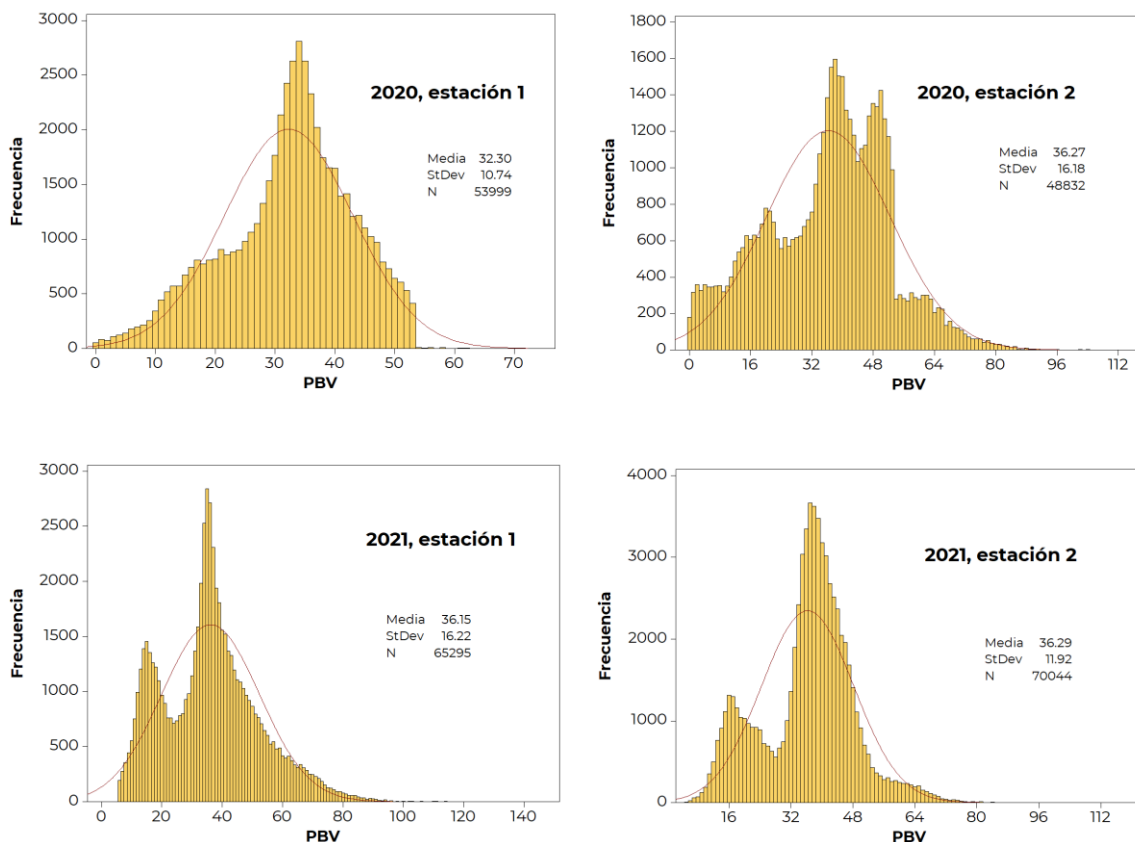
Figura 2.11 T3S2, frecuencias acumuladas del PBV.

2.3.6 Tractocamión simplemente articulado T3S3

De acuerdo con el EECAN, los T3S3 vacíos pesan alrededor de 21 toneladas y cargados 47 toneladas.

En la Figura 2.12 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada año y estación, también se incluyen la media y desviación estándar.

Los pesos promedio de los T3S3 reportados durante 2020 fueron menores en la estación uno respecto a los pesos reportados en la estación dos, mientras que para 2021 ambas estaciones reportan pesos promedio similares.

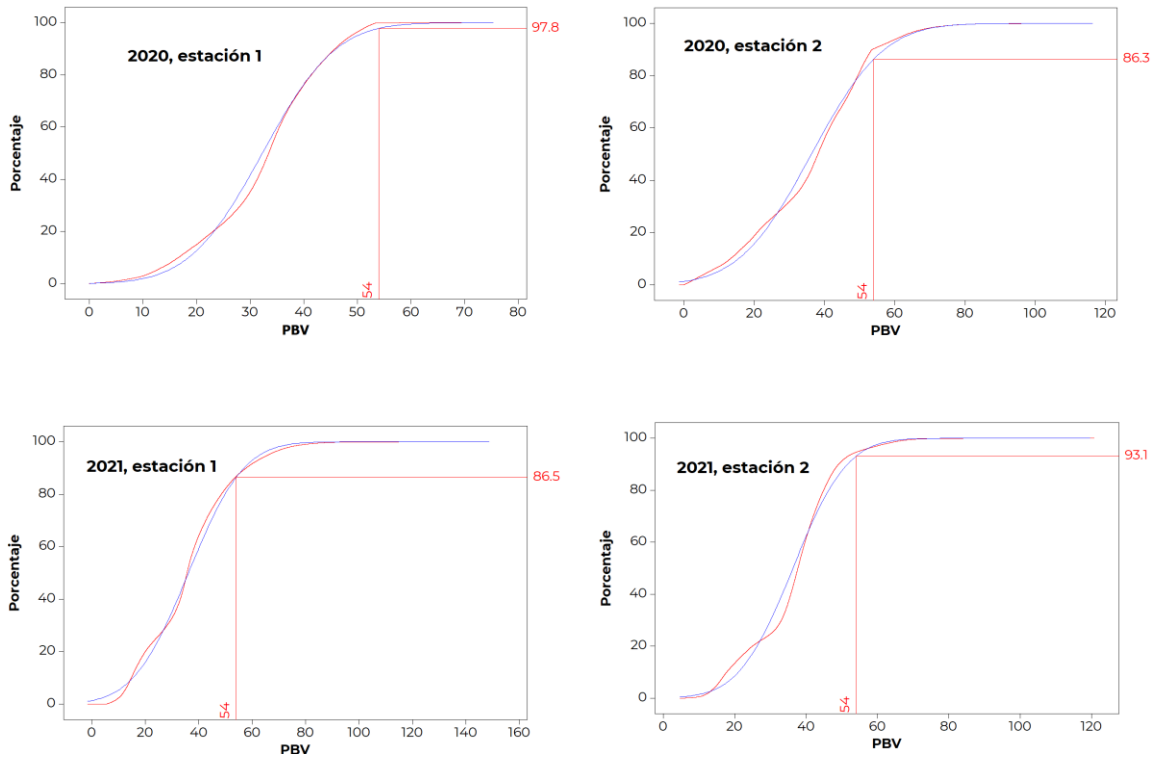


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.12 Histograma de frecuencias del PBV T3S3.

En la Figura 2.13 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de T3S3 que exceden las 54 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 2.2 % (estación 1) y 13.7 % (estación 2); en 2021, 13.5 % (estación 1) y 6.9 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

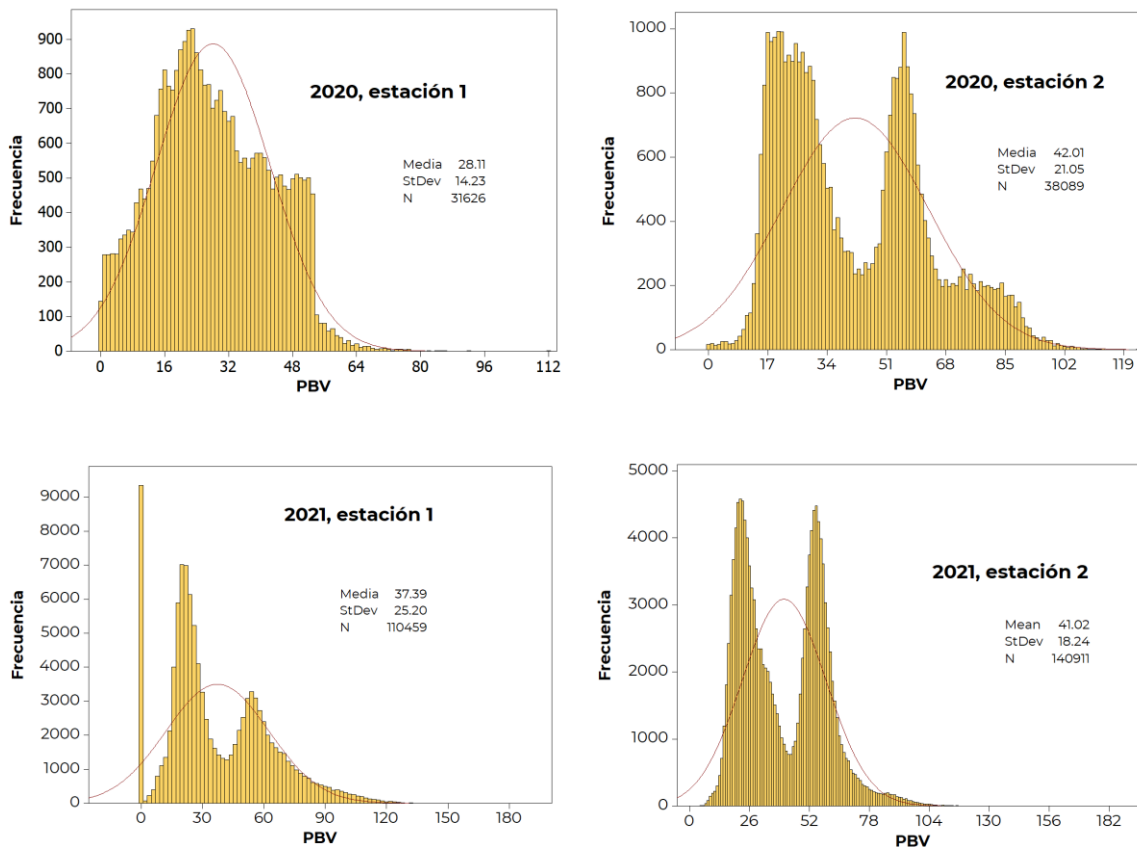
Figura 2.13 T3S3, frecuencias acumuladas del PBV.

2.3.7 Tractocamión doblemente articulado T3S2R4

Estadísticamente, los T3S2R4 vacíos pesan alrededor de 29 t y cargados 65 t. En la Gráfica 2.14 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar. Para el 71% de los tractocamiones doblemente articulados se registraron PBV menores a 20 toneladas y el 0.3% superó el máximo permitido de 66.5 toneladas

En la Figura 2.14 se muestran los histogramas de frecuencias del PBV para cada año y estación, también se incluyen la media y desviación estándar.

Los pesos promedio de los T3S2R4 son similares en los dos años para las dos estaciones.

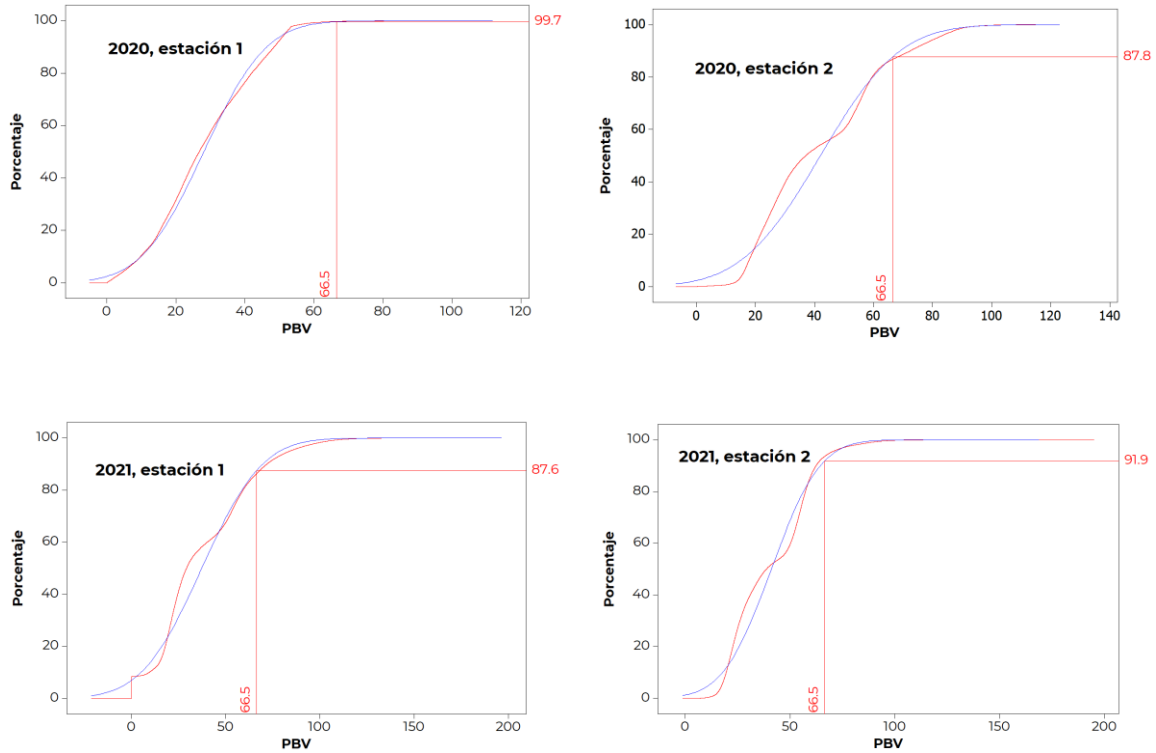


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.14 Histograma de frecuencias del PBV T3S2R4.

En la Figura 2.15 se muestran las gráficas de frecuencias acumuladas del PBV para cada año y estación.

Los porcentajes de T3S2R4 que exceden las 66.5 toneladas de PBV máximo permitido, son: en 2020, 0.3 % (estación 1) y 12.2 % (estación 2); en 2021, 12.4 % (estación 1) y 8.1 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.15 T3S2R4, frecuencias acumuladas del PBV.

2.4 Análisis de Velocidades

En relación con las velocidades, como se mencionó anteriormente, existen tres criterios que restringen la velocidad máxima; por un lado está el límite de velocidad establecida en el tramo mediante el señalamiento, y por otro se encuentra la velocidad máxima establecida para los vehículos de carga en la versión vigente de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, y las velocidades que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales.

Así tenemos que, el límite máximo señalado en el sitio donde se ubican las estaciones de pesaje dinámico, para todos los vehículos, es de 110 km/h; mientras que el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales establece, para los autobuses, límites de 95 km/h durante el día y 80 km/h durante la noche, y para los camiones sencillos y articulados, 80 km/h durante el día y 70 km/h durante la noche, para cualquier tipo de carretera,

mientras no exista un señalamiento que fije una velocidad máxima menor; y finalmente, el límite de velocidad que establece la norma de pesos y dimensiones a las configuraciones doblemente articuladas (TSR), cuando circulan en caminos ET y A, es de 80 km/h, e igual que en el Reglamento de Tránsito, siempre y cuando no exista un señalamiento con un límite menor.

En el presente análisis se utilizarán como referencia las velocidades máximas permitidas de 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para los camiones de carga.

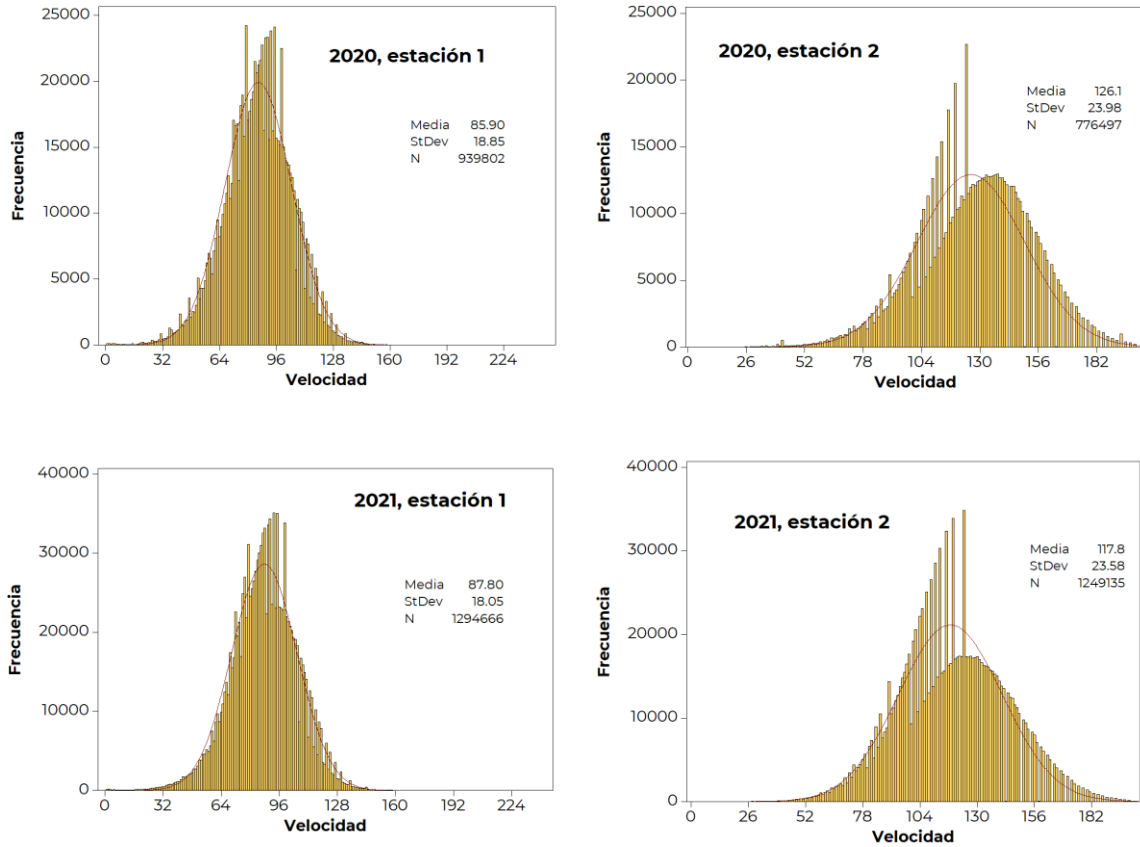
La velocidad de punto de un vehículo cualquiera se define como la velocidad al momento de pasar por un determinado punto o sección transversal de una vía, en este caso el punto donde se encuentra la estación, y permite caracterizar este parámetro para un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes como la geometría del camino, la intensidad y volúmenes del tránsito y las condiciones climatológicas en algunos casos.

2.4.1 Autos

La velocidad establecida para autos, es de 110 km/h. En la Figura 2.16 se muestra la distribución de las velocidades registradas para cada año y estación.

Para todos los autos registrados, para los dos años y las dos estaciones, 4 millones 260 mil 100 registros. La media obtenida fue de 103 km/h

En la estación 2 se obtuvieron las mayores velocidades promedio, muy superiores a las registradas en la estación uno y también superiores a la máxima permitida para autos.

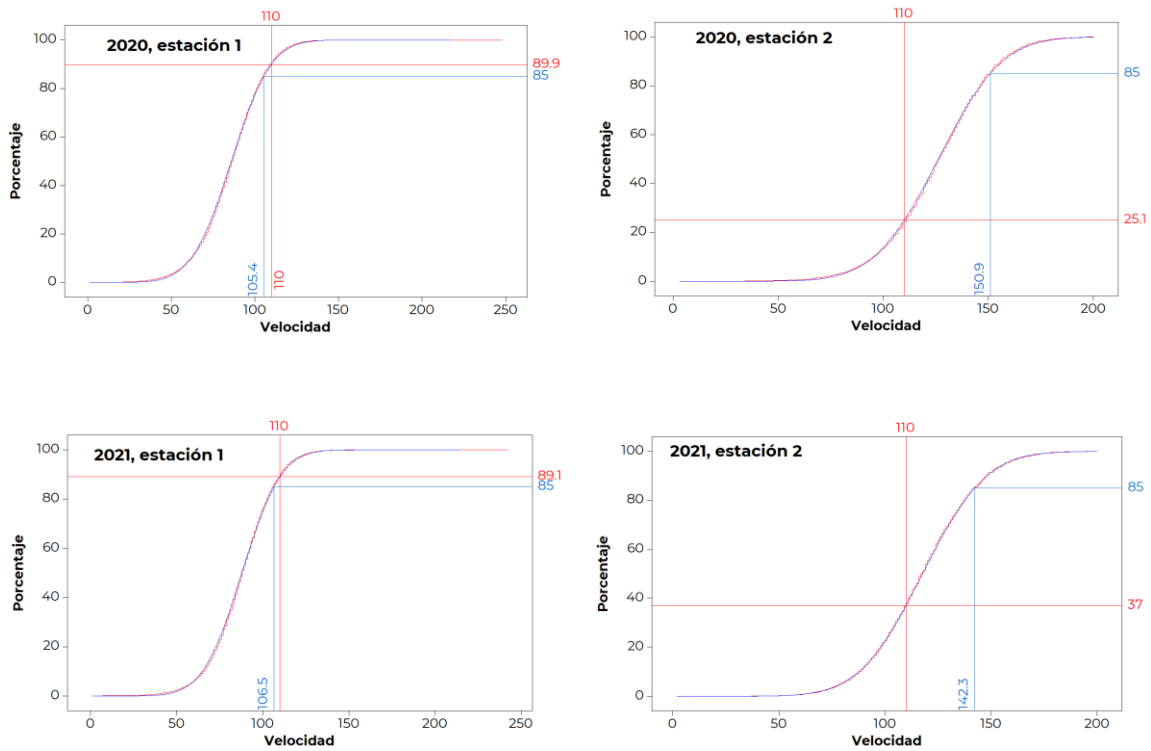


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.16 Histograma de frecuencias de velocidad de los autos.

En la Figura 2.17 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil), en kilómetros por hora, es: en 2020, 105 (estación 1) y 151 (estación 2); en 2021, 106 (estación 1) y 142 (estación 2).

Los porcentajes de autos que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 10 % (estación 1) y 75 % (estación 2); en 2021, 10.9 % (estación 1) y 63 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

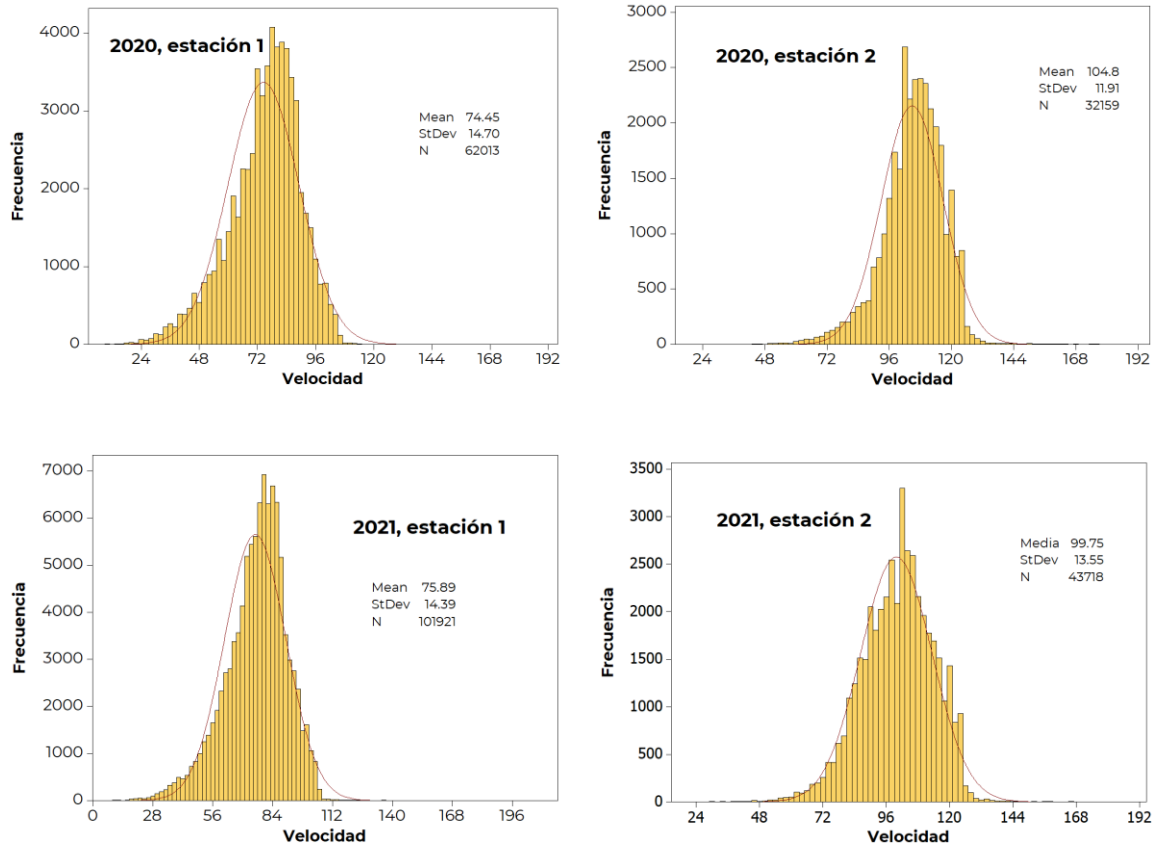
Figura 2.17 Autos, frecuencias acumuladas de velocidad.

2.4.2 Autobuses B2

Para estos autobuses la velocidad establecida es de 95 km/h. En la Figura 2.18 se muestra la distribución de las velocidades registradas para cada año y estación.

Para todos los autobuses B2 registrados, para los dos años y las dos estaciones, 239 mil 811 registros. La media obtenida fue de 84 km/h.

En la estación 2 se obtuvieron las mayores velocidades promedio, muy superiores a las registradas en la estación uno y también superiores a la máxima permitida para autobuses.

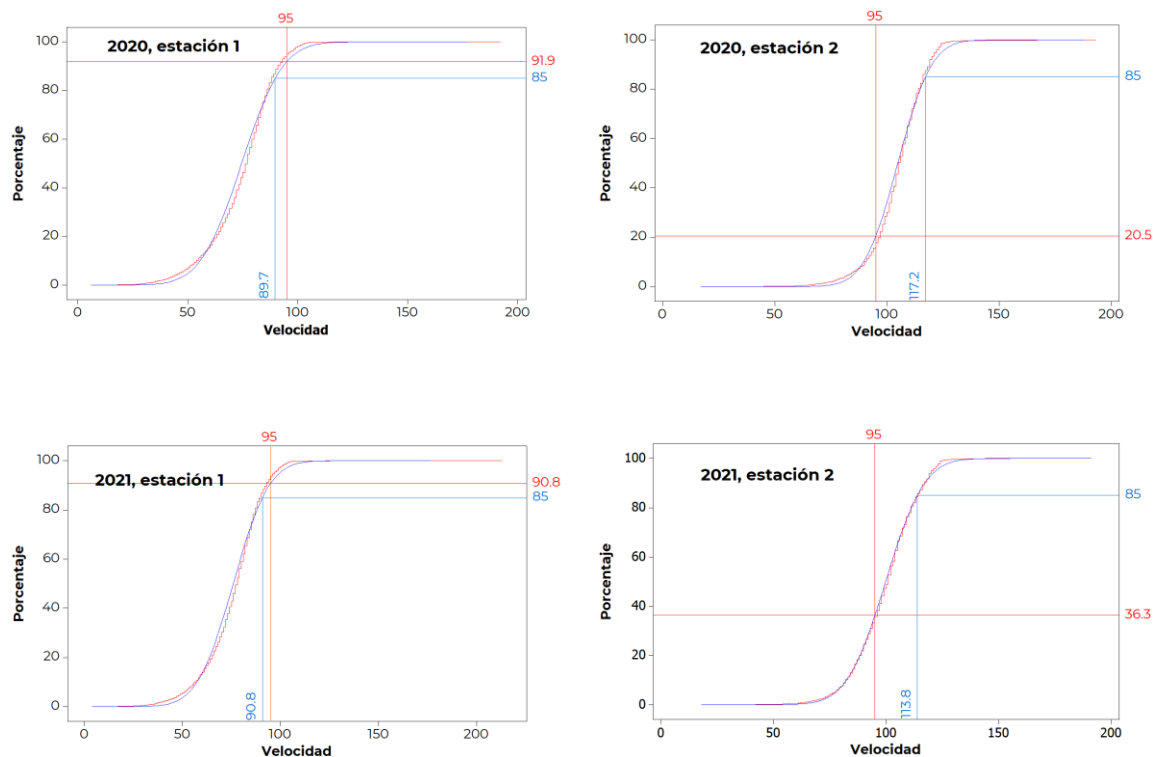


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.18 Histograma de frecuencias de velocidad de los B2.

En la Figura 2.19 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 90 (estación 1) y 117 (estación 2); en 2021, 91 % (estación 1) y 114 (estación 2).

Los porcentajes de autobuses B2 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 8.1 % (estación 1) y 79.5 % (estación 2); en 2021, 9.2 % (estación 1) y 63.7 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

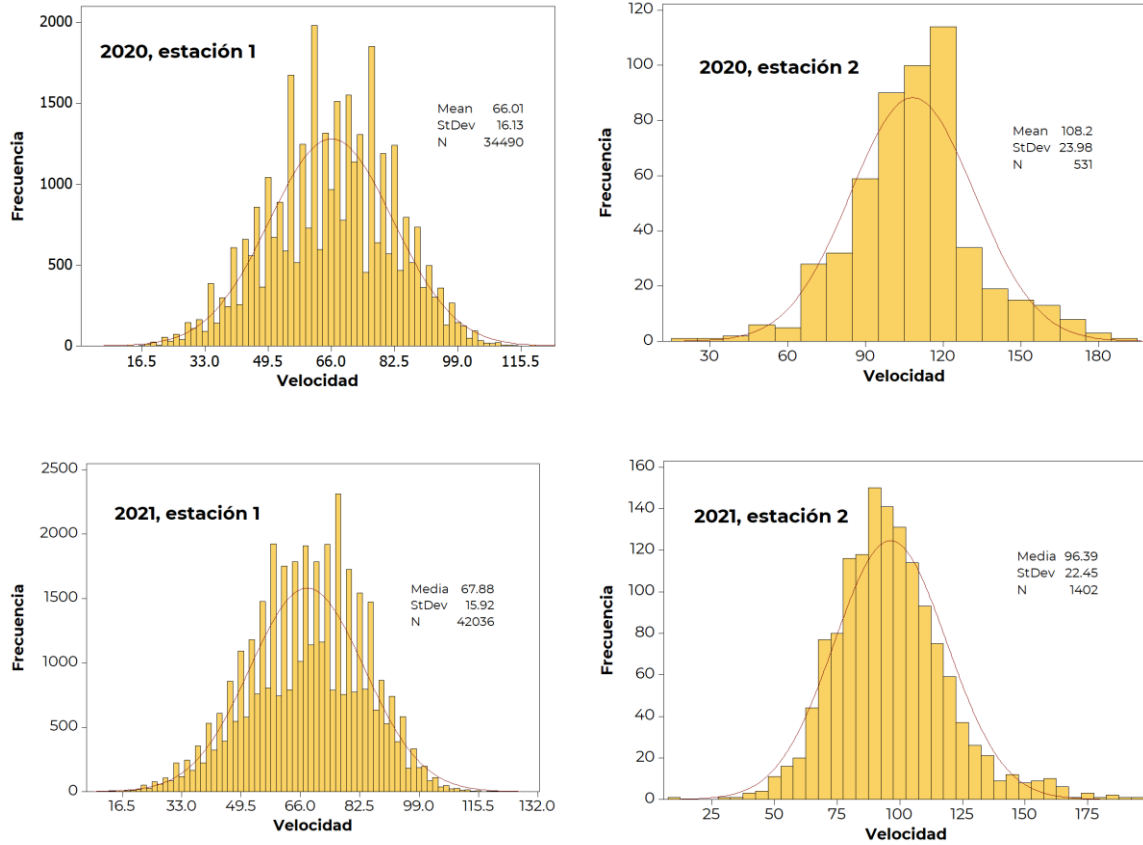
Figura 2.19 B2, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.3 Autobuses B3

Los autobuses B3 también están limitados a circular a no más de 95 km/h. En la Figura 2.20 se muestra la distribución de las velocidades para cada año y estación.

Para todos los autobuses B3 registrados, los dos años y las dos estaciones, 59 mil 100 registros. La media obtenida fue de 68 km/h.

En la estación 2 se registraron las mayores velocidades promedio, muy superiores a las registradas en la estación uno y también mayores a la máxima permitida para autobuses B3.

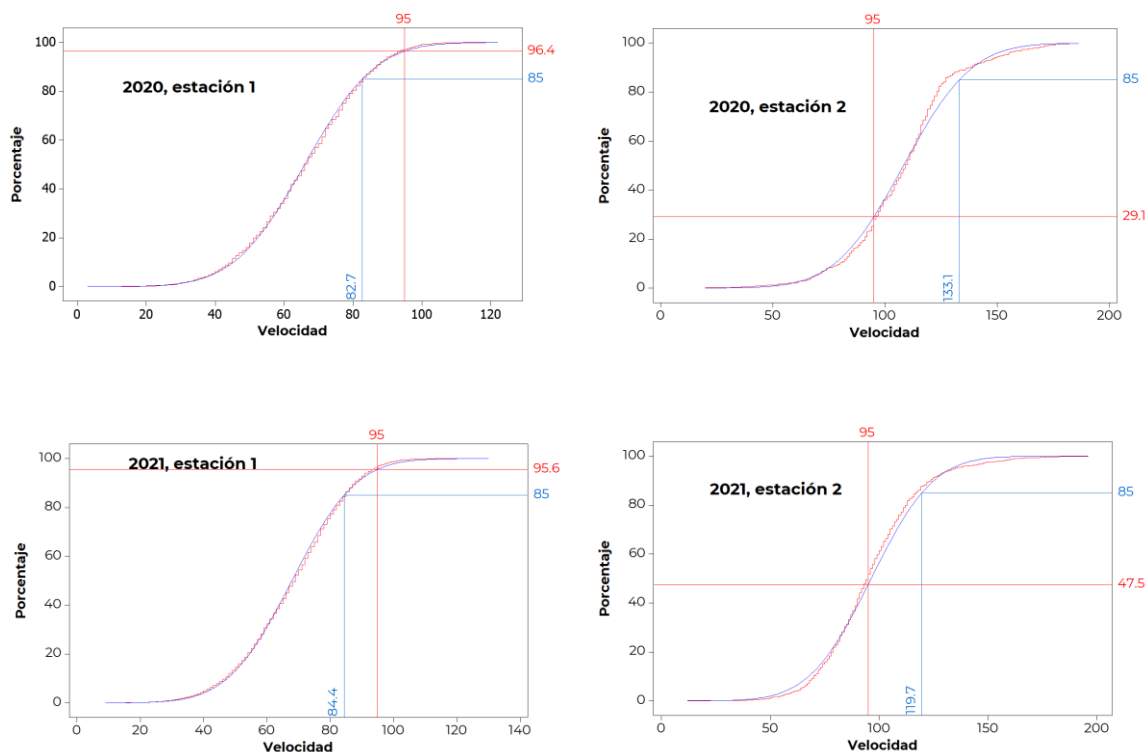


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.20 Histograma de frecuencias de velocidad de los B3.

En la Figura 2.21 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 83 (estación 1) y 133 (estación 2); en 2021, 84 (estación 1) y 120 (estación 2).

Los porcentajes de autobuses B3 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 3.6 % (estación 1) y 70.9 % (estación 2); en 2021, 4.4 % (estación 1) y 52.5 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

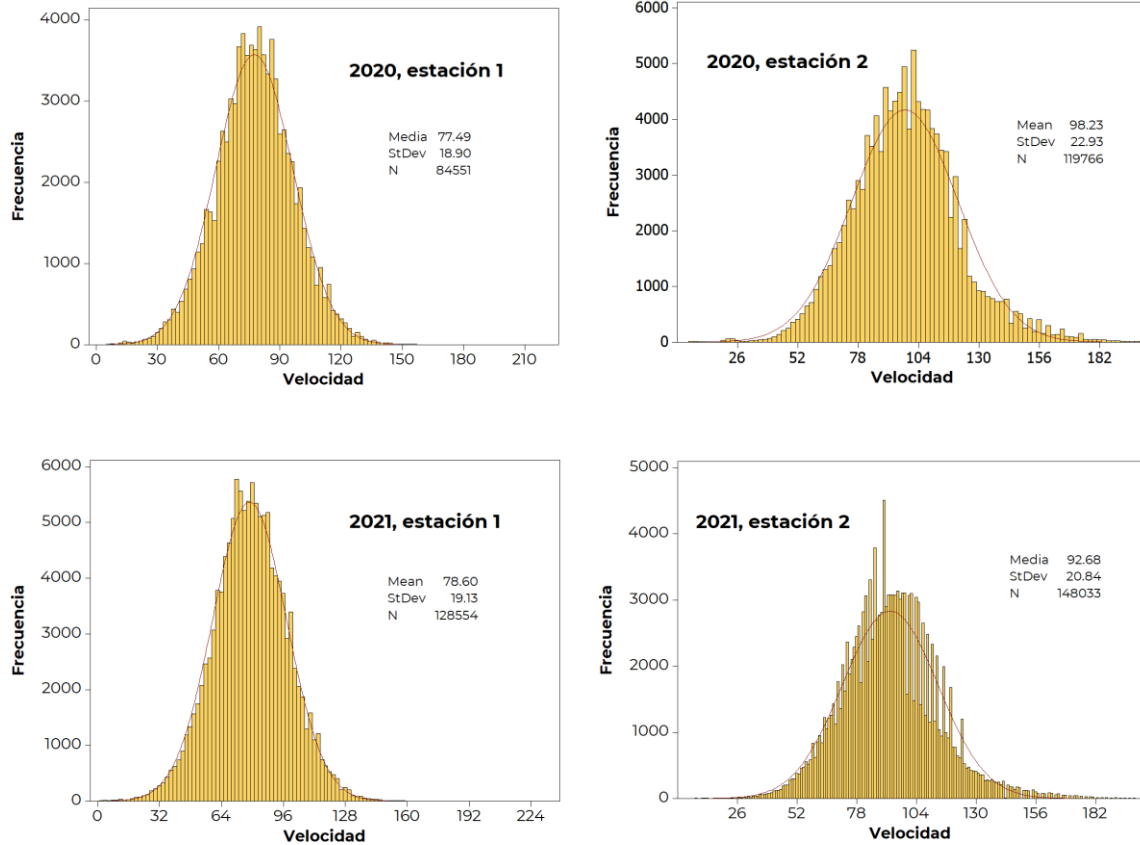
Figura 2.21 B3, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.4 Camiones C2

Todos los vehículos de carga están limitados a circular a no más de 80 km/h. En la Figura 2.22 se muestra la distribución de las velocidades registradas para cada año y estación.

Para todos los camiones unitarios C2 registrados, los dos años y las dos estaciones, 480 mil 904 registros, la media obtenida, 88 km/h, es mayor a la máxima permitida.

En la estación 2 se obtuvieron las mayores velocidades promedio, muy superiores a las registradas en la estación uno y también mayores a la máxima permitida para camiones C2.

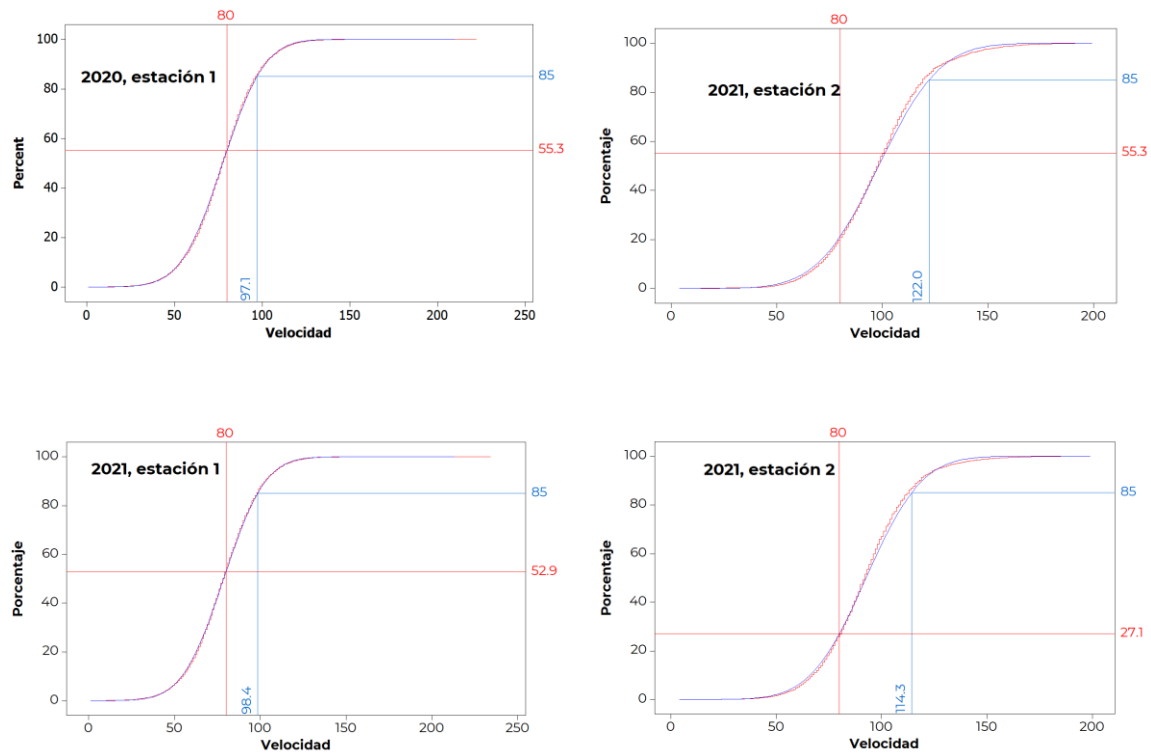


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.22 Histograma de frecuencias de velocidad de los C2.

En la Figura 2.23 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 97 (estación 1) y 122 (estación 2); en 2021, 98 (estación 1) y 114 (estación 2).

Los porcentajes de camiones C2 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 45.7 % (estación 1 y 2); en 2021, 47.1 % (estación 1) y 72.9 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

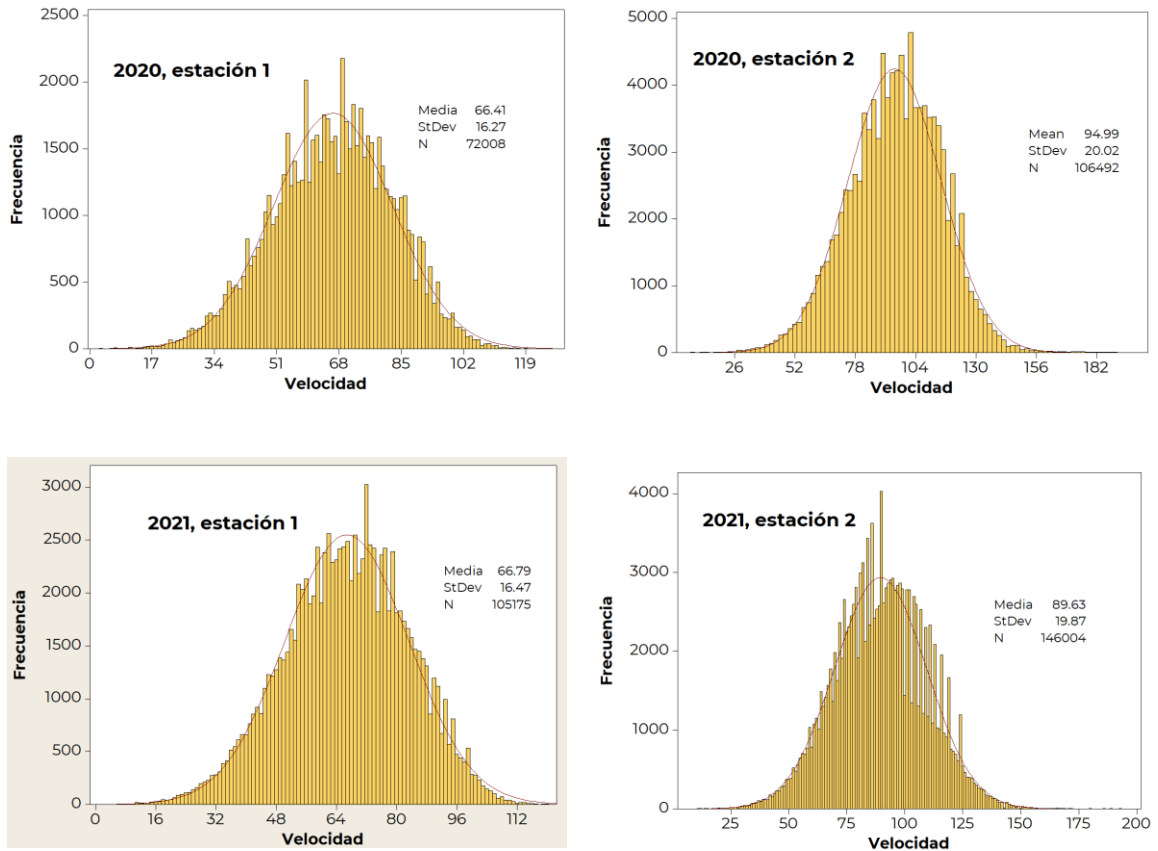
Figura 2.23 C2, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.5 Camiones C3

También limitados a 80 km/h, en la Figura 2.24 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los camiones unitarios C3.

Para todos los camiones unitarios C3 registrados, los dos años y las dos estaciones, 429 mil 679 registros, la velocidad media obtenida es de 81.5 km/h, ligeramente mayor a la máxima permitida.

También en este caso, en la estación 2 se obtuvieron las mayores velocidades promedio, muy superiores a las registradas en la estación uno y también mayores a la máxima permitida para camiones C3.

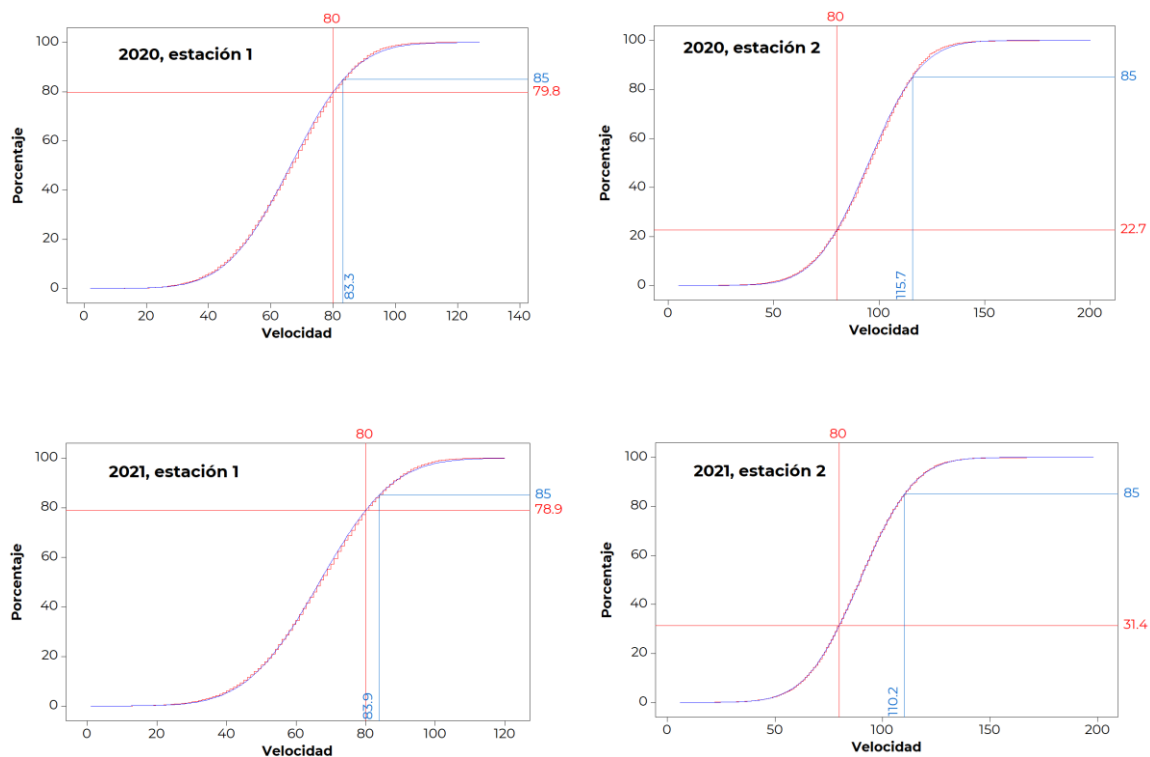


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.24 Histograma de frecuencias de velocidad de los C3.

En la Figura 2.25 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 83 (estación 1) y 116 (estación 2); en 2021, 84 (estación 1) y 110 (estación 2). Todos mayores a la máxima permitida.

Los porcentajes de camiones C3 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 20.2 % (estación 1) y 77.3 % (estación 2); en 2021, 21.1 % (estación 1) y 68.6 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

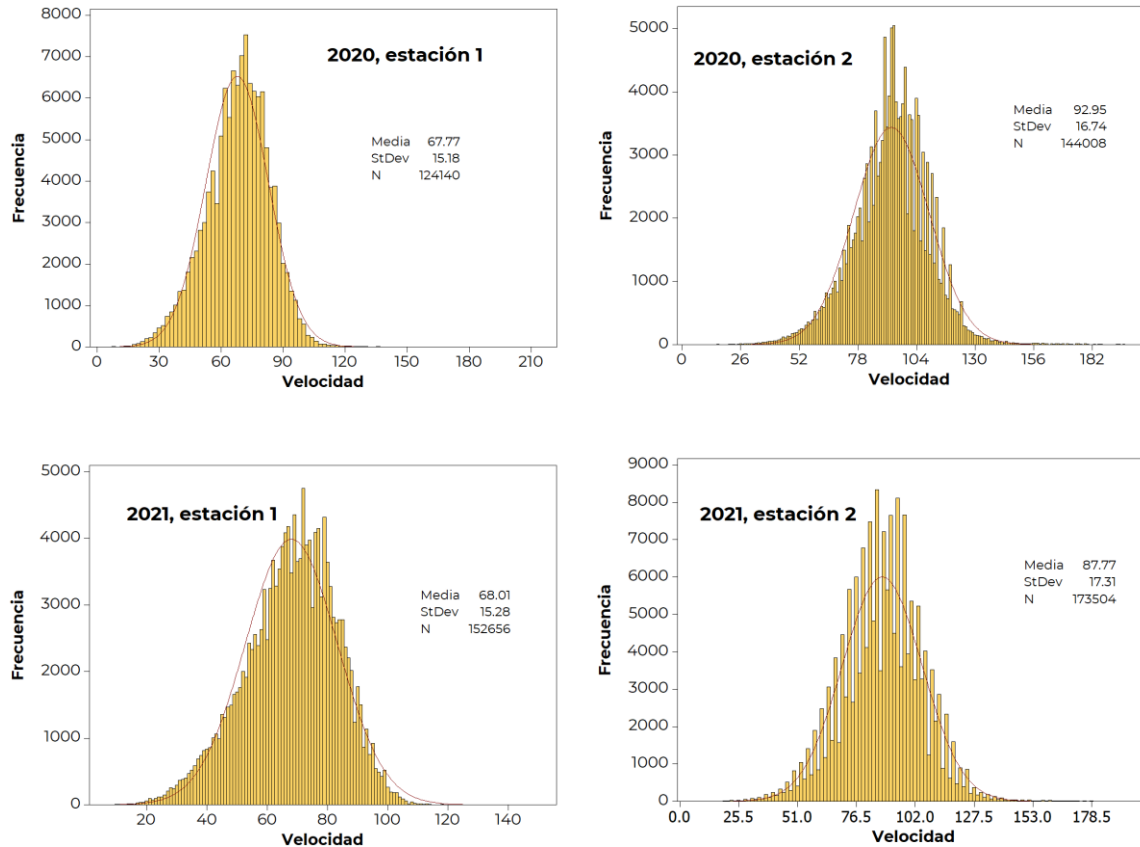
Figura 2.25 C3, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.6 Tractocamiones T3S2

En la Figura 2.26 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los tractocamiones simplemente articulados T3S2.

Para todos los tractocamiones T3S2 registrados, los dos años y las dos estaciones, 594 mil 308 registros, la velocidad media obtenida es de 80 km/h, igual que la máxima permitida.

En la estación 2 se obtuvieron las mayores velocidades promedio, mayores a las registradas en la estación uno y también superiores a la máxima permitida para los vehículos de carga.

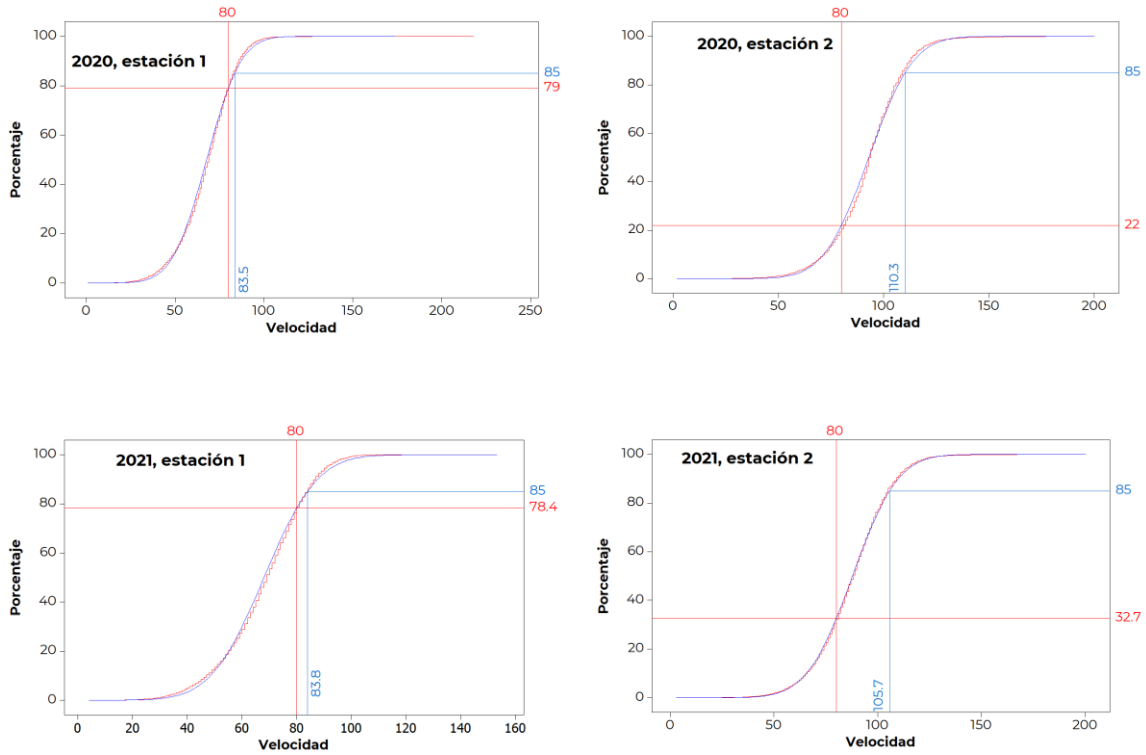


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.26 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S2.

En la Figura 2.27 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 83 (estación 1) y 110 (estación 2); en 2021, 84 (estación 1) y 106 (estación 2). Todos mayores a la máxima permitida.

Los porcentajes de tractocamiones T3S2 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 21 % (estación 1) y 78 % (estación 2); en 2021, 21.6 % (estación 1) y 69.3 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

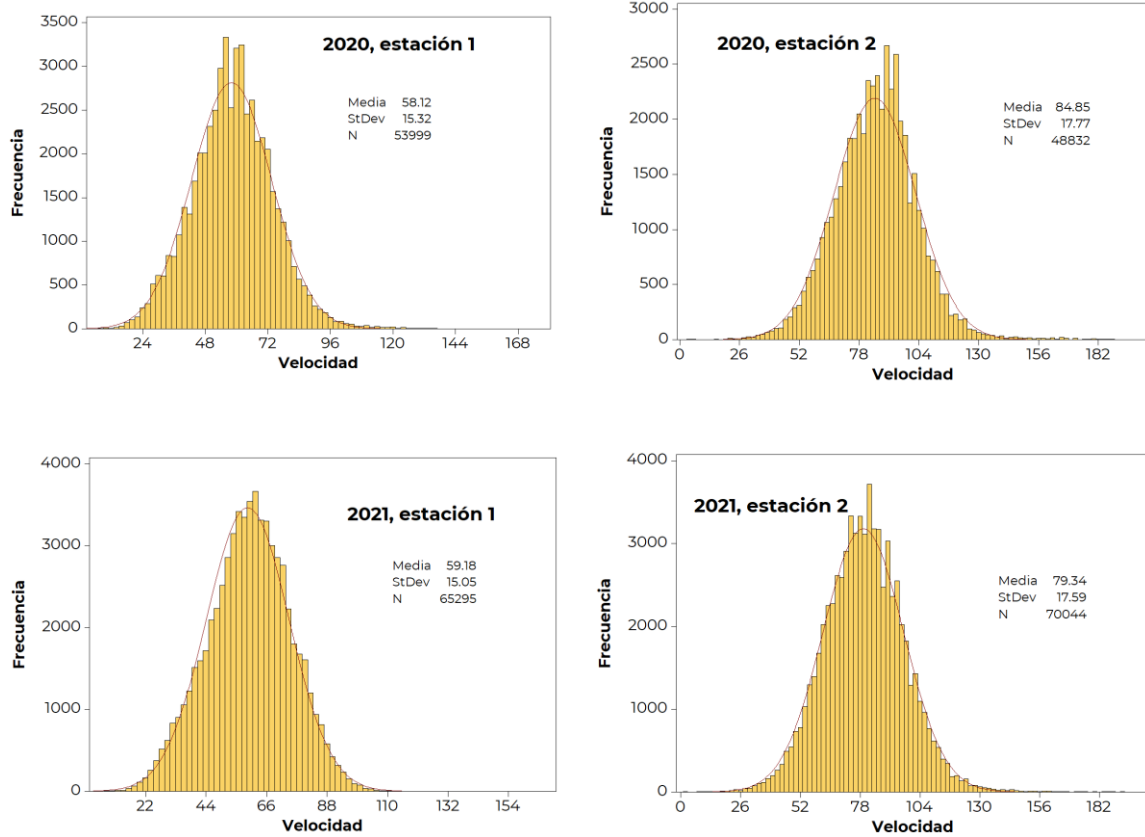
Figura 2.27 T3S2, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.7 Tractocamiones T3S3

En la Figura 2.28 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los tractocamiones simplemente articulados T3S3.

Para todos los tractocamiones T3S3 registrados, los dos años y las dos estaciones, 238 mil 170 registros, la velocidad media obtenida es de 70 km/h, menor que la máxima permitida.

En la estación 2 se obtuvieron velocidades promedio mayores a las registradas en la estación uno, y en el caso de 2020 ligeramente superior al límite permitido.

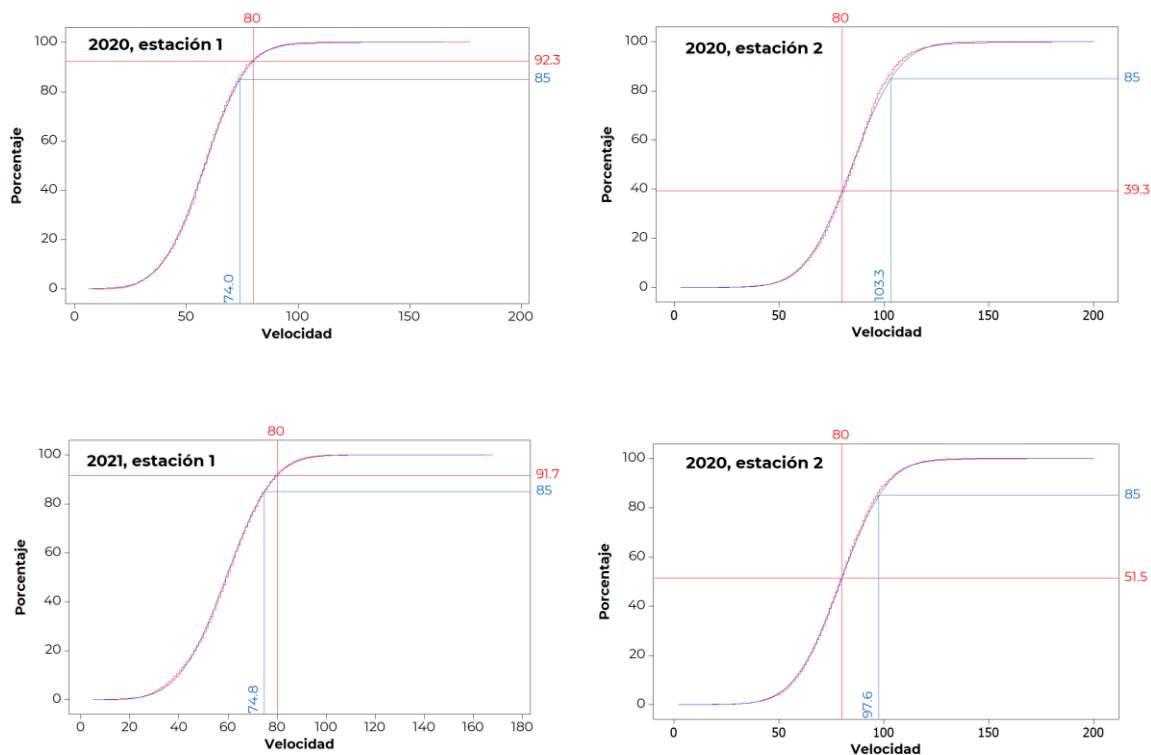


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.28 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S3.

En la Figura 2.29 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 74 (estación 1) y 103 (estación 2); en 2021, 75 (estación 1) y 98 (estación 2). Los percentiles de la estación 2 son mayores a la máxima permitida.

Los porcentajes de T3S3 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 7.7 % (estación 1) y 60.7 % (estación 2); en 2021, 8.3 % (estación 1) y 49.5 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

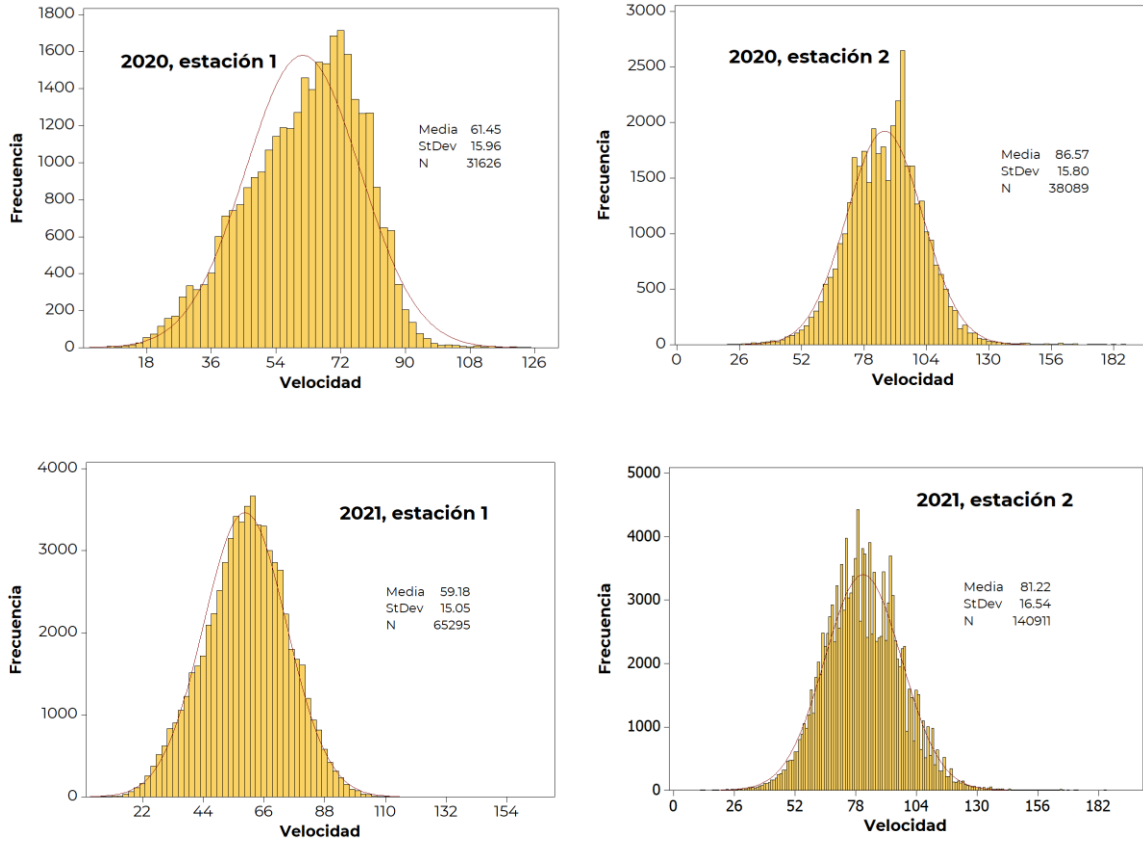
Figura 2.29 T3S3, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.4.8 Tractocamiones T3S2R4

En la Figura 2.30 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los tractocamiones doblemente articulados T3S2R4.

Para todos los tractocamiones T3S2R4 registrados, los dos años y las dos estaciones, 321 mil 85 registros, la velocidad media obtenida es de 73 km/h, menor que la máxima permitida.

En la estación 2 se obtuvieron velocidades promedio mayores a las registradas en la estación uno. En 2020 la media de la estación 1 es mayor a la máxima permitida.

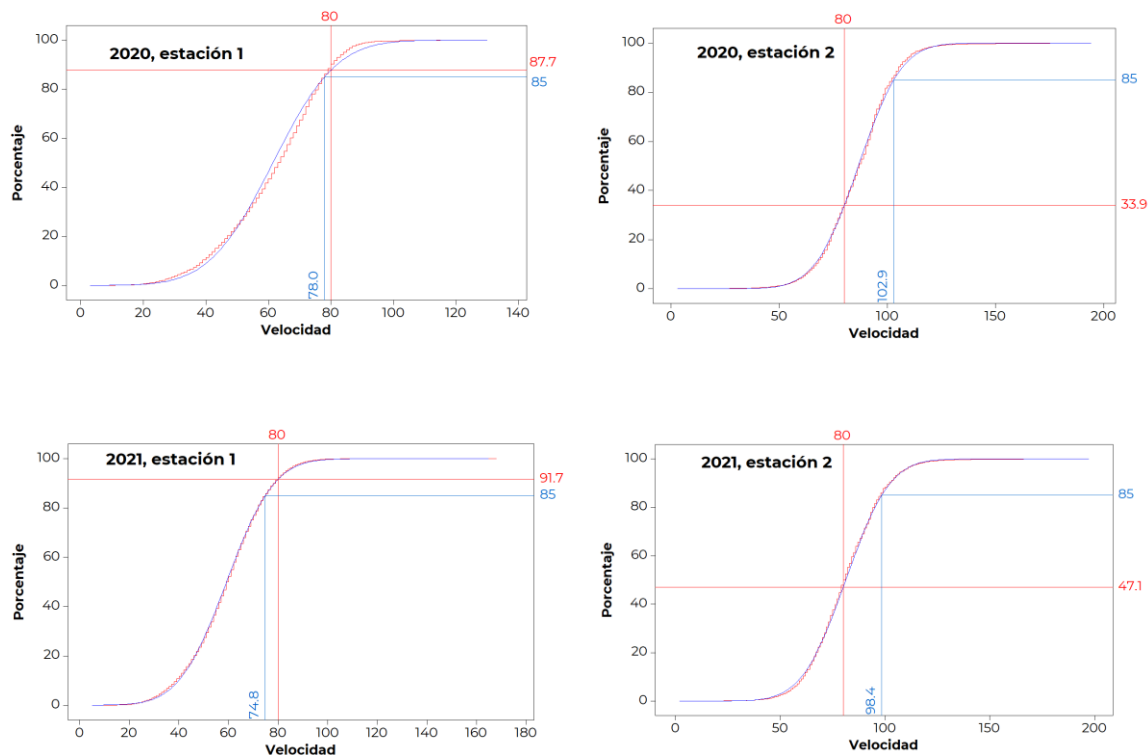


Fuente: elaboración propia.

Figura 2.30 Histograma de frecuencias de velocidad de los T3S2R4.

En la Figura 2.31 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (percentil 85), en kilómetros por hora, es: en 2020, 78 (estación 1) y 103 (estación 2); en 2021, 75 (estación 1) y 98 (estación 2). Los percentiles de la estación 2 son mayores a la máxima permitida.

Los porcentajes de T3S2R4 que exceden la velocidad máxima son: en 2020, 12.3 % (estación 1) y 66.1 % (estación 2); en 2021, 8.3 % (estación 1) y 52.9 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.31 T3S2R4, frecuencias acumuladas de la velocidad.

2.5 Análisis de longitudes

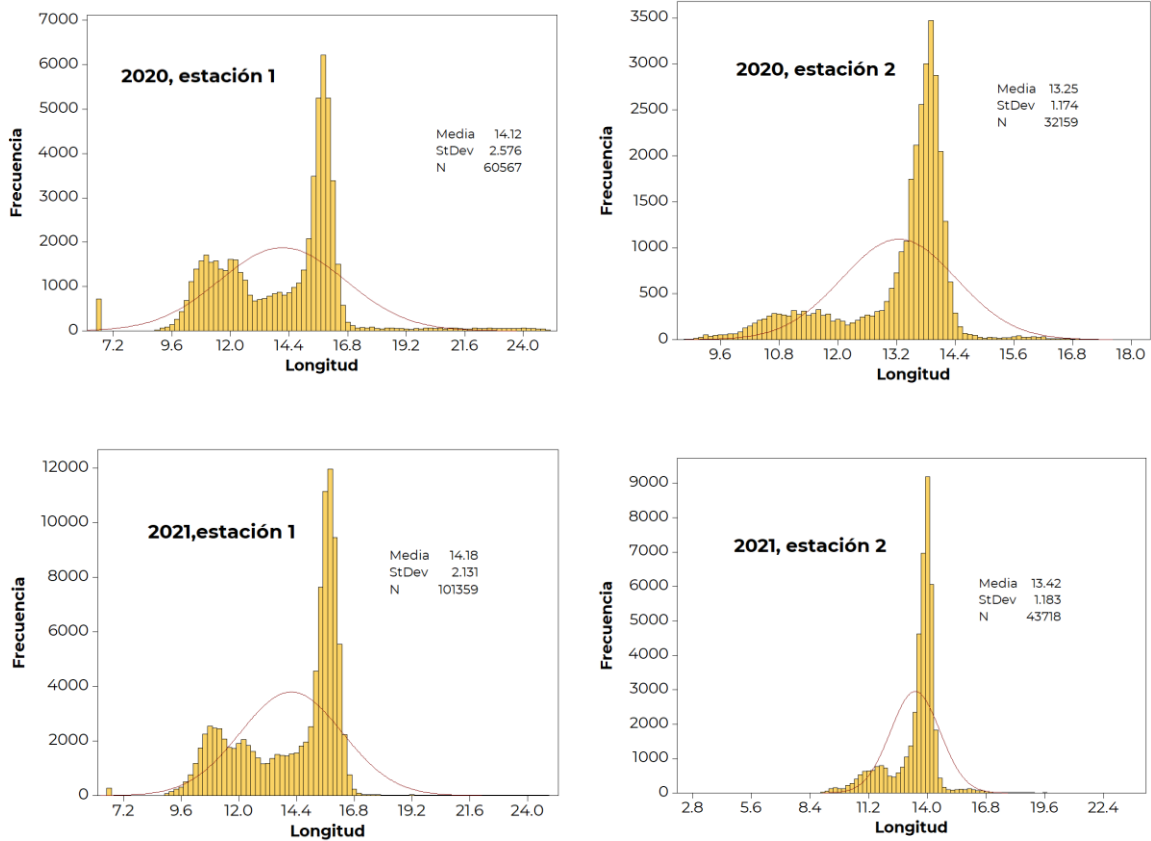
En esta sección se analizará el largo total de los vehículos según su clase, conforme a los valores máximos permitidos en la versión vigente de la NOM-012-SCT-2017.

2.5.1 Autobuses B2

La longitud de los autobuses está restringida a 14 m de largo. En la Figura 2.32 se muestra la distribución registrada para los B2.

Para todos los autobuses B2 registrados, la longitud media obtenida es de 13.8 m, muy parecida a la máxima permitida.

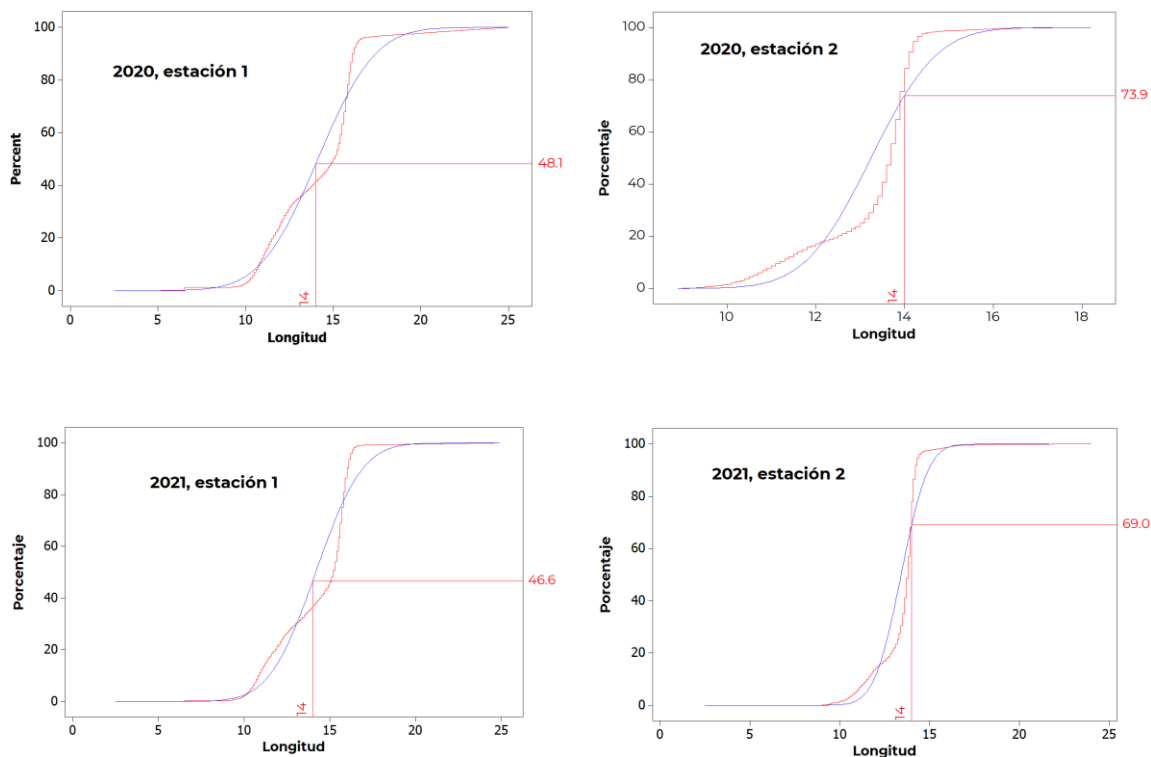
En la estación 1, en los dos años, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos y también un poco mayores al máximo permitido.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.32 Histograma de frecuencias de la longitud de los B2.

En la Figura 2.33 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de autobuses B2 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 51.9 % (estación 1) y 26.1 % (estación 2); en 2021, 53.4 % (estación 1) y 31 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

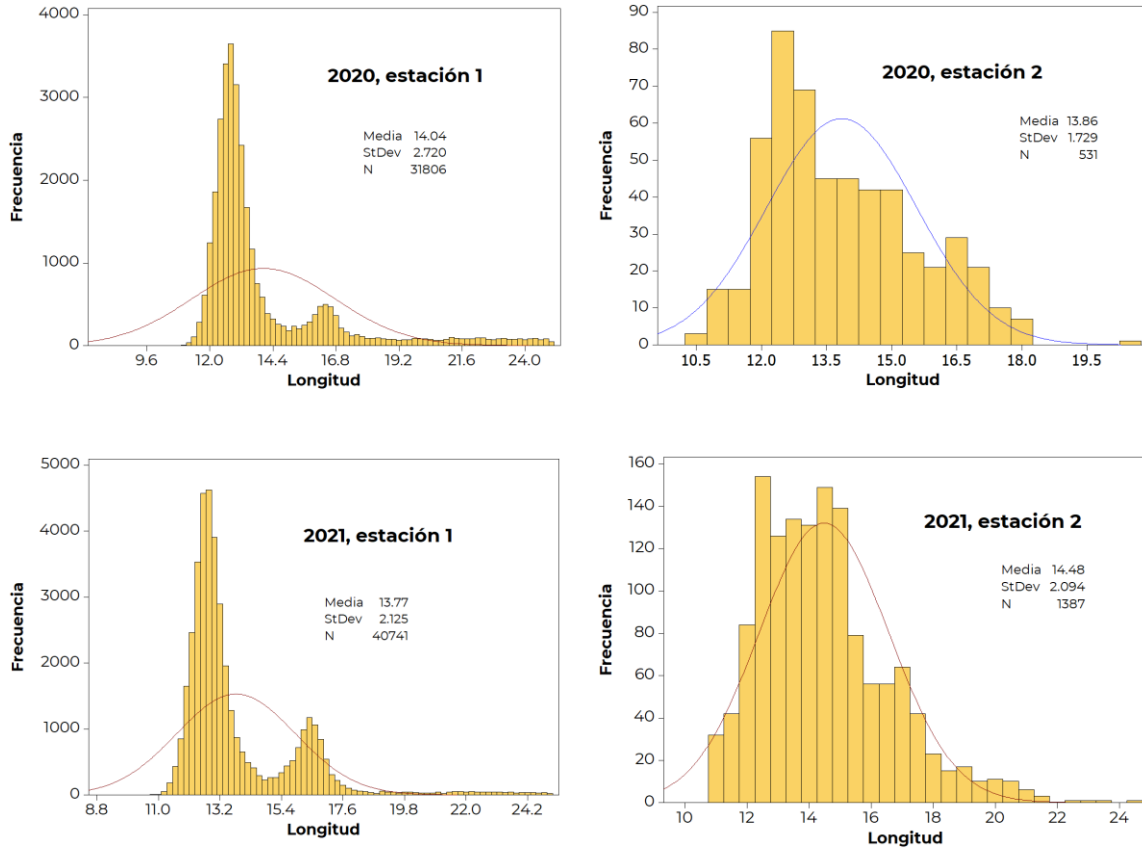
Figura 2.33 B2, frecuencias acumuladas de la longitud.

2.5.2 Autobuses B3

La longitud de los autobuses de tres ejes también está restringida a 14 m de largo. En la Figura 2.34 se muestra la distribución registrada para los B3.

Para todos los autobuses B3 registrados, 78 mil 459, la longitud media obtenida es de 13.3 m.

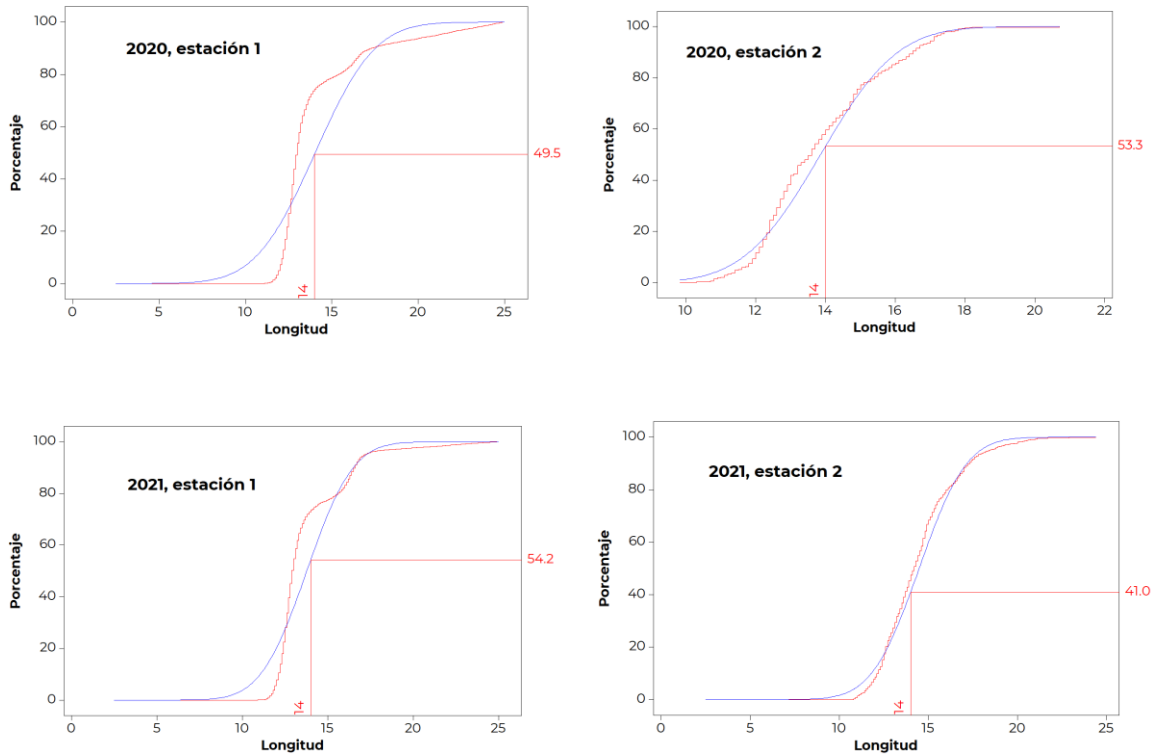
En la estación 1, en 2020, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos y también un poco mayores al máximo permitido; mientras que para 2021 es la estación 1 la que registró promedios de largo ligeramente mayor que los 14 m permitidos.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.34 Histograma de frecuencias de la longitud de los B3.

En la Figura 2.35 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de autobuses B3 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 50.5 % (estación 1) y 46.7 % (estación 2); en 2021, 45.8 % (estación 1) y 59 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

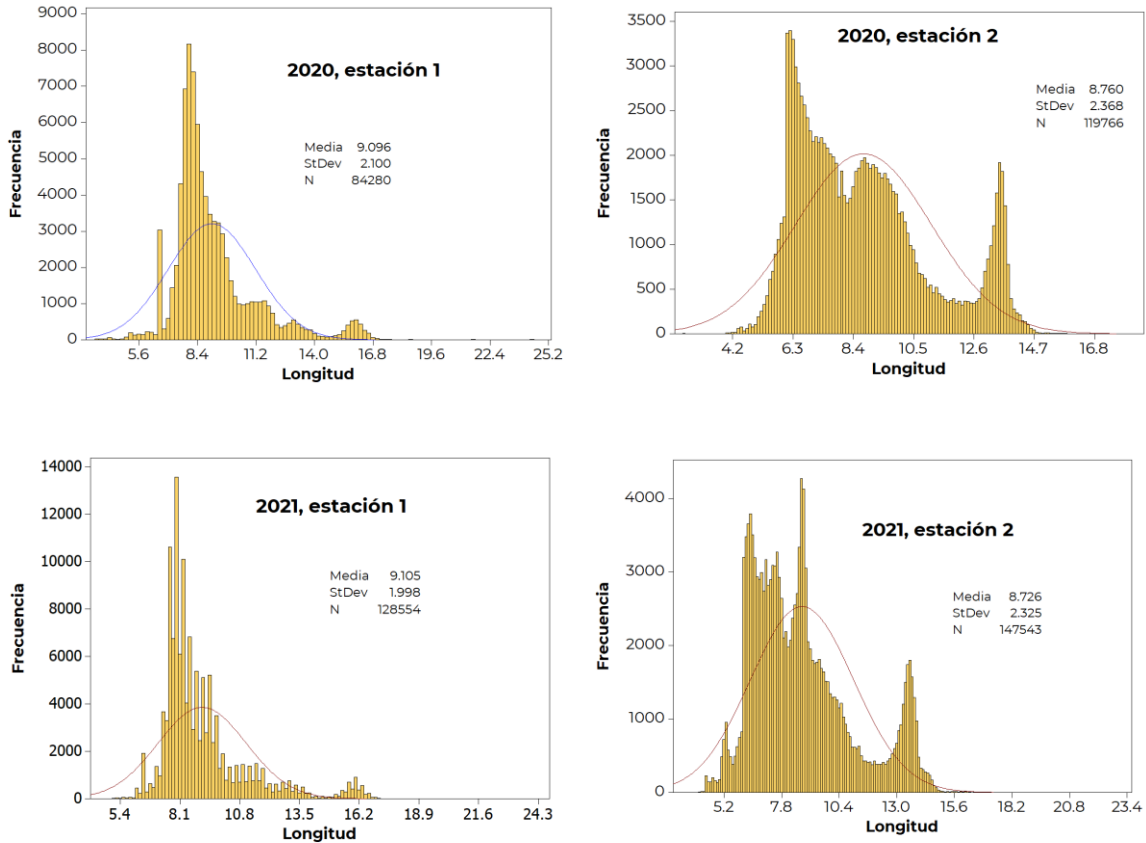
Figura 2.35 B3, frecuencias acumuladas de la longitud.

2.5.3 Camiones C2

La longitud de los camiones unitarios C2 está restringida a 14 m de largo. En la Figura 2.36 se muestra su distribución de frecuencias.

Para todos los camiones C2 registrados, 480 mil 904, la longitud media obtenida es de 8.9 m.

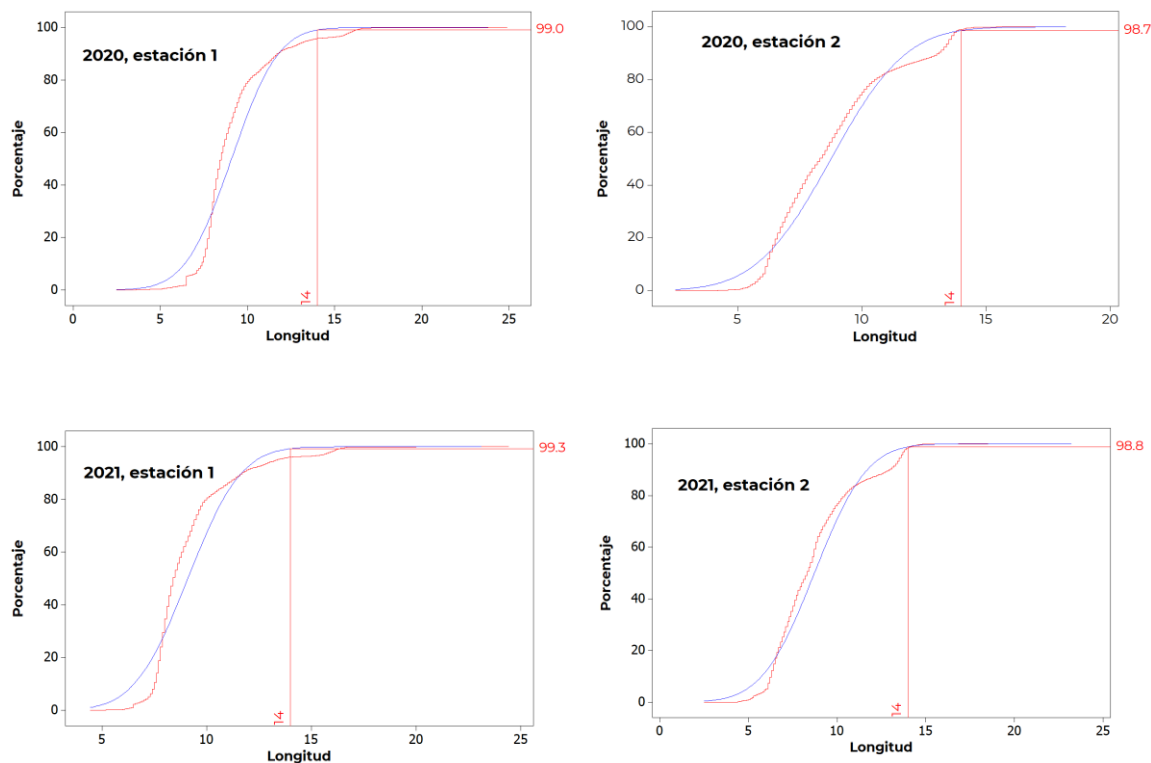
En la estación 1, en los dos años, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos. En los cuatro casos, la media está por debajo de la máxima permitida.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.36 Histograma de frecuencias de la longitud de los C2.

En la Figura 2.37 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de camiones C2 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 1 % (estación 1) y 1.3 % (estación 2); en 2021, 0.7 % (estación 1) y 1.2 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

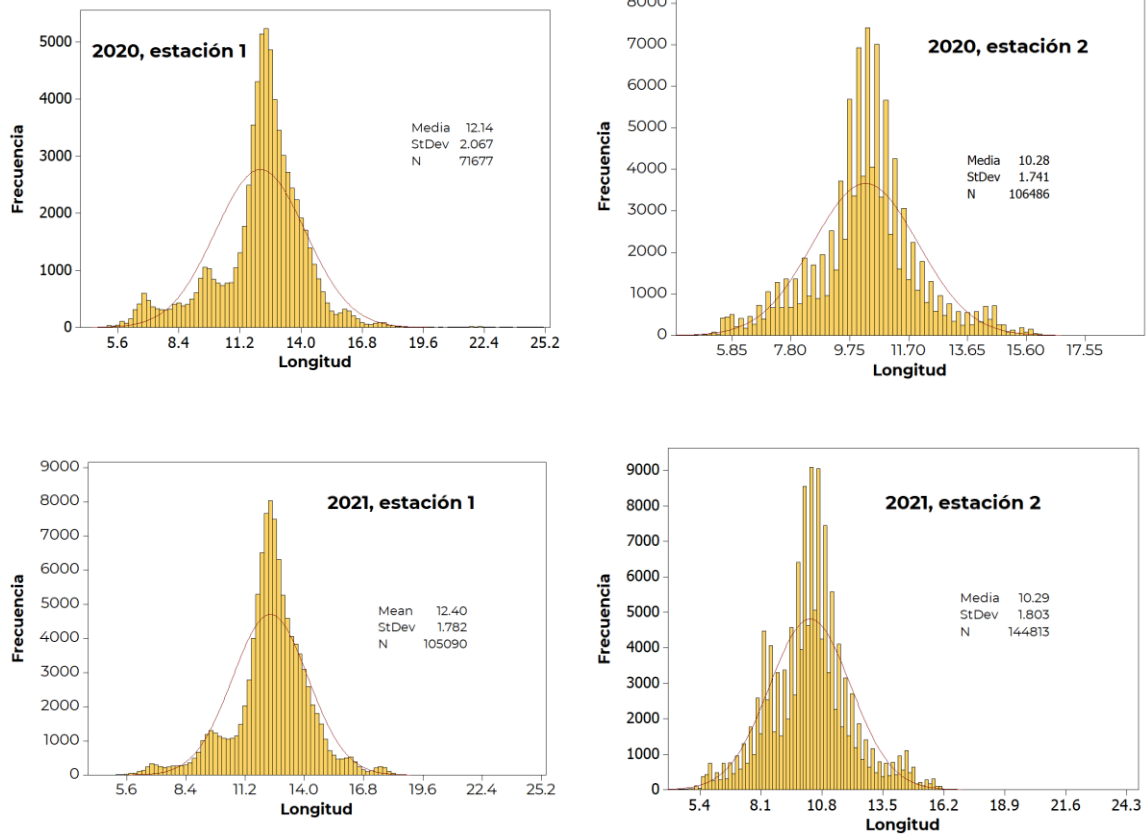
Figura 2.37 C2, frecuencias acumuladas de la longitud.

2.5.4 Camiones C3

La longitud de los camiones unitarios C3 también está restringida a 14 m. En la Figura 2.38 se muestra su distribución.

Para todos los camiones C3 registrados, 429 mil 679, la longitud media obtenida es de 11.0 m.

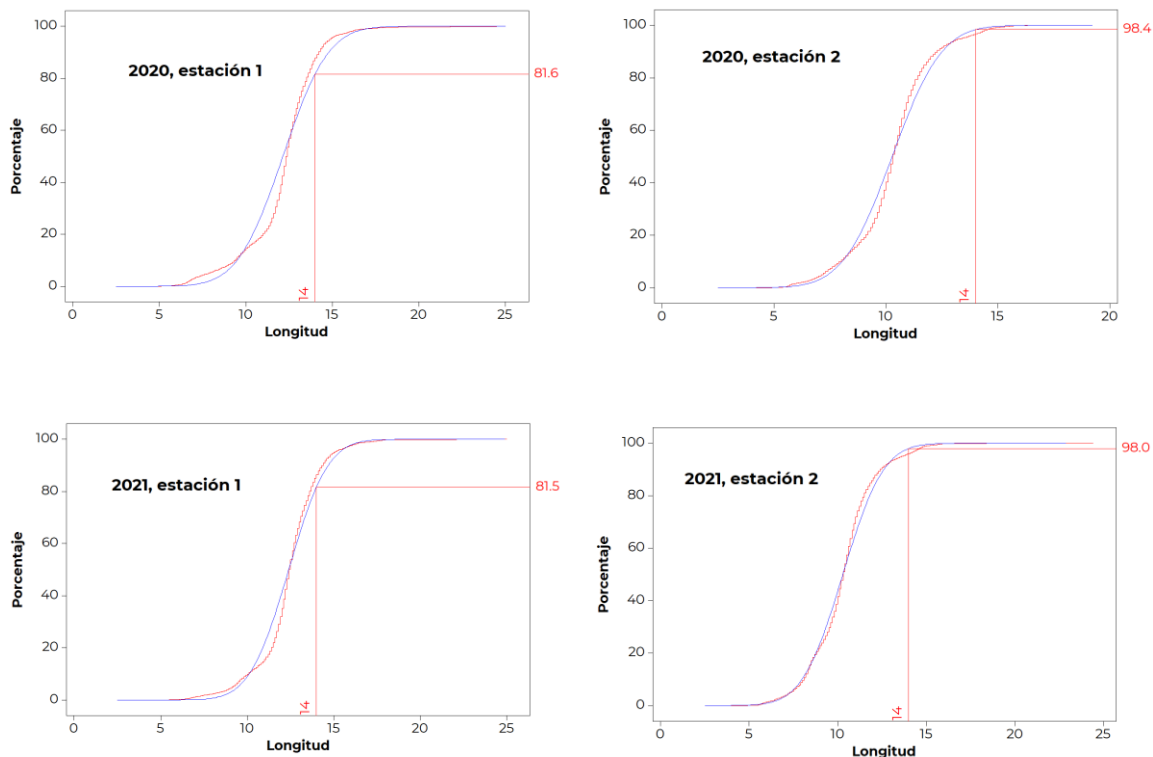
En la estación 1, en los dos años, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos. En los cuatro casos, la media está por debajo de la máxima permitida.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.38 Histograma de frecuencias de la longitud de los C3.

En la Figura 2.39 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de camiones C3 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 18.4 % (estación 1) y 1.6 % (estación 2); en 2021, en 2021, 18.5 % (estación 1) y 2 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

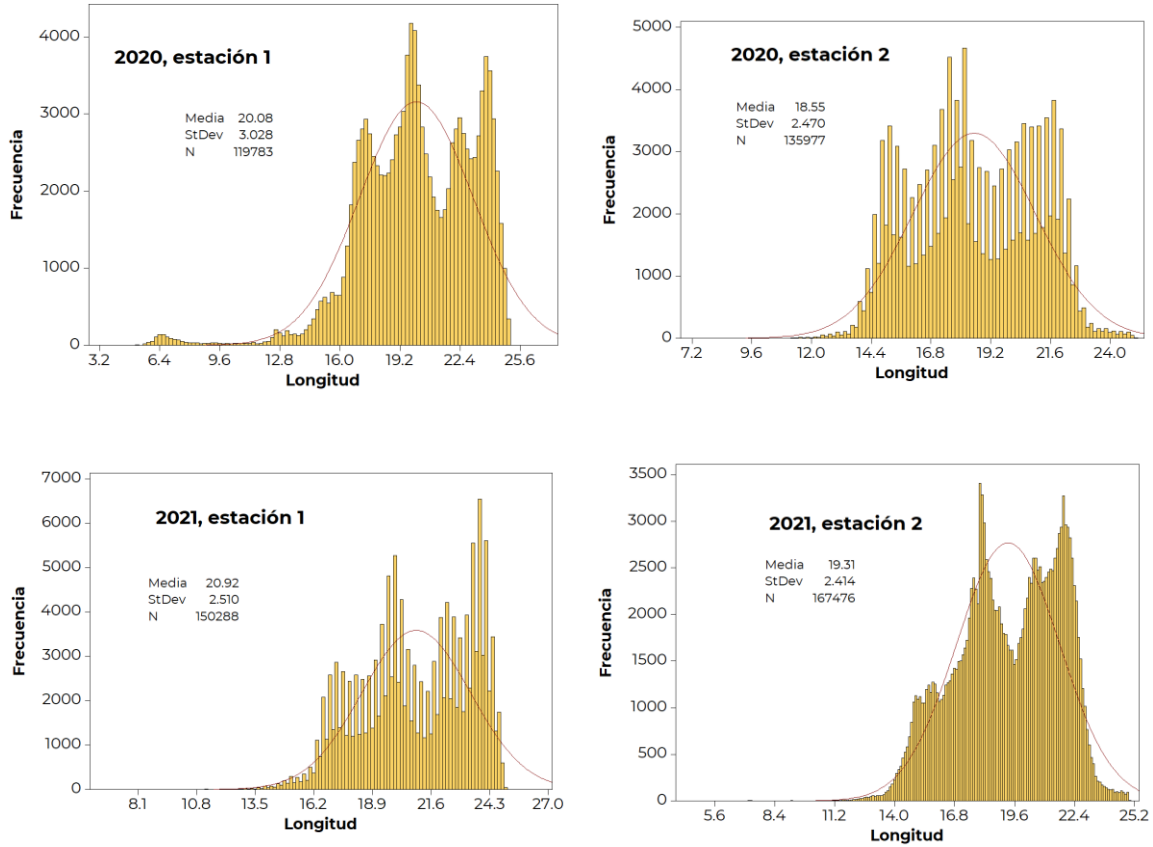
Figura 2.39 C3, frecuencias acumuladas de la longitud.

2.5.5 Tractocamiones T3S2

La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S2 está restringida a 23 m de largo. Para el 3.5 % de los datos se registró una longitud igual a 2.5 m.

En la Figura 2.40 se muestra una distribución de frecuencias depurada. Para los 573 mil 524 los tractocamiones T3S2 depurados, la longitud media obtenida fue de 19.7 m.

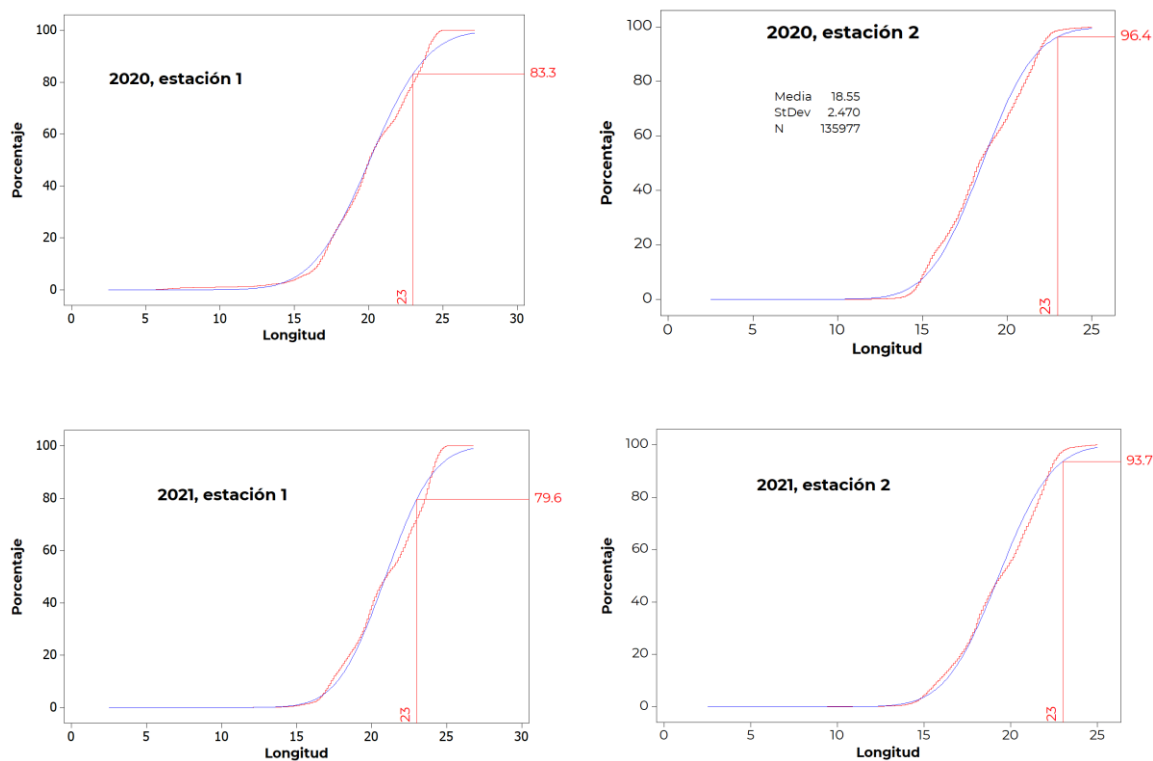
En la estación 1, en los dos años, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos. En los cuatro casos, la media está por debajo de la máxima permitida.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.40 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S2.

En la Figura 2.41 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de tractocamiones T3S2 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 16.7 % (estación 1) y 3.6 % (estación 2); en 2021, 20.4 % (estación 1) y 6.3 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

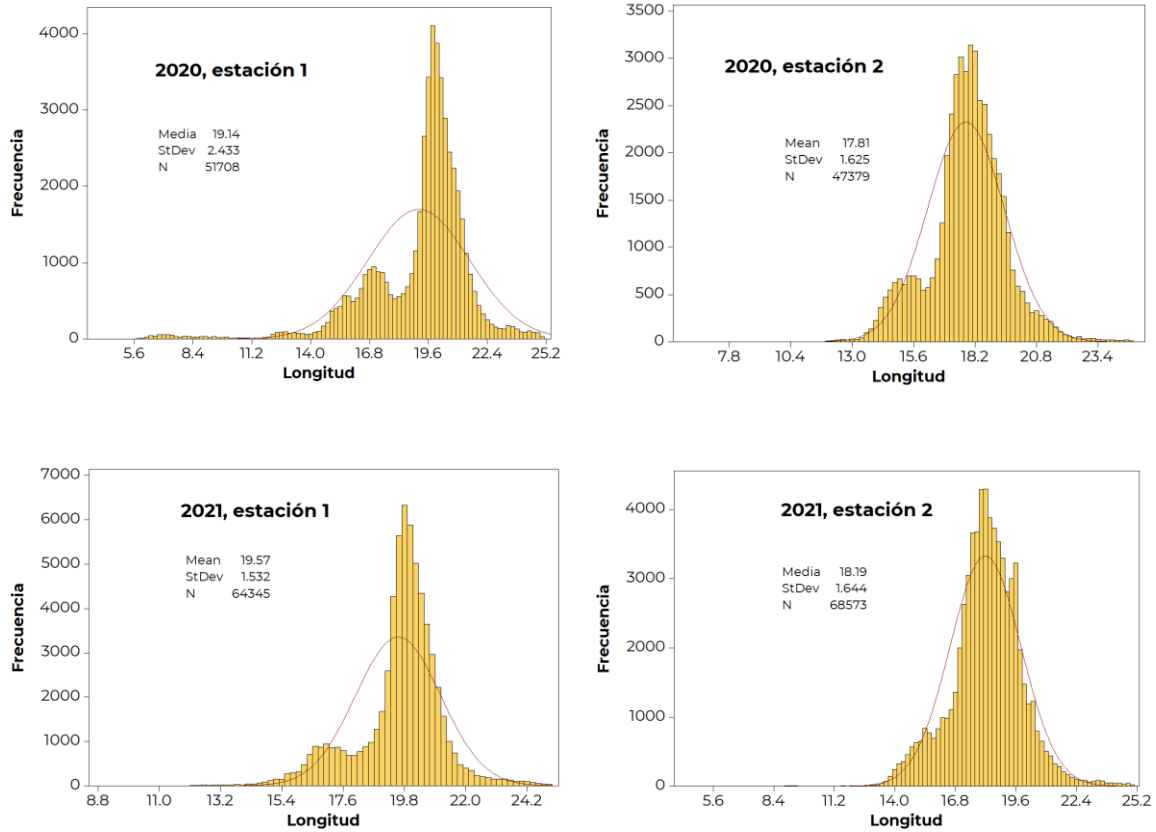
Figura 2.41 T3S2, frecuencias acumuladas de la longitud.

2.5.6 Tractocamiones T3S3

La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S3 está restringida a 23 m de largo. Para el 2.5 % de los registros se capturó una longitud igual a 2.5 m.

En la Gráfica 2.42 se muestra una distribución de frecuencias depurada. Para los 232 mil 5 tractocamiones T3S3 válidos, la longitud media obtenida fue de 18.7 m.

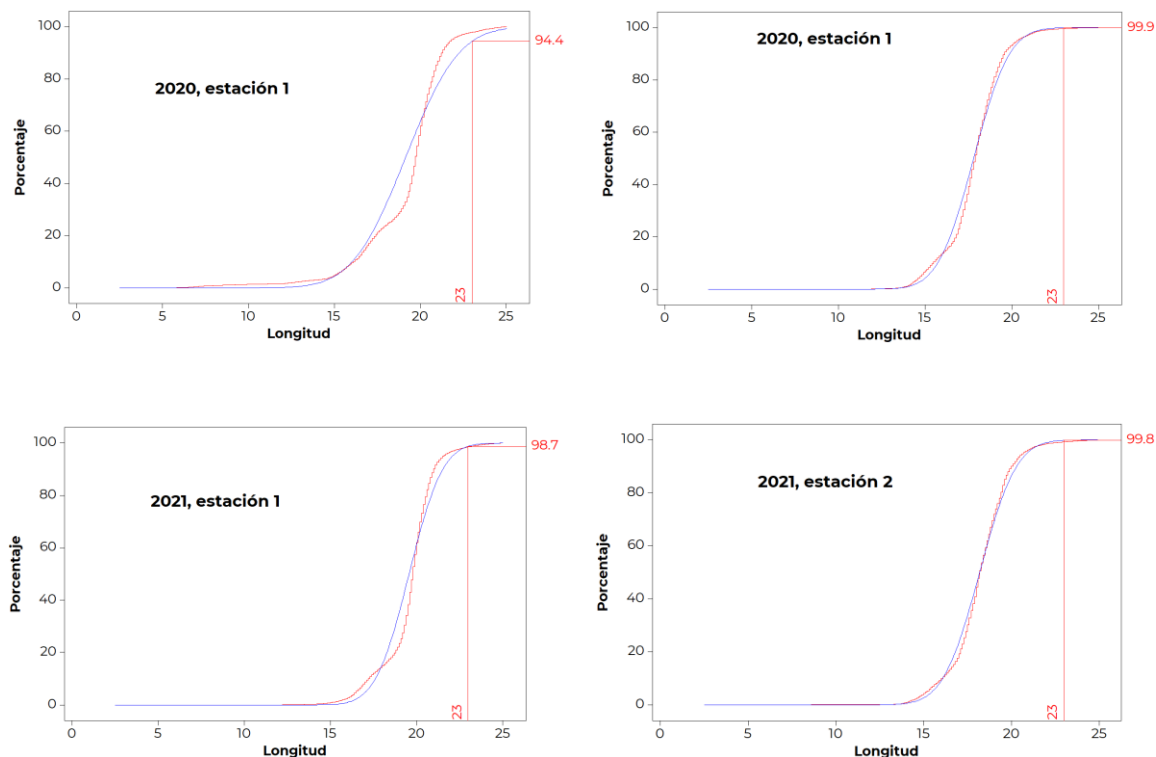
En la estación 1, en los dos años, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación dos. En los cuatro casos, la media está por debajo de la máxima permitida.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.42 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S3.

En la Figura 2.43 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de tractocamiones T3S3 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 5.6 % (estación 1) y 0.1 % (estación 2); en 2021, 2.3 % (estación 1) y 0.2 % (estación 2).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.43 T3S3, frecuencias acumuladas de la longitud.

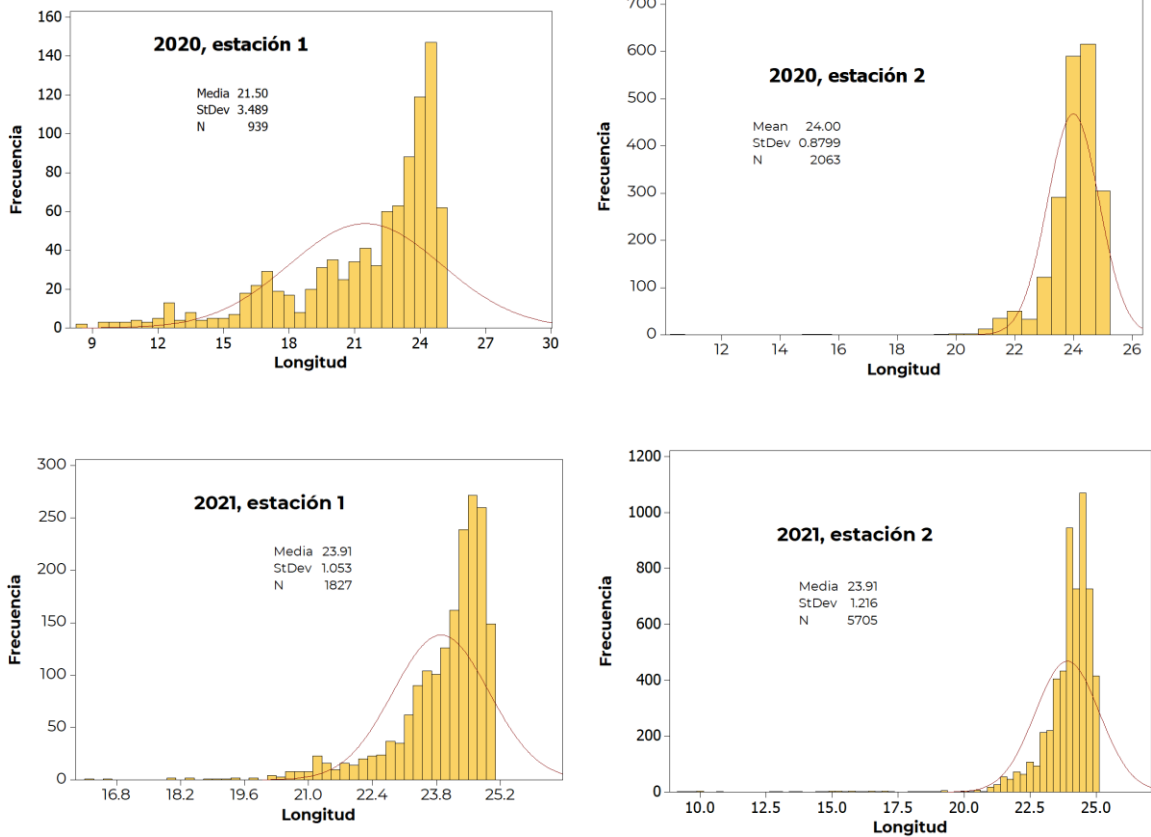
2.5.7 Tractocamiones T3S2R4

La longitud de los tractocamiones doblemente articulados T3S2R4 está restringida a 31 metros. Para el **95.7** % de los registros en 2020 y el 97 % en 2021, se capturó una longitud igual a 2.5 m.

En la Figura 2.44 se muestra una distribución de frecuencias depurada. Para los 10 mil 534 tractocamiones T3S2R4 válidos, la longitud media obtenida fue de 23.7 m.

En la estación 2, en 2020, se obtuvieron promedios de largo ligeramente mayores que los registrados en la estación uno; mientras que para 2021 en las dos estaciones se registró una longitud promedio de 23.91 m. En los cuatro casos, la media está por debajo de la máxima permitida.

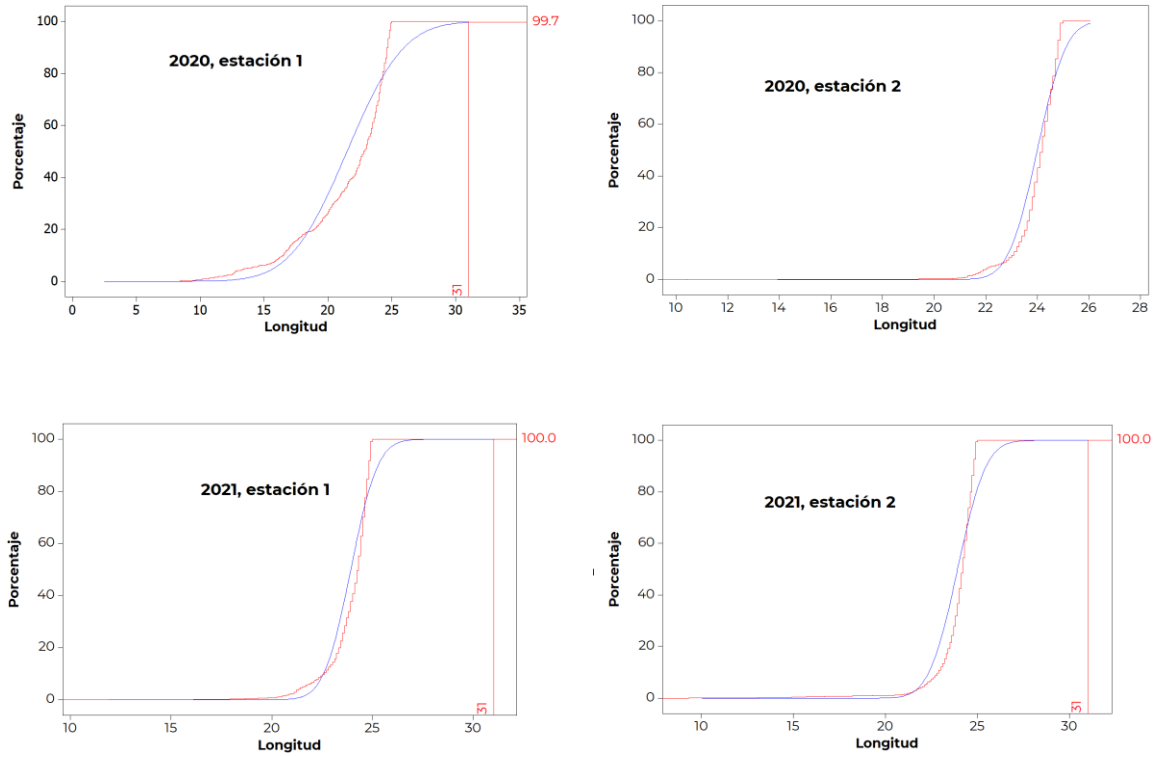
En este caso es evidente que hay un problema de reconocimiento de la longitud real de los tractocamiones T3S2R4.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.44 Histograma de frecuencias de la longitud de los T3S2R4.

En la Figura 2.45 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Los porcentajes de tractocamiones T3S2R4 que exceden la longitud máxima son: en 2020, 0.3 % (estación 1) y 0.0 % (estación 2); en 2021, no se reportan vehículos que excedan la longitud permitida en ninguna de las dos estaciones.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.45 T3S2R4, frecuencias acumuladas de la longitud.

3. Comparación de resultados

En 2019 se publicaron los resultados correspondientes a los datos proporcionados para el año 2016, en 2020 los de 2017 y en 2021 los de 2019.

En la publicación correspondiente a 2019, la información fue presentada de forma agregada para las dos estaciones, aquí se incluyen los resultados desagregados por estación. Además, en este capítulo se mostrará una comparación de los resultados de los cinco años de estudio.

Los datos analizados para 2016 corresponden únicamente a los registros de enero y febrero, los de 2017 a los meses de enero a agosto. A partir de 2019, los días con registro de datos para cada uno de los meses y para cada estación, se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Días de registro de información mensual 2019-2021.

Mes	2019		2020		2021	
	Estación		Estación		Estación	
	1	2	1	2	1	2
Enero	31	31	4	4	31	30
Febrero	2	2	0	0	26	28
Marzo	31	31	31	31	31	27
Abril	28	30	30	25	30	27
Mayo	17	31	31	24	31	26
Junio	30	29	30	21	30	30
Julio	22	29	31	31	31	25
Agosto	19	31	31	30	29	29
Septiembre	30	25	30	27	30	28
Octubre	31	13	31	31	2	31
Noviembre	30	21	30	30	30	30
Diciembre	31	31	31	27	31	30

Fuente: elaboración propia.

En febrero de 2019, sólo se registraron datos durante dos días en las dos estaciones. En 2020, en las dos estaciones sólo se registraron datos durante cuatro días de enero y no se tienen registros para febrero. Para 2021, en la estación uno sólo se tienen registros de dos días en el mes de octubre.

3.1 Tránsito promedio diario y distribución vehicular

En la Tabla 3.2 se muestran las distribuciones vehiculares obtenidas para cada uno de los cinco años estudiados.

Tabla 3.2 Tránsito diario promedio anual y distribución vehicular.

Año	Muestra	TDPA	Distribución vehicular (%)										
			Motos	Autos	Utilitarios	B	C2	C3	T2S2	T3S2	T3S3	T3S2R4	Otros
2016 ¹	103 000	6 516	0.7	45.9	23.9	7.8	5.8	3.9	0.7	5.5	2.1	2.2	1.4
2017 ²	1 535 458	7 243	0.8	46.9	22.5	7.4	5.7	3.6	0.5	5.6	2.5	2.0	3.3
2019 ³	2 355 061	7 798	1.7	45.8	19.8	6.1	5.7	5.0	0.7	8.0	2.9	0.1	4.1
	1 939 829	7 106	1.5	47.3	20.4	5.8	5.7	4.5	0.8	7.8	2.5	0.0	3.7
2020 ³	1 837 361	5 927	2.0	51.1	18.1	5.3	4.6	3.9	1.1	6.8	2.9	1.7	2.5
	1 778 811	6 330	1.4	43.7	22.1	1.8	6.7	6.0	1.5	8.1	2.7	2.1	3.8
2021 ³	2 631 730	7 927	2.0	49.2	19.5	5.5	4.9	4.0	0.3	5.8	2.5	4.2	2.2
	2 676 948	7 850	2.0	46.7	22.3	1.7	5.5	5.5	1.1	6.5	2.6	5.3	0.9

- Notas:
1. La muestra de 2016 consideró sólo los vehículos registrados en los meses de enero y febrero.
 2. La muestra de 2017 consideró los vehículos registrados en los meses de enero a agosto.
 3. El primer renglón corresponde a los datos recopilados en la estación 1 y el segundo corresponde a los datos recopilados en la estación 2.

Fuente: elaboración propia.

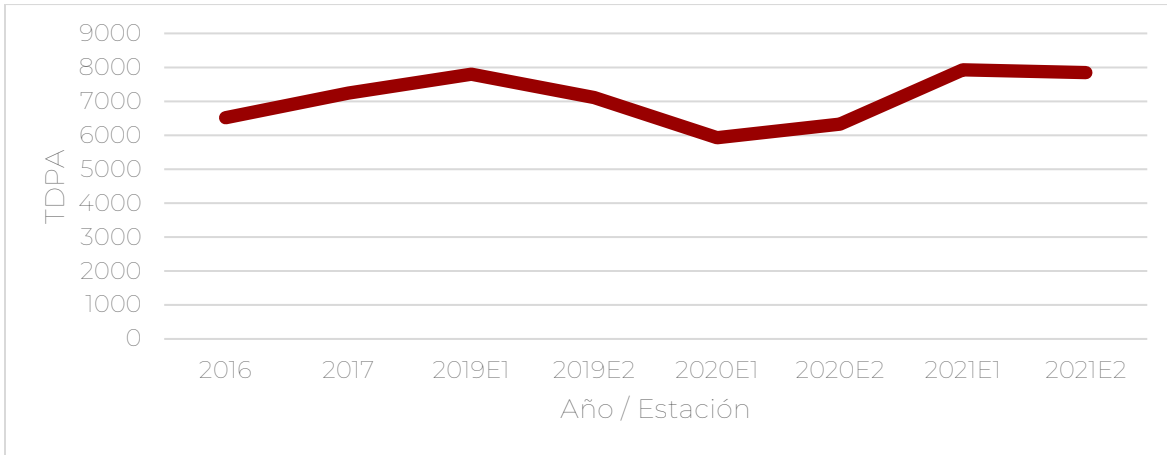
Con los datos disponibles, en 2017 se presenta un incremento del tránsito diario promedio anual, TDPA, del 11.2 %, respecto a 2016.

Debido a la pandemia, en 2020, respecto a 2019, se observa una disminución del 24 % en el tránsito diario promedio anual registrado en la estación uno y del 11 % en la estación dos.

De 2020 a 2021 se observa un incremento del 34 % en el TDPA registrado en la estación uno y del 24 % en la estación dos.

Con respecto a 2019, en 2021 se observa un incremento del 1.7 % en el TDPA registrado en la estación uno y del 10.5 % en la estación dos.

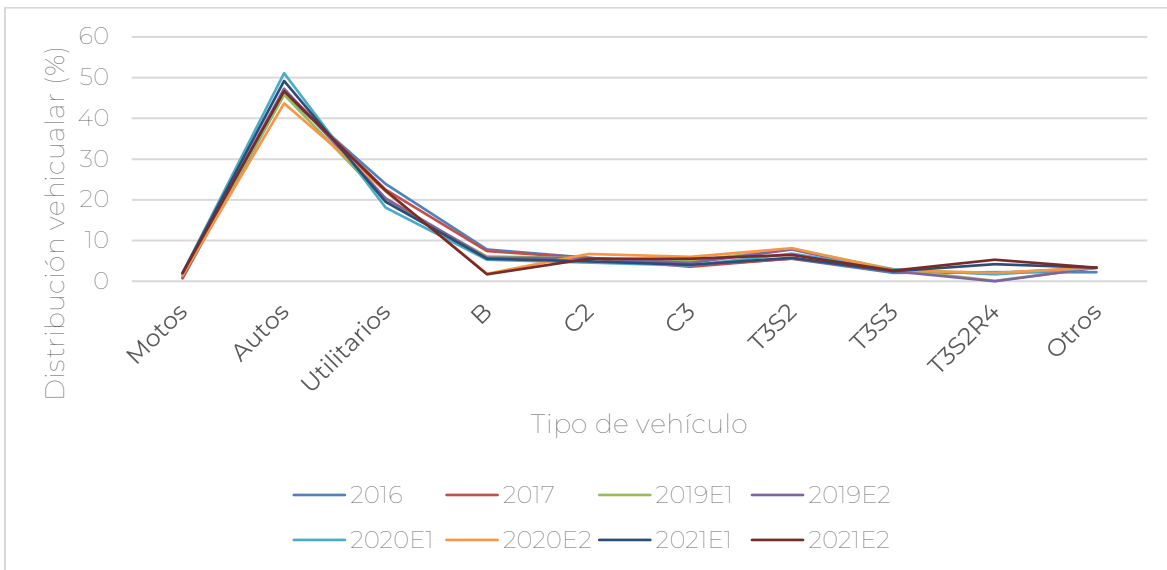
En la Gráfica 3.1 se observa la evolución que ha tenido el TDPA a lo largo de los cinco años analizados, observándose la tendencia al crecimiento.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3.1 Tránsito diario promedio anual.

En la Gráfica 3.2 se presenta la distribución vehicular en porcentaje para cada tipo de vehículo, observándose que para todos los años los vehículos ligeros representan casi la mitad de los vehículos que circulan por las estaciones, mientras que todos los autobuses y vehículos de carga tienen una participación individual menor al 10% cada año.



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3.2 Distribución vehicular anual.

3.2 Peso bruto vehicular

Para las configuraciones más comunes, en la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos del promedio del peso bruto vehicular (PBV) para los

cinco años. Los resultados de 2016 corresponden sólo a los meses de enero y febrero, los de 2017 a los meses de enero a agosto y la muestra de 2019 consideró los vehículos registrados de enero a diciembre.

Los PBV promedio obtenidos para 2017 fueron considerablemente menores a los obtenidos en los otros años. Para 2019 los PBV promedio obtenidos fueron un poco más consistentes, pero también existen diferencias considerables en los resultados obtenidos por estación.

Tabla 3.3 Peso bruto vehicular.

Año	PBV por tipo de Vehículo (Toneladas)					
	Autobuses	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
2016 ¹	13.98	6.15	15.95	25.87	34.78	41.78
2017 ²	10.33	3.37	9.55	14.19	21.65	11.15
2019 ³	12.60	5.50	15.20	23.30	32.50	21.10
	13.20	6.70	15.40	23.80	33.50	17.50
2020 ³	12.20	4.90	14.10	21.90	32.30	28.10
	15.10	10.20	17.60	27.30	36.30	42.00
2021 ³	10.80	3.90	12.10	20.60	36.10	37.40
	13.10	9.10	15.10	22.90	36.30	41.00

- Notas:
- 1 La muestra de 2016 consideró sólo los vehículos registrados en los meses de enero y febrero.
 - 2 La muestra de 2017 consideró los vehículos registrados en los meses de enero a agosto.
 - 3 El primer renglón corresponde a los datos recopilados en la estación uno y en el segundo a la estación dos.

Fuente: elaboración propia.

3.3 Velocidad

Para las diferentes configuraciones, en la Tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos del promedio de la velocidad. En 2016 no se obtuvo la velocidad de motocicletas ni autos y los resultados de los autobuses se muestran agregados.

A partir de 2019, se incluyen los resultados por estación. Las velocidades promedio obtenidas para cada vehículo en la estación 2 (km 169+120), son mayores que las correspondientes a la estación 1 (km 140+100).

Tabla 3.4 Comparación del promedio de velocidades.

Año	Velocidades promedio por tipo de Vehículo (km/h)							
	Motos	Autos	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
2016 ¹	-	-	81.7	90.7	77.5	76.9	70.2	73.1
2017 ²	96.9	106.0	84.4	91.1	80.0	79.7	73.1	77.4
2019 ³	84.2	88.9	77.19	76.9	67.7	68.1	59.3	52.8
	87.7	109.7	89.23	93.1	83.6	80.3	74.7	83.4
2020 ³	83.3	85.9	71.4	77.5	66.4	67.8	58.1	61.5
	83.3	126.1	104.9	98.2	95.0	93.0	84.9	86.6
2021 ³	83.8	87.8	73.6	78.6	66.8	68.0	59.2	61.7
	112.7	117.8	99.7	92.7	89.6	87.8	79.3	81.2

- Notas: 1 La muestra de 2016 consideró sólo los vehículos registrados en los meses de enero y febrero.
 2 La muestra de 2017 consideró los vehículos registrados en los meses de enero a agosto.
 3 El primer renglón corresponde a los datos recopilados en la estación uno y en el segundo a la estación dos.

Fuente: elaboración propia.

3.4 Longitud

Para las configuraciones más comunes, en la Tabla 3.5 se muestran los resultados obtenidos del promedio de la longitud, en metros, de los vehículos en 2016, 2017, 2019, 2020 y 2021.

En 2016 no se obtuvieron las longitudes de motocicletas, ni de autos. A partir de 2019, los resultados anuales de las dos estaciones son diferentes, principalmente para motocicletas y automóviles, es posible que, dado que los promedios de sus velocidades obtenidos son mucho mayores en la estación 2, la exactitud en la medición de las longitudes esté afectada por la velocidad de los vehículos.

Tabla 3.5 Comparación del promedio de longitudes.

Año	Longitudes promedio por Tipo de Vehículo (metros)							
	Motos	Autos	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
2016 ¹	-	-	13.4	9.1	11.9	20.6	19.2	
2017	3.0	9.9	14.1	9.1	12.4	20.6	19.8	
2019 ²	2.6	5.4	14.2	9.0	12.1	19.3	19.0	23.9
	3.3	5.3	14.0	9.2	12.0	19.2	19.0	24.5
2020 ²	2.8	5.1	13.6	9.1	12.1	19.5	18.4	21.5
	1.8	4.5	13.3	8.8	10.3	17.7	17.4	24.0
2021 ²	3.0	5.4	13.9	9.1	12.4	20.6	19.3	23.9
	1.8	4.4	13.4	8.7	10.2	18.7	17.9	23.9

- Notas: 1 Para el 97 % de los registros de 2017, 87 % en 2019, 95.7 en 2020 y 97 % en 2021 se registró una longitud de 2.5 metros.

2 El primer renglón corresponde a los datos recopilados en la estación uno y en el segundo a la dos.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos tienen como base los datos recopilados por equipos de conteo automático y han sido proporcionados por la empresa concesionaria de la autopista México–Tuxpan. En México existe la Norma Oficial Mexicana NOM-198-SCFI-2018 “Instrumentos de medición-Sistemas de pesaje y dimensionamiento dinámico vehicular-Requisitos técnicos y especificaciones” que establece las características de precisión de los equipos de medición.

La clasificación vehicular que realizan los equipos de medición dinámica corresponde a la determinada por la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (Federal Highway Administration). Es conveniente que los equipos sean ajustados o calibrados de acuerdo con las características geométricas y de operación de los vehículos que circulan por las carreteras mexicanas.

Para los años 2020 y 2021, el tránsito diario promedio anual, TDPA, obtenido a partir de los datos compartidos por la concesionaria son mayores a los estimados y publicados en Datos Viales.

Los equipos de medición se encuentran ubicados en los kilómetros 140+100 (equipo 1) y 169+120 (equipo 2), distan de aproximadamente 29 kilómetros. El TDPA obtenido para 2020 y 2021 es menor en el equipo uno respecto al obtenido para el equipo dos. Asimismo, La distribución vehicular es diferente entre los equipos de medición.

En años anteriores, los días de mayor aforo correspondieron al periodo vacacional de semana santa, para 2020 y 2021 corresponden al periodo vacacional de fin de año.

A partir de los resultados para el peso bruto vehicular, PBV, se observaron porcentajes considerables de registros que, de acuerdo con el tipo de vehículo, están muy por debajo del peso promedio observado en el EECAN, incluso debajo del peso de los vehículos vacíos. El porcentaje de vehículos que excedieron el límite máximo permitido fue muy bajo. Las distribuciones y los PBV promedio obtenidos en los dos equipos no son similares. Con base en estos resultados, es evidentemente que el sistema presenta problemas de calibración.

Los resultados de la velocidad mostraron que, en promedio, los vehículos circulan a velocidades mayores en la estación dos. En el caso de los automóviles, en la estación 2 la velocidad promedio es mayor a la máxima permitida, el 63 % excedió el límite, la velocidad de operación estimada fue de 142 km/h.

En general, en la estación 2, porcentajes considerables de autobuses, camiones y tractocamiones exceden su límite de velocidad.

Con respecto a la longitud de los vehículos, en la estación 1 se obtuvieron promedios ligeramente mayores que los registrados en la estación dos y, en algunos casos, también un poco mayores al máximo permitido.

Los porcentajes de autobuses que exceden la longitud máxima, 14 m, llegan a ser del 53 % (B2) y 59 % (B3). En el caso de los camiones, el porcentaje de excedencia para la estación 1 es de 18 % y en la estación 2 menor o igual al 2 %.

El porcentaje de tractocamiones T3S2 que excede la longitud reglamentada llega a ser del 20%. Para los T3S3 el porcentaje de excedencia es bajo, menor o igual al 5 %. Para un porcentaje muy alto de tractocamiones, 96%, se registró una longitud es igual a 2.5 metros.

En resumen, de todos los datos recopilados de 2019 a 2021, los autobuses y vehículos de carga que exceden el peso bruto vehicular máximo autorizado fueron 3.6 % y el 6.5 excedió la longitud. Para todas las configuraciones, la velocidad permitida fue excedida por el 30 % de los conductores, sin embargo, en el caso de la **estación dos**, dicho porcentaje se incrementa a 59 %, ahí, el 48 % de conductores de autobuses exceden el límite, también 62 % de conductores de autos y el 65 % de conductores de vehículos de carga.

Bibliografía

- Colunga, C., Mayoral, E. y Mendoza A. (2017). *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2016*. [Documento Técnico No. 69]. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Colunga, C., Cadengo, M., Silva, M. y Mendoza, A. (2022). *Anuario estadístico de colisiones en carreteras federales 2021*. [Documento Técnico No. 85]. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Dirección General de Autotransporte Federal [DGAF]. (2022). *Estadística Básica del Autotransporte Federal 2021*. [Consulta en línea]. <http://sct.gob.mx/?id=7221>. Julio de 2022
- Dirección General de Servicios Técnicos [DGST]. (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018*. Tercera Edición. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Julio de 2018. 121, 186.
- Dirección General de Servicios Técnicos [DGST]. (2020). *Datos Viales 2020*. [Consulta en línea]. <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-vialkes/2020/>. Junio de 2021.
- Freudenberg, M. (2003). *Composite indicators of country performance: A Critical Assesment*. [OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/2016]. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/405566708255>.
- Gobierno de la República. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024*. Ciudad de México: Gobierno de la Republica.
- Hermans, E., Brijs, T. & Wets, G. (2008). *Developing a Theoretical Framework for Road Safety Performance Indicators and a Methodology for Creating a Performance Index*.
- Horton, N.J. & Kleinman, K. (2015). *Using R Studio for Data Management, Statistical Analysis, and Graphics*. 2nd edition. ISBN 978–1–4822–3737–5.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. (1996). *R: a language for data analysis and graphics*. Journal of computational and graphical statistics, 5 (3), 299–314.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021a). *Base de datos de Mortalidad General 2020*. [Consulta en línea]. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/MortalidadGeneral.asp>. Julio de 2022.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021b). *Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas 2021*. [Consulta en línea]. <http://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/#Tabulados>. Julio de 2022.

Instituto Nacional de Salud Pública [INSP]. (2021). *México, séptimo lugar mundial en siniestros viales*. [Consulta en línea]. <http://www.insp.mx/avisos/4761-seguridad-vial-accidentes-transito.html>. Julio de 2021.

Litman, T. (2007). Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2017, 10–15.

Maimon, D. & Rokach, L. (2010). *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. 2nd Ed., Springer, New York. ISBN: 978–0–387–09822–7. DOI: 10.1007/978–0–387–09823–4.

Mayoral, E., Cuevas, C. y Mendoza, A. (2014). *Criterios de ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan por las carreteras federales*. [Publicación Técnica No. 397]. México: Instituto Mexicano del Transporte.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE]. (2017). *Revisión de la Regulación del Transporte de Carga en México*. OECD Publishing, 2017.

Secretaría de Seguridad Pública [SSP] y Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2012). *Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal*. México: Diario Oficial de la Federación, publicado el 22 de noviembre de 2012.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2016). *Foro “Pesos y dimensiones de las configuraciones vehiculares que transitan en las Vías Federales de Comunicación”*. México: Senado de la República, 26 de octubre de 2016.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2017). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones*

máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. México: Diario Oficial de la Federación, publicado el 26 de diciembre de 2017.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2020). *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020–2024.* Ciudad de México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Secretariado Técnico Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes [ST-CONAPRA]. (2022). *Cuestionarios para dar respuesta al 5° Informe sobre la Situación de la Seguridad Vial en México.* Compendio de la Organización Mundial de la Salud. Información enviada por correo electrónico en agosto de 2022.

Spector, P. (2008). *Data Manipulation with R.* New York, NY, USA: Springer. ISBN 978-0-387-74730-9.



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

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