



2016

MANUAL PARA OBTENER LOS
VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN CARRETERAS

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



MANUAL PARA OBTENER LOS VOLÚMENES DE
TRÁNSITO EN CARRETERAS

2016

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO 1. TECNOLOGÍAS DEL MONITOREO Y CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DE TRÁNSITO	9
1.1. Introducción	10
1.2. Métodos y tipos de conteo del flujo de tránsito	13
1.2.1. Método de conteo manual	13
1.2.2. Método de conteo automático	14
1.2.2.1 Conteo permanente de flujo de tránsito	14
1.2.2.2 Conteo temporal de flujo de tránsito	15
1.3. Tecnología comúnmente empleada en las estaciones de conteo vehicular	16
1.3.1. Tecnología empleada para el conteo	16
1.3.2. Fortalezas y debilidades de los equipos de conteo	23
1.3.3. Colocación de los sensores de acuerdo a su tecnología	26
1.3.4. Consideraciones para la selección del equipo de conteo	28
1.4. Software y recopilación remota de tránsito	29
1.4.1. Características de los softwares para el monitoreo y análisis del flujo de tránsito	29
1.4.2. Comunicación entre dispositivos de conteo y oficina de procesamiento	33
1.5. Características del flujo de tránsito	35
1.5.1. Volumen vehicular	35
1.5.1.1 Parámetros de los volúmenes del flujo de tránsito	35
1.5.1.2 Variación del volumen vehicular	38
A. Variación horaria	39
B. Variación diaria semanal	42
C. Variación mensual	44
D. Variación direccional y distribución por carril	44
E. Variación geográfica	45
1.5.2. Clasificación vehicular	45
1.5.3. Velocidad vehicular	52
1.5.4. Peso vehicular	52

CAPITULO 2. ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO, EJECUCIÓN Y ENTREGA DE RESULTADOS DEL PROGRAMA MONITOREO DEL FLUJO DE TRÁNSITO.....53

2.1. Introducción.....	54
2.2. Necesidades que cubre el programa de monitoreo.....	56
2.3. Desarrollo del programa de monitoreo.....	59
2.3.1. Diagnóstico del programa de monitoreo del flujo de tránsito.....	60
2.3.2. Diseño del programa de monitoreo del flujo de tránsito.....	63
2.3.2.1 Programa de monitoreo temporal del flujo de tránsito.....	63
2.3.2.2 Programa de monitoreo permanente del flujo de tránsito.....	66
2.4. Ejecución del programa de monitoreo.....	68
2.4.1. Contratación.....	68
2.4.2. Ejecución del programa de monitoreo de flujo de tránsito.....	68
2.4.2.1 Integración de otros programas de monitoreo de flujo de tránsito.....	71
2.4.3. Captura de información.....	71
2.4.4. Procesamiento de datos.....	71
2.5. Resultados del programa del monitoreo.....	73
2.5.1. Entrega de información.....	73
2.5.2. Evaluación del programa.....	73
2.5.2.1 Gestión de calidad de los datos.....	75
2.5.3. Publicación de resultados del programa de monitoreo del flujo de tránsito.....	75

CAPITULO 3. ACTIVIDADES PARA LA MEDICIÓN Y MONITOREO DEL FLUJO DE TRÁNSITO.....77

3.1. Introducción.....	78
3.2. Volumen vehicular.....	78
3.2.1. Actividades del programa de estaciones maestras.....	78
3.2.1.1 Revisar el programa de monitoreo permanente existente.....	79
3.2.1.2 Realizar el inventario.....	80

3.2.1.3	Análisis de información y determinación de patrones.....	81
3.2.1.4	Ubicación de las estaciones maestras y análisis de zonas.....	82
3.2.1.5	Revisión del número de estaciones maestras por zona.....	85
3.2.1.6	Evaluación y reestructuración de zonas o conglomerados.....	92
3.2.2.	Programa de estaciones de conteo temporal.....	93
3.2.2.1	Criterios de ubicación de las estaciones de conteo temporal.....	93
3.2.2.2	Conteos especiales.....	96
3.2.3.	Clasificación vehicular.....	97
3.2.4.	Estimación del TDPA.....	98
3.2.4.1	Estimación del TDPA a través del método del TMG.....	98
3.2.4.2	Estimación del TDPA a través del método de la SCT.....	100
3.2.4.3	Estimación del TDPA a través de la combinación de los métodos de estimación SCT y TMG.....	101
A.	Factor de corrección Semanal Anual (Fs) y TDPA.....	102
B.	Factor de corrección Diario Semanal (Ds) y TDPS.....	103
C.	Factor de corrección Horario Diario (H) y TDP.....	104
3.2.4.4	Ejemplo de la estimación de los volúmenes anual utilizando conteos semanales.....	105
3.2.4.5	Ejemplo de la estimación de volúmenes diarios y semanales utilizando conteos de 24 horas o más.....	109
3.2.4.6	Ejemplo de la estimación de volúmenes diarios utilizando conteos menores a 24 hrs horas.....	111
3.2.5.	Factor K.....	112
3.2.6.	Distribución del uso del carril y la separación entre vehículos.....	115
3.3.	Velocidad vehicular.....	116
3.3.1.	Criterios de selección de estaciones de monitoreo de velocidad vehicular.....	117
3.4.	Peso vehicular.....	118
3.4.1.	Criterios a considerar en la selección del sitio de pesaje dinámico.....	119

CAPITULO 4. CODIGOS Y COMPONENTES BÁSICOS DE LOS REPORTES121

4.1. Introducción	122
4.2. Descripción de conceptos	123
4.2.1. Cadenamiento punto generador de conteo	123
4.2.2. Coordenadas de punto generador de conteo	123
4.2.3. Cadenamiento punto de instalación de conteo	124
4.2.4. Identificación de punto de conteo	124
4.2.5. Nombre de la estación de conteo	127
4.2.6. Datos generales de carretera	127
4.2.7. Cantidad de carriles de la estación de conteo	127
4.2.8. Carriles contabilizados	128
4.2.9. Numero de sensores	128
4.2.10. Separación entre sensores	129
4.2.11. Orientación geográfica del punto	129
4.2.12. Dispositivo contador	129
4.2.13. Cantidad de equipos instalados	129
4.2.14. Croquis de equipos instalados	130
4.2.15. Fecha de comienzo de operaciones	130
4.2.16. Fotografía del punto	130
4.2.17. Numero de fotografía	130
4.2.18. Datos fotográficos	130
4.3. Reportes	131
4.3.1. Reporte fotográfico	131
4.3.2. Croquis de ubicación	132
4.3.3. Reportes estadísticos	132
4.3.4. Conteos semanales de vehículos	133
4.3.5. Conteos semanales de vehículos (semana virtual)	134
4.3.6. Conteos vehiculares	134
4.3.7. Conteos vehiculares (semana virtual)	135
4.3.8. Clases diarias	135
4.3.9. Clases diarias por sentido de circulación	135
4.3.10. Clases diarias (peso estimado)	135
4.3.11. Matriz de velocidades por clases	136
4.3.12. Matriz de la separación de las velocidades	136
4.3.13. Vehículos individuales	136
4.3.14. Resultados estadísticos de la velocidad	137
4.3.15. Resultados estadísticos de la velocidad por hora	138

4.3.16. Resultados estadísticos de la separación.....	139
4.3.17. Resultados estadísticos de la separación por hora.....	139
4.3.18. Coeficientes de ajuste.....	140
CAPITULO 5. PRESENTACIÓN Y DIFUSIÓN DE DATOS VIALES.....	141
5.1. Introducción.....	142
5.2. Componentes de datos viales.....	142
5.2.1. Estaciones temporales.....	146
5.2.2. Estaciones maestras.....	151
5.3. Sistemas de Información Geográfica (GIS).....	153
ANEXO 1.....	154
ANEXO 2.....	161
BIBLIOGRAFÍA.....	169

INTRODUCCIÓN

El conocimiento oportuno y permanente del uso de la infraestructura vial es básico para el análisis y la toma de decisiones sobre la misma. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) incluye entre sus actividades la operación de un sistema de conteo vehicular de las carreteras del país, que permite conocer anualmente los volúmenes vehiculares, clasificación y velocidades del tránsito que circula por la red de carreteras nacional.

Los datos del flujo de tránsito es un insumo básico en la planeación, proyecto, mantenimiento, gestión, evaluación económica, evaluación ambiental y administración de la infraestructura vial, para lo cual la SCT ha realizado conteos vehiculares desde la década de los 70's utilizando metodologías y procedimientos registrados por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), con los cuales se ha programado, recopilado y analizado la información obtenida a través de los conteos; registrando los resultados en el libro de *Datos viales*.

La recolección de volúmenes y clasificaciones vehiculares en los diferentes tramos o segmentos de la red nacional, es la base del programa de monitoreo de flujo de tránsito. La inclusión de los datos de velocidad ha mejorado en gran medida la información de tránsito para satisfacer las necesidades en el ámbito de estudios de seguridad y capacidad vial.

Considerando los avances en la tecnología de los equipos para medir las características del flujo de tránsito, la experiencia de diferentes países en programas de monitoreo tránsito como las presentadas por el Traffic Monitoring Guide (TMG) de la Federal Highway Administration (FHWA), la experiencia en recopilación y publicación de información de diferentes agencias de carreteras europeas, la integración de softwares para la captura, procesamiento y difusión de la información, así como el empleo de herramientas de telecomunicaciones como el internet; ha motivado la SCT a la creación del **Manual para la Obtención de los Volúmenes de Tránsito en Carreteras**.

El **Manual para la Obtención de los Volúmenes de Tránsito en Carreteras** está orientado a proporcionar una guía para el desarrollo de un programa de monitoreo de flujo de tránsito haciendo énfasis en los equipos utilizados, las actividades para su desarrollo y ejecución, la metodología para el análisis de la información recolectada, los componentes de los reportes, así como la presentación y difusión de los resultados obtenidos por el programa de monitoreo.

El manual aborda dentro de sus capítulos:

- Una descripción de las definiciones empleadas por el manual, las características del flujo de tránsito, las tecnologías que actualmente se encuentran en el mercado para la realización de los trabajos de monitoreo, el empleo de tecnologías de telecomunicaciones para la recopilación remoto de información; y los diferentes patrones de comportamiento del flujo de tránsito en diferentes periodos de tiempo.

- El establecimiento de las principales actividades para la definición del programa de monitoreo de flujo de tránsito considerando el diagnóstico del programa anteriormente realizado, el diseño del nuevo programa de monitoreo, la ejecución de los trabajos, la captura de información, el análisis de la información, la entrega de resultados, la evaluación del programa ejecutado, la difusión y publicación de los resultados.
- Las actividades específicas para la realización de un programa de monitoreo de tránsito; considerando metodologías y procedimientos para: la ubicación de las estaciones permanentes de acuerdo a la correlación con estaciones temporales y la accesibilidad a internet, la determinación del número de las estaciones permanentes por conglomerado o zona con patrones similares del comportamiento del flujo de tránsito y el establecimiento de la estaciones temporales que correlacionan con las estaciones permanentes dentro del conglomerado, la determinación de la duración de los conteos temporales, la asignación de factores de ajuste para aplicarlas en las estaciones de conteo temporal incluyendo los conteos especiales; la estimación de volúmenes a través de tres procedimientos diferentes, la estimación de los diferentes parámetros que caracterizan al flujo de tránsito, además de los criterios para la colocación o retiro estaciones de conteo temporal de acuerdo a la variación del flujo en los tramos o segmentos de la red nacional y los criterios de ubicación de estaciones de monitoreo de velocidad y peso.
- La definición de las características de los diferentes reportes que deben realizarse, considerando las necesidades de información y las capacidades de los equipos de conteo y sus sensores en base a los diferentes softwares que ofertan los fabricantes de equipos.
- La presentación de los parámetros que componen los datos viales, como son: TDPA, estimación del factor K, factor de dirección, entre otros. A su vez se describe la utilización de sistemas de información geográfica (GIS) para la difusión de información.
- Adicionalmente el manual presenta en sus anexos una descripción de los fundamentos técnicos de la operación de algunos de los sensores empleados para el monitoreo del flujo de tránsito, así como las consideraciones que se deben tener para la instalación de estaciones temporales con sensores de manguera neumática, los aspectos de seguridad, los criterios particulares para la selección de sitio, las herramientas y equipos de instalación, además de los aspectos de supervisión e inspección de las estaciones.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

CAPÍTULO 1 **TECNOLOGÍAS DEL MONITOREO Y CARACTERÍSTICAS** **DEL FLUJO DE TRÁNSITO**

Introducción.
Métodos y tipos de conteo de flujo de tránsito.
Tecnología comúnmente empleada en las estaciones de conteo
vehicular.
Software y recopilación remota de tránsito.
Características de flujo de tránsito.

CAPITULO 1 TECNOLOGÍAS DEL MONITOREO Y CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DE TRÁNSITO.

1.1 Introducción.

El monitoreo del flujo de tránsito se realiza para conocer el uso y rendimiento de un sistema vial en una región. La información obtenida del flujo de tránsito debe analizarse de manera estadística, con el fin de orientar este programa de monitoreo. Se busca con este programa satisfacer las necesidades de movimiento vial a nivel regional y nacional.

En este capítulo se describen los tipos de datos que deben ser obtenidos con las tecnologías que actualmente están disponibles para la recopilación de datos viales. Se discute sobre el uso correcto de dichas tecnologías con el fin de lograr óptimos resultados en los trabajos de monitoreo que se enfocan al flujo de tránsito. Por último se describen los datos que deben ser tomados en cuenta para un correcto diseño de un programa integral de monitoreo de flujo de tránsito.

A continuación se definen algunos términos que se utilizan a lo largo de este manual:

Flujo de tránsito: se refiere al movimiento o circulación de personas y mercancías por un camino, carretera o autopista, a través de un transporte motorizado o no motorizado.

Flujo de tránsito motorizado: se refiere al movimiento o circulación de personas y mercancías a través de un transporte motorizado (vehículo con motor), que puede ser un automóvil, autobús o camión de carga que circule por un camino, carretera o autopista.

Flujo de tránsito no motorizado: se refiere al movimiento o circulación de personas y mercancías a través de un transporte no motorizado; su clasificación más común es: peatones y ciclistas, también incluye cualquier medio de transporte sin motor que circule por un camino, carretera o autopista.

Monitoreo de flujo de tránsito: se refiere a la observación y registro de las características y comportamiento del flujo de tránsito.

Volumen vehicular: se refiere al parámetro del flujo de tránsito que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista, durante un periodo de tiempo que puede ser de: una hora, día, semana, mes o año.

Estación de conteo: se refiere al sitio donde se ubica uno o varios contadores vehiculares, manuales o automatizados que registran el volumen vehicular y otras características del flujo de tránsito, en ese punto.

Estación maestra: también llamada estación permanente, se refiere al sitio donde se ubica uno o varios contadores vehiculares automatizados, que registran el

volumen vehicular y otras características del flujo de tránsito. La información es recabada las 24 horas del día durante los 365 días del año.

Estaciones de conteos temporales: se refiere al sitio donde se ubica uno o varios contadores vehiculares manuales o automatizado que registran el volumen vehicular y otras características del flujo de tránsito, durante un periodo corto de tiempo. Los sensores utilizados en este tipo de estaciones pueden ser instalados permanentemente (aunque solo se utilicen durante el conteo corto) o de manera portátil (cuando se retiran de la estación al finalizar el conteo).

(TD) Tránsito Diario: se refiere al volumen vehicular registrado en un día por una estación de conteo.

(TDPA) Tránsito Diario Promedio Anual: se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de todos los volúmenes diarios en un año.

(TDPM) Tránsito Diario Promedio Mensual: se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de todos los volúmenes diarios en un mes.

(TDPS) Tránsito Diario Promedio Semanal: se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de todos los volúmenes diarios en una semana.

(TDP) Tránsito Diario Promedio: se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de los volúmenes diarios en uno o más días.

Clasificación vehicular: se refiere a las diferentes categorías en la que se dividen los vehículos. La división de estas categorías puede adoptar varios criterios como: número de ejes, longitud de vehículos, utilización de vehículos, número de llantas, peso bruto máximo o una combinación de éstas, entre otros. En México, la clasificación vehicular oficial es especificada por la norma NOM-012-SCT2-2014.

Velocidad vehicular: se refiere a la velocidad de los vehículos registrada en el punto donde se localiza el o los sensores de medición.

Peso vehicular: se define el peso bruto de los vehículos que circulan en una carretera, medido a través de una pesadora. Ocasionalmente se expresa en peso por rueda, eje o grupo de ejes.

Pesadora: se refiere a los dispositivos instalados en carretera con la finalidad de medir el peso vehicular. Éste puede ser medido por: rueda, eje, grupo de ejes o peso bruto vehicular. Se subdividen en pesadores estáticos y dinámicos.

Pesadora dinámica: también llamado equipo WIM (Weight-in-Motion), se refiere a los instrumentos instalados dentro de la sección del camino, que determinan el peso de vehículos en movimiento. Su precisión es suficiente para aplicaciones estadísticas y para determinar si los vehículos exceden el peso permitido.

Pesadora estática: se refiere a instrumentos instalados fuera de la sección de la calzada, que determinan el peso de vehículos inmóviles.

(ITS) Sistemas Inteligentes de Transporte: se refiere a los sistemas tecnológicos con aplicaciones informáticas, creados con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte terrestre (carreteras y ferrocarriles). El ITS facilita la labor de control, gestión y monitoreo del flujo de tránsito.

1.2 Métodos y tipos de conteo del flujo de tránsito.

Para conocer el comportamiento del flujo de tránsito en los trabajos de monitoreo de una red de carreteras existen dos métodos generales de conteo utilizados para la recopilación de datos:

- o Método manual
- o Método automático

En función de encontrar las características de la red vial, el conocimiento del comportamiento del flujo de tránsito y los usos de los datos que se quieran obtener, se realizan dos tipos de conteos:

- o Conteos permanentes
- o Conteos temporales

1.2.1 Método de conteo manual

El conteo manual es un método para obtener atributos del flujo de tránsito a través de personal que realiza el conteo vehicular de forma visual. Este método se emplea por lo general en conteos especiales de pocas horas de duración y para comprobar la exactitud de los conteos automáticos. Esta actividad se lleva a cabo cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos automáticos o cuando las condiciones ambientales hacen imposible su empleo.

El método manual de conteo de flujo de tránsito permite clasificar a los vehículos por: tamaño, tipo, número de ocupantes, carril de circulación, dirección de circulación, entre otras propiedades muy diversas. Sin embargo, el método manual tiene desventajas como costo de empleo a personal de campo por tiempos prolongados, costo de procesamiento de información, tiempo de captura a formatos digitales y limitaciones por factores humanos.

La mecánica de este método es simple; consiste en que el personal registre y almacene la información del flujo de tránsito en un formulario especial (previamente establecido con la clasificación vehicular correspondiente). Este formulario puede ser en papel (hoja de conteo) o una tableta electrónica que cuente con una aplicación para la captura de datos, para así minimizar errores de procesamiento; este método no se describe detalladamente en el presente documento.



Figura 1.1 Conteo manual utilizando hoja de conteo impresa en papel.

1.2.2 Método de conteo automático

El método de conteo automático se refiere al procedimiento de recopilación de datos, con un equipo automático diseñado para registrar continuamente los componentes del flujo de tránsito en un tiempo establecido, el cual puede ser: minutos, horas, días, semanas, meses o años.

Los atributos del flujo de tránsito son registrados por medio de sensores (también llamados detectores) que transmiten la información a un equipo registrador (generalmente ubicado a un lado del camino), para su almacenamiento y procesamiento. El dispositivo registrador, puede transmitir en tiempo real los datos de la información recolectada a centrales de conteo para su análisis en gabinete, mediante la ayuda de aditamentos de comunicación.

1.2.2.1 Conteo permanente de flujo de tránsito

Estos conteos registran información del flujo de tránsito permanentemente. Los lugares donde se ubican los dispositivos de conteo son llamados estaciones de conteo permanente, o estaciones maestras. Estas estaciones se colocan en lugares estratégicos a lo largo de toda la red de carreteras (federales y estatales) con el fin de representar los patrones de comportamiento del flujo de tránsito en una zona, región, grupo o conglomerado de caminos con características similares. Los datos de las estaciones maestras se emplean para determinar los factores de ajuste necesarios para estimar parámetros del flujo de tránsito a partir de conteos temporales. Cabe señalar que este tipo de estaciones son una parte importante del programa de monitoreo realizado anualmente.

Para la instalación de las estaciones maestras, se debe partir del análisis del programa temporal, la necesidad de información y control de tramos específicos de carretera. Se deben definir las zonas donde se presente el mismo comportamiento de flujo vehicular, tomando como base los datos existentes y las actividades que se desarrollan en ellas. La ubicación precisa de las estaciones se determina por el o los puntos que mejor correlacionen con el resto de las mismas.

1.2.2.2 Conteo temporal del flujo de tránsito.

Para obtener el comportamiento del flujo de tránsito en una red de carreteras es necesaria la obtención continua de datos. Sin embargo, la recolección de estos datos sobre todas las carreteras que comprenden la red, resulta poco factible debido a la gran cantidad de recursos necesarios para realizar esta tarea.

Se puede llevar a cabo una estimación razonable a través de conteos temporales y factores de ajuste, calculados a partir de las estaciones maestras. Dentro de los conteos temporales se recomienda el semanal, debido a que los viajes recreacionales, de trabajo y carga, están distribuidos con comportamientos diferentes, siguiendo patrones estacionales a lo largo de ese periodo; adicionalmente se tienen conteos de tipo especial como son los diarios y los horarios.

A continuación se describen con mayor detenimiento los conteos mencionados:

Conteos Semanales: registra el comportamiento del flujo de tránsito durante 7 días continuos. Su función principal es calcular el Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS) para un punto en carretera. Al sitio donde se realiza este conteo se le conoce como estación semanal.

Conteos diarios: registra el comportamiento del flujo durante al menos 24 horas. En algunos casos este conteo puede llevarse a cabo por varios días, con el fin de calcular un Tránsito Diario Promedio (TDP) de un punto localizado en carretera.

Conteo horario: este conteo se encarga de registrar el comportamiento horario de punto específico; por lo general la duración de este registro es menor a 24 horas, aunque en ocasiones puede excederlas. Sus resultados son empleados para conocer el Tránsito Horario (TH) de un punto localizado en carretera.

Estos tipos de conteos cumplen la función de dar cobertura a los programas de monitoreo del flujo de tránsito, de tal manera, que se logren incluir todos los tramos de la red nacional de carreteras, tanto estatales como federales.

Los dispositivos de conteo de las estaciones semanales se localizan en puntos específicos del tramo carretero. Este punto representa las características del segmento de carretera, considerado homogéneo respecto al volumen y clasificación de vehículos. La longitud para un segmento varía según la uniformidad del flujo de tránsito en el tramo, y la significancia del flujo de salida y entrada en las diferentes intersecciones.

La ubicación de las estaciones de conteo deberá encontrarse a suficiente distancia de puntos de conflicto vehicular (entronque, poblados, ciudades, etc.) para que los recepción de movimiento no sea alterada por movimientos locales, o deben colocarse las estaciones necesarias para diferenciar el volumen de una zona específica a la de una rural. Los criterios para seleccionar la localización exacta de las estaciones de conteo en un programa de monitoreo de flujo de tránsito se expondrán en el capítulo 3 de forma detallada.

1.3 Tecnología comúnmente empleada en las estaciones de conteo vehicular.

En esta sección se describen los tipos de tecnologías que están disponibles para el monitoreo de flujo de tránsito, así mismo se presentan las fortalezas y debilidades generales de cada una de ellas.

En los últimos años la tecnología de monitoreo de flujo de tránsito ha sufrido cambios y evoluciones significativas gracias al auge de los dispositivos portátiles de alta tecnología. Los equipos computacionales de bajo costo, así como los avances en los sistemas de telecomunicaciones, han contribuido de igual manera al progreso de esta clase de monitoreo. Sin embargo cabe señalar que la creciente necesidad por obtener información oportuna que contribuya a la generación de modelos del comportamiento en el flujo vial carretero de la red nacional, ha sido un motor importante para esta evolución.

El avance constante en la tecnología y el creciente mercado globalizado, convierten la tarea de seleccionar equipos para el monitoreo de tránsito en una tarea ardua. El proceso de selección resulta complicado al tenerse que considerar la cantidad de compañías en el mercado, así como la calidad y características de los equipos; de igual manera se deben considerar las necesidades de trabajos que se presenten según: ubicación, características de tránsito y el medio ambiente al que estará expuesto el equipo.

Teniendo en cuenta los objetivos de medición, los equipos de monitoreo del flujo de tránsito pueden clasificar diferentes tipos de datos vehiculares como:

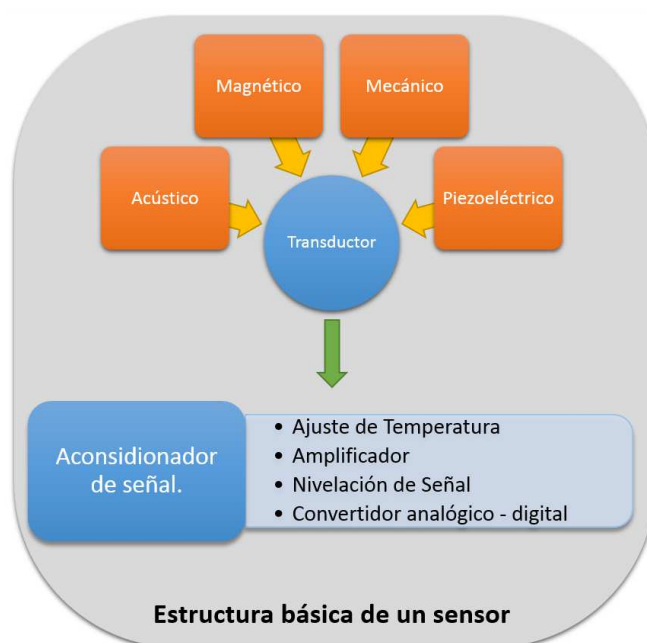
- o **No motorizados:**
 - Volúmenes de bicicletas
 - Volúmenes peatonales
- o **Motorizados:**
 - Volúmenes de vehículos
 - Clasificación del vehículo (incluyendo motocicletas)
 - Velocidad
 - Distancia entre ejes
 - Peso por eje
 - Intervalo
 - Carril de ocupación

La tecnología utilizada para detectar la corriente de flujo de tránsito que circula en una carretera determina el valor de cada dispositivo de recopilación de datos. Los equipos a adquirir deben probarse cuidadosamente para conocer si lograrán satisfacer las necesidades de operación de un sistema de monitoreo de flujo de tránsito. En la adquisición se deben contar con los manuales de uso, folletos técnicos y hojas de servicios de los componentes, para realizar su instalación, su

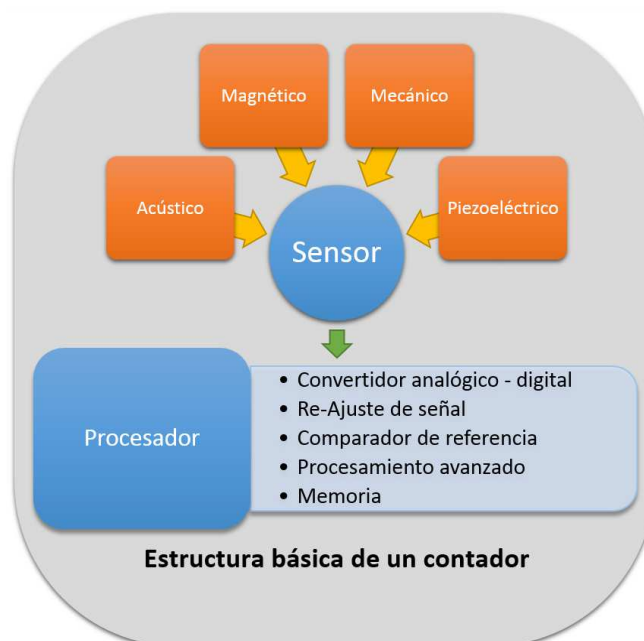
operación y dar seguimiento al mantenimiento además de su pertinente calibración.

1.3.1 Tecnología empleada para el conteo

Los diferentes equipos de conteo y clasificación se basan principalmente en el mismo concepto básico de instrumentación y medición: los equipos electrónicos conectados a sensores interpretan las señales de vehículos, las procesan (usualmente con algoritmos del equipo, proporcionados por los proveedores) y engloban los datos dentro de una categoría previamente definida, este proceso se encuentra detallado en el **Anexo 1 “Esquema del funcionamiento de diversas tecnologías de conteo”**.



Después, la señal eléctrica es comparada con un valor de referencia y se determina si el conteo es válido, en caso de ser válido, se interpreta en el contador y se guarda en memoria.



El procesador puede realizar procesamiento avanzado (depende de la implementación de cada proveedor):

- Calcular la diferencia de tiempo entre dos mangueras neumáticas y obtener la velocidad
- Cambiar señal de referencia por rangos y obtener un peso aproximado (peso en movimiento)
- Determinar la distancia y cantidad de ejes de un vehículo
- Etc.

Una vez realizado el conteo, se necesita obtener la información del contador. Esta se puede obtener de diferentes formas y depende de cada proveedor:

- Puerto Serial (RS-232)
- USB (Universal Serial Bus, por sus siglas en inglés)
- BlueTooth
- WiFi

La información obtenida de cada contador es propietaria del fabricante, y por lo general no son compatibles entre fabricantes. Por lo que es necesario un software especializado para descargar la información de cada contador.

A continuación se describen los contadores/clasificadores más comunes:

- o **Detectores de lazo inductivo:** sensor capaz de detectar el paso y presencia de vehículos; puede procesar la señal para obtener las características de vehículos. Se compone de un alambre que se embebe en el pavimento con una o más vueltas en forma de lazo, un cable que conecta el lazo a la caja de acceso, que a su vez conecta al circuito electrónico

detector del lazo inductivo dentro del contador de tráfico. Se pueden instalar en calzadas de concreto o asfalto para detectar la presencia o paso de vehículos en diversas aplicaciones pesaje dinámico, clasificación vehicular, automatización de la señalización, detección de velocidad, gestión, además del control de estacionamientos y barreras; los requisitos de instalación dependen del uso que se le vaya a dar al equipo.



Figura 1.2. Lazo inductivo

- o **Sensores magnéticos:** dispositivo pasivo que detecta la presencia de objetos de metal férreo que causan perturbaciones a través del campo magnético de la tierra. Su salida es conectada a una unidad electrónica. Los dos tipos de sensores magnéticos son magnetómetros de saturación y magnetómetros de inducción.



Figura 1.3 Sensor Magnético



- o **Sensores de radar de microondas:** dispositivos de detección de vehículos que transmiten energía electromagnética desde una antena hacia los vehículos que viajan en el camino. Cuando un vehículo pasa a través del haz de la antena, una porción de la energía transmitida es reflejada de regreso a ésta. La energía entra a un receptor donde la detección se

convierte en datos de flujo de tráfico, donde volumen, velocidad y longitud del vehículo es calculada.



Figura 1.4 Sensor de radar de microondas

- o **Sensores infrarrojos pasivos:** estos dispositivos detectan la energía emitida en el espectro de frecuencia infrarroja (1.9×10^{13} a 1.2×10^{14} Hz) por dos fuentes principales:
 - 1) Energía emitida de vehículos, superficies del camino, peatones y otros objetos en el campo de vista.
 - 2) Energía emitida por la atmósfera y reflejada por los vehículos, superficies de caminos, peatones y otros objetos en la apertura del sensor.

La energía capturada por el sensor infrarrojo pasivo es concentrada por un sistema óptico hacia un material sensible al espectro, éste se encuentra montado en el plano focal del sistema óptico. El procesamiento de señales en tiempo real se usa para analizar la presencia de vehículos entrantes y salientes; por otro lado se utiliza también en la detección de velocidades, volúmenes vehiculares y peatonales.

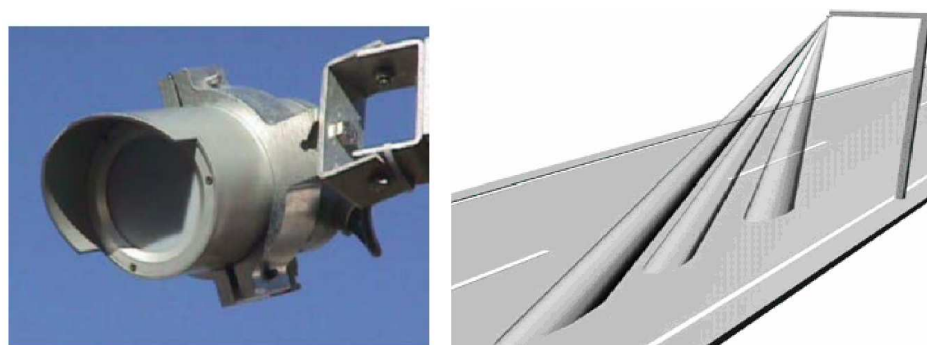


Figura 1.5 Sensor Infrarrojo Pasivo

- o **Sensores de radar láser:** sensores activos que transmiten energía en el espectro infrarrojo. Hay equipos que pueden escanear uno o dos carriles o usar múltiples haces de luz para cubrir los carriles deseados. Los radares láser detectan presencia, volumen vehicular, velocidad, longitud del vehículo, medición de cola y clasificación.

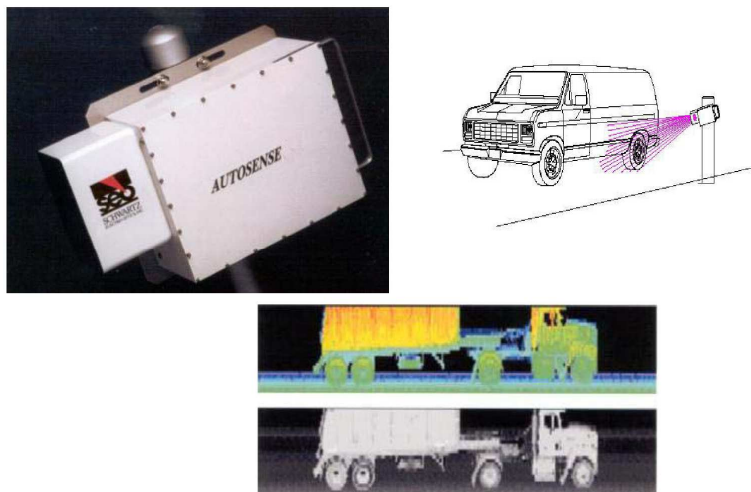


Figura 1.6 Sensor de radar láser

- o **Sensores ultrasónicos:** transmiten ondas de energía sónica en una frecuencia entre 25 y 50 kHz, lo cual se encuentra fuera del rango auditivo humano. La mayoría de los sensores ultrasónicos operan en un pulso de ondas y volumen de conteo vehicular, presencia e información de ocupación del carril.

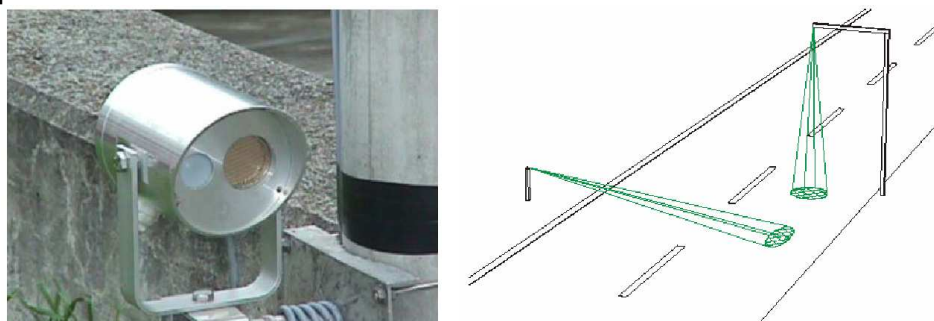


Figura 1.7 Sensor ultrasónico

- o **Sistema de detección por video:** consiste de una o más cámaras digitales, una computadora para digitalizar y analizar las imágenes además de un software para interpretar y convertirlas en datos de flujo de tránsito. Un sistema de detección de video puede reemplazar algunos sensores de lazos inductivos, proveyendo detección de vehículos a través de diferentes carriles.



Figura 1.8 Sistema de detección por video

- o **Sensores de combinación de tecnología:** combina varios tipos de sensores para conocer características del flujo de tránsito de forma más completa, que si estuvieran operando de manera independiente.

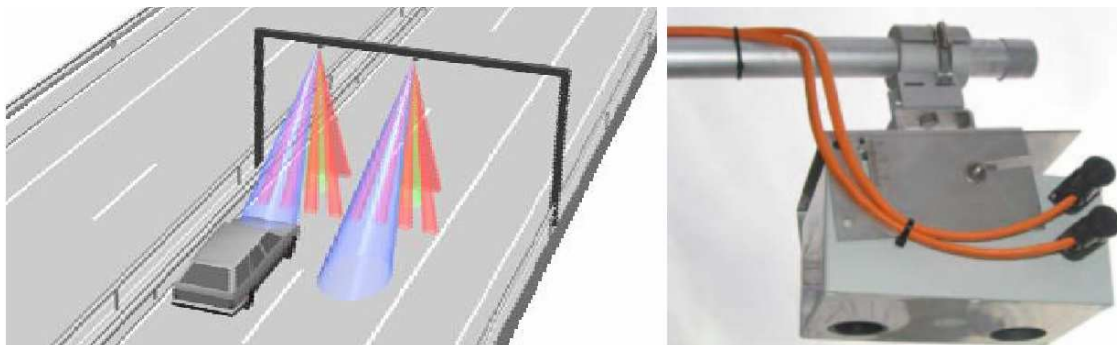


Figura 1.9 Sensores que combinan más de una tecnología.

Sensores de mangueras neumáticas: las mangueras neumáticas se utilizan como sensor de ejes, y detectan el paso del vehículo con base en el impulso de presión del aire. Este impulso se mide en un sensor de presión situado dentro del equipo de medición permitiendo al instrumento contar y clasificar; si se requiere clasificación por sentido, es necesario instalar un par de sensores por carril. Las mangueras neumáticas constituyen un procedimiento muy eficaz para conteos temporales, del orden de una semana. Cuando se realicen conteos vehiculares en calles o carreteras de varios carriles se debe utilizar uno o dos arreglos de sensores neumáticos (según sea conteo o clasificación) por cada carril, y luego mediante software separar los datos según corresponda.

Se debe cuidar la adecuada fijación de las mangueras a la calzada para evitar que los vehículos las arrastren o rompan. Éstas deben instalarse en zonas de la calzada con superficie perfectamente homogénea, sin fisura de la carpeta, para evitar que el instrumento se dañe al paso de los vehículos. Para evitar esta clase de contratiempos se debe colocar a lo ancho de toda la calzada cinta asfáltica y sobre ella fijar la manguera neumática.

El anexo 2 “Instalación de mangueras neumáticas” se describe las consideraciones que se deben tener para la instalación de este tipo de sensor, así como los aspectos de seguridad, criterios de selección de sitio, equipo de instalación, inspección de los equipos y los cuidados necesarios para evitar duplicidad de los datos mediante el empleo de equipos de rampas de protección.



Figura 1.10 Mangueras neumáticas

1.3.2 Fortalezas y debilidades de los equipos de conteo.

La selección de los equipos de conteo para el monitoreo del flujo, normalmente se asocia a las capacidades, costo de equipo y características del sitio de conteo, así como la función que los resultados desempeñarán en análisis posteriores. La selección de equipo adecuado para cada zona de monitoreo es de vital importancia en este programa, por tanto la tabla 1.1 presenta fortalezas y debilidades de los equipos más comunes del mercado.

Tabla 1.1 Fortalezas y debilidades de las tecnologías de monitoreo vial.

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
Sensor de lazo inductivo	• Diseño flexible para satisfacer gran variedad de aplicaciones.	• La instalación requiere corte de pavimento.
	• Maduro, tecnología bien entendida.	• La instalación inadecuada disminuye la vida del pavimento.
	• Amplia base de experiencia.	• Instalación y mantenimiento requieren cierre de los carriles.
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	• Lazo sujeto a tensiones de tráfico
	• Insensible a las inclemencias del tiempo, tales como lluvia, niebla y nieve.	• Múltiples lazos suelen ser necesarios para monitorear una ubicación.
	• Proporciona una mayor precisión de los datos de conteo en comparación a otras tecnologías.	• La precisión de detección puede disminuir cuando requiere detectar una gran variedad de clases de vehículos.
	• Norma común para la obtención precisa de la medición de ocupación.	• No detecta ejes en configuraciones comunes.
	• Los modelos de excitación de alta frecuencia proporcionan datos de clasificación.	

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
Sensores de Flujo Magnético	• Menos susceptible a estrés de tráfico que lazo inductivo.	• La instalación requiere corte de pavimento.
	• Insensible a las inclemencias del tiempo, como nieve, lluvia y niebla	• La instalación inadecuada disminuye la vida del pavimento.
	• Algunos modelos transmiten datos a través de la frecuencia de radio inalámbrica (RF)	• Instalación y mantenimiento requieren cierre de carriles.
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	• Equipos con zonas de detección pequeña requieren múltiples unidades para la detección del carril completo.
		• No puede detectar vehículos detenidos ni ejes.
Detectores Magnéticos (inducción)	• Puede ser utilizado cuando lazos inductivos no son viables (por ejemplo, puentes).	• La instalación requiere corte o perforación de pavimento.
	• Algunos modelos se instalan en carretera sin necesidad de cortes en el pavimento; sin embargo, se requiere perforación.	• No detecta vehículos detenidos a menos que se disponga de una manera específica y se utilice un software de procesamiento de señales.
	• Insensible a las inclemencias del tiempo, como nieve, lluvia y niebla	
	• Menos susceptible a estrés de tráfico que lazo inductivo.	
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	
Radar de Microondas	• Normalmente insensible a inclemencias climatológicas en períodos cortos.	• Detector puede eludir vehículos ocasionales que viajan de lado a lado (oclusión).
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	• Calibración y posición del sensor son cruciales para el funcionamiento correcto.
	• Operación de múltiples carriles disponibles	• No detecta ejes
	• Detecta vehículos detenidos y de lento movimiento.	
	• Asignación y cambios de carriles se pueden acomodar en la zona de medición.	

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
Radar Láser	• Transmite múltiples haces para mediciones precisas de posición de vehículos, velocidad y clases.	• Operación puede ser afectada por niebla o nieve.
	• Operación en múltiples carriles	• Instalación y mantenimiento, incluyendo limpieza de lentes periódicos, requiere cierre de los carriles.
Sensor Infrarrojo Pasivo	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación y velocidad)	• La operación puede ser afectada por condiciones climatológicas intensas.
		• Algunas modelos no se recomiendan para detección de presencia.
Sensor Ultrasónico	• Operación multi-carril disponible	• Condiciones ambientales como cambios de temperatura y turbulencia aérea pueden afectar su desempeño; algunos modelos tienen compensación de temperatura
	• Detección de vehículos con exceso de dimensión	• Los grandes períodos de impulsos pueden degradar la medición en carreteras con vehículos que viajan de moderadas a altas velocidades
	• Detección volumen y presencia	• No puede detectar vehículos detenidos ni ejes
Sistema de detección video	• Monitorea múltiples carriles y zonas.	• Instalación y mantenimiento, necesita limpieza periódica de lentes, además de un necesario cierre de carriles durante este proceso si la cámara se encuentra montada sobre el camino.
	• Fácil de agregar o modificar zonas de detección.	• Necesita línea de vista, es afectado por lluvia, nieve, reflejos, oclusión, etc.
	• Económico cuando se tiene que detectar muchas zonas o se requiere información específica	• Necesita iluminación nocturna
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	• No puede detectar ejes
		• Algunos equipos son susceptibles a vibraciones o movimientos por fuertes vientos.

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
Mangueras Neumáticas	• Maduro, tecnología bien entendida.	• Se necesita múltiples mangueras para un conteo completo y preciso en la estación de conteo.
	• Amplia base de experiencia.	• No se recomienda para tráfico lento o parado.
	• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo, volumen, presencia, ocupación, velocidad, clasificación, etc.).	• Su colocación requiere cierre parcial o total de carriles.
	• La instalación puede ser tanto fija como portátil.	• En zonas de alto volumen vehicular su instalación representa riesgos de seguridad para el personal.

Para facilitar el entendimiento de los criterios de selección para cada dispositivo, se presenta en la tabla 1.2 una comparativa resumida de las diferentes tecnologías de conteo:

Tabla 1.2 Resumen de comparativa de las diferentes tecnologías de conteo.

Tecnología	Conteo	Presencia	velocidad	Información de salida	clasificación	Multi-carril	Ancho de banda	Costo	Duración del Conteo
Sensor de lazo inductivo	X	X	X	X	X		Bajo a moderado	\$\$	
Sensor de flujo magnético	X	X	X	X			Bajo	\$ a \$\$	
Detector magnéticos (inducción)	X	X	X	X			Bajo	\$ a \$\$	
Radar de microondas	X	X	X	X	X	X	Moderado	\$ a \$\$	
Sensor ultrasónico	X	X	X	X			Bajo	\$\$	
Radar Láser	X	X	X	X	X	X	Bajo a moderado	\$ a \$\$	
Sensor infrarrojo pasivo	X	X	X	X			Bajo a moderado	\$ a \$\$	Temporal o de Corta Duración
Mangueras neumáticas	X	X	X	X	X		Bajo	\$ a \$\$	
Sistema de detección por video	X	X	X	X	X	X	Bajo a Alto	\$ a \$\$\$	

\$	Indicador relativo de costo bajo
\$\$	Indicador relativo de costo medio
\$\$\$	Indicador relativo de costo alto

1.3.3 Colocación de los sensores de acuerdo a su tecnología.

De acuerdo a su colocación, los sensores se denominan en intrusivos y no intrusivos; la Tabla 1.3 muestra los sensores que se encuentran en el mercado de acuerdo a esta clasificación:

Tabla 1.3 Tecnologías intrusivas y no intrusivas.

Intruso	No intrusivo
Detector de lazo inductivo Sensor piezoeléctrico Sensor de cuarzo Fibra óptica Magnéticos (la mayoría de los diseños de sensores) Pesadora WIM (placas de flexión, células de carga, esteras de capacitancia y tiras) Mangueras neumáticas	Sensor infrarrojos (pasivo) Sistema de detección por vídeo Radar de microondas (montados de manera superior o lateral) Sensor CW Doppler Sensor Ultrasónico Radar láser

Algunas de las desventajas que los sensores intrusivos presentan, son las siguientes:

- o En función del flujo de tránsito puede ser peligroso para el personal, la colocación, y mantenimiento de los sensores
- o La colocación y/o mantenimiento de los sensores intrusivos en operación tienen costos elevados
- o Cuando la condición del pavimento está en estado de deterioro los sensores intrusivos funcionan mal y tienen una vida útil mucho más corta
- o Si el sensor de intrusión no se instala correctamente, puede reducir la vida útil del pavimento en el punto donde es colocado

Los sensores no intrusivos se dividen en: sensores no intrusivos primarios (montados encima de la carretera) y sensores no intrusivos secundarios (montados a la orilla de la carretera). Los sensores secundarios tienen la ventaja de ser montados al lado de la carretera, esto hace que sean fáciles de instalar, acceder y mantener, por lo que son muy convenientes en las carreteras de varios carriles, aunque la detección de los vehículos que transitan en los carriles más alejados a la ubicación del sensor puede ser obstruida por los vehículos (en particular camiones) que viajan en carriles más cercanos al dispositivo. A este fenómeno se le denomina oclusión. Los resultados obtenidos cuando se presenta una oclusión subestiman el volumen total de tránsito y la velocidad de los vehículos; sesgando los cálculos totales.

1.3.4 Consideraciones para la selección del equipo de conteo

Además de los requisitos funcionales básicos discutidos anteriormente, se deben considerar otras funcionalidades de los equipos a la hora de seleccionarlos. Las consideraciones que se proponen para el proceso de selección son las siguientes:

1. Número de carriles que un equipo o sensor es capaz de contabilizar además de la capacidad que éste tiene para realizar clasificación por carril y sentido en la recopilación de datos
2. Costo del equipo (costo inicial, de colocación, operación y mantenimientos rutinarios)
3. Vida esperada del equipo de recopilación de datos
4. Las garantías proporcionadas por el fabricante o proveedor
5. Las condiciones ambientales en las que se espera opere el equipo; esto en relación a las fortalezas y debilidades del dispositivo
6. Si se cuenta con los conocimientos necesarios, herramientas y equipos de instalación, calibración y mantenimiento de los dispositivos
7. Tipo de fuente de alimentación que se utilizará (AC / DC, solar, luminaria o batería interna)
8. Capacidad del equipo para suministrar salidas de datos en formatos claros y funcionales (capacidad de integrar datos en un sistema centralizado y utilizar la información para calcular y resumir las estadísticas necesarias)
9. Existencia de un soporte técnico para el software y hardware
10. Estado del pavimento, para la colocación de sensores en la superficie y sistemas de pesadoras dinámicas (WIM por sus siglas en inglés: Weight-in-Motion)

1.4 Software y recopilación remota de tránsito.

Las exigencias del mundo actual, en conjunto al acelerado desarrollo de la ciencia y la tecnología han forzado a la ingeniería a reestructurar constantemente sus metodologías operacionales. Gracias esta situación se ha buscado evaluar problemáticas del entorno y desarrollar condiciones favorables que permitan modelarlo, esto con el fin de facilitar la toma de decisiones.

La ingeniería de tránsito como otras disciplinas, ha sido un campo de interés que ha presentado un gran desarrollo mediante el uso de computadoras y sus aplicaciones. Gracias a este avance se ha logrado una simplificación considerable en los procesos de captura y análisis de información. Sin embargo, la implementación de equipos computacionales y software para la automatización de los sistemas de monitoreo ha planteado grandes retos y consideraciones para su correcto funcionamiento.

1.4.1 Características de los softwares para el monitoreo y análisis del flujo de tránsito.

Existen en el mercado algunos proveedores de equipo de monitoreo de volumen de tránsito que cuentan con software para cuantificar y analizar las características del flujo de manera eficaz, mediante algoritmos matemáticos. Sus diferencias radican en la complejidad y calidad de los datos que pueden recolectar, así mismo el nivel de información generada a partir de los datos que se procesan.

Como mínimo un software diseñado para la recolección y análisis de información debe tener la capacidad para:

- o Dar soporte a las estaciones de conteo, sean estas estaciones de conteo maestras (fijas) o temporales (fijas o móviles)
- o Realizar informes semanales y anuales del análisis de información
- o Determinar variaciones de las características del flujo de tránsito (clasificación, volumen, velocidad, peso), ya sean éstas por periodo de: 15 minutos, hora del día, día de la semana, semana del mes, mes del año o anual
- o Calcular los diferentes parámetros del flujo de tránsito
- o Controlar el muestreo automático de las estaciones
- o Realizar los reportes automáticamente de acuerdo a los principales formatos de análisis de tránsito
- o Establecer los parámetros de clasificación vehicular, de acuerdo a normas requeridas

- o Detectar fallas en la recopilación de datos
- o Corregir los errores detectados en la recopilación de datos
- o Ser versátil al momento de compartir la información con aplicaciones (bases de datos, hojas de cálculo y sistemas GIS)
- o Calcular los factores direccionales
- o Realizar reportes automatizados de flujo vial por periodos de 15 minutos y 60 minutos

A continuación se muestran dos pantallas de software, en el modo de presentación de reportes:

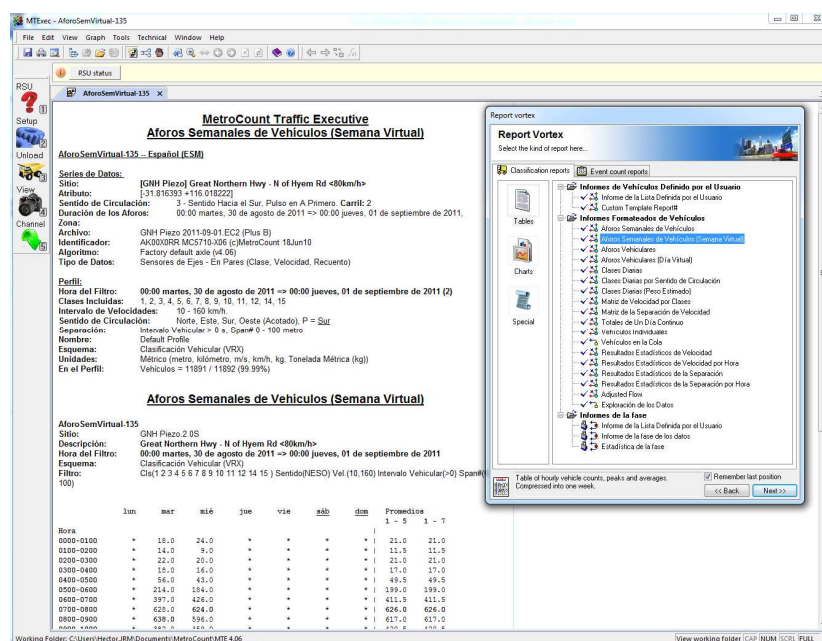


Figura 1.11 Presentación de reportes de programa Metrocount.

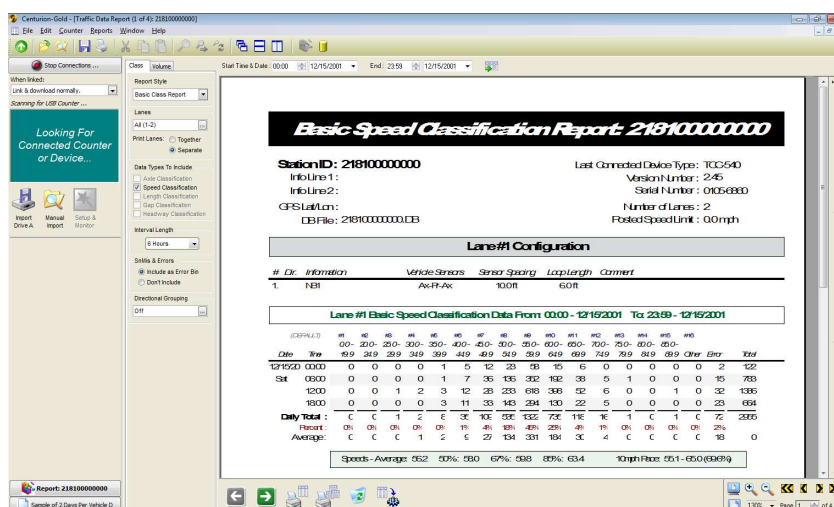


Figura 1.12 Presentación de reportes de programa Centurión GOLD.

Adicionalmente otras funciones que se deben buscar en los softwares del mercado son:

- o Permitir desplegar la localización de estaciones en un mapa digital a través de internet, con soporte de telemetría y dar soporte simultáneo a éstas
- o Permitir automatizar los periodos de envío de información vía electrónica a las oficinas centrales
- o Realizar una auditoría interna de su base de datos
- o Permitir crear y editar reglas además de restricciones para la creación de reportes
- o Contar con soporte de herramientas de proceso y scripts

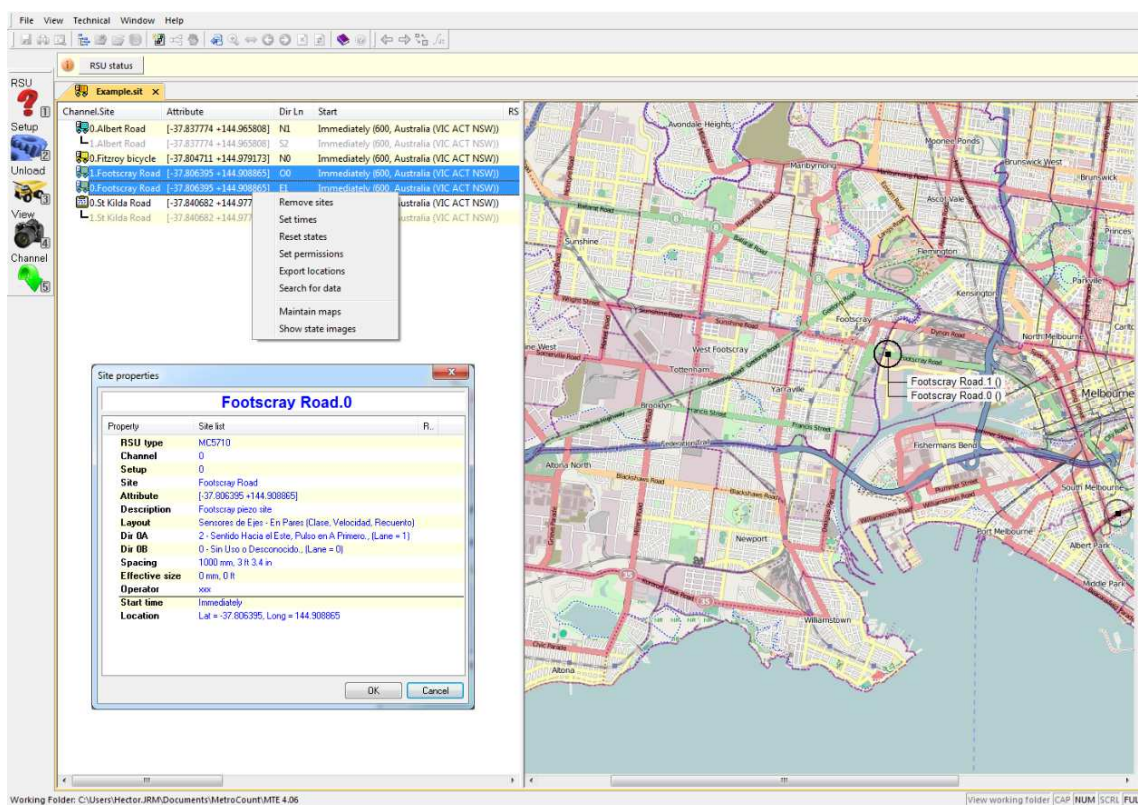


Figura 1.13 Despliegue de zonas de monitoreo en un mapa digital a través de internet con soporte de telemetría del software Metrocount.

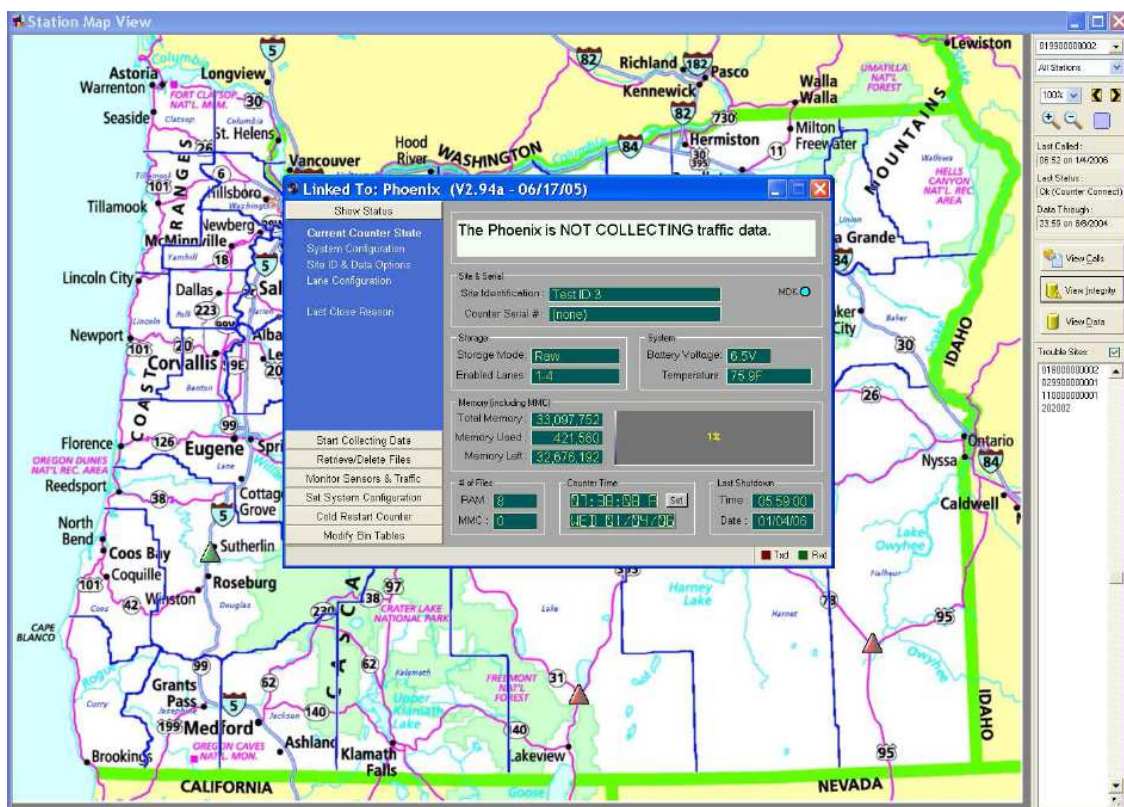


Figura 1.14 Despliegue de zonas de monitoreo en un mapa digital a través de internet con soporte de telemetría del software Centurión.

1.4.2 Comunicación entre dispositivos de conteo y oficina de procesamiento.

El empleo de aplicaciones digitales con el objetivo de automatizar las estaciones de conteo vehicular, cumplen la función de simplificar los procesos de recolección y análisis de información que alimentarán los estudios de la ingeniería de tránsito, para el planteamiento de soluciones a problemáticas presentes y futuras en la red nacional de carreteras.

La principal y más importante función del empleo de un software de monitoreo es mantener una comunicación constante entre la estación de conteo y la oficina central de procesamiento de datos. La finalidad es que esta última cuente con información en tiempo real y pueda determinar la validez de los datos contabilizados por el equipo; además de detectar posibles fallas en el instante que ocurran para posteriormente llevar a cabo las acciones de corrección.

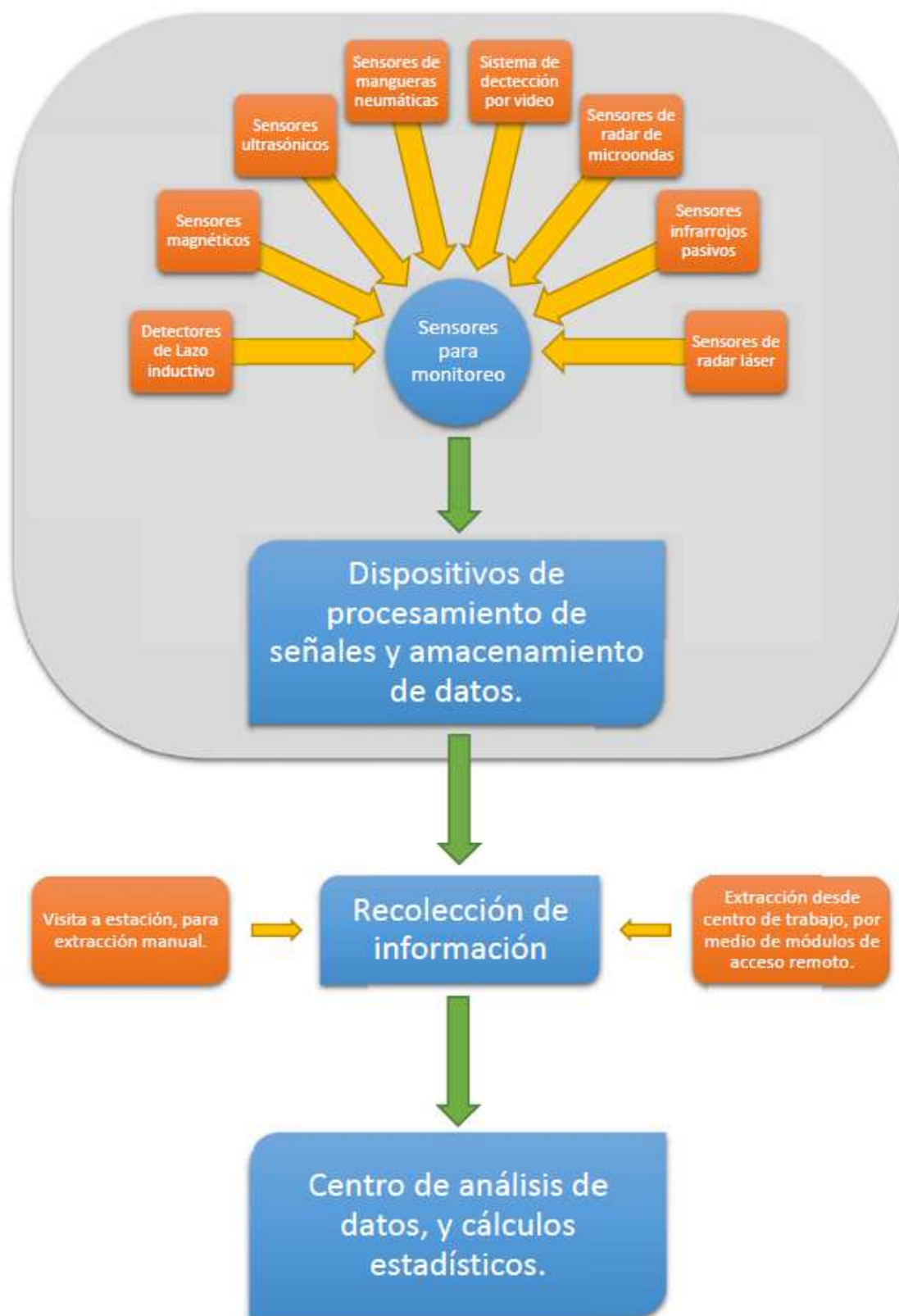


Figura 1.15 Diagrama de flujo de procesamiento de información.

1.5 Características del flujo de tránsito

Las características del flujo de tránsito son requisitos básicos para la planeación, proyecto y operación de carreteras, calles y obras complementarias dentro del sistema vial; estas características definen la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, por lo cual se puede evaluar el nivel de eficiencia y operación del servicio. Con estas características y otros elementos de la red vial, junto al conocimiento del entorno, se pueden predecir diferentes escenarios de operación a corto, mediano y largo plazo. En los siguientes apartados se presentan algunas de las características fundamentales del flujo vehicular:

1.5.1 Volumen Vehicular

El volumen vehicular es un parámetro que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista durante un periodo de tiempo (año, mes, semana, día u hora), por lo tanto los volúmenes de flujo de tránsito nunca deben considerarse estáticos. Con regularidad los volúmenes de tránsito contabilizados en una estación suelen presentar variaciones de magnitud, similares (patrones) a los existentes en estaciones cercanas geográficamente y la misma carretera, sin embargo existe la posibilidad de no ser así; a este fenómeno se le conoce como correlación entre estaciones de conteo.

El comportamiento del volumen de tránsito en una carretera se debe definir con los parámetros correspondientes. Estos parámetros de los volúmenes de tránsito se describirán más adelante.

1.5.1.1 Parámetros de los volúmenes de flujo de tránsito

Los parámetros del conteo de volumen vehicular comúnmente hacen referencia a elementos necesarios para el análisis estadístico de carreteras. Algunos de los elementos más utilizados son: el factor K, el factor de dirección (D) y el factor de hora de máxima demanda (FHMD), el TDPA, el TDPM, el TDPS y el TDP. Éstos serán definidos más adelante.

Otros factores útiles para el análisis estadístico de las estaciones son los factores estacionales, también conocidos como Factores para la semana del año (Fs), para el día de la semana (Ds) y para la hora del día (H). Los factores mencionados se calculan para realizar ajustes a los datos que se recolectaron de las estaciones temporales.

Factores estacionales: considerando que el flujo de tránsito presenta patrones de variación en tiempo, volumen y clasificación, el factor estacional se utiliza para corregir el sesgo estacional en los conteos temporales, utilizando información de las estaciones maestras.

Factores para la semana del año (Fs): el factor semanal se utiliza para corregir el sesgo de la semana en el año de los conteos temporales.

Factores para el día de la semana (D_s): se aplica a conteos menores de una semana y mediante este factor se puede extrapolar el TDPS.

Factor para la hora del día (H): es un factor de corrección para el conteo vehicular en una hora específica del día.

Factor K : Es la proporción entre volumen horario de proyecto y el porcentaje del TDPA que transita. Comúnmente este valor se encuentra del 8% al 16% del TDPA, siendo 8% el valor para áreas urbanas y suburbanas, y el 16% el valor para carreteras federales. En un histograma de relación entre los volúmenes horarios más altos del año y el porcentaje del TDPA a lo largo de esas horas (Fig. 1.16), estos porcentajes representan por lo general la treintava o cincuentava hora de volumen en el rango registrado.

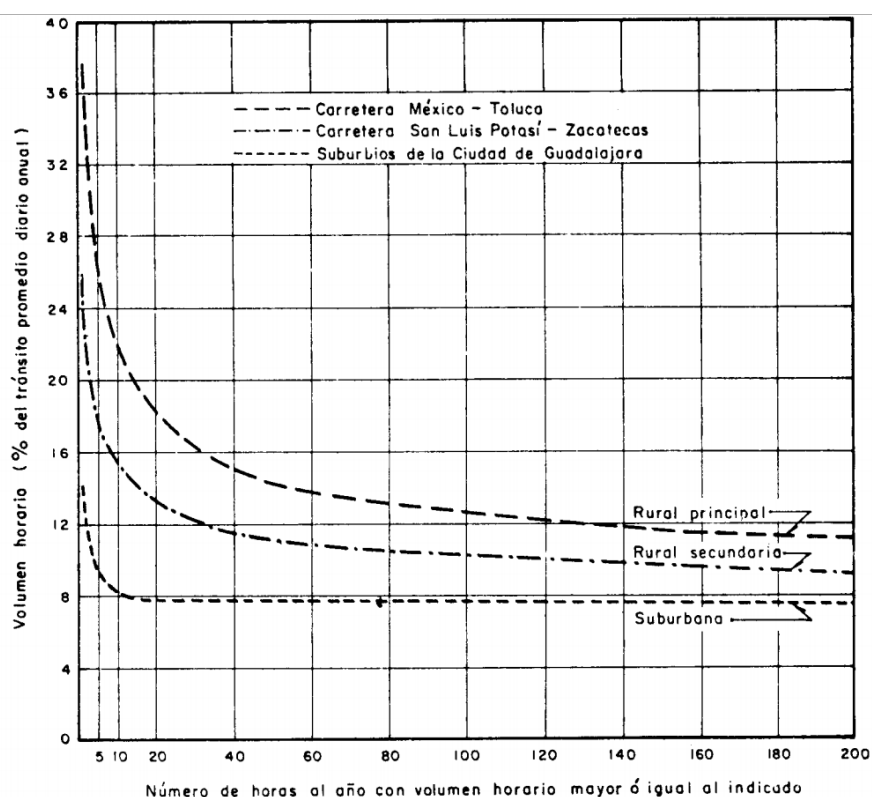


Fig. 1.16 Relaciones entre volúmenes horarios más altos del año y el tránsito promedio diario anual.
 Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras

Factor de dirección (D).- El factor de distribución direccional es la proporción de tránsito que viaja en la dirección pico durante una hora seleccionada; generalmente se expresa como un porcentaje. En algunas ocasiones el factor direccional se compone de una comparativa de todo el día.

Factor Hora de Máxima Demanda ($FHMD$).- Es el volumen horario durante la hora de máximo volumen de tránsito en un día, dividido entre el volumen más alto de 15 minutos alcanzado esa hora multiplicado por cuatro; es una medida de

uniformidad de la demanda de hora pico y un factor que se utiliza en diferentes análisis de tránsito para considerar la concentración vehicular en periodos cortos.

Tránsito Promedio Diario (TDP).- Es el volumen total durante un período de tiempo (en días enteros), superior a un día y menor a un año, dividido entre el número de días en ese período de tiempo.

Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS).- Es el volumen total de flujo de tránsito de vehículos de una carretera durante una semana; puede ser el promedio de los 7 días de una semana, el de 4 semanas en el mes o la media de todos los promedios de cada día de la semana, es decir la suma de los promedios de todos los días lunes de un mes.

Tránsito Diario Promedio Mensual (TDPM).- Es la media del volumen mensual del flujo de tránsito calculado a partir del promedio de los volúmenes diarios de todos los días que componen el mes de conteo. Esto quiere decir: existirá un TDPM para cada mes del año.

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).- Es el promedio total del volumen del flujo de tránsito de vehículos de una autopista o carretera en un año, dividido entre 365 días con el propósito de representar el flujo de tránsito en un día típico del año. Existen dos procedimientos básicos para el cálculo de TDPA:

- o Promedio simple de todos los días.
- o Promedio de promedios (Método AASHTO).

En la primera de estas técnicas, el TDPA se calcula como el promedio simple de un año determinado. Si faltaran algunos días con datos, el denominador se reduce simplemente al número de días contabilizados. La ventaja de este enfoque es su simplicidad y fácil programación. La desventaja es que con la presencia de datos faltantes se pueden causar sesgos (y por lo tanto inexactitud) en el valor TDPA calculado. En particular, los bloques de datos de días faltantes pueden sesgar los valores anuales, mediante la eliminación de los datos que tienen características específicas.

Cuando se calcula el flujo de tránsito promedio mensual por el método del promedio simple, los datos faltantes pueden sesgar los resultados cuando un número desigual de días entre semana o fin de semana se quitan del conjunto de datos. Debido a que las estaciones maestras de conteo puedan tener algún tiempo de inactividad durante un año y esto genere la pérdida considerable de días por cuantificar, el método AASHTO ha adoptado un enfoque diferente para el cálculo del TDPA; el enfoque de AASHTO es calcular primero los días promedio de la semana mensuales. Estos 84 valores se promedian para obtener el TDPA.

Este método tiene en cuenta explícitamente los datos faltantes mediante la ponderación del mismo día cada semana a lo largo del mes, independientemente del número de días realmente presentes dentro de esa categoría; sin embargo, se debe considerar entre uno y cinco registros para cada día de la semana para un

mes específico. Por ejemplo, si sólo dos sábados y tres lunes están presentes para junio, el procedimiento de AASHTO permite que los dos sábados puedan ser utilizados para estimar la media del sábado de ese mes, mientras que tres lunes se utilizan para calcular la media del día seleccionado. El cálculo de estos siete valores de los días de la semana se utiliza para obtener el promedio del mes de junio, y así mantener el equilibrio adecuado entre semana y fin de semana.

1.5.1.2 Variación del volumen vehicular

En esta sección se discuten los conceptos de variabilidad que se encuentran en los patrones de flujo de tránsito y se describe cómo esta variable afecta al diseño de un programa de monitoreo de flujo de tránsito. Los volúmenes vehiculares suelen cambiar respecto al tiempo y localización. Es decir, el flujo vehicular no es uniforme durante el transcurso del día, semana, mes o año, sino cambiante; de igual modo, los patrones de flujo de tránsito son diferentes en autopistas urbanas a los de carreteras rurales. Un buen programa de monitoreo de tránsito recoge datos para la solución de un sin fin de cuestiones y problemas que se presentan en la red de carreteras nacionales, por lo tanto, los esfuerzos de recolección de datos deben proporcionar una comprensión precisa de los patrones y cómo están cambiando a través del tiempo.

Los elementos que componen y permiten describir con precisión el flujo de tránsito sufren cambios a través del tiempo, a lo cual influye también la zona de estudio. Cabe mencionar que el flujo de tránsito varía en diferentes escalas de tiempo, entre las que se incluye:

- o Hora del día
- o Día de la semana
- o Semana del mes
- o Mes del año

El flujo de tránsito en una carretera es variable de acuerdo a la localización del conteo y la dirección en que se esté cuantificando el volumen de tránsito, incluso existen cambios en su clasificación de una estación a otra. Una carretera con 5,000 vehículos por día puede tener un volumen de camiones casi nulo, mientras que otro camino con el mismo volumen de vehículos puede tener 1,000 camiones por día en conjunto a 4,000 automóviles. Del mismo modo, una sección de carretera puede ser atravesada por 1,000 camiones con su capacidad de carga máxima por día, mientras que una carretera cercana es utilizada por 1,500 camiones cargados parcialmente; esto sin contar variaciones en direcciones y tiempo que presenta el volumen de tránsito. Lo anterior se refleja en diferentes condiciones de operación y costos, además de diferentes daños en las estructuras de pavimentos, entre otros.

A. Variación horaria

El uso de un camino presenta cambios durante el transcurso del día, y tiene diferente comportamiento vehicular durante los fines de semana y días laborales. En la mayoría de las carreteras, volúmenes de tránsito aumentan durante el día y disminuyen por la noche. En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de la dirección general de servicios técnicos, realiza anualmente programas de conteo en la red carretera nacional, cuyos resultados son publicados en los documentos denominados "Datos Viales"; en la figuras 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20 se detalla esta variación.

Los automóviles dividen su comportamiento en dos patrones base, ya sea el patrón tradicional viaje de dos crestas, también llamado patrón urbano (Figura 1.17 y 1.18) o el patrón de una sola cresta comúnmente visto en zonas rurales (Figura 1.19 y 1.20), donde los volúmenes de flujo de tránsito siguen creciendo durante todo el día hasta que disminuyen por la tarde.

En el periodo diurno el volumen de automóviles es mayor en comparación a los presentados por camiones de carga, por lo cual el patrón de viajes en automóvil domina las estadísticas. Cuando se presenta el periodo nocturno, el volumen de automóviles disminuye significativamente, mientras que los movimientos de camiones de carga se mantienen, de manera que el volumen de camiones total aumenta considerablemente, por lo tanto es importante considerar los factores de variabilidad por separado.

De las figuras 1.17 a la 1.20 se muestra el movimiento del volumen vehicular por clasificación durante las 24 horas, en el transcurso de la semana laboral y fin de semana; los datos se expresan en porcentajes de volumen total diario por clasificación. Estos cambios en volúmenes de tránsito son significativos, y es importante considerarlos para el diseño y ejecución del programa de monitoreo, así como el cálculo y reporte de estadísticas de resumen. De la gráfica se interpreta, que los comportamientos de vehículos ligeros y autobuses de pasajeros son similares, ya que para ambos su principal función es el traslado de pasajeros, y estos ocurren durante el día principalmente. La diferencia que existe gira entorno a los movimientos de vehículos de carga, debido a que el traslado de mercancías se realiza durante las 24 horas del día.

VARIACIÓN HORARIA DEL VhP_m VS $TDPS_{mT}$ POR CLASIFICACIÓN

Ent. Jorobas [15816 - 15817]
(L-M-M-J)

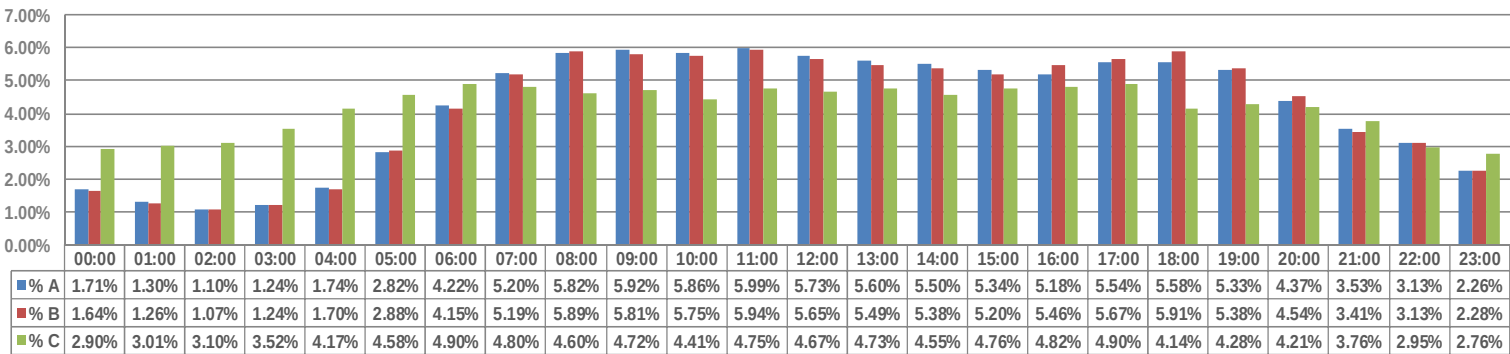


Figura 1.17 Patrones de variación horaria de tiempo de trabajo para la plaza de cobro: 197 Tepotzotlán, Edo. de México.

VARIACIÓN HORARIA DEL VhP_m VS $TDPS_{mR}$ POR CLASIFICACIÓN

Ent. Jorobas [15816 - 15817]
(V-S-D)

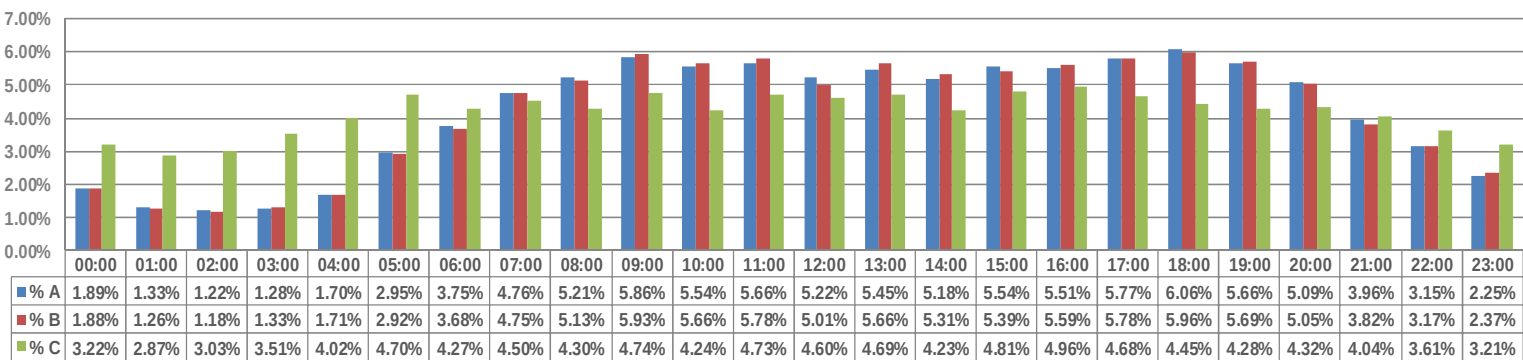


Figura 1.18 Patrones de variación horaria en tiempo de recreación para plaza de cobro 197 Tepotzotlán, Edo. de México.

VARIACIÓN HORARIA DEL Vh_p VS $TDPS_{mT}$ POR CLASIFICACIÓN

X. C. Santiago Tuxtla - Playa Vicente [30573 - 30574]

(L-M-M-J)

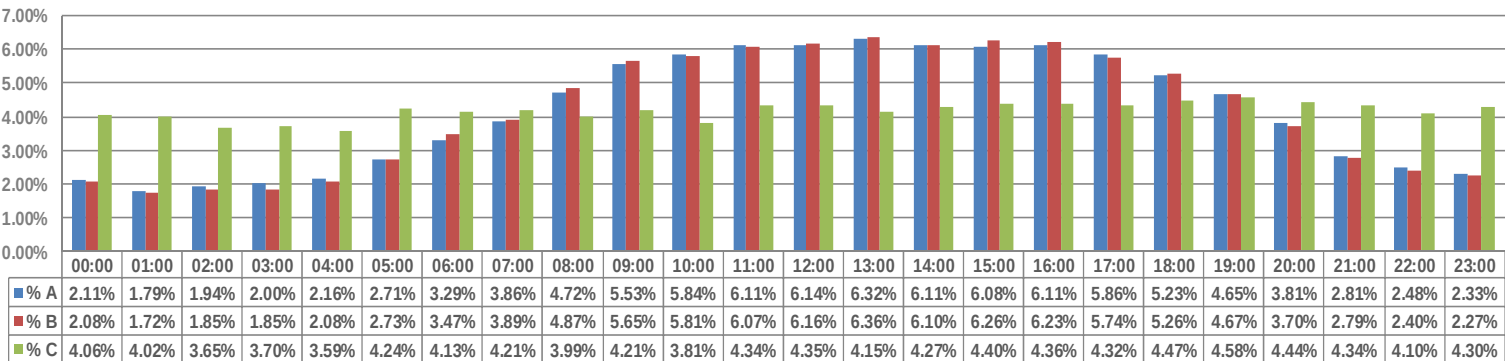


Figura 1.19 Patrones de variación horaria en tiempo de trabajo para la plaza de cobro 131 Cosamaloapan, Edo. de Veracruz.

VARIACIÓN HORARIA DEL Vh_p VS $TDPS_{mR}$ POR CLASIFICACIÓN

X. C. Santiago Tuxtla - Playa Vicente [30573 - 30574]

(V-S-D)

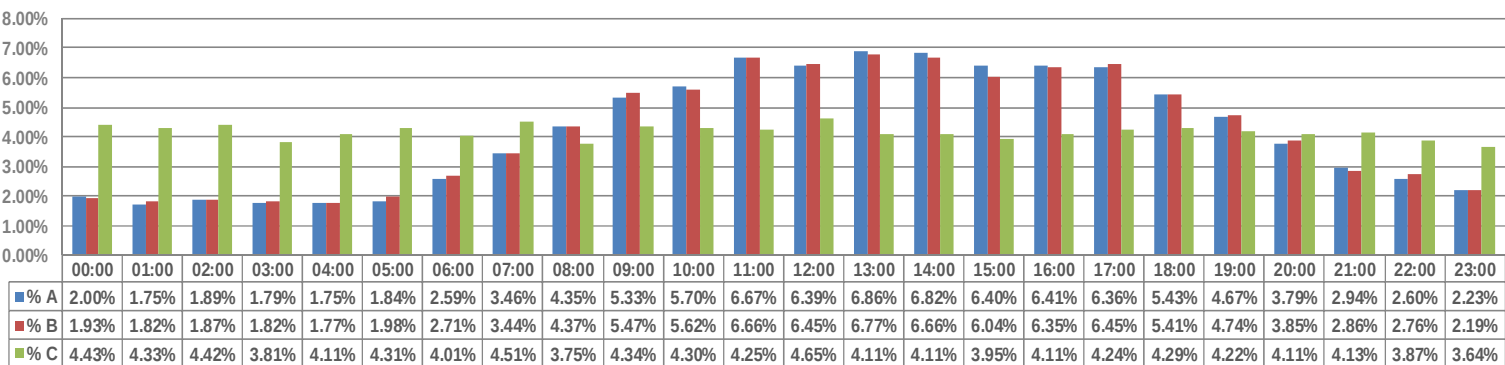


Figura 1.20 Patrones de variación horaria en tiempo de recreación para la plaza de cobro: 131 Cosamaloapan, Edo. de Veracruz.

B. Variación diaria semanal

Los días de la semana presentan patrones vehiculares distintos. En las figuras 1.21, 1.22 y 1.23 se muestran diferentes patrones de comportamiento que presenta el volumen de tránsito durante la semana, con una división de tres categorías vehiculares diferentes. Los resultados se expresan en porcentaje del tránsito diario promedio semanal. Estas operaciones están ligadas al tipo de camino y actividad que se realizan en la zona; se describen los ejemplos con las siguientes figuras:

- o **Figura 1.21:** Muestra un comportamiento de volumen vehicular constante durante los días de semana laboral, mientras que para fines de semana se presenta una disminución en volúmenes de tránsito; esto puede deberse a que los movimientos corresponden principalmente a fines laborales. En lo referente a clasificación vehicular, el comportamiento de vehículos para las tres categorías es similar.

VARIACIÓN DIARIO SEMANAL VS TDPM_m POR CLASIFICACIÓN

T. Der. Puenteillas [11236 - 11436]

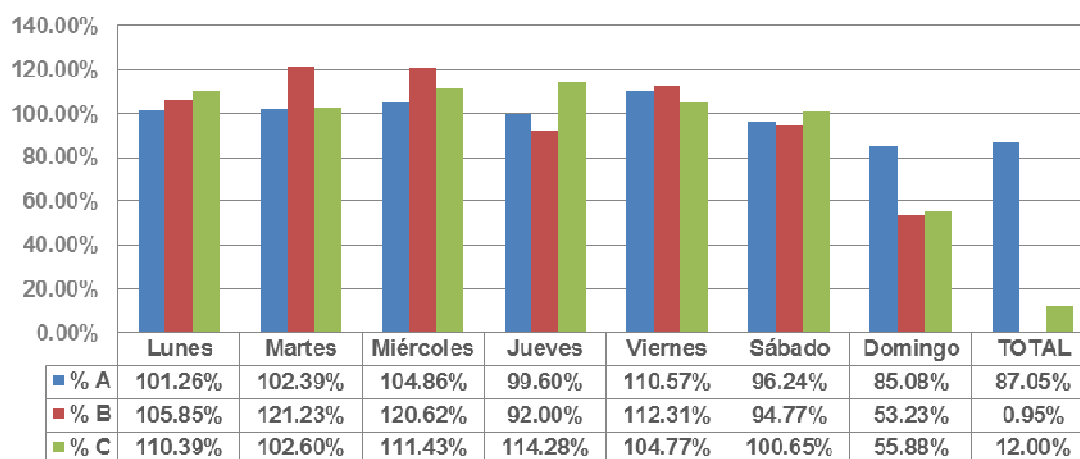


Figura 1.21 Patrón típico 1 de variabilidad de tránsito semanal. Tramo Guanajuato – Santa Rita, Edo. De Guanajuato.

- o **Figura 1.22:** se muestra un patrón de volumen uniforme durante la semana laboral, mientras que fines de semana presentan un aumento considerable debido al movimiento vehicular estos días, principalmente para actividades recreativas. En lo referente a clasificación vehicular, el comportamiento que manifiestan los vehículos de transporte de pasajeros y de carga es similar al de la figura 1.21, sin embargo el movimiento de automóviles crece en fines de semana.

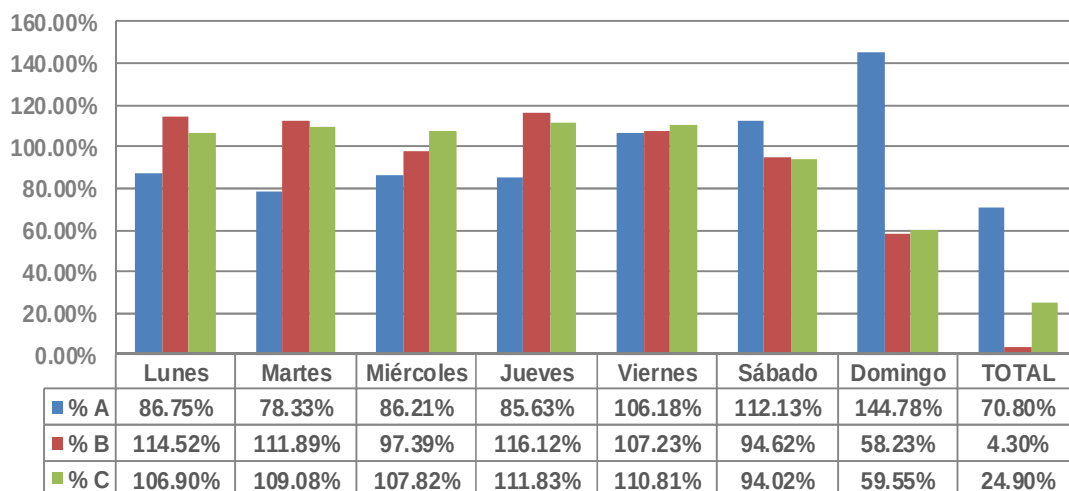
VARIACIÓN DIARIO SEMANAL VS TDPM_m POR CLASIFICACIÓN
Ent. Jorobas [15816 - 15817]


Figura 1.22 Patrón típico 2 de variabilidad de tránsito semanal. Caseta de cobro 197 Tepetzotlán, Edo. De México.

o **Figura 1.23:** se muestra un comportamiento constante en volúmenes de tránsito durante toda la semana, sin diferencia entre semana laboral y fin de semana.

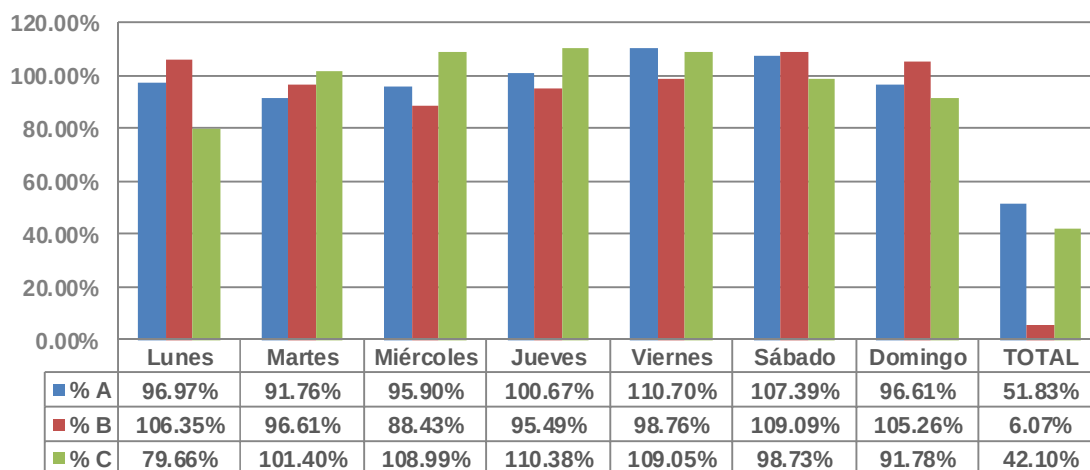
VARIACIÓN DIARIO SEMANAL VS TDPA_m POR CLASIFICACIÓN
(131 Cosamaloapan) Veracruz TDPA=11,425


Figura 1.23 Patrón de camiones de carga con variabilidad de tránsito semanal uniforme. Caseta de cobro 131 Cosamaloapan, Edo. De Veracruz.

Los analistas deben considerar los diferentes patrones de viaje para cada caso particular. Como la obtención del índice de accidentes, se debe considerar la variación temporal de tránsito mostrada en la figura anterior, del mismo modo en el análisis de seguridad las comparaciones de tasas de accidentes para diferentes clasificaciones de vehículos deben tomar en cuenta estas variables.

C. Variación mensual.

La variación mensual en los patrones de volúmenes, debe ser considerada para la obtención de los patrones de comportamiento anual del volumen de tránsito, mismos que se utilizarán en la determinación de la correlación entre las estaciones maestras de un mismo conglomerado. Estaciones maestras en donde exista correlación mostrarán patrones similares de comportamiento al graficar el TDPM durante el año de monitoreo, como se muestra en la fig. 1.24.

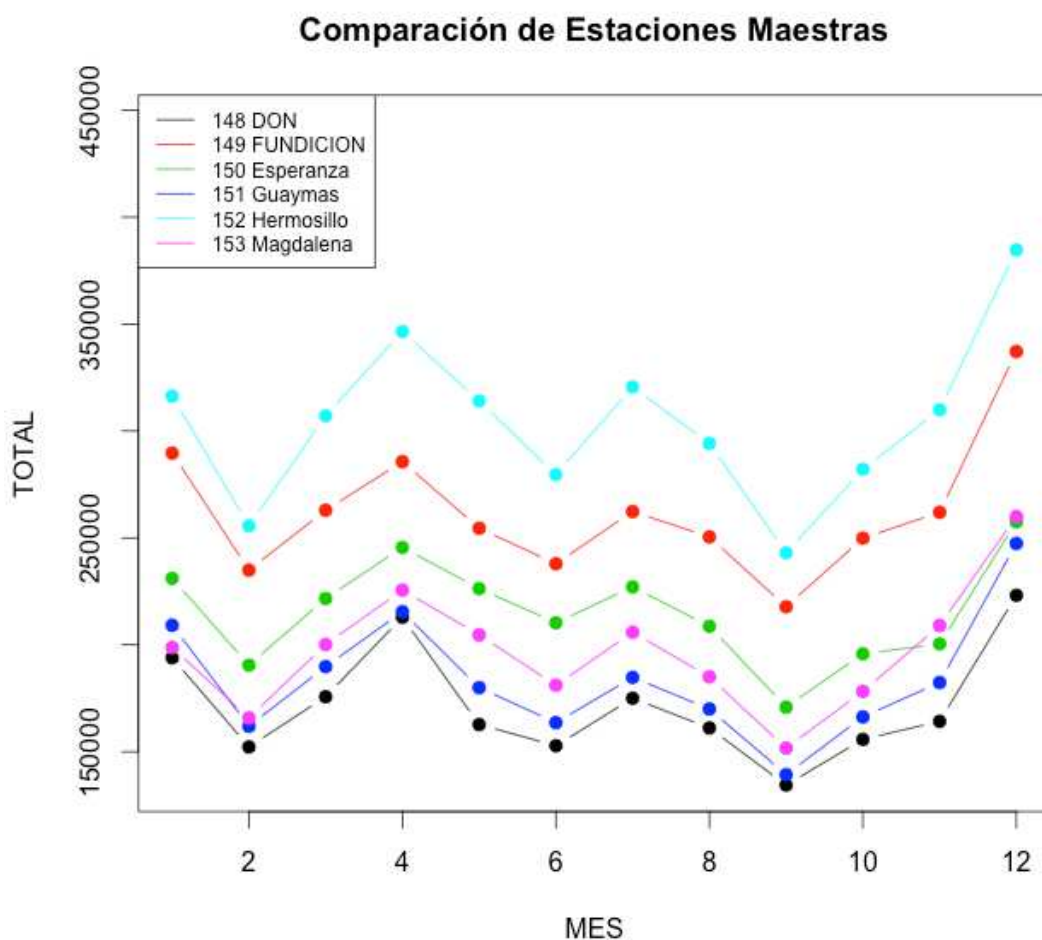


Figura 1.24 Patrón de variabilidad mensual del conglomerado de Sonora.

D. Variación direccional y distribución por carril.

La mayoría de las carreteras presentan diferencias en volúmenes de tránsito, de acuerdo a la dirección y hora del día en que se realice el conteo. El viaje urbano tradicional implica un movimiento significativo de entrada por la mañana y un de salida en la tarde.

Los volúmenes y características de camiones cambian según su dirección de desplazamiento, es decir, cuando se encuentran cargados al iniciar su recorrido, y al regresar a su punto de partida sin cargamento. Los volúmenes en función de la

clasificación vehicular también pueden cambiar de una dirección a otra, al acoplar o retirar remolques o semirremolques al camión, para transportar menor o mayor carga.

Muchos dispositivos de monitorización de flujo de tránsito pueden producir estadísticas de distribución por carril de manera rutinaria, estos datos cumplen la función de proporcionar el porcentaje de vehículos que circulan por un carril en la hora pico. Los factores obtenidos del monitoreo de movimientos direccionales y distribución por carril como parte de los programas de conteo, son principalmente utilizados en aplicaciones de: proyección de tránsito y diseño de pavimentos. Este procedimiento ayuda en la toma de decisiones al momento de realizar una estimación de porcentajes de clasificación y volumen vehicular, los cuales se utilizarán para diseños, análisis y pronósticos de rendimiento de un camino.

E. Variación geográfica

El último tipo de variación a discutir es la espacial, es decir, cómo los volúmenes cambian de un tramo a otro en la misma carretera. Algunos tramos de carretera simplemente llevan más vehículos que otros y por ello, muchos patrones básicos del volumen de tránsito son geográficamente afectados. Es importante contar con suficientes estaciones de conteo para establecer zonas de cambio de volumen significativo.

Un área importante en el monitoreo de volúmenes de tránsito es crear mapas de volúmenes viales, que muestren dónde recaen más los movimientos vehiculares según su clasificación en la red vial. Esto con el fin de lograr los siguientes objetivos:

- o Priorizar el mantenimiento y la mejora del tramo
- o Establecer directrices de diseño geométrico y mantenimiento de pavimentos para el flujo de tránsito vehicular previsto
- o El estudio de los efectos de cambios regulatorios en movimientos de mercancías y bienes (tales como el abandono de líneas de ferrocarril)

Los mapas de volumen vial, a menudo revelan que existen rutas de caminos, independientemente del volumen de tránsito total y la clasificación funcional de las carreteras implicadas. Sirviendo esto como antecedente para la creación de nuevas rutas, donde los vehículos circulen por vías con suficiente capacidad geométrica para su acomodo.

1.5.2 Clasificación Vehicular.

Este sistema de clasificación separa vehículos en categorías, dependiendo de si llevan pasajeros o carga. Los vehículos de carga se subdividen por el número de ejes y unidades, incluyendo tanto las unidades de energía y remolque.

Los equipos de conteo automático que clasifican a los vehículos por ejes, se basan en un algoritmo para interpretar la información de distancia entre ejes y así

llevar a cabo una clasificación los vehículos. Se deben considerar las especificaciones que dan los fabricantes de las distancias entre ejes de los vehículos, por lo que resulta muy importante probar y calibrar el algoritmo del software de conteo de tal manera que se emplee la clasificación establecida en la norma mexicana vigente (NOM-012-SCT2-2014).

En la supervisión del flujo de tránsito, el sistema de clasificación de vehículos más utilizado por los equipos de conteo, es el de las 13 clases de vehículos, desarrollado por "The Federal Highway Administration" (F.H.W.A.), el cual se presenta en la Figura 1.25. Si bien la clasificación de las 13 clases de vehículos no aplicaría dentro de la república mexicana, es importante establecer una comparación entre ambas clasificaciones para diferentes análisis de ingeniería. En las figuras 1.26, 1.27 y 1.28 se presentan la relación de las diferentes clasificaciones de la F.H.W.A. (Estados Unidos) y la SCT (México).

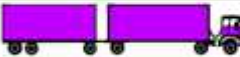
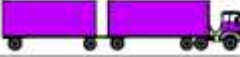
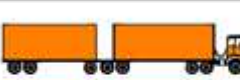
Class 1 Motorcycles		Class 7 Four or more axle, single unit	
Class 2 Passenger cars		Class 8 Four or less axle, single trailer	
			
			
			
Class 3 Four tire, single unit		Class 9 5-Axle tractor semitrailer	
			
			
Class 4 Buses		Class 10 Six or more axle, single trailer	
		Class 11 Five or less axle, multi trailer	
			
Class 5 Two axle, six tire, single unit		Class 12 Six axle, multi-trailer	
		Class 13 Seven or more axle, multi-trailer	
			
Class 6 Three axle, single unit			
			
			
			

Figura 1.25 Clasificación de vehículos (F.H.W.A.)

RELACIÓN ENTRE DIFERENTES CLASIFICACIONES DE VEHÍCULOS							
ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS		DATOS VIALES	PLAZAS DE COBRO	AFORO CAMPO	NOM-012-SCT2-2014		
Clase 1 Motocicletas		M	M	1			
Clase 2 Automóviles		A	A	2			
	 		AR				
Clase 3 Unitario, 4 llantas	 		A	3			
	 		AR				
Clase 4 Autobuses	  	B	B	4	B2 2 ejes, 6 llantas 	B3 3 ejes, 8 ó 10 llantas 	B4 4 ejes, 10 llantas 
CAMIÓN UNITARIO	Clase 5 Unitario, 2 ejes, 6 llantas	C2	C2	5	C2 2 ejes, 6 llantas 		
	Clase 6 Unitario, 3 ejes				C3	C3	6

Figura 1.26 Comparación entre clasificaciones de vehículos F.H.W.A. y S.C.T. Clase 1-6.

	ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS		DATOS VIALES	PLAZAS DE COBRO	AFORO CAMPO	NOM-012-SCT2-2014		
CAMIÓN REMOLQUE	Clase 7 Unitario, 4 ó más ejes		Otros	C4	7	C2-R2 4 ejes, 14 llantas 		
				C5	11	C3-R2 5 ejes, 18 llantas 	C2-R3 5 ejes, 18 llantas 	
				C6	12	C3-R3 6 ejes, 22 llantas 		
				C7	14			
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO	Clase 8 4 ó menos ejes, un remolque		Otros	C3	6	T2-S1 3 ejes, 10 llantas 		
				C4	8	T2-S2 4 ejes, 14 llantas 		
				C4		T3-S1 4 ejes, 14 llantas 		
	Clase 9 5 ejes, un semi remolque		T3-S2	C5	9	T3-S2 5 ejes, 18 llantas 		
				C5	11	T2-S3 5 ejes, 18 llantas 		
	Clase 10 6 o más ejes, un remolque		T3-S3	C6	10	T3-S3 6 ejes, 22 llantas 		

Figura 1.27 Comparación entre clasificaciones de vehículos F.H.W.A. y S.C.T. (Clase 7-10).

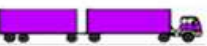
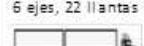
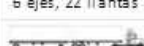
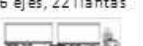
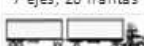
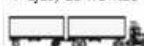
ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS		DATOS VIALES	PLAZAS DE COBRO	AFORO CAMPO	NOM-012-SCT2-2014			
TRACTOCAMIÓN SEMIREMOLQUE-REMOLQUE	Clase 11 5 o menos ejes, multi remolque		Otros	C5	11	T2-S1-R2 5 ejes, 18 llantas 		
	Clase 12 6 ejes, multi remolque		Otros	C6	12	T2-S1-R3 6 ejes, 22 llantas 		
						T3-S1-R2 6 ejes, 22 llantas 		
						T2-S2-R2 6 ejes, 22 llantas 	T2-S2-S2 6 ejes, 22 llantas 	
	Clase 13 7 o más ejes, multi remolque		Otros	C7	14	T3-S1-R3 7 ejes, 26 llantas 		
						T3-S2-R2 7 ejes, 26 llantas 		
						T3-S2-R3 8 ejes, 30 llantas 		
			T3-S2-R4	C9	13	T3-S3-S2 8 ejes, 30 llantas 		
						T3-S2-R4 9 ejes, 34 llantas 		
		 						14

Figura 1.28 Comparación entre clasificaciones de vehículos F.H.W.A. y S.C.T. (Clase 11-13).

Otra metodología utilizada frecuentemente es la clasificación de vehículos de acuerdo a su longitud; consiste esencialmente de cuatro contenedores de longitud generalizados, los cuales se aproximan a las siguientes categorías de vehículos: automóviles, camiones pequeños, camiones grandes, camiones con multi-remolque; o bien como marca la norma mexicana NOM-012-SCT-2-2014: Camión Unitario, Camión Articulado, Camión Remolque y Tracto-Camión Semirremolque-Remolque, además de incluir los autobuses y los automóviles.

Además de su simplicidad, una ventaja de los sistemas de clasificación de longitud es que esta característica del vehículo se puede calcular fácilmente por un número de sensores que no necesariamente calculan características de eje. Por lo tanto, muchos de los dispositivos pueden recopilar volúmenes por la longitud del vehículo sin necesidad de instalación especial y sólo colocando sensores por encima o al lado de la calzada, limitando la necesidad de personal para la colocación de los sensores.

La principal desventaja de clasificar los vehículos por longitud es que no existe una correlación exacta entre carga del vehículo y longitud del mismo, por lo tanto la información recabada con base en la longitud del vehículo es insuficiente para la realización de determinados proyectos como: diseño de estructura de pavimento y diseño de estructura de puente.

Tabla 1.4 Tecnologías comunes para clasificar vehículos motorizados.

Tecnologías basada en número de Ejes	Tecnologías basada en longitud del vehículo
Infrarrojos (pasivo)	Bucles de inducción dual
Radar láser	Bucles inductivos (firma circular)
Piezoelectrónico	Magnética (magnetómetro)
Sensor de cuarzo	Sistema de detección de vídeo
Fibra óptica	Radar de microondas
Bucle inductivo firmas	Sensores CW Doppler
Esteras de capacitancia	
Doblado de placas	
Las celdas de carga	
Contacto cierres de interruptores	
Sistemas de bucle inductivo especializados	
Cualquiera de los anteriores combinarse con bucles inductivos	
Mangueras neumáticas	

1.5.3 Velocidad vehicular

El parámetro de velocidad vehicular se refiere como la velocidad en el punto donde se localiza el sensor de monitoreo, obteniendo un valor para cada vehículo en unidades de kilómetro por hora. Obtenerla es un parámetro comúnmente deseado para proporcionar información de interés en el seguimiento y presentación de informes sobre el rendimiento de carreteras; al determinarse con este valor]: dónde, con qué frecuencia, en qué tiempo y en qué medida se congestiona un tramo determinado de la red carretera. Por otro lado, los interesados en estudios de seguridad e impacto ambiental requieren de la distribución relativa de la velocidad, el volumen y los tipos de vehículos que circulan en la carretera para realizar sus pronósticos.

Las tecnologías modernas de monitoreo del flujo de tránsito producen generalmente una medición de velocidad como parte de sus funciones rutinarias. Por esta razón el factor determinante en la selección de equipos de recopilación de velocidad recae en cómo el dispositivo informa la velocidad de los vehículos individuales, pues con normalidad los equipos se diseñan para proporcionar un reporte de velocidad media en un intervalo de tiempo para todos los vehículos; destacando que aunque ambas mediciones representan información de la velocidad de los vehículos, la utilidad de los datos es muy diferente.

1.5.4 Peso vehicular

El peso bruto de cada vehículo en carretera se mide considerando la fuerza local de la gravedad que actúa sobre la masa compuesta de todos los componentes de cada vehículo, y se distribuye entre los neumáticos del mismo a través de conectores tales como resortes, amortiguadores de movimiento y bisagras.

Los sistemas de pesadoras dinámicas llamadas comúnmente sistemas WIM (Weight-in-Motion) son capaces de pesar los vehículos sin necesidad de detener al vehículo. Los sensores que utilizan los sistemas WIM están diseñados para detectar no sólo la presencia de un eje, sino para medir la fuerza aplicada por éste durante el periodo de tiempo que entra en contacto con el sensor. Un análisis sofisticado procesa la señal producida con el fin de establecer el peso de cada eje que pasa y la distancia entre ejes. Los pesos para todos los ejes asociados con un vehículo se combinan para estimar el peso total del mismo.

Las tecnologías WIM más comunes son los sistemas de placas piezoeléctricas y flexión. Hay una variedad de diferentes tecnologías piezo-eléctricas y sensores de cuarzo, cada una de ellas con sus fortalezas y debilidades específicas. En suma a lo anterior, otras tecnologías tales como cables de fibra óptica, células de carga (hidráulica y mecánica), además de algunas mangueras neumáticas, pueden ser utilizadas como sensores de peso, bajo ciertas condiciones, por lo cual se debe tener especial cuidado en su colocación, cuando serán utilizadas para esta función.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

CAPÍTULO 2

CAPITULO 2 ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO, EJECUCIÓN Y ENTREGA DE RESULTADOS DEL PROGRAMA MONITOREO DEL FLUJO DE TRÁNSITO

Introducción.

Necesidades que cubre el programa de monitoreo.

Desarrollo del programa de monitoreo.

Ejecución del programa de monitoreo.

Resultados del programa.

CAPITULO 2 ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO, EJECUCIÓN Y ENTREGA DE RESULTADOS DEL PROGRAMA MONITOREO DEL FLUJO DE TRÁNSITO

2.1 Introducción

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para profundizar el conocimiento del transporte carretero nacional, incluye entre sus actividades el monitoreo vehicular en forma de conteos permanente y temporales, que permite conocer anualmente los volúmenes, clasificación vehicular, velocidades y pesos del tránsito que circula por la red de carreteras.

El valor de la información trasciende el ámbito de trabajo de la propia Secretaría, los datos se ponen a disposición de los interesados, a través del Libro Datos Viales que edita la Dirección General de Servicios Técnicos, en el portal de la SCT.

La necesidad de los datos de flujo de tránsito, tanto a nivel federal y estatal requieren que el monitoreo de flujo de tránsito sea diseñado para cubrir todas las áreas que ocupan los trabajos; al necesitarse datos de flujo de tránsito e información para evaluar el rendimiento actual, con base en información previa y predecir el rendimiento futuro de la infraestructura vial.

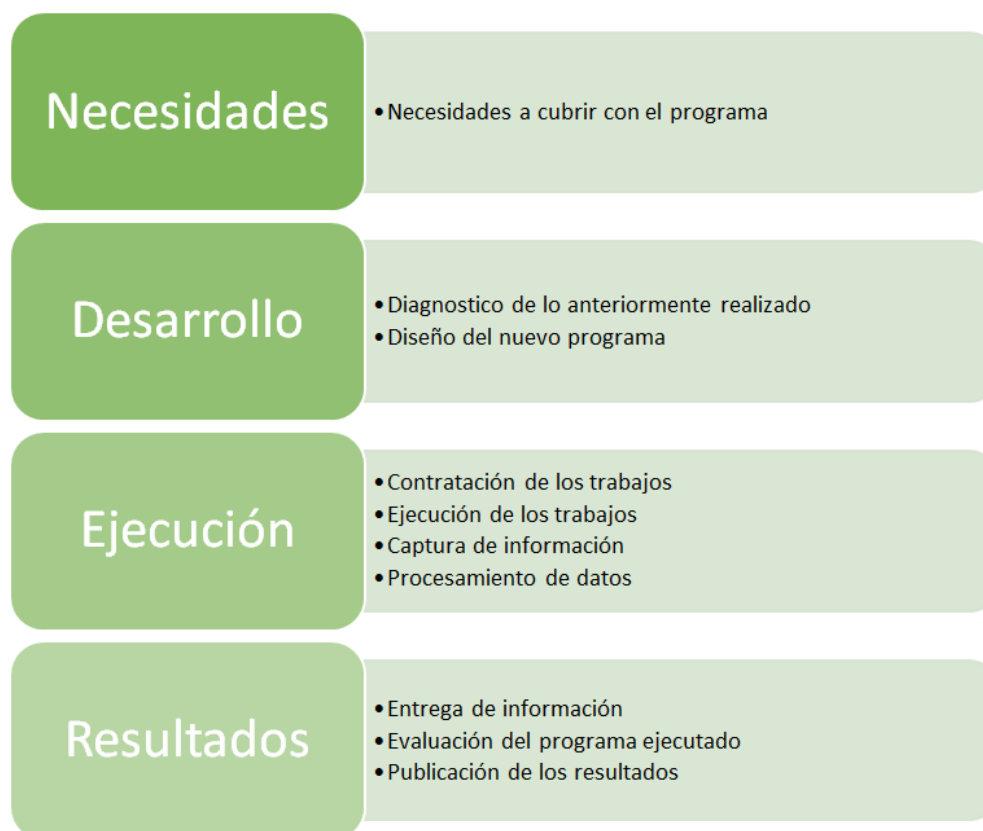
La recolección de volúmenes, clasificaciones vehiculares y los datos de peso de los vehículos es el fundamento del programa de monitoreo de flujo de tránsito. La incorporación de los datos de velocidad aumenta en gran medida las capacidades de los programas de monitoreo tránsito para satisfacer las necesidades en el ámbito de estudios de seguridad y capacidad vial.

La recopilación de datos, su análisis y procesamiento estadístico, son los trabajos fundamentales para la toma de decisiones, la planeación, operación, construcción y mantenimiento del sistema de transporte carretero.

Cada dato recabado puede ser utilizado en diferentes áreas de investigación que comprenden: el seguimiento de las tendencias del volumen de flujo de tránsito en los segmentos viales importantes; la gestión del flujo de tránsito, los sistemas de información al viajero, la determinación de los patrones de viaje de camiones, los estudios de seguridad, los estudios de diseño, la supervisión de la capacidad de la calzada y evaluación del desempeño de las carreteras.

En el programa de monitoreo de flujo de tránsito la realización de los trabajos y procesos se dividen en tres componentes básicos para su desarrollo: Planeación, Ejecución, Resultados; de esta manera se asignaran los recursos disponibles para su realización.

Las características de estos componentes son la medula de los trabajos de monitoreo, cada una comprende una serie de tareas diversas las cuales se complementan para lograr los resultados finales; las características están distribuidas de la siguiente manera:



2.2 Necesidades que cubre el programa de monitoreo.

El análisis de los datos de flujo de tránsito sustenta una gran variedad de funciones y procesos que intervienen en la toma de decisiones dentro de la administración de la red de carreteras nacional. Sin embargo, la necesidad de datos y los beneficios que de su entendimiento derivan han de equilibrarse siempre con la disponibilidad de los recursos, con el fin de implementar un programa efectivo y eficiente de monitoreo del flujo de tránsito. Esto se lleva a cabo teniendo siempre en consideración las necesidades particulares de los usuarios del programa, así como los beneficios resultantes de su empleo oportuno.

Es parte fundamental del proceso de planeación el establecer los objetivos y necesidades a cubrir mediante la realización de los trabajos de monitoreo; además la dependencia debe priorizar sus recursos y realizar la asignación de los trabajos de manera objetiva, es decir, tienen mayor prioridad zonas donde existan mayor interconexión entre ciudades o poblaciones, además de zonas que se encuentre densamente pobladas con alto flujo vehicular; posteriormente se puede enfocar el monitoreo en las regiones donde se encuentre una menor densidad de población y flujo de tránsito, así como carreteras de menor jerarquía dentro de la red.

El contar con un programa de monitoreo de flujo de tránsito es de gran importancia, al colaborar con la formación de una base de datos suficientemente amplia para la toma de decisiones de manera rápida en distintos tipos de proyectos, sean éstas, de carácter económico, social o técnico. Tradicionalmente los programas de monitoreo vehicular fueron diseñados para reunir dos tipos de datos: volumen y clasificación de los vehículos en circulación dentro de la red de carreteras nacionales.

Con el tiempo y aunado a el avance tecnológico, se ha podido agregar a los datos obtenidos la velocidad de los vehículos y el peso de los mismos, de tal manera que los datos a obtener a través de las estación de conteo y pesaje, son fuente principal de consulta para cuestiones del uso de las carreteras. Siendo, por ellos común que usuarios externos a las dependencias viales empleen periódicamente estas estadísticas para la toma de decisiones en sus proyectos. Entre los que se encuentran:

- o **Proyectos de estructura de pavimento:** Los datos analizados por un sistema de conteo de tránsito son determinantes para establecer las condiciones a las que está y estará expuesta una estructura de pavimento existente o por existir, colaborando con ello a la determinación de los espesores y materiales requeridos para que la estructura los soporte.
- o **Estructura de puentes:** Los resultados del sistema de conteos determinan el volumen de vehículos tipo que pasarán y con ello mediante un análisis de carga determina las dimensiones y cantidad de los componentes de los puentes.
- o **Análisis de capacidad y de gestión de la carretera:** Los resultados del sistema de conteo de tránsito el cual cumple la función de proporcionar los

datos requeridos para realizar un estudio de oferta-demanda determinará el nivel de servicio de la carretera. Este estudio servirá como antecedente para establecer políticas de gestión que permitan a la carretera funcionar eficazmente.

- o **Proyecto de señalamiento:** Los elementos a determinar en un estudio de conteo vial (velocidad, clasificación, peso y volumen de los vehículos) registrarán las características específicas del diseño del proyecto de señalamiento para los diferentes tramos de una carretera, camino o autopista.
- o **Evaluación financiera de proyectos:** Los resultados del sistema de conteo determinan los escenarios a futuro factibles, y mediante un análisis beneficio-costos determinar la inversión necesaria a futuro en el tramo.
- o **Asignación de recursos:** Los datos analizados de un sistema de conteo de tránsito cumplen la función de proporcionar la información requerida para determinar las proyecciones a futuro de las condiciones del camino, mismas que se usarán para, mediante un estudio beneficio-costos, tomar las decisiones más viables para el óptimo funcionamiento de la carretera.

En la tabla 2-1 se ilustran otras aplicaciones en función de los resultantes obtenidos de un estudio de conteo de flujo de tránsito.

Tabla 2.1 Usos de los datos del análisis del flujo de tránsito carretero.

Actividades	Volumen vehicular	Clasificación Vehicular	Peso de los Vehículos	Velocidad Vehicular
Diseño	Geometría de la carretera	Diseño de pavimentos Diseño del puente Geometría de la carretera	Diseño de pavimentos Diseño del puente Control de vehículos con sobrepeso	Geometría de la carretera Señalamiento vial
Ingeniería Economía	Análisis Beneficio - Costo	Análisis Beneficio - Costo	Calculo de multas relacionadas a sobrepeso.	Costos asociados con la congestión
Finanzas	Estimaciones de los ingresos y los egresos de peaje autopista	Asignación de costos de carreteras	Asignación de costos de carreteras	Costos de tiempo de viaje del usuario
Legislación	Selección de rutas de carretera	Límites de velocidad y la política de vehículos de gran tamaño	Normativa de pesos y dimensiones máximas	Límites de velocidad
Mantenimiento	Determinación de los periodos de mantenimiento para las políticas de cierre de carriles	Selección de las actividades de mantenimiento	Gestión del pavimento, gestión de puente	Medidas de seguridad en zonas de trabajo

Actividades	Flujo de tránsito	Clasificación Vehículo	Pesaje de Vehículos	Velocidad
Operaciones	Frecuencia de la señales, por los volúmenes de carril Evaluación de viajeros de la información de emergencia	Desarrollo de estrategias de control y velocidad por clase Flete	Actividades de aplicación de peso Flete	Ajuste de los límites de velocidad y la velocidad por clase Información al viajero
Planificación	Ubicación y diseño de sistemas de carreteras	Pronósticos de los viajes por tipo de vehículo	Carriles de camiones Rampas para camiones Flete	Sistemas de medición de congestión
Análisis Ambiental	Análisis de la calidad del aire, análisis de impacto de ruido	Previsiones de emisiones por tipo de vehículo	Emisiones por tipo de vehículo	Análisis a nivel de proyecto
Administración, Otro	Medición del desempeño, asignación de recursos, las operaciones de emergencia, gestión de activos	Uso Carril La administración de impuestos	Ejecución de proyectos	

Para que esta información sea considerada como objetiva y cumpla su misión en el desempeño integral del organismo carretero, es necesario que los datos estén avalados por un sistema calibrado de extracción de información de campo. Para ello, la estructura recomendada para el diseño de un programa de monitoreo de flujo de tránsito consiste en dos componentes básicos:

1. El programa de monitoreo permanente del flujo de tránsito, compuesto por las estaciones maestras
2. El programa de monitoreo temporal del flujo de tránsito, compuesto principalmente por estaciones de conteo de temporal y especial.

2.3 Desarrollo del programa de monitoreo

Para la implementación de un programa de monitoreo de tránsito requiere el desarrollo de un plan de actividades enfocado al cumplimiento de las metas, organización de recursos y mejora continua del sistema. Esto con la finalidad de plantear procedimiento de acciones para el correcto desempeño de un programa de monitoreo que faciliten el cumplimiento de los objetivos del mismo en tiempo y forma.

Es parte del proceso de desarrollo del programa, el establecer los objetivos y necesidades a cubrir mediante la realización de los trabajos de monitoreo; se deben definir los alcances del programa de monitoreo, con el fin de optimizar los recursos al momento de la ejecución de los trabajos. Después de esto, se debe realizar una inspección general al programa anterior; evaluando de los dispositivos la condición física (incluyendo accesorios), precisión y antigüedad, para concluir su posible remplazo por equipos más actuales.

La inspección no se limita a los dispositivos de conteo, estos trabajos deben incluir el análisis de los patrones de comportamiento de la red mediante una revisión de los resultados previos; en el cual se observarán las tendencias de las estaciones temporales y se realizarán estudios de conglomerados para designar los grupos donde los tramos carreteros (circundantes) presenten comportamientos similares. Mediante estos procesos se definirá el número mínimo de estaciones de conteo requeridas, tanto para el conteo temporal como permanente.

Se deberá contar con el número suficiente de estaciones de conteo para satisfacer los requerimientos del programa de monitoreo, conforme a los criterios establecidos en los apartados 3.2.1.4 Ubicación de las estaciones maestras y análisis de zona, 3.2.1.5 Revisión del número de estaciones maestras por zona y 3.2.2.1 Criterios de ubicación de las estaciones de conteo temporal.

Dentro de la actividades del programa de monitoreo se incluye el diseño de mismo, el cual debe estar pensado para recopilar información de las características del tránsito y vigilar los viajes dentro de la red de carreteras. El diseño se conforma por dos componentes básicos, el programa de monitoreo permanente y el temporal.

Como parte de las actividades de desarrollo de un programa de monitoreo se debe considerar la organización de personal encargado de llevar a cabo la instalación de los equipo, recepción, procesamiento de datos, supervisión de las brigadas de monitoreo, análisis estadístico, publicación y distribución de resultados. Para esto se debe realizar una calendarización de los trabajos a realizar tomando en consideración el método de ruta crítica para minimizar los tiempos muerto, donde se asignen a cada función el personal correspondiente.

2.3.1 Diagnóstico del programa de monitoreo del flujo de tránsito.

El desarrollo de un programa de monitoreo de flujo de tránsito, consiste primeramente en realizar una evaluación integral de los programas de monitoreo existentes; este diagnóstico debe incluir a grandes rasgos: equipos, procedimiento de selección de sitios, práctica de recolección de datos, patrones de comportamiento del tránsito, validación de datos, control de calidad de información, análisis de datos y publicación de resultados.

Debido a la evolución de equipos, cambios en regulaciones federales y el objetivo de mejorar continuamente el programa de monitoreo de flujo de tránsito se recomienda una evaluación anualmente del mismo, ya que este diagnóstico tiene como finalidad proporcionar un juicio sobre el impacto efectivo del programa, al igual que explicar y corregir los posibles fallas encontradas en el mismo, por ello, el examen de evaluación del programa debe incluir los siguientes elementos:

- o Evaluación de metas y objetivos del programa de monitoreo, definiendo se estos fueron o no cumplidos durante la ejecución del mismo.
- o Documentación de alcances y limitaciones del programa de monitoreo
- o Registro de las partes interesadas y aplicaciones de los datos obtenidos por el programa.
- o Documentación de requisitos y lineamientos para llevar a cabo el programa.
- o Inventario de equipo en operación y almacenamiento.
- o Evaluación de procesos existentes que debe mínimamente incluir la valoración de los siguientes elementos:
 - Inventario, antigüedad de equipos.
 - Número y periodo de conteo de cada estación.
 - Protocolos y procedimientos de calibración, instalación y operación de los dispositivos de conteo.
 - Análisis del funcionamiento de cada equipo de conteo durante su periodo de conteo, donde se presente un reporte sobre las fallas en los equipos, su causa y posible solución.
 - Patrones de comportamiento del flujo de tránsito, tanto en estaciones permanente como temporales.
 - Análisis de correlación entre estaciones de conteo.
 - Relación de conglomerados, donde se definan cuantas y cuales estaciones permanentes componente cada conglomerado.

- Relación de las estaciones temporales que pertenecen a cada conglomerado.
- Formatos tipo para la recolección y almacenamiento de datos.
- Procedimientos de gestión de bases de datos para el almacenamiento de archivos digitales.
- Metodología para el análisis de información recolectada.
- Especificaciones estándar para el proceso de cálculo de factores e información de interés, como lo es el obtener de las estaciones temporales su TDPA, factor K, clasificación vehicular, Factor de dirección, etcétera.
- Relación de personal, capacitación técnica y funciones de los trabajadores.
- Desempeño y habilidades del personal.
- Ejecución de los trabajos.
- Revisión del cumplimiento de las necesidades que soliciten grupos interesados (demanda de datos), dichas agrupaciones pueden ser de índole pública o privada.
- Resultados del programa (Publicación de datos viales).

En lo que respecta a la valoración de los resultados del monitoreo; esta deberá contener como parte de los criterios para su evaluación las siguientes componentes cualitativas:

- o **Precisión:** la medida o el grado de concordancia entre el valor de datos o conjunto de valores y una fuente que se supone correcta.
- o **Compleitud o disponibilidad:** grado en el que la información presentada se encuentre completa.
- o **Validez:** grado en que los valores de los datos cumplen requisitos de aceptación de los criterios de validación o se encuentran dentro del dominio respectivo de valores aceptables.
- o **Puntualidad:** grado en que los valores del análisis de datos se proporcionan en un momento específico.
- o **Cobertura:** grado en que los valores de datos de una muestra representan con precisión el conjunto del que se toma una medición.

- o **Accesibilidad o facilidad de uso:** facilidad con la que los datos pueden ser empleados por los consumidores para satisfacer sus necesidades.
- o **Formatos de datos:** manera en que la información se almacena, exporta, presenta e integra la información.
- o **Identificación de vacíos:** por lo general consiste en la revisión e identificación de lagunas de datos; puede incluir además escases de dispositivos de recolección, huecos en los procesos de análisis y la escasez de recursos.
- o **Revisión de los componentes del programa:** durante la evaluación del programa se deben revisar todos los pasos documentados para determinar si se están cumpliendo los requisitos con base en las metas y objetivos.

Llevar a cabo una evaluación de este programa presenta resultados benéficos como identificar procesos y prácticas de gestión de datos innecesarias o sin actualización. Gracias a esto se conduce a una implementación o mejoramiento de técnicas y actividades que contribuyen al aumento de eficiencia en el programa, entre las que es posible destacar:

- o El intercambio de datos con organismos asociados para una reducción de esfuerzos en su recolección.
- o La eliminación de sitios superpuestos dentro de una agenda de vigilancia.
- o Integración o retiro de estaciones de conteo, de ser necesario.
- o La implementación de tecnologías automáticas y uso de software, para eliminar el procesamiento manual de datos, así como procesos innecesarios o ineficientes.
- o La compra e integración de información proveniente del sector privado para complementar los datos del programa de monitoreo.
- o La actualización en dispositivos de campo para permitir comunicación remota utilizando módulos de acceso remoto y recolección de datos a distancia, con la ayuda redes móviles o conexiones de banda ancha; eliminando con este procedimiento la necesidad de visitas a sitios de descarga de datos.
- o La integración de datos pertenecientes al programa de gestión de carreteras con Sistemas Transporte Inteligente (ITS); lo cual coordina y estandariza los esfuerzos de recolección de datos, recursos, formatos de exportación, etcétera.

2.3.2 Diseño del programa de monitoreo del flujo de tránsito.

Un programa de monitoreo del flujo de tránsito debe estar diseñado para recopilar información de las características que adquiera el flujo vehicular, y vigilar los viajes dentro de la red de carreteras. Los datos reunidos consisten en volúmenes de vehículos, sus clasificaciones, pesos, velocidades y de los mismos y otros datos de interés.

Es imprescindible que la información recolectada por las estaciones de conteo se avale con un sistema confiable de extracción de información de campo. Para que esto se lleve a cabo, la estructura que se recomienda en el diseño de un programa de monitoreo, consiste de dos componentes básicos:

1. El programa de monitoreo de flujo de tránsito permanente, compuesto por las estaciones maestras.
2. El programa de monitoreo temporal de flujo de tránsito, compuesto principalmente por estaciones temporales y especiales.

2.3.2.1 Programa de monitoreo temporal del flujo de tránsito.

El diseño de este programa consiste en establecer la cantidad y localización de las estaciones de conteo temporal. Para constituir este arreglo de estaciones es necesario considerar las estaciones existentes en la red, las cuales se deben evaluar con base en el criterio de variación del flujo de tránsito que se expone en el apartado 3.2.2.1; esto con el fin de establecer tramos que puedan considerarse homogéneos en cuanto a volumen y clasificación del flujo de tránsito.

Las estaciones temporales realizan conteos eventuales con distintos fines; entre ellos destaca dar cobertura geográfica para auxiliar a las estaciones maestras que se encuentran en limitadas localizaciones. Además son empleadas para suministrar la información a diferentes proyectos en la red de carreteras. Su localización varía en puntos alejados de las estaciones maestras donde se requiera conteos, entronques carreteros o bien ramales del camino principal, entre otros. Con estos elementos se garantiza la diversidad geográfica y de conteos necesarios para el estudio completo de flujos de tránsito.

Para el 2014 se instalaron en la red de carreteras del país un total de 6,928 estaciones temporales, de las cuales 1,712 fueron dobles (un dispositivo contador por sentido de circulación) y 5,216 simples (un dispositivo contador para ambos sentidos); en la figura 2.1 se muestra la ubicación nacional de dichas estaciones.

La finalidad de este procedimiento distributivo, es recopilar información actual con mayor veracidad y precisión, para realizar pronósticos que ayuden a:

3. Instaurar los programas de mantenimiento, reparación, rehabilitación y reconstrucción de tramos carreteros.
4. Realizar estudios que determinen el nivel de servicio proporcionado por el tramo carretero.
5. Proponer políticas de gestión que permitan reducir los índices de accidentes.

Los requisitos específicos para estas y otras necesidades varían de acuerdo al proyecto o estudio que se va a realizar, sin embargo la información recabada por las estaciones de conteo debería ser suficiente para cumplir con la planeación, buscando maximizar los beneficios sobre costos que generan conteos periódicos por medio de estaciones semanales y especiales. Es recomendable que este diseño del programa de monitoreo se realice y evalúe por un grupo de Ingenieros especialistas en Ingeniería de Tránsito y Vías Terrestres, auxiliados por Ingenieros en Sistemas de Cómputo.

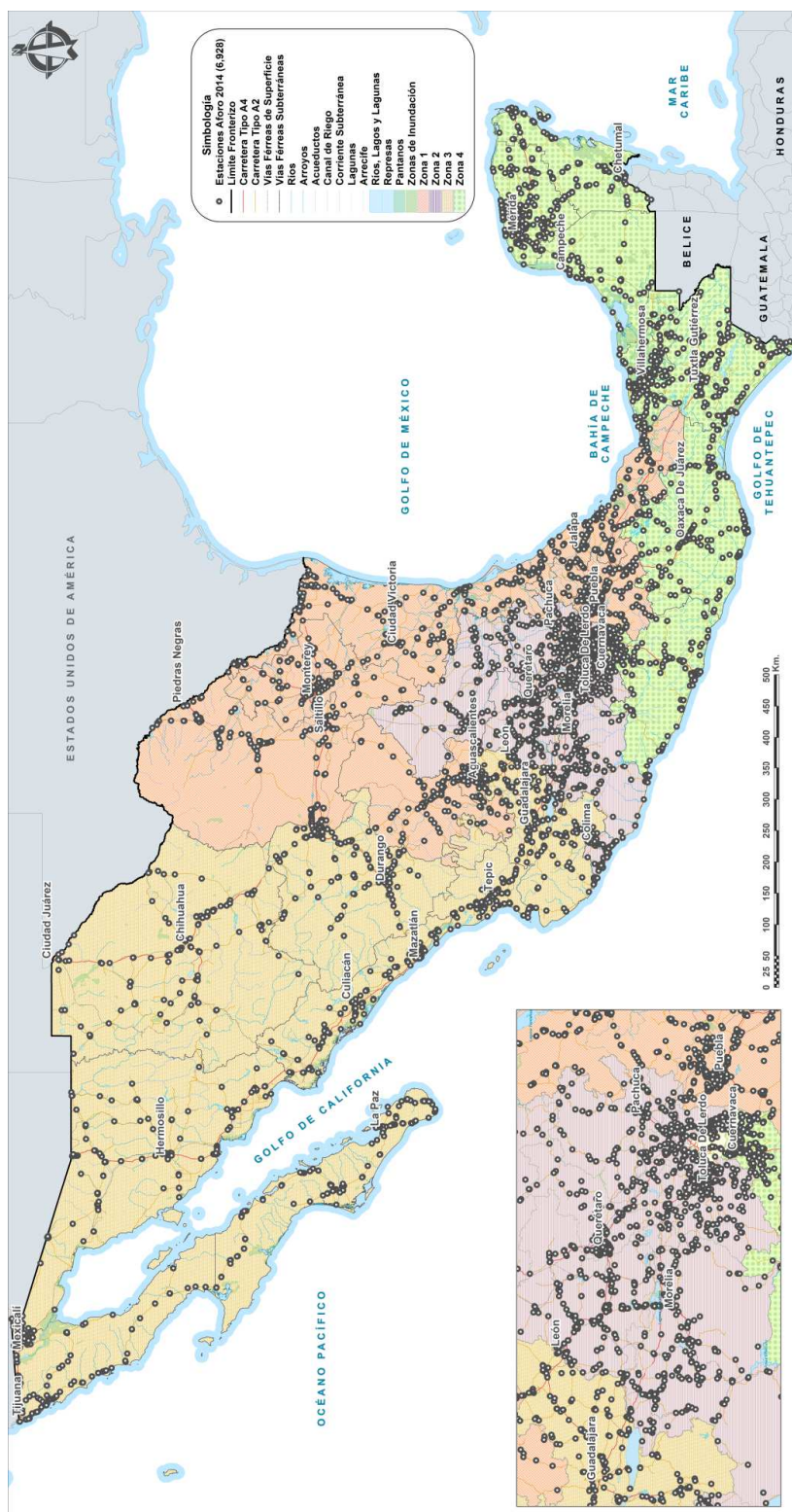


Figura 2.1 Distribución de estaciones temporales para el año 2014.

2.3.2.2 Programa de monitoreo permanente del flujo de tránsito.

El diseño de este programa consiste en establecer el número y localización de las estaciones maestras para los conteos permanente. Esto se lleva a cabo al evaluar la correlación que existe entre las estaciones potencialmente permanentes y las estaciones de conteo temporal cercanas, considerando exista en ellas un comportamiento en el flujo de tránsito con características similares.

Las estaciones de conteo maestras ayudan a entender el cambio en el volumen de tránsito, la velocidad y clasificación de los vehículos a través de un intervalo de tiempo, sea este: hora del día, día de la semana, semana del mes o mes del año. Permitiendo obtener a partir de conteos temporales, el comportamiento anual de un subtramo de la red vial.

Las estaciones de conteo maestras deben operar las 24 horas del día y los 365 días del año; los dispositivos instalados en estas ubicaciones deben contar con la capacidad para recopilar datos durante ese periodo, por lo que es posible utilizar como estaciones maestras: plazas de cobro, pesadoras dinámicas, puentes internacionales y puertos con terminal para manejo de vehículos. En la figura 2.1 se presentan las ubicaciones de las estaciones maestras de la red de carreteras del país.

La información de estas estaciones maestras debe ser recopilada mensualmente, por lo tanto es necesario contar con equipos de comunicación remota para la recolección a distancia de los datos del flujo de tránsito. Es recomendable que este diseño se realice y evalúe por un grupo de Ingenieros especialistas en Ingeniería de Tránsito y Vías Terrestres, auxiliados por Ingenieros en Sistemas de Cómputo.

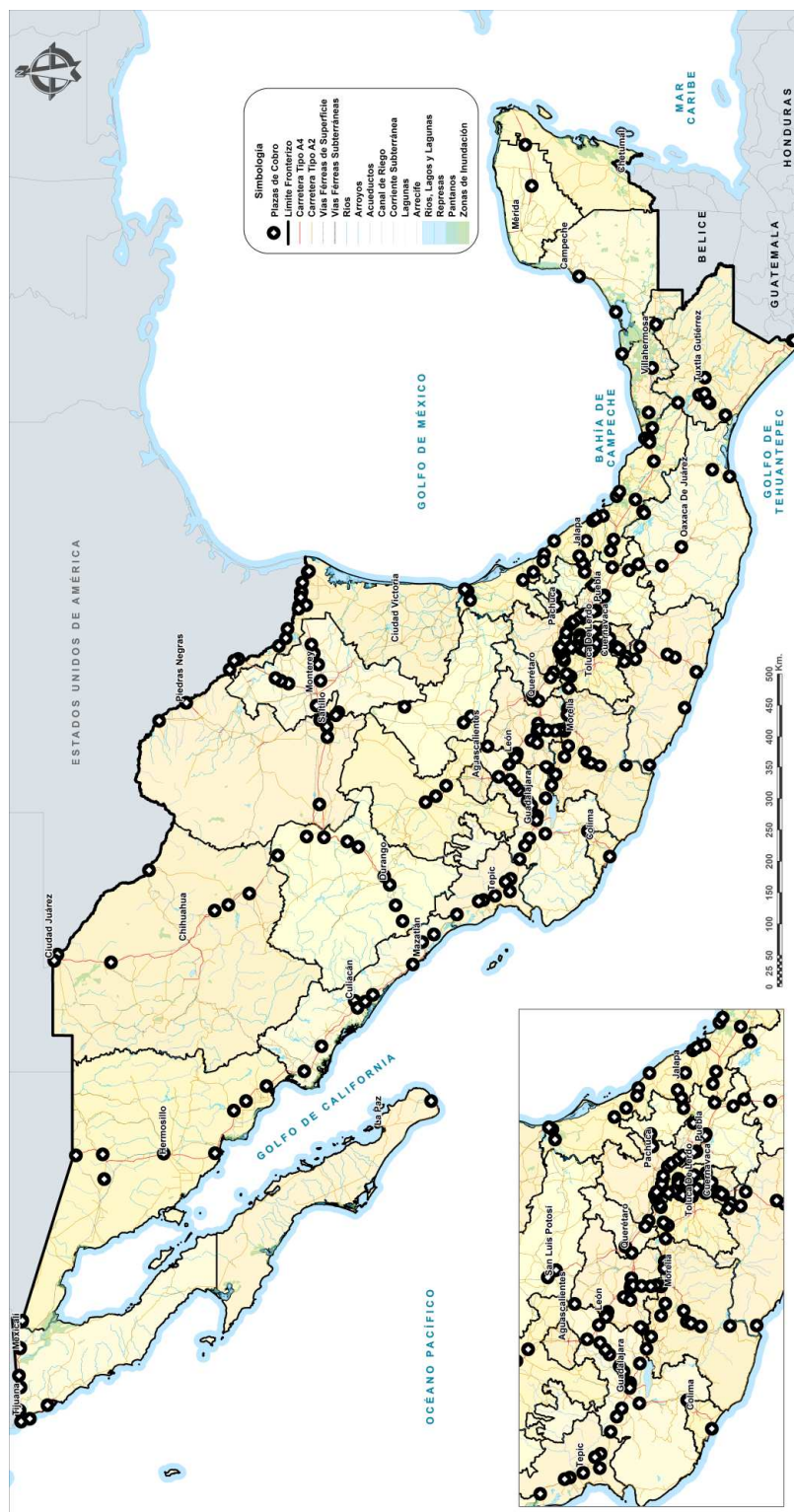


Figura 2.2 Ubicación de las estaciones maestras del año 2014 utilizadas.

2.4 Ejecución del programa de monitoreo

La labor de ejecución se refiere a los trabajos relacionados con el monitoreo en campo, todas las actividades a realizar deben establecer desde la asignación de los trabajos, las normas de seguridad y capacitan al personal, la extracción y procesamiento de los datos obtenidos.

El énfasis de esta etapa se sitúa sobre la capacidad de los trabajadores de campo para realizar los trabajos y las habilidades que estos deben de tener para solucionar problemas de funcionamiento de los equipos. Debe visualizarse que todo el personal deberá contar con capacitación previa en áreas de seguridad laboral y primeros auxilios, también se les deberán impartir cursos básicos de uso de los equipos como instalación, transporte, servicio y de reparación básica en caso de que se presentara una falla menor del equipo.

2.4.1 Contratación

Compañías privadas que realicen el monitoreo de flujo de tránsito, serán seleccionadas realizando una licitación pública donde la capacidad de operación de la compañía y la preparación académica de los líderes de brigadas deben ser los principales puntos a observar en las propuestas; debido a que las actividades realizadas en campo son el punto de partida para todas las áreas de trabajo relacionadas, tener en campo a personal hábil en tomar decisiones y asumir responsabilidades es de importancia vital para la realización adecuada de los trabajos de monitoreo.

Al momento de la asignación de los trabajos a compañías privadas, se deben establecer reglamentos metodológicos para garantizar un nivel mínimo de calidad, eficiencia y uniformidad entre el personal asignado a las operaciones, dichos requerimientos van desde el establecimiento de fechas límite de entrega de resultados, formatos de captura de información y presentación de resultados, reglamento de seguridad, indicaciones de manejo de la información y otras instrucciones que aseguren una coherencia en fechas de conteo, repetibilidad de las operaciones, uniformidad de formatos entre compañías para los datos obtenidos y sobre todo una facilidad en el manejo de los datos resultantes para la realización de las operaciones estadísticas.

2.4.2 Ejecución del programa de monitoreo del flujo de tránsito.

La ejecución de este programa se refiere a trabajos de recolección y documentación de las características del flujo de tránsito. Para que esto se lleve a cabo es necesario instalar equipos de conteo en función de lo establecido en el diseño del programa.

Una vez asignados los contratos a las compañías correspondientes, o en caso de ser un trabajo de la secretaría, los trabajos de conteo no podrán iniciarse hasta que los trabajadores que irán a campo a instalar y operar los dispositivos reciban un curso en el tema de seguridad laboral, siguiendo los lineamientos de la normativa OSHA Título 29 Subtítulo B Capítulo XVII Parte 1926.20 "General safety and health provisions"; para capacitar a todo el personal de campo, en la materia de prevención de lesiones por tensión física tales como calor, frío y movimiento repetitivo. El adiestramiento tiene que incluir los factores de riesgos físicos y a la salud explicando cómo los trabajadores se pueden proteger a sí mismos, cubriendo los procedimientos específicos para proteger a los trabajadores, procedimientos de emergencia, y equipo de protección personal.

En la realización de los trabajos de campo el personal debe contar con los conocimientos apropiados para la operación correcta de todos los instrumentos de medición y sus accesorios, así como la instalación adecuada, transporte, mantenimiento y ensamble de ellos; estas actividades generalmente son realizadas por medio de capacitaciones que imparte la compañía vendedora de la tecnología adquirida.

Es importante que el personal en campo sea capaz de dar los servicios mínimos de mantenimiento preventivo a los dispositivos, ya que de presentarse una falla en el equipo, un trabajo de servicio correctivo generaría pérdidas económicas y tiempos muertos en los planes de trabajo; al momento de que el dispositivo de conteo o uno de sus sensores fallen en operación, si llegaran a ser grandes los tiempos perdidos en el transporte y reparación del hardware, el conteo podría perder su validez debido a los saltos entre al último vehículo registrado antes de la falla y el primer vehículo después de la reinstalación.

Es motivo por el cual las compañías que han adquirido equipo de conteo deben tener al personal de campo capacitado para prevenir y controlar fallas en los equipos y accesorios a utilizar.

El paso siguiente después de que el equipo ha sido instalado de manera adecuada según, será una comprobación rápida de la funcionabilidad del sistema de conteo; para lo cual se deberán hacer dos conteos simultáneos, el primero realizado de manera automática por el sistema instalado y el segundo de forma manual por el personal de campo, para realizar una muestra satisfactoria el personal deberá contar 200 vehículos de forma manual, o en caso de que el flujo de tránsito sea lento el conteo debe durar 2 horas como mínimo, al terminar el periodo los resultados de ambos deben ser comparados y constar que el dispositivo arroja los mismos resultados del conteo manual o una cifra aproximada entre las dos. Se recomienda realizar un estudio de mercadeo de los equipos disponibles a la venta, y verificar que contengan certificados de la precisión de conteo; un equipo que presente error en sus conteos provocará que todos los trabajos posteriores realizados con base en los resultados sean inválidos, y se deba realizar nuevamente todo el proceso de monitoreo.

Una vez instalado apropiadamente el equipo y comprobado su precisión, se procederá con el inicio de la operación de monitoreo de flujo de tránsito, por el tiempo que haya sido indicado por la dependencia.

En este apartado no se discute la instalación y operación de los equipos de conteo, debido a la amplia variedad de tipos y funciones de los dispositivos en el mercado. Para esto se recomienda que en la adquisición de diversos dispositivos, se busquen fabricantes o distribuidores que incluyan en sus paquetes de venta, toda la información necesaria para la instalación, operación, mantenimiento y calibración de los mismos; éstos deben cumplir de forma general con las normas: ASTM-E1957, ASTM-E2415, ASTM-E2561 o las correspondientes a las funciones de los instrumentos empleados.

Como otro punto de interés, se debe verificar con el distribuidor que el software empleado por los equipos permita clasificar los vehículos de acuerdo a la normativa mexicana vigente.

Una vez instalados los equipos de acuerdo a las instrucciones pertinentes, se procede a una calibración y una verificación que constaten el correcto funcionamiento de los equipos de conteo. Para que esto se lleve a cabo, es importante contar con personal capacitado que realice dichas actividades.

Al iniciar el proceso de ejecución se recomienda contar con la documentación adecuada para apoyar las decisiones tomadas durante esta fase, por lo que se debe contar en todo momento con:

- o Una bitácora que registre las actividades realizadas durante la ejecución del programa de monitoreo.
- o La documentación de los procesos o métodos utilizados en la recopilación y análisis de datos.

Los datos recolectados de los equipos se deben entregar en bruto, ya que de este modo resultan útiles para establecer el origen de la información reportada. Toda la información generada por el programa de monitoreo que derive de la recolección de datos, se debe documentar ya sea de forma física o digital; al ser posible su utilización para:

- o Conocer y realizar los modelos de las tendencias de los viajes
- o Realizar estudios de seguridad y volúmenes de tránsito en carretera

2.4.2.1 Integración de otros programas de monitoreo del flujo de tránsito

Los esfuerzos coordinados entre distintos organismos carreteros son de gran importancia para la realización del programa de conteo. Se requiere de una comunicación constante entre todos ellos, con el fin de maximizar los beneficios del análisis de conteos mediante el intercambio de recursos y datos recopilados. Un mayor acceso a datos mejora la calidad de resultados al llenar vacíos en conteos, sin necesidad de invertir recursos adicionales.

Una fuente importante de datos que se debe considerar, son los sistemas de vigilancia utilizados para la gestión y control del flujo de tránsito como en el caso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), que ofrece la capacidad de recopilar información de forma continua en lugares de alto volumen vehicular. El acceso a estos datos requiere labores de comunicación continua por parte de los grupos implicados, ya que archivar a largo plazo y analizar los datos de vigilancia, no son prioridades de los grupos que operan y mantienen el sistema de gestión ya mencionado. Por esta razón se pierde un gran cúmulo de información que podría ayudar a tener un mejor panorama de la red carretera.

2.4.3 Captura de información

Durante el trabajo de monitoreo de flujo de tránsito, todos los resultados de vehículos que pasen por el punto deben ser registrados en archivos digitales, o en caso de ser un conteo manual en hojas de captura.

El equipo automático deberá tener unidades de memoria con el espacio suficiente para realizar todo el monitoreo programado sin que llegue a saturarse; una vez terminado el periodo de monitoreo la información será procesada y editada para la entrega a la dependencia.

Para un trabajo de conteo manual, cada formato deberá contener las cantidades de los vehículos, los tipos y las horas del tránsito; se formarán paquetes de conteos, agrupándolos por día, para ser posteriormente procesados, editados y entregada toda la información a la dependencia.

2.4.4 Procesamiento de datos

El procesamiento de la información se inicia después de que el periodo de conteo ha terminado, los dispositivos de conteo y sus accesorios han sido retirados y la información ha sido extraído de ellos, o en caso de conteo manual los formatos de captura han sido archivados, se procede con los trabajos de preparación de la información para los de cálculos estadísticos.

La información digital generadas por el dispositivo, o la contenida en los formatos de captura deberán ser trasladados a hojas de cálculo, el formato de captura será

distribuido por la dependencia en la forma de un documento maestro, el cual se le entregará a cada una de las brigadas que realicen los trabajos de monitoreo. Esta medida es para uniformizar (entre las compañías) la manera en que el archivo de trabajo es capturado, ayudando al estadista realizar los cálculos y estimaciones de tránsito de manera más rápida.

Toda la información de cada vehículo registrado por el dispositivo al momento de ser indexada a la hoja de cálculo, será agregada en forma de renglón por vehículo, con cada característica correspondiente almacenada en una columna correspondiente. Esto cubre la necesidad de crear documentos con formatos favorables para la construcción de bases de datos de cada punto de conteo.

Los registros de los vehículos estarán ordenados por la fecha más antigua hasta la más reciente, esto es en el primer renglón estará el primer vehículo registrado por el dispositivo al inicio de su periodo de monitoreo, y el dato final será el último vehículo registrado antes de que terminaran las operaciones. La información de clasificación de vehículo deberá coincidir con lo establecido en el capítulo 1, donde se presenta un cuadro detallado de las clasificaciones vehiculares y el nombre respectivo para cada uno de estos.

De manera adicional a la creación de la hoja de cálculo, se deben crear reportes fotográficos y de ubicación del dispositivo para que sean integrados en los registros de los puntos de conteo para las nuevas estaciones o si es una existente, para que sean actualizados los puntos en dado caso de un cambio en el terreno donde la estación está ubicada.

2.5 Resultados del programa de monitoreo

Los componentes de la parte final de una estructura de un monitoreo de tránsito, se refieren a los trabajos relacionados con la entrega de la información procesada a la dependencia, y los trabajos posteriores hechos gracias a la adquisición de esta.

Una vez la información ha sido adquirida por la dependencia, se deben hacer los ajustes necesarios para la planeación del siguiente periodo de conteo; analizando las correlaciones y el número de estaciones necesarias con la información actualizada, y en consecuencia una estructuración de los conglomerados carreteros más óptima. Para estas actividades se recomienda establecer un proceso de calidad el procesamiento de datos que permita una mejora del sistema, mismo que también deberá implementarse en el proceso de recolección de datos.

Los resultados obtenidos de este programa deben publicarse anualmente como parte del esfuerzo coordinado entre organismos del control carretero, organismos de vigilancia del flujo de tránsito, y personal de análisis de datos.

2.5.1 Entrega de información

Una vez procesada la información por estación de monitoreo, se entregará a la dependencia un paquete de información conteniendo: el archivo original generado por el dispositivo, la hoja de cálculo con la información procesada a modo de base de datos, el reporte fotográfico del lugar y el reporte de ubicación del conteo.

Adicionalmente a la información solicitada la empresa encargada de los trabajos de monitoreo tiene la obligación de entregar a la dependencia una copia del software que usó para la extracción de los datos generados por la máquina, asegurando que la dependencia contará con las herramientas necesarias para una revisión y evaluación del programa, auditoria de los trabajos y en caso de ser necesario la información para realizar nuevamente el procesamiento de los datos.

2.5.2 Evaluación del programa

Evaluar la función de este programa, su objetivo y la funcionalidad de los dispositivos, asegura que el equipo de recolección de datos funcione de manera adecuada. A su vez, este procedimiento ayuda a que los datos recopilados se procesen de forma correcta. Gracias a este proceso se aseguran resúmenes estadísticos precisos, y que reflejen condiciones de tránsito producidas a través del camino.

Es necesario contar con un programa de calibración de los equipos que considere tanto procedimientos de campo como de gabinete. Por otro lado, debe tener una periodicidad constante (diaria, semanal, mensual y anual, según sea necesario) que incluya:

- o Implementar herramientas de software que ayude a automatizar el proceso.
- o Realizar actividades de diligencia periódica, tales como comprobación de calidad de datos a medida que se recopilen, se procesen y almacenen.
- o Evaluar precisión de datos con tendencias semanales, mensuales y anuales para determinar su validez.
- o Realizar pertinentes calibraciones de campo.
- o Comparar los datos obtenidos de estaciones maestras en periodos mensuales con los obtenidos de estaciones temporales (semanales y especiales).
- o Realizar calibraciones en periodos anuales, de forma manual y electrónica de las clasificaciones vehiculares, su pesaje en movimiento, volumen circulante y velocidad, tanto para estaciones maestras como temporales (semanal y especial).

La calibración incluye la realización de una serie de pruebas en el equipo para asegurar que funcione correctamente, según lo establecido por la norma ASTM-E2532. El proceso de calibración puede identificar tanto errores importantes (tales como sensores fallidos) como errores de menor importancia (en el algoritmo de clasificación), que pueden dar lugar a la recolección, procesamiento, almacenamiento y difusión de estadísticas del flujo de tránsito inexactos.

El programa de monitoreo perderá credibilidad, si se recolectan datos potencialmente erróneos de estaciones donde los equipos instalados no cuenten con procesos adecuados de mantenimiento y calibración. Para evitar el riesgo de producir y difundir datos no válidos, los dispositivos de conteo se deben calibrar con la mayor periodicidad posible. Los errores asociados a inexactitudes de calibración aumentan significativamente los costos y disminuyen la utilidad de los datos adquiridos por todo el programa de monitoreo.

Una vez que los datos sean recopilados físicamente, se necesitan convertir en información estadística para su publicación; una agencia especializada debe procesar, integrar, convertir, calcular, almacenar, administrar y facilitar el acceso de los datos de manera correcta. Los procesos consistentes también aseguran que la credibilidad de la información sea fácil de respaldar y de ser evaluada por un proceso de auditoría de datos donde se verifique que los resultados reflejen con precisión las condiciones del tránsito de la red vial actual.

2.5.2.1 Gestión de calidad de los datos

Los procesos de gestión de calidad de datos son un componente importante en cualquier programa de monitoreo enfocado hacia el flujo de tránsito. Se recomienda establecer un proceso de esta clase para la recolección y procesamiento de datos que permita una mejora del sistema. Para que esto se lleve a cabo, es indispensable establecer normas uniformes y documentadas sobre el proceso para evaluar un programa de monitoreo de tránsito vehicular; generalmente se emplea como referencia la norma ASTM-E2759 para este proceso.

La Ley de Transparencia emite directrices gubernamentales, que proporcionan orientación normativa y de procedimiento a los departamentos federales para asegurar y maximizar la calidad, objetividad, utilidad e integridad de la información, incluyendo información estadística difundida. Teniendo como objetivo “proveer lo necesario para que toda persona pueda tener acceso a la información mediante procedimientos sencillos y expeditos” (Ley de transparencia y acceso público, DOF 14-07-2014). Favoreciendo la rendición de cuentas de manera que se pueda realizar una valoración de la organización, manejo y clasificación de información; volviendo con esto a la ley de transparencia un instrumento imprescindible para la gestión de calidad de los datos.

La ley de transparencia obliga a que el sistema de monitoreo del flujo de tránsito cuente con un proceso integral y de calidad minuciosamente documentado, mismo que debe poder ser evaluado, de ser requerido, al proporcionar claridad sobre los datos recolectados y su evaluación. Además, una completa documentación de los procesos de un sistema de monitoreo también ayuda en una adaptación paulatina cuando hay cambio de personal.

2.5.3 Publicación de resultados del programa de monitoreo del flujo de tránsito.

Los resultados obtenidos de este programa deben publicarse anualmente como parte del esfuerzo coordinado entre organismos del control carretero, organismos de vigilancia del flujo de tránsito, y personal de análisis de datos.

Las técnicas para la realización de cálculos y estimaciones pertinentes con el fin de crear reportes de datos viales sobre carreteras de la red nacional, consisten en un proceso estandarizado. Por esto, la información utilizada para el análisis debe ser resultado de un controlado sistema de calidad, con el fin de facilitar su aprobación, permitiendo de esa manera su empleo en los estudios y diseños de ingeniería pertinentes, al ser éstos parte importante del desarrollo y ejecución de la legislación federal de transporte.

El programa nacional para la determinación de los datos viales de la red de carreteras nacionales debe tener como alcance todos los caminos de la red

federal así como las principales carreteras de la red estatal en los 32 estados que comprenden el territorio nacional, suministrando cada año los requisitos de información, requeridos por la base de datos viales.

El propósito del muestreo es proporcionar una representación estadísticamente válida de la red de carreteras, sin imponer cargas adicionales en recolección de datos. Dentro del cálculo de los datos viales de la red de carreteras, estas muestras se expanden para una representación estadísticamente válida. Dicho procedimiento se expone en el capítulo 3 del presente documento.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

CAPÍTULO 3 **ACTIVIDADES PARA LA MEDICIÓN Y MONITOREO DEL** **FLUJO DE TRÁNSITO**

Introducción.
Volumen vehicular.
Velocidad vehicular.
Peso vehicular.

CAPÍTULO 3 ACTIVIDADES PARA LA MEDICIÓN Y MONITOREO DEL FLUJO DE TRÁNSITO.

3.1 Introducción

En este capítulo se describen las pautas para realizar programas de monitoreo del flujo de tránsito. Se establecen metodologías como: la determinación del número de estaciones recolectoras de datos; herramientas para asignar grupos de factores de corrección para cada conglomerado o zona; criterios para la corrección de datos en conteos temporales, incluyendo conteos especiales; estimaciones de volúmenes por clasificación y periodo; estimación de parámetros como el factor K, factor de hora de máxima demanda, además de la obtención de velocidad y peso vehicular.

3.2 Volumen vehicular

El volumen vehicular es un parámetro del flujo de tránsito que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista, durante un periodo definido: hora, día, semana, mes o año.

(Ecuación 3.1)
$$\text{Volumen vehicular} = \frac{\text{Número de vehículos que pasan}}{\text{Periodo determinado de tiempo}}$$

El volumen vehicular se obtiene por los registros del flujo de tránsito en las estaciones maestras y estaciones temporales, las cuales se colocan en diferentes puntos de la red de carreteras. Estos registros pueden referir al volumen total de una sección, al volumen por sentido y al volumen distribuido en diferentes carriles, además de considerar su clasificación.

El volumen vehicular es un parámetro dinámico, es cambiante conforme pasa el tiempo, sin embargo esas variables por lo general siguen patrones repetitivos; conocer su comportamiento y características permite realizar pronósticos que apoyen en la planeación, operación, gestión y mantenimiento del camino.

3.2.1 Actividades del programa de estaciones maestras

Las estaciones de conteo permanente o estaciones maestras constituyen una base importante para el programa global de monitoreo del flujo de tránsito. Un conteo permanente es una cuantificación de volumen, derivado de los contadores instalados de forma permanente que operan las 24 horas del día por durante un año. El programa de estaciones de conteo permanente de la red de carreteras federales debe ser complementado por información de estaciones maestras adicionales como son: plazas de cobro, pesadoras dinámicas, puentes internacionales y puertos con terminal para manejo de vehículos.

El objetivo del programa de conteo permanente es el de recolectar la información necesaria para satisfacer los requerimientos estadísticos que permitan el seguimiento de las tendencias del flujo de tránsito y la determinación de los

insumos necesarios para la obtención de factores de corrección que permitan la expansión a periodos anuales de información de los conteos temporales, así como la gestión del flujo vehicular y sistemas de información al viajero. Por lo que es de suma importancia realizar y documentar la ejecución del programa de conteos permanente

La cantidad y ubicación de las estaciones de conteo permanente deben ser las suficientes para que los cálculos de factores de corrección tengan un grado de confiabilidad significativa. Considerando las estaciones maestras ya establecidas y la información de estaciones temporales, se delimitan zonas de influencia o conglomerados de carreteras, con patrones de comportamiento del flujo de tránsito similar; donde posteriormente los factores y parámetros obtenidos del procedimiento de análisis de los datos recolectados, serán utilizados para expandir los parámetros obtenidos en los conteos temporales.

Los datos de volumen se recolectan normalmente como parte del programa de conteo permanente, con la función de desarrollar factores de corrección estadísticos para la estimación del TDPA, a partir de un conteo temporal.

A continuación se describen los pasos para dar seguimiento a un programa de monitoreo de volúmenes vehiculares en estaciones maestras:

3.2.1.1 Revisar el programa de monitoreo permanente existente

a) Programa actual

Es importante para el mejoramiento del sistema de conteo permanente definir, analizar y documentar el programa existente de conteo vehicular; esto proporciona una comprensión clara de la metodología utilizada previamente, con el fin de tomar decisiones para la mejorar el programa de conteo permanente.

La documentación de la metodología que se va utilizar debe incluir los procedimientos para la obtención de resultados, el equipo empleado, el personal necesario, los objetivos cumplidos y el uso de la información recolectada. Por otro lado debe analizarse la información recolectada, quién la procesa, cómo se utilizaría o si se contara con nuevas herramientas para el trabajo.

b) Patrones del flujo de tránsito

Los datos deben ser revisados para determinar los patrones horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales en el tramo donde se realizó el conteo, evaluando si los anteriores se han modificado en comparación con los resultados obtenidos para obtener factores nuevos.

c) Ajuste de datos

Se debe revisar el procedimiento para el cálculo de los factores de corrección y si existe la posibilidad de que los factores de corrección sean

mejorados o calculados mediante un método más eficiente, por el cual se aumente la precisión de la estimación del TDPA.

Es necesario enfatizar que son requisitos previos e indispensables para futuras mejoras, establecer y documentar la calidad tanto de los datos del flujo vehicular reportados, como los obtenidos del proceso de análisis. La importancia de tener esto en consideración es debido a que los resultados de las estaciones maestras son susceptibles a irregularidades, ocasionadas por fallas del equipo o eventualidades inesperadas

La forma como se identifican y corrigen estas irregularidades en la información recolectada es un componente importante para el programa de conteo permanente, y debe hacerse tomando como base la norma ASTM E2759.

d) Control de Calidad

Se deben establecer reglas y metodologías formales para la implementación del control de calidad. La veracidad de los datos publicados implica que se debe mantener un registro del procedimiento de ajuste a los datos analizados, y que cada ajuste tiene como base un análisis estadístico riguroso, por esto los datos no se deben rechazar o remplazar al tener características atípicas, estos datos particulares deben ser identificados, verificados y entendidos para definir claramente el análisis estadístico más adecuado a aplicar y debe hacerse tomando como base la norma ASTM E2759.

e) Resumen Estadístico

La última parte del proceso de revisión debe conllevar los pasos para la creación de resúmenes estadísticos sobre los datos recopilados por estaciones maestras. Estos procedimientos deben ser consistentes cada año, poder ser replicables y deben explicar las limitaciones de los contadores como la falta de información estadística, a menudo presentes en los datos de conteo permanente.

Los criterios anteriores aplican también para estaciones de conteo temporal; cuando se realice el programa de monitoreo con empresas prestadoras de servicios éstas proporcionarán la información ya mencionada.

3.2.1.2 Realizar el inventario.

Es importante tener una relación del equipo de conteo existente, sus accesorios y funciones, así como su localización geográfica. Parte de la información que forma parte del inventario es la siguiente:

a) Base existente de datos

La clave para el proceso de inventariado es identificar no sólo los sitios tradicionales de conteo permanente, sino también a otros dispositivos de

recopilación de datos que pueden suministrar información del flujo de tránsito. Estos sitios secundarios incluyen, pero no se limitan a:

- o Sitios de monitoreo reguladores, como cruces fronterizos internacionales y plazas de peaje
- o Sitios de pesaje en movimiento
- o Intersecciones semaforizadas equipadas con sensores

b) Usos de datos

Se deben definir los usos de la información resultante, quién es el cliente y qué trabajos o estudios se realizan con ellos. Se debe evaluar si es necesaria la obtención de más información y sus posibles aplicaciones.

Estos criterios aplican también para estaciones de conteo temporal.

3.2.1.3 Análisis de información y determinación de patrones

Una tarea integral que conforma el programa de conteo permanente es el análisis de los patrones de comportamiento del volumen vehicular: anual, mensual, semanal, diario u horario. Es importante identificar y comprender los patrones del comportamiento del flujo de tránsito, para llevar a cabo el cálculo de los factores de corrección.

Para la determinación de los patrones del volumen vehicular, los datos recolectados de las estaciones maestras deben ser analizados por grupos denominados zonas o conglomerados, los cuales contendrán estaciones de conteo con características del flujo de tránsito similares; en el proceso de análisis se cuenta con soporte de herramientas analíticas como:

- o El análisis de conjuntos estadísticos (realizado a través por el software del equipo de conteo o algún otro software estadístico, como R, SAS o SPSS)
- o La revisión gráfica (utilizando software con funciones GIS) de datos sobre patrones de tránsito en sitios individuales

Los factores que se derivan de la revisión de patrones del tránsito son los siguientes:

a) Factores de corrección por semana del año

El primer factor a identificar en el proceso de revisión de factores de corrección es el flujo de tránsito diario promedio anual (TDPA) y los factores de corrección por semana del año (F_s) en cada estación maestra. Los factores de corrección por semana del año se utilizan como entrada en un procedimiento de análisis computarizado de conglomerados. El comportamiento de los sitios individuales también se puede trazar en papel

o electrónicamente, de manera que los patrones de los diferentes sitios pueden superponerse mostrando visualmente las similitudes y/o diferencias.

b) Factor corrección por día de la semana

Estos factores se utilizan para determinar el tránsito diario promedio semanal (TDPS), a partir de conteos temporales diarios. Se encuentran en función de la ubicación de una estación y el tipo de actividades que se realizan en la zona. Una descripción del comportamiento semanal observado en la red de carreteras se presenta en el apartado 1.5.1.2 sección B (Variación diaria Semanal).

c) Factor de corrección por hora del día.

Estos factores se utilizan para determinar el tránsito diario promedio diario (TDP), a partir de la expansión de un conteo temporal horario. Una descripción del comportamiento horario observado en la red de carreteras se presenta en el apartado 1.5.1.2 secciones A (Variación Horaria).

3.2.1.4 Ubicación de las estaciones maestras y análisis de zonas

Para asignar estaciones maestras es importante diseñar previamente la distribución geográfica de estaciones temporales y poner en marcha su monitoreo.

Al inicio de los trabajos se crea un mapa donde se ubicarán geográficamente las estaciones maestras potencialmente permanentes. La instalación de los equipos se debe hacer siguiendo un criterio en el cual se estime que la estación de conteo maestras y estaciones temporales cercanas a ellas, formen un conglomerado con patrones de comportamiento similitudes entre sí. Figura 3.1 Se muestra el comportamiento del TDPM durante el año de un conglomerado con una buena correlación entre ellas.

Otro criterio a considerar para la ubicación de las estaciones maestras consiste en que estas deberán contar en todo momento con acceso a internet con el fin de que los dispositivos puedan emplear tecnología de recopilación remota de datos para comunicarse en tiempo real con la oficina encargada del procesamiento de la información.

Comparación de Estaciones Maestras

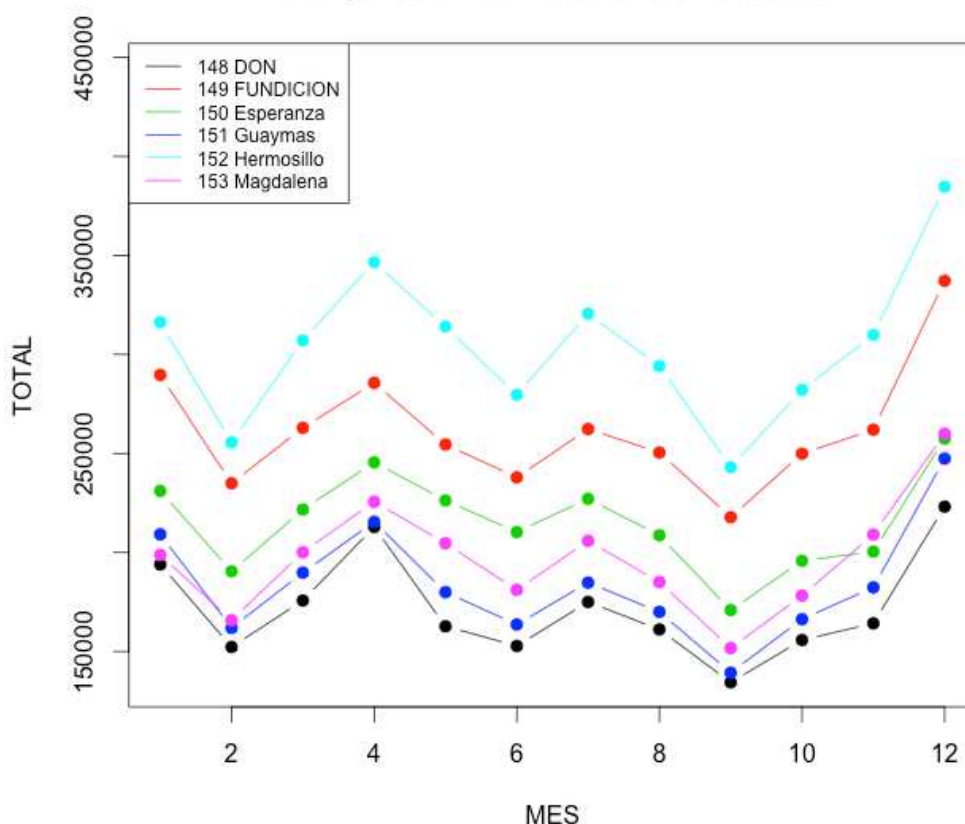


Figura 3.1 Tendencia del comportamiento Anual del TDPM de la estaciones de un conglomerado.

Es necesario prever que la ubicación puntual de las estaciones supere los 500 metros en relación al límite de la zona de conflicto vehicular, en donde por movimientos locales (enrtronques, poblados, ciudades, etcétera) los volúmenes vehiculares se alteren.

Por otro lado, es importante conocer los recursos disponibles para la realización del programa; aún sin contar con el equipo necesario que cubra el número mínimo de estaciones, el inicio del trabajo es posible. La solución a este conflicto es instalar las estaciones maestras disponibles y que de forma gradual se complete el número total.

Se debe realizar un análisis estadístico sobre la correlación entre estaciones potencialmente permanentes y las de conteo de temporal. Es requisito indispensable para este procedimiento que las estaciones de conteo registren el comportamiento del flujo de tránsito durante el año anterior. El proceso de evaluación debe realizarse periódicamente, incluyendo estaciones temporales, para asegurar que los procedimientos se realizan con resultados confiables.

El análisis de correlación entre estaciones se debe realizar mediante la ecuación:

(Ecuación 3.2)
$$\text{Cor}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}}$$

Donde:

Cor (X, Y) = Correlación entre los datos X (tránsito diario de las estaciones maestras) y los datos Y (tránsito diario de las estaciones de conteo temporal).

$\bar{X}$ = Tránsito diario promedio de las estaciones maestras.

$\bar{Y}$ = Tránsito diario promedio de la estaciones de conteo temporal.

X_i = Tránsito diario promedio de la estación maestra en un día cualquiera "i".

Y_i = Tránsito diario promedio de la estación de conteo temporal en un día cualquiera "i".

Donde el valor calculado por esta ecuación debe ser lo más cercano a 1 o -1 para considerar que existe una correlación aceptable entre las estaciones. Bajo este enfoque se recomienda colocar una nueva estación maestra en la ubicación de una estación de conteo temporal donde la correlación con las estaciones maestras de la zona haya resultado cercana a 0.

La figura 3.2 muestra el mapa de intensidad resultante del cálculo de la correlación entre cada una de las estaciones del conglomerado de sonora y tres estaciones temporales de la región (E-26170, E-26114 y E-26050).

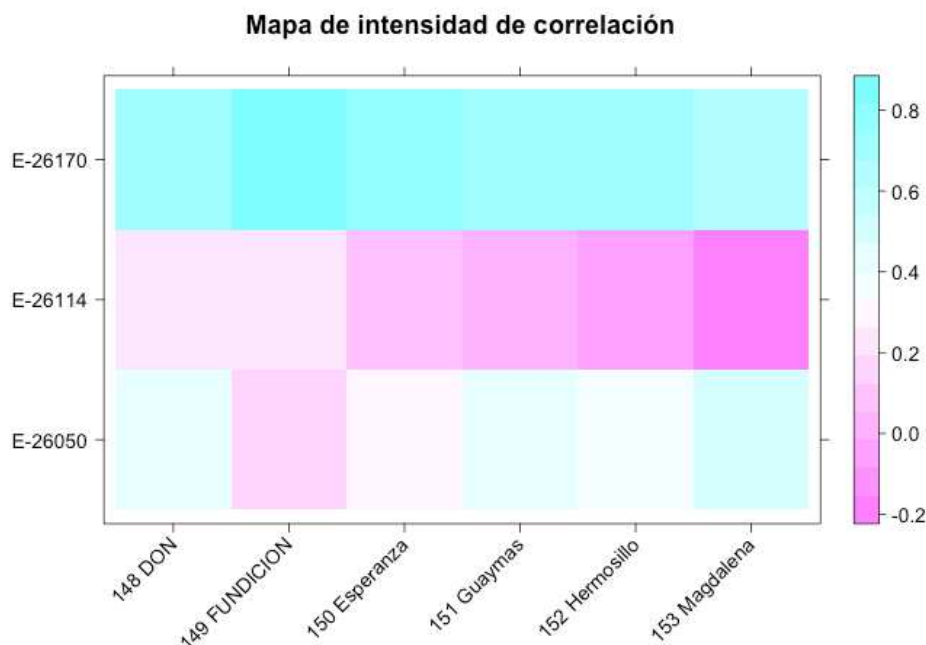


Figura 3.2 Mapa de intensidad de correlación entre las estaciones del conglomerado y tres estaciones temporales pertenecientes al mismo.

Cuando las estaciones temporales se encuentran correlacionadas de forma aceptable con las estaciones maestras, se recomienda revisar el diseño de la distribución geográfica de las primeras y valorar la implementación de cambios en este diseño. Si se implementa un nuevo diseño, éste debe ser evaluado mediante el análisis anterior para determinar la reestructuración de zonas y la ubicación de la nueva estación de monitoreo permanente.

Se debe considerar la necesidad de establecer nuevas zonas o conglomerados cuando:

- Los grupos de factores no son razonablemente homogéneos dentro de la zona de estudio
- La definición de los grupos no es clara
- Se tienen nuevas tendencias de patrones de flujo de tránsito

3.2.1.5 Revisar del número de estaciones de maestras por zona

La decisión sobre el número apropiado de grupos o conglomerados de factores debe tener como base: resultados obtenidos por análisis de datos reales y el conocimiento de las condiciones pertinentes específicas de la red. De manera general el número mínimo de estaciones maestras requeridas para una zona depende del nivel de confianza requerido, el coeficiente de variabilidad de los datos analizados, y el nivel de precisión en el cálculo como se muestra en la tabla 3.1.

El número mínimo requerido de estaciones maestras (basado en análisis por conglomerado) está dado por dos parámetros importantes:

- o Coeficiente de variabilidad de los volúmenes mensuales
- o La precisión deseada en el cálculo de los factores de corrección.
- o Grado de confianza

Para determinar el número apropiado de estaciones se utiliza un procedimiento de muestreo estadístico, con el fin de obtener un nivel de precisión y confiabilidad favorables en la estimación del factor de corrección del grupo. Puesto que las localidades de conteo permanente en los programas existentes no fueron seleccionadas de forma aleatoria, se puede asumir que las localidades existentes son equivalentes a una selección de muestreo aleatorio simple. Teniendo esto como base, la teoría de distribución normal proporciona una metodología apropiada por medio de la ecuación estándar para estimar los intervalos de confianza de una muestra aleatoria simple:

(Ecuación 3.3)

$$B = \bar{X} \pm \left(T_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \right) * \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde:

B = Límites superior e inferior del intervalo de confianza.

$\bar{x}$ = Promedio del TDPM de las estaciones maestras del conglomerado.

T = Valor de la distribución T-Student, con un nivel de confianza $(1-d/2)$ y $(n-1)$ grados de libertad.

n = Número de estaciones maestras.

α = Nivel de confianza.

s = desviación estándar del TDPM para las estaciones de conteo maestras del conglomerado.

En la cual el intervalo de precisión es dado por la expresión:

(Ecuación 3.4)
$$D = \left(T_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \right) * \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde:

D = Intervalo absoluto de precisión.

T = Valor de la distribución T-Student, con un nivel de confianza $(1-d/2)$ y $(n-1)$ grados de libertad.

α = Nivel de confianza.

n = número de estaciones maestras.

s = desviación estándar del TDPM para las estaciones de conteo maestras del conglomerado.

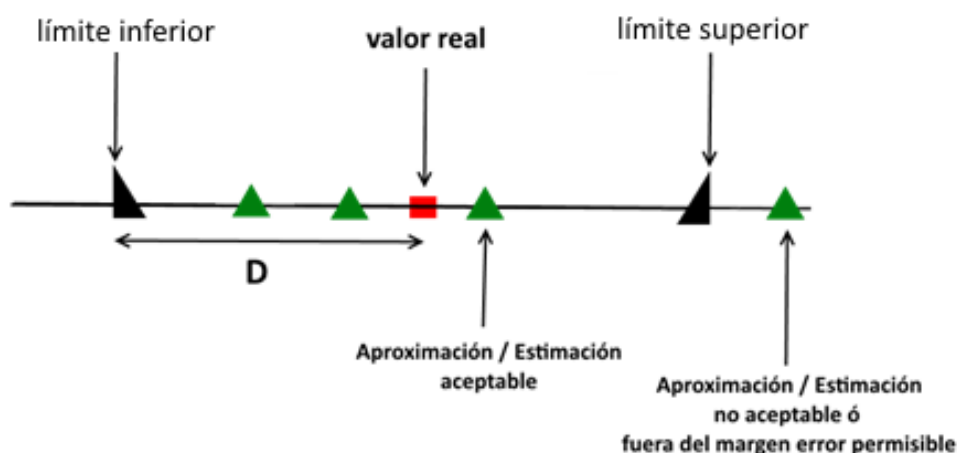


Figura 3.3 Ilustración del intervalo de precisión.

Si se expresa el intervalo como una proporción o porcentaje del estimado dividiendo dicho intervalo entre el promedio de los factores de variabilidad:

$$(Ecuación 3.5) \quad \left(\frac{1}{\bar{x}}\right) D = \left(T_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}\right) * \left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right) \left(\frac{1}{\bar{x}}\right)$$

Donde:

D = Intervalo de precisión absoluto.

T = Valor de la distribución T-Student, con un nivel de confianza $(1-d/2)$ y $(n-1)$ grados de libertad.

α = Nivel de confianza.

n = número de estaciones maestras.

s = desviación estándar del TDPM para las estaciones de conteo maestras del conglomerado.

$\bar{x}$ = Promedio del TDPM de las estaciones maestras del conglomerado.

Considerando que el coeficiente de variabilidad entre volúmenes de tránsito se define como la razón de la desviación estándar al promedio del TDPM durante el año:

$$(Ecuación 3.6) \quad C = \frac{s}{\bar{x}}$$

Se obtiene que el intervalo de precisión como proporción de la media del TDPM se expresa:

$$(Ecuación 3.7) \quad D_{\bar{x}} = \left(T_{1-\frac{d}{2}, n-1}\right) * \left(\frac{C}{\sqrt{n}}\right)$$

$D_{\bar{x}}$ = Intervalo de precisión como proporción de la media del TDPM.

C = Coeficiente de variación del volumen de tránsito.

Nota: el porcentaje es una proporción multiplicada por 100. Por ejemplo, 10% es equivalente a una proporción de 1/10.

Estimar el tamaño de muestra necesario para lograr el intervalo de precisión deseado o nivel de confianza es posible utilizando la fórmula 3.6. Especificar el nivel deseado de precisión puede ser una tarea difícil: una precisión alta requiere mayor número de muestras, mientras que una precisión laxa reduce la utilidad de los datos para propósitos de toma de decisión. Tradicionalmente, estimaciones de tráfico de esta naturaleza se ha considerado que poseen una precisión aproximada del 10%. Este porcentaje puede ser establecido con un alto o bajo nivel de confianza, al tomar en consideración el tamaño de la muestra; entre más

alto sea el nivel de confianza, más grande debe de ser el tamaño de la muestra. Además, el requerimiento de precisión puede ser aplicado individualmente a cada grupo temporal o a un estimado estatal basado en procedimientos de muestreo aleatorio más complejos.

Los niveles de fiabilidad recomendados son un 10% de precisión con 95 % de confianza por cada grupo temporal, excluyendo grupos recreacionales donde no hay requerimiento de precisión especificado. Cuando se aplican estos niveles de fiabilidad, la cantidad de localidades de conteo permanente son usualmente de cinco a ocho por grupo factorial, aunque existen casos donde más localidades son necesarias. El número de localidades necesarias es una función de la variabilidad de los patrones de tráfico dentro de ese grupo (Coeficiente de variabilidad de los volúmenes mensuales C) y la precisión deseada; por consecuencia, el tamaño de la muestra puede cambiar de un grupo a otro.

Estudios sobre variabilidad de los volúmenes de tránsito han encontrado que el coeficiente de variabilidad de los volúmenes mensuales (C) entre dos meses para las zonas urbanas es menor al 10 %. Para carreteras y zonas rurales suele fluctuar entre 10% y 25%, mientras que para carreteras localizadas en zonas de recreación este coeficiente puede tener valores superiores al 25%.

Grupos de factores recreacionales usualmente son monitoreados con una cantidad menor de contadores permanentes, simplemente porque estos patrones tienden a cubrir una cantidad pequeña de caminos o carreteras; no es económicamente viable mantener de cinco a ocho estaciones para monitorear un pequeño número caminos. La cantidad de estaciones asignadas a estos grupos depende de la importancia que fije la agencia de planeación a: monitoreo de viajes recreacionales, traslados recreacionales en el estado y diferentes patrones recreacionales identificados.

Con fines prácticos se hizo el análisis para varios escenarios de evaluación. La tabla 3.1 representa el porcentaje de precisión de los datos para diferente número de estaciones con un nivel de confiabilidad del 95% (distribución T-Student) y diferentes valores de los coeficientes de variabilidad de los volúmenes mensuales (10%, 15%, 20% y 25%). Por ejemplo: si se requiere una precisión de los datos mayor o igual al 90 % con una variabilidad de los datos (C) del 15 % entre un mes y otro, se debe contar mínimamente con 12 estaciones maestras en el grupo. En cambio para el mismo caso pero con un 85% de precisión solamente se requieren 7 estaciones maestras dentro del grupo.

Tabla 3.1 Relación entre el número de estaciones y el % de precisión de los datos calculados a partir de la ecuación 3.6 *

% de precisión para n número de estaciones y coeficiente de variabilidad 10% al 25%					
Estaciones	Distribución T-Student al 95%	C= 10%	C=15%	C=20%	C=25%
2	12.706	10.16%	---	---	----
3	4.303	75.16%	62.73%	50.31%	37.89%
4	3.182	84.09%	76.14%	68.18%	60.23%
5	2.776	87.59%	81.38%	75.17%	68.96%
6	2.571	89.50%	84.26%	79.01%	73.76%
7	2.447	90.75%	86.13%	81.50%	76.88%
8	2.365	91.64%	87.46%	83.28%	79.10%
9	2.306	92.31%	88.47%	84.63%	80.78%
10	2.262	92.85%	89.27%	85.69%	82.12%
11	2.228	93.28%	89.92%	86.56%	83.21%
12	2.201	93.65%	90.47%	87.29%	84.12%
13	2.179	93.96%	90.93%	87.91%	84.89%
14	2.16	94.23%	91.34%	88.45%	85.57%
15	2.145	94.46%	91.69%	88.92%	86.15%

*Tabla de Elaboración propia

A continuación se presenta el procedimiento detallado del cálculo del número de estaciones necesarias para un conglomerado, para el caso hipotético de un conglomerado donde se encuentran solamente dos estaciones maestras.

Primeramente se analizan los resultados del conteo anual, calculando para cada una de las estaciones maestras el TDPM por vehículo, así como el TDPA (tablas 3.2 y 3.3). Se determina a través los volúmenes mensuales la media anual y la desviación estándar para cada tipo de vehículo en cada una de las estaciones maestras del conglomerado (tabla 3.4 y 3.5).

. Dichos datos se sustituirán en la ecuación 3.6 para la obtención de los coeficientes de variabilidad entre los volúmenes de tránsito mensual (C) por clasificación vehicular en cada una de las estaciones analizadas. El coeficiente de variación entre volúmenes de tránsito para cada una de las estaciones será el promedio de cada uno de los coeficientes individuales por clasificación vehicular. Siendo el coeficiente C igual a 14.48% para la estación 01 y 16.53% para la estación 02.

Finalmente el coeficiente C del conglomerado consistirá en una ponderación de los coeficientes de cada una de las estaciones maestras dentro del conglomerado.

$$C = \frac{14.48\% + 16.53\%}{2} = 15.70\%$$

Al sustituir este valor en la ecuación 3.6 o al interpolarlo en la tabla 3.1 indica que es necesario un mínimo de 7 estaciones para alcanzar una precisión mayor o igual al 85% en el cálculo de los datos.

Tabla 3.2 Volúmenes mensuales de la estación 01

VOLUMENES MENSUALES DE LA ESTACIÓN 01											
MES	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL	
1	ENE	12	6,716	535	284	171	1,463	177	612	232	10,202
2	FEB	9	5,589	455	297	181	1,526	187	653	233	9,130
3	MAR	13	6,195	471	323	177	1,570	194	699	264	9,906
4	ABR	21	7,734	526	312	183	1,553	177	773	274	11,553
5	MAY	10	6,456	490	329	196	1,575	179	640	255	10,130
6	JUN	11	6,198	489	332	179	1,327	142	403	240	9,321
7	JUL	7	7,498	536	329	175	1,118	138	312	231	10,344
8	AGO	8	6,736	517	318	170	1,091	145	288	215	9,488
9	SEP	13	5,528	458	302	164	1,034	142	287	174	8,102
10	OCT	12	6,042	474	338	182	1,280	162	385	225	9,100
11	NOV	19	7,088	467	329	177	1,324	198	481	248	10,331
12	DIC	8	9,066	549	320	173	1,301	182	540	267	12,406
TPDA		12	6,737	498	318	177	1,347	169	506	239	10,003

Tabla 3.3 Volúmenes mensuales de la estación 02

VOLUMENES MENSUALES DE LA ESTACIÓN 02											
MES	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL	
1	ENE	9	3,998	355	169	145	1,214	97	595	154	6,746
2	FEB	6	2,953	338	179	118	1,308	104	630	145	5,781
3	MAR	9	3,183	354	190	121	1,316	108	687	174	6,122
4	ABR	16	4,308	382	186	140	1,248	112	620	171	7,183
5	MAY	8	3,256	374	173	126	1,150	146	415	158	5,806
6	JUN	5	3,155	356	179	127	1,023	118	352	139	5,454
7	JUL	6	3,812	377	180	137	907	111	293	138	5,961
8	AGO	7	3,412	358	172	132	876	112	283	131	5,483
9	SEP	8	2,686	329	165	118	845	110	270	112	4,643
10	OCT	13	3,094	351	196	118	1,017	126	321	129	5,365
11	NOV	10	3,625	354	200	122	1,107	128	382	152	6,080
12	DIC	5	5,318	397	198	158	1,127	101	487	190	7,981
TPDA		9	3,567	361	182	130	1,095	114	443	150	6,050

Tabla 3.4 Coeficientes de variabilidad para la estación maestra 01.

ESTACIÓN 01. CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE VARIACION DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO DURANTE EL AÑO, DESGLOSADO POR CLASIFICACIÓN VEHICULAR									
DESVIACION ESTANDAR	4.112	959.465	32.161	15.482	7.717	185.546	20.874	163.169	25.996
MEDIA	11.92	6737.17	497.25	317.75	177.33	1346.83	168.58	506.08	238.17
C	34.50%	14.24%	6.47%	4.87%	4.35%	13.78%	12.38%	32.24%	10.91%

Tabla 3.5 Coeficientes de variabilidad para la estación maestra 02.

ESTACIÓN 02. CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE VARIACION DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO DURANTE EL AÑO, DESGLOSADO POR CLASIFICACIÓN VEHICULAR									
DESVIACION ESTANDAR	3.149	687.935	18.171	11.241	12.123	156.271	12.926	143.531	20.882
MEDIA	8.5	3566.67	361.25	182.25	130.17	1094.83	114.42	442.92	149.42
C	37.05%	19.29%	5.03%	6.17%	9.31%	14.27%	11.30%	32.41%	13.98%

3.2.1.6 Evaluación y reestructuración de zonas o conglomerados

Una vez que se han establecido el número de grupos y el número de ubicaciones de estaciones maestras para cada grupo, los lugares existentes pueden modificarse si se observa que es necesaria una reestructuración de las posiciones de localización. El primer paso es examinar cuántos contadores permanentes se encuentran dentro de cada uno de los grupos definidos. Este número se compara con el número de ubicaciones necesarias para ese grupo, para cumplir con los niveles requeridos de fiabilidad en los factores. Si el examen revela una escasez de lugares de recuento permanente actuales, deben seleccionarse nuevas ubicaciones para colocar contadores permanentes dentro de ese grupo definido.

Si existe un superávit de estaciones maestras dentro de un grupo, entonces las ubicaciones redundantes son candidatas a un cese de operación. Si el excedente es grande, la reducción debe ser planificada por etapas y después de un análisis adecuado, para prevenir que los recortes no afecten la fiabilidad de los resultados estadísticos de manera inesperada.

Otros elementos que deben considerarse son los siguientes:

- o Otros usos de la información– el registro de los volúmenes vehiculares no es el único objetivo de los conteos permanentes; por lo que se debe revisar la función que cumple cada estación de conteo antes de su interrupción.

- o La calidad de los datos del flujo de tránsito – el origen de la información, así como, las herramientas empleadas para su registro determinara la calidad de los datos y la utilidad para su posterior empleo.
- o La distribución en áreas geográficas
- o La distribución por sistema de la clasificación.
- o La calidad del equipo
- o Fallas en hardware, o el sistema de alimentación de energía, puede provocar periodos de medición nulos (condición del equipo)

3.2.2 Programa de estaciones de conteo temporal.

Los conteos temporales proporcionan la mayor cantidad de información del flujo de tránsito y la diversidad geográfica necesaria para el análisis del sistema de carreteras. En términos simples, los conteos temporales son los trabajos que garantizan la existencia de datos para toda la red de carreteras.

Para el programa de monitoreo de volumen de tránsito se recomienda que le conteo temporal se divida en dos categorías: de cobertura (estaciones de conteo semanales) y especiales (conteos menores a una semana). El subconjunto de conteo de cobertura cubre el sistema de carreteras periódicamente para satisfacer tanto las necesidades específicas del punto como de la zona.

Los conteos temporales especiales son realizados generalmente para satisfacer necesidades de proyectos específicos públicos o de iniciativa privada; por ello comúnmente se realizan en tiempos menores a siete días.

3.2.2.1 Criterios de ubicación de las estaciones de conteo temporal.

El número y ubicación de estas estaciones se define principalmente por la disponibilidad de recursos y la variabilidad del flujo de tránsito a lo largo de la red de carreteras que se busca monitorizar. Es necesario considerar que la ubicación de las estaciones supere los 500 metros en relación al límite de las zonas conflictivas, donde por movimientos locales (entronques, poblados, ciudades, etcétera) los volúmenes vehiculares se alteren.

Las siguientes actividades sirven como guía para determinar la posición geográfica de las estaciones de conteo temporal:

1. Dividir el sistema de carreteras en segmentos de volumen del flujo de tránsito homogéneos.
2. Determinar lugares de conteo necesarios para cubrir el sistema de carreteras, los cuales se deben revisar en un ciclo máximo de seis años para comprobar su uniformidad. Estas verificaciones constan de revisar la

- variación del flujo vehicular desde el principio del tramo hasta el final del mismo, y constatar según los parámetros de la tabla 3.6 la insignificancia en su diferencia”
3. Determinar los lugares de conteo requeridos para satisfacer las necesidades de otra información que se requiera para análisis específicos.
 4. Determinar la necesidades para la recolección de información del siguiente periodo de monitoreo. Esto implica trabajar con las oficinas que soliciten estos datos para definir las necesidades a cubrir con los datos a recolectar. Esta coordinación debe considerarse en conteos temporales, y es necesario su continuidad con el fin de garantizar que los conteos para proyectos específicos se lleven a cabo cuando sean necesarios.
 5. Revisar que no se duplican los trabajos superponiendo conteos en mapas de la red de carreteras, incluida la ubicación de las estaciones maestras.
 6. Investigar la existencia de información actual obtenida de otros programas de conteo no considerados, y determinar cómo se pueden combinar para hacer mejor uso de los recursos disponibles.

Los pasos anteriores están destinados a reducir la duplicidad de conteos y aumentar la eficiencia del personal de recopilación de datos, en el caso de contar con las suficientes estaciones de conteo temporal; de manera que la estimación del volumen del flujo de tránsito para un segmento dado de carretera retrate con precisión dicha magnitud en ese lugar.

De manera general, los segmentos de carretera se consideran secciones del flujo de tránsito homogéneas en carreteras de altas especificaciones. Sin embargo, también puede considerarse para caminos rurales, donde el acceso y la salida a lo largo de un segmento se limitan a pocos caminos de bajo volumen vehicular llamados caminos de acceso locales.

El criterio para definir los segmentos en conteos temporales, consiste en la comparación del volumen vehicular entre dos estaciones de conteo consecutivas, cuando este volumen supere los porcentajes mostrados en la tabla 3.6 se colocar una nueva estación de conteo en una posición intermedia entre las dos estaciones existentes, como se muestra en la Figura 3.4.

Tabla 3.6 Criterios para la colocación de estaciones de conteos temporales

A partir TDPA en el Segmento	Variación TDP dentro Segmento
0 - 999	+ 100%
1 000 – 2 999	+ 50%
3 000 – 4 999	+ 20%
5 000 – 9 999	+ 15%
10 000 o más	+ 10%

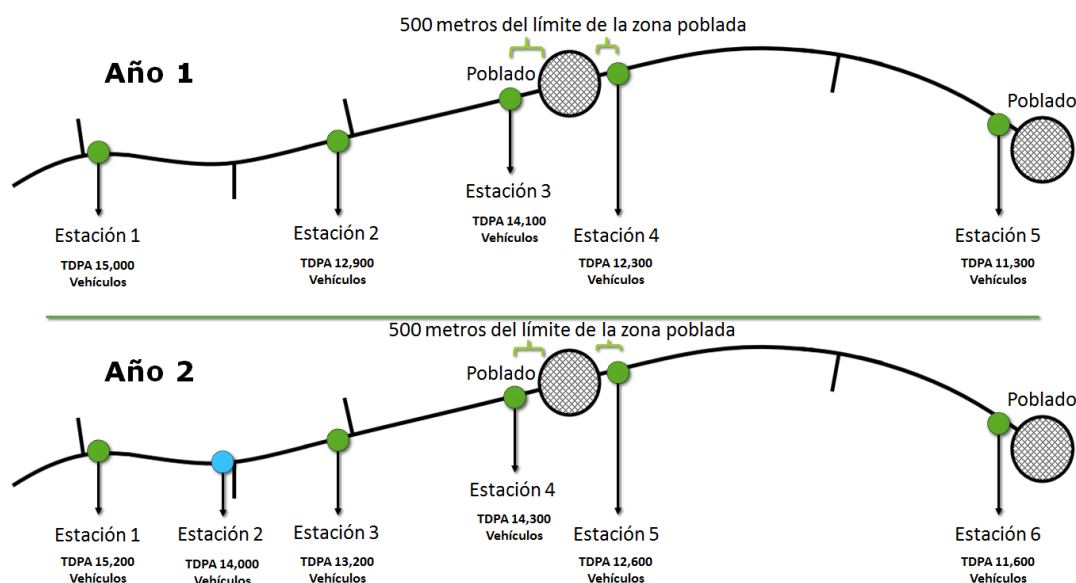


Figura 3.4 Definición de instalación de nuevas estaciones de conteo temporal.

Para un aprovechamiento eficiente de los recursos deben retirarse las estaciones de conteo temporal donde la variación entre estaciones consecutivas no sea mayor al porcentaje considerando en la tabla 3.6 como se muestra en la figura 3.5.

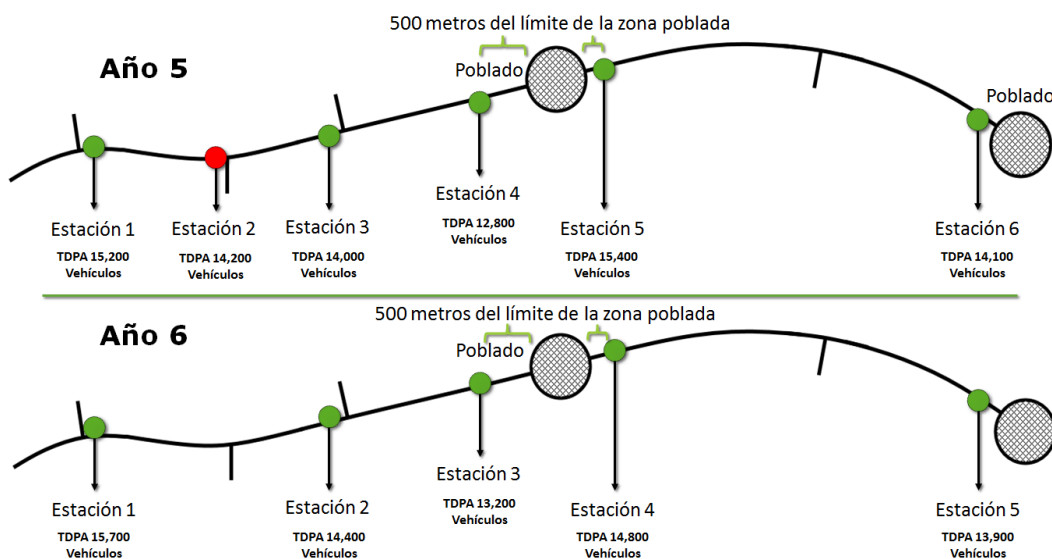


Figura 3.5 Definición del retiro de estaciones de conteo temporal.

Cuando se haya retirado una o más estaciones, se debe verificar el comportamiento del flujo de tránsito en un tiempo no mayor a 6 años, o cuando la inspección visual del campo así lo recomiende. Para realizar esta verificación se colocara nuevamente la estación retirada durante un periodo de conteo especial, que puede varia de 2 a 7 días de acuerdo a los recursos disponibles y la correlación existente en el conglomerado donde se encuentra el tramo de análisis; el procedimiento para realizar la aproximación del tránsito con conteos menores a

una semana se encuentra descritos en el apartado 3.2.4.3. y ejemplificado en el apartado 3.2.4.5.

Generalmente, las secciones de carretera que experimentan altas tasas de crecimiento requieren una revisión de homogeneidad más frecuente en contraste con las que no los experimentan. Por lo tanto, las carreteras cercanas a centros urbanos y sitios recreativos en crecimiento se deben verificar con mayor frecuencia que las carreteras de zonas donde los niveles de actividad han cambiado poco a través de los años. Debe incluirse la clasificación vehicular en el proceso de verificación, con el fin de observar el comportamiento de vehículos pesados y tomar consideraciones para el caso de presentarse un alto volumen de esta categoría.

Debido a la constante expansión de la red nacional de carreteras, se deberá realizar una revisión anual para comprobar si existe la necesidad de agregar estaciones de conteo en tramos nuevos de la red. Para efectuar dicha revisión deberán respetarse los términos anteriormente expuestos en este apartado.

3.2.2.2 Conteos especiales

Los conteos especiales generalmente se requieren para cubrir necesidades de proyectos específicos, por lo tanto se realizan para estudios determinados como: proyecto de entronques, modernización de la sección geométrica, rehabilitación, estudios de impacto vial y otros proyectos en específico.

Los conteos específicos o especiales se toman tradicionalmente en un plazo relativamente corto (menor a una semana) y recogen datos con mayor detalle que los conteos semanales debido a que la necesidad de información no se detecta hasta después de que el proyecto ha sido seleccionado para su construcción; por esto no existe el tiempo suficiente para disponer de conteos dentro del programa de conteo regular.

Diferentes tipos de conteos pueden caer dentro de las necesidades especiales, al ser estos requeridos por diferentes áreas de la dependencia o por organizaciones públicas y privadas para diferentes propósitos que incluyen estudios de intersecciones, colocación de semáforos, movimientos de giro, análisis de seguridad y estudios ambientales; sin embargo, se recomienda que de ser posible, estas actividades se coordinen dentro de los alcances del programa de monitoreo temporal del flujo de tránsito.

La programación de conteos debe realizarse anualmente con un panorama claro de los todos los requerimientos de información que los conteos especiales deben de cubrir, para que los objetivos del programa de monitoreo de flujo de tránsito los tome en consideración. Por otro lado, se debe comparar la ubicación de los conteos temporales especiales, conteos temporales semanales y estaciones maestras; con el fin de verificar la cobertura y evaluar si la información es suficiente para todos los análisis que se efectuaran en las diferentes regiones en las que se divide la red de carreteras del país.

3.2.3 Clasificación vehicular

La clasificación de vehículos consiste en un grupo de categorías que identifican a los vehículos dependiendo de su función (Figura 3.6) y características (Figura 3.7).

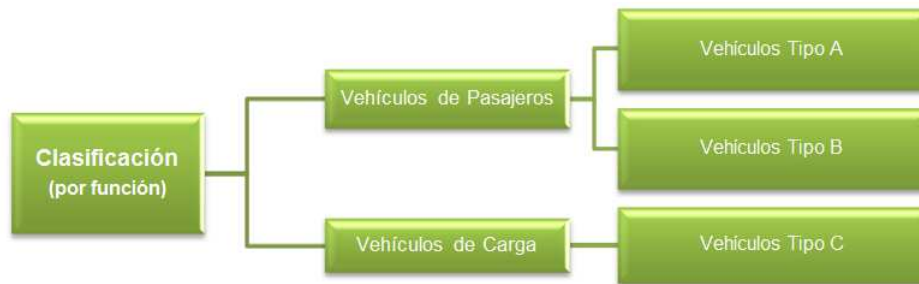


Figura 3.6 Diagrama de categorías vehiculares

En cuanto a características, los vehículos se dividen en:

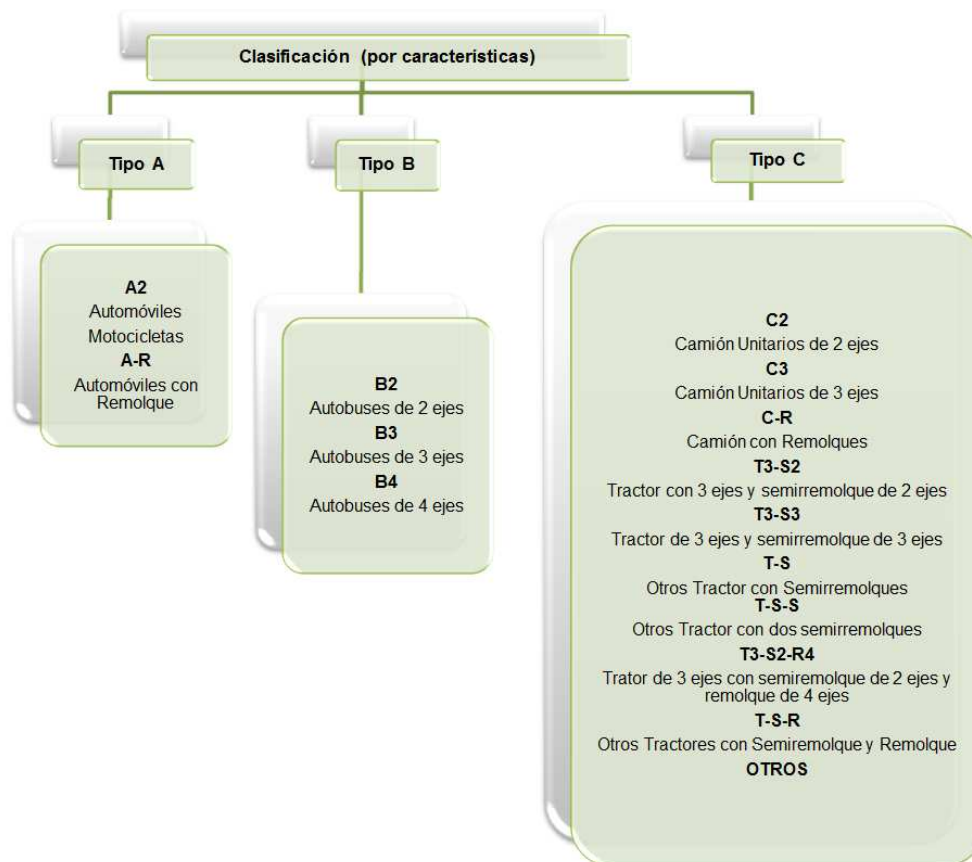


Figura 3.7 Diagrama de clasificación vehicular.

Los conteos permanentes realizados por estaciones maestras proporcionan los elementos necesarios para el cálculo de los factores de corrección para cada tipo de vehículo; estos factores son empleados para una estimación precisa del TDPA a través de las estaciones temporales. Dichas estaciones registran el volumen vehicular por clasificación durante periodos cortos, que generalmente constan de una semana.

Este conteo se utiliza en la estimación del TDPA para cada tipo de vehículo sobre el tramo carretero a través de los conteos realizados por las estaciones temporales. Con esta consideración, el TDPA total del tramo en cuestión es la suma de todos los valores obtenidos por clasificación vehicular.

Otra función que tiene la clasificación vehicular dentro del monitoreo de flujo de tránsito, es el análisis de información sobre los patrones de comportamiento de un tipo de vehículo en particular, como los camiones de carga.

La información sobre el volumen de vehículos de carga y transporte de pasajeros es particularmente importante; existen grupos específicos de trabajo que en sus disciplinas requieren del análisis de transporte para sus cálculos. Por ejemplo: proyecciones para el diseño de pavimento, esquemas de movilidad de mercancías; planificación, seguridad y decisiones de programación de proyectos. Por lo que es necesario un enfoque integral del trabajo, donde cada una de las estaciones en operación, ya sean maestras o temporales realicen junto a los conteos de volumen los procesos de clasificación vehicular; con el fin de proporcionar la documentación sobre datos viales en forma más adecuada para el usuario final.

3.2.4 Estimación del TDPA

En este apartado se describen los métodos existentes para la estimación del TDPA mediante tres métodos: el método presentado por la Traffic Monitoring Guide (TMG), el método de la SCT y una combinación entre ambos.

3.2.4.1 Estimación del TDPA a través del método del TMG.

El TMG establece que la estimación del TDPA por clasificación vehicular en un conteo temporal requiere de un conjunto específico de factores de corrección, dichas correcciones están dadas en función del equipo que se utiliza para recoger el conteo y la duración del mismo. Todos los conteos temporales requieren ajustes para reducir los efectos del sesgo estacional para estimar TDPA.

Generalmente el TDPA se obtiene a partir de estaciones de conteo temporal de una semana, sin embargo se puede obtener a partir de conteos temporales de menor duración por lo que la ecuación del TMG se expresa de la siguiente manera:

$$(Ecuación 3.8) \quad TDPA_{veh_{ab}} = TH_{veh_{ab}} \times M_{ab} \times Ds_{ab} \times H_{ab} \times A_{ab} \times G_{ab}$$

Dónde:

$TDPA_{ab}$ = Estimación del tránsito diario promedio anual por tipo de vehículo en el tramo homogéneo a - b.

TH_{ab} = Transito Horario por tipo de vehículo medido en una estación temporal en el tramo a-b

M_{ab} = Factor por mes del año por tipo de vehículo para el tramo a-b estimado con las estaciones maestras correspondientes (aplicable en conteos semanales).

DS_{ab} = Factor de corrección por día de la semana por tipo de vehículo para el tramo a-b (aplicable cuando el conteo vehicular es menor a 7 días continuos).

H_{ab} = Factor de corrección horario por tipo de vehículo para el tramo a-b (aplicable en casos especiales cuando los conteos vehiculares son menores a 24 horas).

A_{ab} = Factor de corrección por la localización por tipo de vehículo (aplicable cuando el conteo se encuentra fuera del grupo de la estación maestra correspondiente).

G_{ab} = Factor de crecimiento anual por tipo de vehículo (aplicable si el conteo temporal se realizó en años anteriores al que se requiere la estimación).

La estimación el TDPA total se obtendrá mediante la suma de las estimaciones del TDPA de cada clasificación vehicular, por lo que debe calcularse una nueva clasificación vehicular según los resultados obtenidos, misma que será distinta a la que se midió en campo por las estaciones de conteo temporal, es decir, los porcentajes del TDPA por vehículo serán distintos en las estaciones de conteo temporal y estaciones maestras correspondiente al conglomerado.

Para una estación de conteo que opera todo el año sin fallo, el TDPA se puede calcular mediante la suma de todos los volúmenes diarios y dividiendo por 365 (promedio real). De manera similar, la TDPS se puede calcular mediante la adición de los volúmenes diarios durante cualquier semana del año dividido entre los siete días que comprende el conteo semanal.

Cuando la información haya presentado problemas de captura algunas estaciones maestras resultan poco fiables durante un año completo. La mayoría sufren al menos una pequeña interrupción en el periodo de medición debido a fallas eléctricas, de comunicación u otra situación inesperada que provoque lapsos de no operación. La pérdida de información pueden extenderse desde unos minutos hasta varios días si la falla del dispositivo o accesorios es severa y el reemplazo no ocurre de manera inmediata; estos sesgos provocan errores en los cálculos, sobre todo cuando se pierde una cantidad considerable de los datos en un bloque. Como resultado, se debe adoptar una fórmula modificada para el cálculo estadístico del TDPA, teniendo en cuenta los errores provocados directamente por los datos faltantes en el conteo.

La siguiente metodología adoptada por AASHTO, investigada y verificada por la FHWA; organismo regulador de carreteras en Estados Unidos, donde el TDPA se expresa como:

(Ecuación 3.9)

$$TDPA = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \left[\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n TD_{ijk} \right) \right]$$

Dónde:

TD= Transito diario para el día “k”, del día de la semana “i”, y el mes “j”

i= Día de la semana

j= Mes del año

k= 1, cuando es la primera aparición de ese día de la semana en un mes, 4 cuando es la cuarta aparición de ese día de la semana en un mes.

n= El número de veces que un mismo día contiene datos en el mes.

Esta fórmula representa los promedios de cada día de la semana para cada mes, estima el valor medio anual para cada día de la semana, y finalmente calcula un único valor medio diario anual. Este proceso elimina eficazmente la mayoría de los sesgos que se presentan en días con falta de información, especialmente cuando esas pérdidas se distribuyen de manera desigual a través de meses o días de la semana.

Este método tiene en cuenta los datos faltantes mediante la ponderación del mismo día cada semana y mes, independientemente del número de días realmente presentes; sin embargo, se debe considerar entre uno y cinco registros para cada día de la semana en cada mes. Por ejemplo, si sólo dos sábados y tres lunes están presentes para junio el procedimiento de AASHTO, permite que los dos sábados puedan ser utilizados para estimar la media de ese día en el mes, mientras que tres lunes se utilizan para calcular la media de igual manera. Los siete valores promedio de la semana se calculan con los obtenidos para los demás meses. Por último se promediaran los siete días representativos del año para generar un valor único del Transito Promedio Diario del Año.

3.2.4.2 Estimación del TDPA a través del método tradicional SCT.

Otro método de estimación utilizado en México por la SCT consiste en una modificación de la ecuación 3.8, donde el TDPA de la estación de conteo temporal es resultado de expandir el TDPS de dicha estación mediante un factor de corrección semanal, como se muestra en la ecuación 3.10. Para este procedimiento en particular, la aproximación es global, además que el factor de corrección F_s se calcula a través de la estación cercana con mejor correlación y en lugar de un conglomerado. La clasificación vehicular del TDPA será considerada como la misma que la estación temporal.

(Ecuación 3.10)

$$TDPA_{ab} = TPDS_{ab} \times F_{sP}$$

Dónde:

$TDPA_{ab}$ = Estimación del Tránsito Diario Promedio Anual en el tramo homogéneo entre la posición “a” y la posición “b”.

$TPDS_{ab}$ = Tránsito Diario Promedio Semanal medido en una estación temporal en el tramo a-b

F_{sp} = Factor de la semana del año para el tramo a-b estimado con la estación permanente cercana que muestre mejor correlación con la estación temporal.

En el cual el Factor de corrección semanal se estima mediante la ecuación 3.11

(Ecuación 3.11)
$$F_{sp} = \frac{TDPA_M}{TDPS_M}$$

Dónde:

F_{sp} = Factor de la semana del año para el tramo a-b estimado con la estación permanente cercana que muestre mejor correlación con la estación temporal.

$TDPA_{Mveh}$ = Transito diario promedio anual registrado por la estación maestra durante el periodo de conteo de la estación temporal.

$TDPS_{Mveh}$ = Transito diario promedio semanal registrado por la estación maestra durante el periodo de conteo de la estación temporal.

Un ejemplo de este tipo de aproximación se muestra en la Tabla 3.7

Tabla 3.7 Ejemplo del cálculo TDPA utilizando método de la SCT

Periodo de conteo del 7 al 13 de mayo del 2014	TDPA _M	TDPS _M	F _{sp}
ESTACION MAESTRA:152 Hermosillo	10,003	10,226	0.98
Periodo de conteo del 7 al 13 de mayo del 2014	TDPS	F _{sp}	TDPA
ESTACION TEMPORAL: 153 Magdalena	6,567	0.98	6424.00

3.2.4.3 Estimación del TDPA mediante la combinación de los métodos de estimación tradicional SCT y TMG.

Haciendo una combinación entre el método del TMG y el de la SCT; donde se sustituye el factor mensual (M) de la ecuación 3.8 por el factor semanal F_s de la ecuación 3.11, se obtiene un método generalizado la posibilidad de conteos especiales como semanales, como se muestra en la ecuación 3.12.

(Ecuación 3.12)
$$TDPA_{veh_{ab}} = TH_{veh_{ab}} \times F_{s_{ab}} \times D_{s_{ab}} \times H_{ab} \times A_{ab} \times G_{ab}$$

Para este método se deberá considerar que:

- Deberá emplearse la ecuación para cada tipo de vehículo presente en el conteo, al igual que el método TMG.
- Se empleara para el cálculo de los factores el concepto de conglomerado y no la estación cercana mejor correlacionada. Por lo que es requisito que la

estación temporal se encuentre dentro de la zona del conglomerado a emplear.

- La estimación el TDPA total se obtendrá mediante la suma de las estimaciones del TDPA de cada categoría vehicular.
- Debido a la naturaleza de este método, la clasificación vehicular para el TDPA de la estación temporal será diferente a la establecida en el conteo temporal y en las estaciones maestras del conglomerado.

En los apartados 3.2.4.4, 3.2.4.5 y 3.2.4.6 se muestran ejemplos de la utilización de los diferentes factores que componen esta ecuación.

A. Factor de Corrección Semanal Anual (Fs) y TDPA.

Para cálculo de los datos viales publicados, los factores de corrección mensual tienen mejor precisión si la información utilizada pertenece al mismo periodo del conteo anual, por ejemplo, un conteo temporal efectuado en el año 2014 debe emplear factores de corrección desarrollados para ese mismo año, permitiendo que el proceso de expansión tome en consideración las condiciones económicas, ambientales y sociales de ese momento, por lo que la publicación de los datos viales serán demorados hasta contar con la información anual completa del periodo de conteo.

Los conteos especiales necesarios para el desarrollo de proyectos a corto plazo tendrán problemas de desarrollo debido a la demora en la publicación de los factores del periodo en que se realiza el conteo dificulta su aplicación, por lo que es conveniente utilizar los factores de corrección el periodo anterior para la misma fecha.

La expansión de volúmenes de tránsito a partir de conteos temporales, utilizando los factores de corrección temporal se puede desarrollar en una de las siguientes maneras:

- o Calcular el factor de corrección a partir de un conteo de 12 meses consecutivos anteriores al periodo de conteo.
- o Aplicar los factores del año anterior.
- o Utilizar como factor de corrección un promedio de los factores de los tres años anteriores inmediatos.

Los procedimientos para el desarrollo y el empleo de los factores mensuales que se utilizaran en la estimación del TDPA a partir de los conteos temporales siguen directamente un estructura programada donde el factor de corrección para cada vehículo en las estaciones maestras son la relación de la TDPA para un vehículo establecido al TDPS del mismo vehículo, resultando en la ecuación:

(Ecuación 3.13)

$$Fs_{veh} = \frac{TDPA_{M_{veh}}}{TDPS_{M_{veh}}}$$

Dónde:

$Fs_{veh\ sem}$ = Factor de corrección para la semana del año en que se realizó el conteo temporal, desglosado por tipo de vehículo analizado.

$TDPA_{M_{veh}}$ = Transito diario promedio anual de un vehículo en específico registrado por la estación maestra.

$TDPS_{M_{veh}}$ = Transito diario promedio semanal de un vehículo en específico en el año de estudio registrado por la estación maestra durante el periodo de conteo temporal.

B. Factor de corrección Diario Semanal (Ds) y TDPS

Si los datos que se recogen cubren 24 o más horas, deben promediarse para representar una sola cuenta diaria, realizado un ajuste general donde los volúmenes horarios individuales se promedian (Sólo se debe utilizar los datos por horas completas. Horas parciales deben desecharse.) Estos promedios se suman para producir un solo volumen diario. Por otra parte, los factores de corrección para los días individuales también serán promediados.

Si se requiere conocer el TDPS a partir del TDP es necesario utilizar un factor de corrección semanal, también llamado factor de corrección de día de la semana (Ds).

(Ecuación 3.14)

$$TDPS_{veh} = TDP_{veh} (Ds_{veh})$$

Dónde:

$TDPS_{veh}$ = Transito diario promedio semanal estimado para un vehículo en específico.

TDP_{veh} = Transito Diario Promedio de un vehículo en específico contabilizado por la estación temporal (especial).

Ds_{veh} = Factor diario (día de la semana) de un vehículo en específico para el día del conteo temporal, calculado mediante los datos de la estación maestra.

En el cual el factor del día de la semana está dado por la expresión:

(Ecuación 3.15)

$$Ds_{veh} = \frac{TDPS_{M_{veh}}}{TDP_{M_{veh}}}$$

Dónde:

Ds_{veh} = Factor diario (día de la semana) calculado para el día del conteo de un vehículo.

$TDPS_{M_{veh}}$ = Transito Diario Promedio semanal de la maestra (en la semana en que se realizó el conteo temporal) para un vehículo en específico.

$TD_{M_{veh}}$ = Transito diario de la estación maestra (en el mismo día en que se realizó el conteo temporal) de un vehículo en específico.

C. Factor de Corrección Horario Diario (H) y TDP.

Cuando se realizan conteos especiales por clasificación se recomienda un tiempo mayor a 48 horas consecutivas Sin embargo existen casos particulares (generalmente conteos visuales) donde resulta complicado recoger datos durante 24 horas consecutivas. Por ello, la información debe ajustarse utilizando factores horarios para el día de conteo y así obtener un estimado del tránsito diario promedio.

Este factor horario debe calcularse utilizando los datos recogidos por las estaciones maestras. Se debe crear tablas de ajuste por tramo carretero y tipo de vehículo, para cada hora específica del día. De esta manera, el factor aplicado para ajustar un conteo corto a una estimación del volumen de flujo de tránsito diario (por clasificación) no dependerá solo de la cantidad de horas contabilizada, sino en las horas en que se realizó el conteo, así como el tipo de vehículos. Por ejemplo, el ajuste para un conteo de seis horas tomadas 8:00 a.m. – 2:00 p.m. puede ser muy diferente al aplicado a un conteo tomado 2:00 p.m. - 8:00 p.m.

El factor de corrección horario se calcula con la siguiente expresión:

(Ecuación 3.16)

$$H_{veh} = \frac{TD_{M_{veh}}}{TH_{M_{veh}}}$$

Dónde:

H_{veh} = Factor de corrección horario del vehículo para la hora en que se realizó el conteo especial.

$TD_{M_{veh}}$ = Transito Diaria Promedio de la estación maestra para un vehículo en específico, el mismo día en que se realizó el conteo especial.

$TH_{M_{veh}}$ = Transito Horario de la estación maestra para un vehículo en específico, el mismo día y hora en que se realizó el conteo especial.

Al igual que en los casos anteriores, los datos para el cálculo del factor se deben tomar de la estación maestra cercana (dentro del mismo conglomerado de datos), Posteriormente se aplica dicha información al tránsito horario de la muestra para la estimación del TDP en el día del conteo especial

La estimación del TDP para un vehículo en específico se expresa:

(Ecuación 3.17)
$$TDP_{veh} = TH_{veh} \times H_{veh}$$

Dónde:

TDP_{veh} = Transito Diario Promedio por clasificación vehicular para la estación de conteo especial en el día de análisis.

TH_{veh} = Transito Horario para un vehículo en específico contabilizado por la estación de conteo especial.

H_{veh} = Factor de corrección Horario del vehículo en la hora en que se realizó el conteo especial.

3.2.4.4 Ejemplo de la estimación de volúmenes anual utilizando conteos semanales.

Para la estimación de volúmenes anuales a través de conteos temporales en la red de carreteras mexicanas el tiempo mínimo de conteo valido para la aproximación consta de 48 horas continuas, pero comúnmente se emplea conteos temporales semanales para este propósito. A continuación se presenta la metodología empleada para estimar el TDPA a partir de un conteo semanal.

METODOLOGÍA

- I. Partiendo de lo establecido por el apartado 3.2.4 los ajustes a los volúmenes de los conteos temporales están definidos por la ecuación 3.12:

$$TDPA_{veh_{ab}} = TH_{veh_{ab}} \times F_{sab} \times D_{sab} \times H_{ab} \times A_{ab} \times G_{ab}$$

Dónde:

$TDPA_{ab}$ = Estimación del tránsito diario promedio anual por vehículo en el tramo homogéneo en el tramo de a - b.

TH_{ab} = Transito Horario por vehículo medido en una estación temporal en el tramo a-b

F_{sab} = Factor por semana del año para el tramo a-b estimado con las estaciones maestras correspondientes (aplicable en conteos semanales).

D_{sab} = Factor de corrección por día de la semana para el tramo a-b (aplicable cuando el conteo vehicular es menor a 7 días continuos).

H_{ab} = Factor de corrección horario para el tramo a-b (aplicable en casos especiales cuando los conteos vehiculares son menor a 24 horas).

A_{ab} = Factor de corrección por la localización (aplicable cuando el conteo se encuentra fuera del grupo de la estación maestra correspondiente).

G_{ab} = Factor de crecimiento anual (aplicable si el conteo temporal se realizó en años anteriores al año en que se requiere la estimación).

Considerando que:

- o Los conteos como parte de un programa de monitoreo de flujo de tránsito anual, entonces: $G_{a-b} = 1$
- o Los volúmenes de tránsito se obtendrán mediante una estación de conteo localizadas en el tramo de estudio y no mediante aproximaciones de estaciones de tramos cercanos al mismo, entonces: $A_a = 1$
- o Es posible simplificar la expresión, como lo muestra la ecuación 3.1, al ser el conteo temporal empleado semanal y no horario o diario.

Por tanto:

$$TDPA_{ab} = TPDS_{ab} \times Fs_{ab}$$

Dónde:

$TDPA_{ab}$ = Estimación del tránsito diario promedio anual por vehículo en el tramo homogéneo entre la posición "a" a la posición "b".

$TPDS_{ab}$ = Tránsito Promedio Diario Semanal por vehículo medido en una estación temporal en el tramo a-b

Fs_{ab} = Factor de la semana del año para el tramo a-b estimado con las estaciones maestras correspondientes.

- II. Y el cálculo del factor de corrección para la semana del año esta expresado por la ecuación 3.13

$$Fs_{veh} = \frac{TDPA_{M_{veh.}}}{TPDS_{M_{veh.}}}$$

Dónde:

$Fs_{veh\ sem}$ = Factor de corrección para la semana del año en que se realizó el conteo temporal, desglosado por tipo de vehículo analizado.

$TDPA_{M_{veh.}}$ = Tránsito diario promedio anual de un vehículo en específico registrado por la estación maestra.

$TPDS_{M_{veh.}}$ = Tránsito diario promedio semanal de un vehículo en específico en el año de estudio registrado por la estación maestra.

EJEMPLO

- III. A continuación en la tabla 3.8 se presenta los datos de un conteo semanal realizado para el periodo del 07 de mayo al 13 de mayo del 2014 por una estación temporal localizada en las cercanías de Magdalena de Kino, Sonora. Como estaciones maestras del conglomerado se consideraron las plazas de cobro: 148 Estación Don, 149 Fundición, 150 Esperanza y 151 Guaymas cuyos datos se presentan en la tablas 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12.

Tabla. 3.8 Conteo temporal de la estación Magdalena de Kino, Sonora.

RESUMEN DEL PERIODO DE CONTEO SEMANAL										
DÍA	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
miércoles, 07 de mayo de 2014	8	2907	165	161	117	1422	207	755	172	5914
jueves, 08 de mayo de 2014	2	3506	159	199	90	1481	194	775	147	6553
viernes, 09 de mayo de 2014	8	5524	195	195	99	1446	179	721	176	8543
sábado, 10 de mayo de 2014	8	3958	185	129	62	1411	126	705	119	6703
domingo, 11 de mayo de 2014	17	4843	214	76	51	680	84	316	121	6402
lunes, 12 de mayo de 2014	2	3832	191	123	88	1075	131	631	121	6194
martes, 13 de mayo de 2014	1	2849	184	186	87	1343	154	718	130	5652
TDPS	7	3,917	185	153	85	1,265	154	660	141	6,567

Tabla. 3.9 TDPA y TDPS de la estación maestra 148 Estación Don, para el periodo de conteo de la estación temporal.

ESTACION MAESTRA PLAZA DE COBRO 148 ESTACION DON										
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPA durante el 2014	10	2892	505	228	207	1134	132	415	131	5654
TDPS para la semana del conteo temporal	5	2688	525	222	224	1195	150	362	134	5505

Tabla. 3.10 TDPA y TDPS de la estación maestra 149 Fundición, para el periodo de conteo de la estación temporal.

ESTACION MAESTRA PLAZA DE 149 COBRO FUNDICION										
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPA durante el 2014	15	5342	591	353	293	1241	154	462	162	8613
TDPS para la semana del conteo temporal	9	5349	610	343	337	1314	167	412	182	8723

Tabla. 3.11 TDPA y TDPS de la estación maestra 150 Esperanza, para el periodo de conteo de la estación temporal.

ESTACION MAESTRA PLAZA DE COBRO 150 ESPERANZA										
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPA durante el 2014	10	3984	598	253	276	1206	171	444	140	7082
TDPS para la semana del conteo temporal	6	4246	624	257	372	1302	250	415	155	7627

Tabla. 3.12 TDPA y TDPS de la estación maestra 150 Esperanza, para el periodo de conteo de la estación temporal.

ESTACION MAESTRA PLAZA DE COBRO 151 GUAYMAS										
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPA durante el 2014	9	3567	320	182	172	1095	114	443	150	6052
TDPS para la semana del conteo temporal	5	3711	339	174	193	1183	143	415	164	6327

A. Se calculara de los factores de corrección para la semana del año en que se realizó el conteo temporal (a partir de la tablas 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12), al contarse con un conglomerado de más de una estación, el factor de corrección para la semana del año a utilizar será el promedio del Fs de todas las estaciones maestras del conglomerado. El Factor de corrección Fs se calculara mediante la ecuación 3.13:

Tabla. 3.13 Calculo del Factor de corrección Fs para la plaza de cobro 148 Estación Don.

Clasificación Vehicular	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS
Fs ESTACION DON	2.00	1.08	0.96	1.03	0.92	0.95	0.88	1.15	0.98
Fs FUNDICION	1.67	1.00	0.97	1.03	0.87	0.94	0.92	1.12	0.89
Fs ESPERANZA	1.67	0.94	0.96	0.98	0.74	0.93	0.68	1.07	0.90
Fs GUAYMAS	1.80	0.96	0.94	1.05	0.89	0.93	0.80	1.07	0.91
Fs CONGLOMERADO	1.78	0.99	0.96	1.02	0.86	0.94	0.82	1.10	0.92

B. La estimación del TDPA se realizará mediante la multiplicación del factor de corrección Fs y el TPDS

Tabla. 3.14 Calculo del TDPA de la estación temporal Magdalena de Kino.

TDPA DE LA ESTACION TEMPORAL MAGDALENA										
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPS MEGDALENA	7	3,917	185	153	85	1,265	154	660	141	6,567
Fs PROMEDIO	1.78	0.99	0.96	1.02	0.86	0.94	0.82	1.10	0.92	
TDPA MAGDALENA	12	3,892	177	156	73	1,184	126	727	130	6,477

3.2.4.5 Ejemplo de la estimación de volúmenes diarios y semanales utilizando conteos de 24 horas o más.

Para un conteo diario realizado por la estación temporal 153 Magdalena se registraron los volúmenes diarios para los días: 20 de Febrero y 21 de Octubre del 2014. En la tabla 3.15 se muestra los volúmenes diarios resultantes del conteo temporal.

Tabla. 3.15 Transito Diario registrado por la estación temporal Plaza de cobro 153 Magdalena

RESUMEN DEL PERIODO DE CONTEO TEMPORAL ESPECIAL, ESTACIÓN PLAZA DE COBRO 152 MAGDALENA.										
Transito Diario del Periodo Temporal	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
20 de febrero de 2014	14	4416	597	403	378	1702	142	735	148	8535
21 de febrero de 2014	25	5446	570	419	364	1650	147	762	162	9545

Primeramente se procede a la obtención de los factores de corrección mediante los datos obtenidos de la estación maestras que comprenden el conglomerado. Para este ejemplo se supondrá que el conglomerado se compone únicamente de la estación maestra Plaza de cobro 152 Hermosillo. En la tabla 3.16 se registra el TDPA, El TDPS y los Tránsitos Diarios de la estación de conteo maestra para el periodo de conteo temporal.

Tabla. 3.16 Datos de la estación maestra Plaza de cobro 152 Hermosillo

RESUMEN DE LA ESTACIÓN MAESTRA PLAZA DE COBRO HERMOSILLO										
TDPA	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL

1 de Enero al 31 de Diciembre	12	6737	498	318	177	1347	169	506	238	10002
TDPS	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
Del 19 de febrero al 25 de febrero	9	5661	458	300	187	1563	198	677	232	9285
TD	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
20 de Febrero del 2014	7	5289	450	344	264	1798	228	733	284	9397
21 de Febrero del 2014	14	7052	454	361	233	1766	229	735	253	11097

- I. Cálculo de los factores de corrección para el Día de la Semana (D_s), en base a la Ecuación 3.15, para ello es necesario promediar el Transito Diario de la estación maestra para los días del periodo de conteo temporal, el resultado será un TDP que dividirá al TDPS de la estación maestra, obteniéndose el Factor D_s como se muestra en la tabla 3.17.

Tabla. 3.17 Cálculo del factor D_s a partir de la información de la estación maestra.

CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL DÍA DE LA SEMANA (D_s)										
Clasificación Vehicular	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPS_M	12	6737	498	318	177	1347	169	506	238	10002
TDP_M	10.5	6171	452	353	249	1782	228.5	734	268.5	10247
Ds	1.14	1.09	1.10	0.90	0.71	0.76	0.74	0.69	0.89	

- II. Cálculo de los Factores de corrección para la Semana del año (F_s), en base a la Ecuación 3.13, la tabla 3.18 muestra los resultados obtenidos del cálculo de los factores F_s mediante los datos de la estación maestra para el periodo de conteo temporal.

Tabla. 3.18 Cálculo del factor F_s a partir de la información de la estación maestra.

CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LA SEMANA DEL AÑO (F_s)										
Clasificación Vehicular	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPA_M	12	6737	498	318	177	1347	169	506	238	10002
TDPS_M	9	5661	458	300	187	1563	198	677	232	9285
Fs	1.33	1.19	1.09	1.06	0.95	0.86	0.85	0.75	1.03	1.08

- III. En base a la ecuación 3.15 se estima el TDPS, mediante la multiplicación del TDP y el factor de corrección D_s , donde el TDP de la estación temporal corresponde al promedio de los volúmenes contabilizados durante el periodo de conteo. La tabla 3.19.

Tabla. 3.19 Cálculo del TDPS de la estación temporal.

CÁLCULO DEL TDPS DE LA ESTACIÓN TEMPORAL										
Clasificación Vehicular	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDP_t	20	4931	584	411	371	1676	145	749	155	9042

Ds	1.09	1.09	1.10	0.90	0.71	0.76	0.74	0.69	0.88	0.98
TDPS_t	22	5383	643	370	264	1267	107	516	137	8823

- IV. Se estima el TDPA de la estación temporal al multiplicar el TDPS anteriormente calculado y el factor de corrección para la semana del año, como se muestra en la tabla 3.20.

Tabla. 3.20 Calculo del TDPA de la estación temporal.

CALCULO DEL TDPA DE LA ESTACION TEMPORAL										
Clasificación Vehicular	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	TOTAL
TDPS	27	5868	635	436	351	1444	124	560	159	9740
Fs	1.33	1.19	1.09	1.06	0.95	0.86	0.85	0.75	1.03	1.08
TDPA	36	6983	690	462	332	1244	106	419	163	10492

3.2.4.6 Ejemplo de la estimación de volúmenes diarios utilizando conteos menores a 24 horas.

Para un conteo horario realizado por una estación temporal, se registraron los volúmenes de tres horas para el día 1 de Octubre del 2014. Se determina el TDP a través de una aproximación, tomando la plaza de cobro 02 como estación maestra para el conglomerado. En la tabla 3.21 se encuentra los resultados de los conteos realizados por la estación temporal.

Tabla. 3.21 Conteo horario realizado por la estación especial temporal.

ESTACIÓN DE CONTEO ESPECIAL (Conteo diario del 01 de Octubre del 2014)										
Hora	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS	Tránsito Horario
15:00	1	356	18	50	9	64	7	15	9	529
16:00	2	387	20	54	10	62	4	18	8	565
17:00	2	374	16	52	8	61	5	18	9	545

- I. Primeramente se procede a la obtención de los Factores de corrección horarios (H) de las estaciones maestras mediante la ecuación 3.16, los resultados de estas operaciones se encuentran en la tabla 3.22.

Tabla. 3.22 Calculo del Factor Horario (H) para el periodo temporal de conteo.

ESTACIÓN MAESTRA (Conteo diario del 01 de Octubre del 2014) TD= 9,011 vehículos									
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS
TD_M	7	5,508	465	360	196	1,487	191	557	240

Factor H 15:00	7.00	15.47	25.83	7.20	21.78	23.23	27.29	37.13	26.67
Factor H 16:00	3.50	14.23	23.25	6.67	19.60	23.98	47.75	30.94	30.00
Factor H 17:00	3.50	14.73	29.06	6.92	24.50	24.38	38.20	30.94	26.67

- II. Se procederá a continuación a determinar mediante el empleo del Transito horario y los factores de corrección horario, el TDP para cada una de las horas registradas el día 01 de octubre del 2014, de acuerdo a la ecuación 3.17. La tabla 3.23 muestra los resultados obtenidos de la estimación del TDP.

Tabla. 3.23 Calculo del TDP para la estación de conteo temporal.

ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO (01 de Octubre del 2014)									
	M	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS
TH 15:00	1	356	18	50	9	64	7	15	9
Factor H 15:00	7	15	25.83	7.2	21.78	23	27.29	37.13	26.67
TDP 15:00	7	5507	465	360	196	1487	191	557	240
TH 16:00	2	387	20	54	10	62	4	18	8
Factor H 16:00	3.5	14	23.25	6.67	19.6	24	47.75	30.94	30
TDP 16:00	7	5507	465	360	196	1487	191	557	240
TH 17:00	2	374	16	52	8	61	5	18	9
Factor H 17:00	3.5	15	29.06	6.92	24.5	24	38.2	30.94	26.67
TDP 17:00	7	5509	465	360	196	1487	191	557	240

3.2.5 Factor K

Debido a la necesidad obtener el TDPA para el cálculo del factor K, este parámetro solo es posible de calcular en las estaciones maestras. La necesidad de conocer este factor para los conteos temporales, ha generado métodos de aproximación como el que a continuación se describe:

- I. Primeramente, se realiza una aproximación al factor K de la estación temporal mediante el cálculo de K', este valor se expresa:

$$(Ec.3.17) \quad K' = \frac{TH_{MAX}}{TDPA_m}$$

Dónde:

K' = Relación entre el tránsito horario máximo de la estación temporal y el tránsito diario promedio anual estimado de la misma. Primera aproximación al factor K .

$TDPA_m$ = Tránsito diario promedio anual estimado de la estación temporal.

TH_{MAX} = Volumen horario máximo medido en la estación temporal.

Por un ejemplo, tenemos la operación de una estación de conteo temporal durante el periodo del 28 de Septiembre al 04 de Octubre, donde se registró un tránsito horario máximo de 418 vehículos y se estimó en base a los factores de corrección un Tránsito Diario Promedio Anual de 5086 vehículos. El factor K' para esta estación da como resultado:

$$K' = \frac{418}{5086} = 8.20 \% \text{ del } TDPA$$

- II. Los programas de conteo temporal se realizan evitando los periodos de alta demanda vehicular, por lo que la estimación de K' , es baja. Por esta razón se requiere una corrección, a través de un coeficiente de corrección para K' , designado como " F_{CK} ". El procedimiento para calcular este factor se muestra en la ecuación 3.18.

(Ec.3.18)
$$F_{CK} = \frac{TD_{M \text{ Codo}}}{TDP_{Mm}}$$

Dónde:

F_{CK} = Factor de corrección del K' para la estimación del factor K en estaciones temporales.

$TD_{M \text{ Codo}}$ = Tránsito Diario de la estación Maestra en el codo (punto donde inicia gráficamente el comportamiento asintótico del TD durante el año).

TDP_{Mm} = TDP de la estación Maestra durante el periodo de aforo de la estación temporal (muestra).

- III. Con el fin de determinar los componentes para el cálculo del Factor de corrección para K' en la estimación del factor K se emplea una gráfica de volumen contra día de la estación maestra, donde se muestra el comportamiento diario del tránsito en secuencia descendente. Como ejemplo, la Figura 3.8 representa esta grafica para la estación maestra 02

donde se estima gráficamente el punto donde se considere que la tendencia del TD inicie un comportamiento asintótico con el eje de las abscisas (codo).

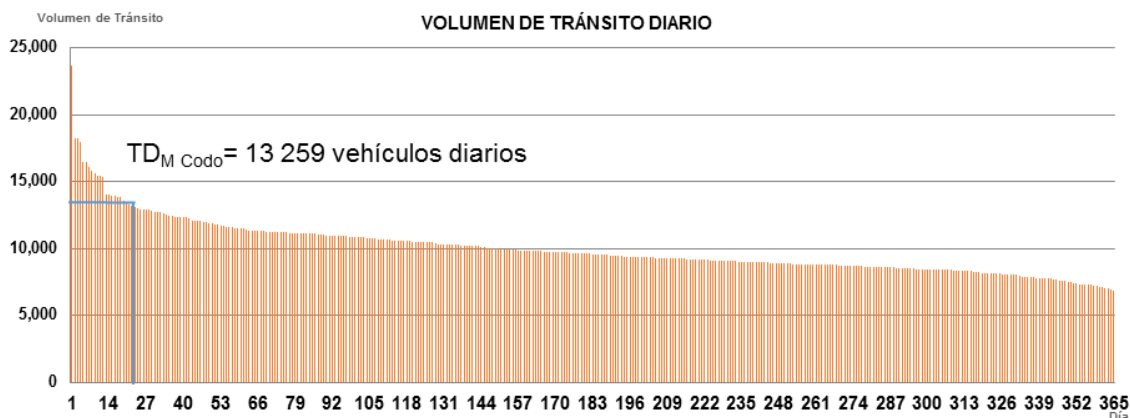


Figura 3.8 Determinación gráfica del TD para el codo asintótico.

- IV. Se consultara datos de la estación maestra durante el periodo de monitoreo de la estación temporal y se obtendrá un TDP para dicho periodo. La tabla 3.24 muestra este procedimiento para los datos del ejemplo.

Tabla 3.24 Transito Diario de la estación Maestra 02 para el periodo de conteo de la estación temporal.

ESTACION MAESTRA 02, TDPA=10,003					
	Día	A	B	C	Volumen Tránsito
271	28/09/2014	6,010	482	1,586	8,078
272	29/09/2014	5,580	500	1,957	8,037
273	30/09/2014	4,535	443	2,369	7,347
274	01/10/2014	4,607	412	2,652	7,671
275	02/10/2014	5,197	481	2,778	8,456
276	03/10/2014	7,667	506	2,732	10,905
277	04/10/2014	7,543	540	2,389	10,472
TDP=					8,709

- V. Se calculara el factor de corrección del K' mediante la ecuación 3.18. El resultado para el ejemplo planteado se muestra a continuación:

$$F_{CK} = \frac{13,259}{8,709} = 1.52$$

- VI. Mediante el Factor de corrección del K', se realizara una aproximación final al factor K, esta se expresa de la siguiente manera:

$$(Ec.3.19) \quad K_e = K' \times F_{CK}$$

Dónde:

K_e = Estimación del Factor K mediante Factor Corrección F_{CK} y K' .

K' = Relación entre el tránsito horario máximo de la estación temporal y el tránsito diario promedio anual estimado de la misma. Primera aproximación al factor K.

F_{CK} = Factor de corrección del K' para la estimación del factor K en estaciones temporales.

Para la estación temporal del ejemplo el factor K estimado mediante el uso de un factor de corrección resultaría en:

$$K_e = 8.20\% \times 1.52 = 12.46\%$$

3.2.6 Distribución del uso del carril y la separación entre vehículos.

Muchos dispositivos de monitoreo de flujo de tránsito pueden producir estadísticas de capacidad vehicular, uso distribuido del carril y separación entre vehículos. En algunos casos dichas estadísticas se recoger, almacenar y presentar, de manera rutinaria como parte del programa de monitoreo de flujo de tránsito.

Por ejemplo, detectores de bucle inductivo y otros dispositivos como los contadores basados en imágenes de vídeo, pueden producir estadísticas de ocupación de carriles que describen el número de vehículos en la zona de detección durante el periodo de conteo. Cabe resaltar que este valor se puede convertir en una medida razonable de la densidad vehicular por carril. Muchos programas de monitoreo de autopistas y de rendimiento de arterias urbanas utilizan mediciones de ocupación de carril para describir el comienzo y la duración de las congestiones viales, este proceso es llamado análisis de capacidad vial.

Los datos de ocupación de carril cumplen entre otras funciones el objetivo de proporcionar el porcentaje de vehículos que circulan por un carril en hora pico, información que es utilizada en el diseño de estructura de pavimento y simulaciones de flujo vial. Además, proporciona un parámetro para estimar el potencial deterioro en la estructura de pavimento de cada carril y por tanto, la regularidad con la que el camino, cuerpo o carril necesita mantenimiento.

Los dispositivos de conteo, ya sea individuales o complejos (conformados por más de un equipo) pueden ser utilizados para reportar espaciamiento temporal y longitudinal entre vehículos. Estos datos son de utilidad en el análisis de operación, el cual es importante en la elaboración de diferentes estudios, por lo tanto es necesario que esta información se analice y reporte dentro de los datos viales.

3.3 Velocidad vehicular

Los dispositivos de monitoreo del flujo de tránsito utilizados para obtener la clasificación vehicular en los conteos, pueden ser utilizados para recopilar datos de velocidad por tipo de vehículo. Cuando existen complicaciones o no es seguro para el personal la colocación del equipo en la superficie de rodamiento, algunos sistemas de detección portátiles no intrusivos pueden ser usados para recolectar datos de velocidad.

Para que un monitoreo de velocidades vehiculares tenga éxito se debe asegurar que el equipo de recolección de datos esté cuidadosamente calibrado después de su colocación, mediante el uso de un lector láser de velocidad o un radar para comparar la información y calibrar el contador de monitoreo. También se debe verificar que los componentes electrónicos de recolección estén debidamente conectados a los sensores establecidos para recabar información.

Se deben identificar los lugares más importantes para la recopilación de datos de velocidad, y procurar su inclusión en el programa de recolección por conteo temporal. El criterio para la selección de sitios de monitoreo consiste en identificar los tramos con alto índice de accidentes por exceso de velocidad y colocar en ellos al menos una estación de monitoreo de velocidad.

Las mediciones de velocidad vehicular se utilizan para una amplia variedad de estudios, particularmente en:

- o Estudios de seguridad
- o Estudios de capacidad de la calzada

Los datos para estos dos tipos de estudios están altamente relacionados pero son significativamente diferentes en contenido y formato. Los estudios de seguridad se basan en medidas estadísticamente válidas de las distribuciones de velocidad vehicular durante los períodos de estudio. La distribución de la velocidad que se produce en condiciones de flujo libre es de particular interés en la mayoría de los estudios de seguridad, para ello se requiere: conocer cuántos vehículos circulan a una velocidad constante, cuántos aceleran o disminuyen su velocidad en la zona de estación de conteo y cuáles son los diferenciales de velocidad entre los vehículos más lentos y los más rápidos; particularmente es importante conocer estos atributos por clasificación de vehículo.

Por otro lado, los datos necesarios para la supervisión del rendimiento de calzada están enfocados a la velocidad media de los vehículos en estaciones de conteo según la hora y día de la semana; el objetivo de este enfoque es conocer si un camino llega a saturarse, y en dado caso conocer los detalles de estos embotellamientos, como:

- o Tiempos de saturación
- o Frecuencia de ocurrencia

- o Longitudes de embotellamiento
- o Categorías de los vehículos involucrados

Los datos de velocidad para la mayoría de los estudios de seguridad pueden ser reunidos con dispositivos tradicionales de monitoreo del flujo de tránsito que recojan datos de velocidad para todos los vehículos que pasen por un punto sobre la calzada durante un período definido. Esta información en estudios de capacidad tradicionalmente proviene de sensores utilizados para efectos de gestión del tránsito (Sistemas Inteligentes de Transporte, entre otros). La velocidad medida por las instalaciones es dada en informes estadísticos calculados a partir de estos sensores.

3.3.1 Criterios de selección de estaciones de monitoreo de velocidad vehicular

Uno de los impactos positivos del aumento de la velocidad en carreteras es que permite reducir los tiempos de viaje y con ello mejorar la movilidad. Sin embargo, la velocidad excesiva tiene consecuencias negativas que se proyectan principalmente en la severidad de accidentes. La velocidad elegida depende de la interacción entre el procesamiento de información del conductor y la toma de decisiones, así como de las características físicas y operativas de la carretera, en relación con su entorno.

La metodología que ubica sitios idóneos para la instalación de estaciones maestras automatizadas del control de velocidad se define por los siguientes puntos:

1. Revisar la información del SAADA (Sistema de Adquisición y Administración de Datos de Accidentes), INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y otras bases de datos sobre los percances ocurridos en cada tramo carretero del país; de acuerdo con la información recopilada para cada percance determinar el sentido de circulación en el que sucedió el siniestro.
2. Seleccionar aquellos percances en los que (de acuerdo al reporte pericial) sea el exceso de velocidad la causa de siniestros.
3. Identificar las características del entorno: diseño, señalamiento, TDPA del tramo, velocidad de restricción, velocidad de marcha de los diferentes vehículos, clasificación vehicular y distancia entre vehículos.
4. Seleccionar como estaciones de monitoreo aquellos puntos establecidos para el monitoreo de volúmenes de tránsito que se encuentren en las zonas con: alto índice de accidentes por velocidad excesiva, alto volumen de vehículos pesados, corredores turísticos, carreteras que conectan a fronteras, carreteras que conectan a puertos o una combinación de estas.

3.4 Peso vehicular

El objetivo principal para instalar un sistema de monitoreo de pesaje es incrementar la seguridad vial en carreteras y disminuir la magnitud del daño provocado a pavimentos y puentes, derivado de excesos en peso y dimensiones del transporte de carga. Las dos formas básicas para determinar el peso son las pesadoras estáticas y pesadoras dinámicas.

Las pesadoras estáticas son las más utilizadas para determinar el peso de vehículos, los cuales deben permanecer inmóviles durante el pesaje. Se pesa el vehículo completo en una sola maniobra o por grupos de ejes, según la capacidad del equipo de pesaje. Sin embargo esto lo vuelve un método poco eficaz para grandes volúmenes de vehículos.

Por otro lado, pesaje dinámico tiene la ventaja de pesar a todos los vehículos que circulan por una carretera, su precisión es suficiente para aplicaciones estadísticas y en la preselección de vehículos supuestamente sobrecargados; además puede operar de manera continua. Su principal desventaja es no tener la suficiente precisión para justificar una sanción a los vehículos que circulan con sobrepeso.

Los usos principales del pesaje en movimiento están destinados al diseño, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos en carreteras. En el caso de puentes se destina al desarrollo de nuevos modelos de cargas vehiculares, al conocimiento de los efectos dinámicos de cargas sobre estructuras, evaluación de los puentes y control activo de las cargas que pasan por los mismos.

Cuando se trata del cumplimiento normativo referente al Peso Bruto Vehicular (PBV), el pesaje dinámico es una herramienta útil para una primera preselección de vehículos con sobrepeso y un control efectivo de cargas de vehículos. En cuanto a la gestión del tránsito ayuda a realizar una clasificación vehicular y proporciona información del tonelaje referente a la carga de vehículos (por eje, por llanta y/o su totalidad. Por otro lado, es un apoyo para la realización de estudios económicos y de transporte.

Las normas que se utilizan internacionalmente como referencia para el pesaje dinámico en movimiento son la norma ASTM E1318 y la norma europea COST 323. La primera auxilia al usuario y al proveedor en la adquisición, instalación, calibración, prueba, operación y mantenimiento de un sistema de pesaje en movimiento de manera satisfactoria para un sitio seleccionado; en ella se describe un método de prueba para evaluar el comportamiento de un sistema de pesaje de vehículos en movimiento de acuerdo a la clasificación por Tipos (I, II, III y IV). Este método menciona el procedimiento para ejecutar una prueba de aceptación, independientemente del tipo de sistema de pesaje; describe el proceso de calibración inicial en el sitio para asegurar el buen desempeño y un uso adecuado.

La norma europea incluye temas como la definición de las clases de sistemas de pesaje dinámico, los requisitos mínimos de precisión para cada una, las condiciones del sitio para la instalación del sistema, el establecimiento de procedimientos de calibración y la definición de los métodos de ensayo para el control del sistema.

La clasificación y tecnologías de sensores para el pesaje dinámico están divididas en dos ramas principales: los sensores basados en áreas específicas y los lineales.

Los factores de influencia en la precisión de un sistema de pesaje dinámico son:

1. Los relacionados con el sistema de pesaje dinámico en movimiento (p. ej. los daños o discontinuidades del sensor de peso, un mal ajuste de la unidad electrónica y los problemas de instalación)
2. Interacción vehículo-pavimento
3. Calibración del sistema de pesaje dinámico (p. ej. la calibración estática, dinámica y auto calibración).

3.4.1 Criterios a considerar en la selección del sitio de pesaje dinámico

Para promover un buen desempeño del equipo es necesario que una sección de la carretera antes y después del lugar de instalación, se acondicione o construya con características especiales. Estas características deben reflejar una disminución de efectos externos que alteren el proceso de medición y la medición misma, tales como la vibración en el vehículo debido a la rugosidad del camino, esto con objeto de obtener una lectura más precisa.

Los criterios que rigen la selección de sitios son: la geometría de la carretera, las características del pavimento y los requerimientos particulares para el caso de puentes. El diseño geométrico es un factor importante debido a la influencia longitudinal y transversal que las desviaciones tienen sobre el desempeño del vehículo. Los lineamientos para este rubro son:

1. La curvatura horizontal del carril de la carretera debe tener un radio mayor a 1,000 metros, medidos a lo largo de la línea central del carril.
2. La pendiente longitudinal de la superficie de la carretera en el sitio no debe exceder a 2% y la sobreelevación en el sitio no debe exceder del 3%
3. La anchura del carril pavimentado de la carretera debe estar comprendido entre 3 y 4.5 metros.

Las condiciones del pavimento tienen una influencia directa en la reducción del "rebote" de los vehículos, ya que incrementan las variaciones en la carga por eje. El criterio utilizado establece que en una distancia de 50 metros antes y 25 metros después del sistema de medida, la superficie *"deberá mantener una condición tal que un disco de 150 mm de diámetro y de 3 mm de espesor no pueda pasar por debajo de una regla de 3 m apoyada en la superficie de la*

calzada, perpendicular y paralelamente a la dirección del tránsito en el carril" (ASTM, 2009 y COST 323, 1999).

El sistema WIM (Weight-in-Motion) puede ser instalado en una carpeta asfáltica sin ninguna complicación. Sin embargo se recomienda que estos sistemas se instalen en CPO (Concreto Portland Ordinario) con un mínimo de 20 centímetros de espesor, para darle al pavimento estabilidad, durabilidad y suavidad durante los 10 u 8 años de vida útil esperada. Para sistemas de pavimento de concreto hidráulico, el sistema completo de pesaje dinámico debe ser instalado dentro de la misma losa.

La precisión de los resultados del sistema WIM en puentes está fuertemente relacionada al número de vehículos de carga que transita sobre su estructura, por lo tanto la longitud de la misma y la densidad de tránsito se deben analizar conjuntamente. El sistema debe tener como enfoque determinar el peso de vehículos bajo sospecha de violación del límite permitido, y realizar la medición a velocidades de 20 a 120 kilómetros por hora. En suma debe proporcionar los medios para que (con objeto de confirmar su peso) los vehículos sospechosos sean dirigidos automáticamente hacia una báscula estática. Por último,



MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

CAPÍTULO 4 **CODIGOS Y COMPONENTES BÁSICOS DE LOS REPORTES**

Introducción
Descripción de conceptos.
Reportes.

CAPITULO 4 CODIGOS Y COMPONENTES BÁSICOS DE LOS REPORTES.

4.1 Introducción

Cada reporte generado de los conteos, ya sea de conteos continuos o temporales, debe contar con información mínima que describa el punto en cuestión y descripción de la estación, agrupados en una serie de reportes los cuales servirán para identificar la ubicación de los dispositivos instalados, los carriles del camino, la separación entre los sensores, y demás datos que configuren la carretera y la estación de conteo. Éstos cubrirán diferentes necesidades de trabajo, como son trabajos con bases de datos, reportes generales, fotográficos y ubicación.

Todos los reportes y presentaciones de bases de datos se componen por la información correspondiente a la estación donde se realizó el cómputo estableciendo una división entre las que obtuvieron información de conteos vehiculares y las que presentaron complicaciones en la recolección. La información necesaria a obtener para cada estación es la siguiente:

Clave	Referencia
1	Cadenamiento punto generador de conteo
2	Coordenadas de punto generador de conteo
3	Cadenamiento punto de instalación de conteo
4	Coordenadas punto de instalación de conteo
5	Identificación del punto de conteo
6	Nombre de estación de conteo
7	Datos generales de carretera
8	Cantidad de carriles en la estación de conteo
9	Carriles contabilizados
10	Número de sensores
11	Separación entre sensores
12	Orientación geográfica en el punto
13	Dispositivo de conteo
14	Cantidad de equipos instalados en el punto
15	Croquis de equipos instalados
16	Fecha de comienzo de operaciones
17	Fotografía del punto
18	Número de fotografía
19	Datos fotográficos
*	Tipo de estación
*	Sentido de circulación

Los elementos presentes en el recuadro anterior señalan el mínimo de información necesaria para elaborar la documentación general sobre trabajos de conteo continuo o de conteo temporal.

4.2 Descripción de conceptos necesarios

En este apartado se desarrollan los elementos antes mencionados con la finalidad de presentar lineamientos más claros sobre los puntos que se deben atender para el desarrollo de dichos reportes. Es necesario recordar que los conceptos son necesarios para el desarrollo completo de los diferentes reportes que serán generados.

4.2.1 Cadenamiento Punto Generador de conteo

Este dato pertenece al cadenamiento de la zona de influencia para la cual el conteo será realizado.

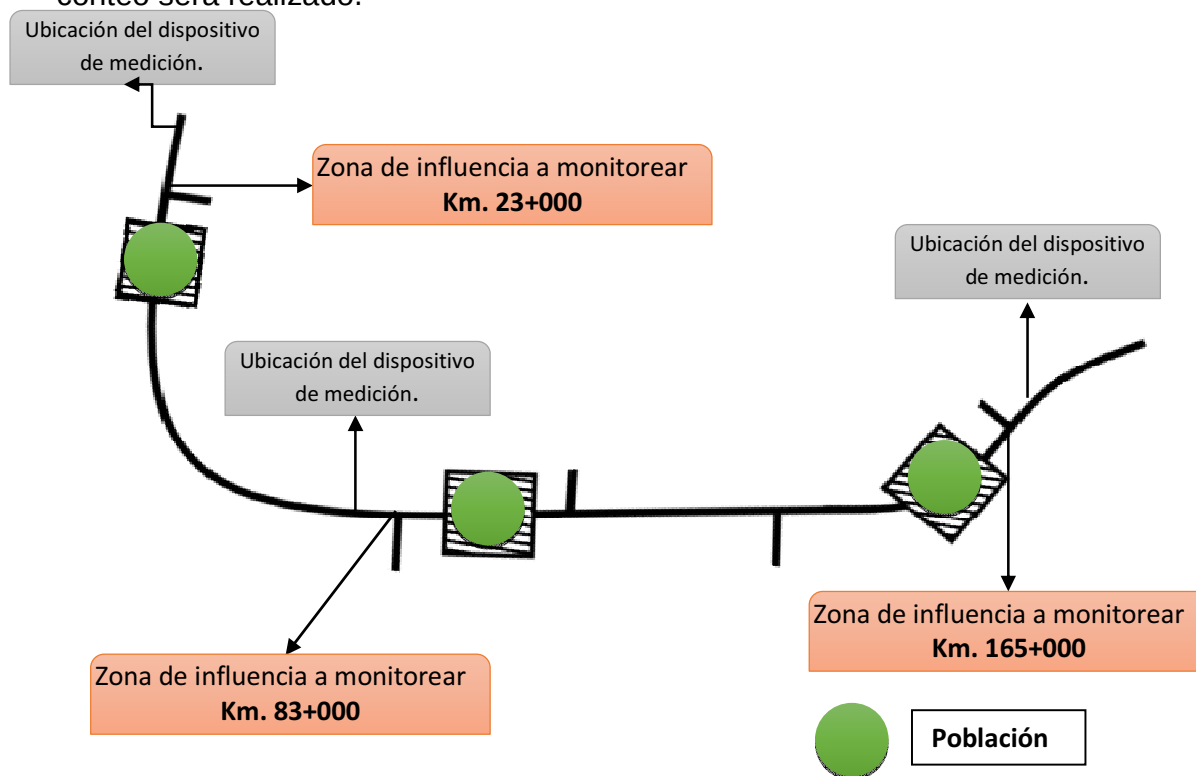


Figura XX.NN Ejemplo de Punto de influencia para monitoreo

4.2.2 Coordenadas de Punto Generador de conteo

Este elemento debe contener la información de ubicación geoespacial del apartado anterior, la zona de influencia a donde pertenece el conteo. Las coordenadas de dicha ubicación deben estar representadas en coordenadas UTM y geográficas, incluyendo la región a la que pertenece el punto.

Cadenamiento Punto de Instalación de conteo

Este es el cadenamiento donde se instalaron los dispositivos de conteo.

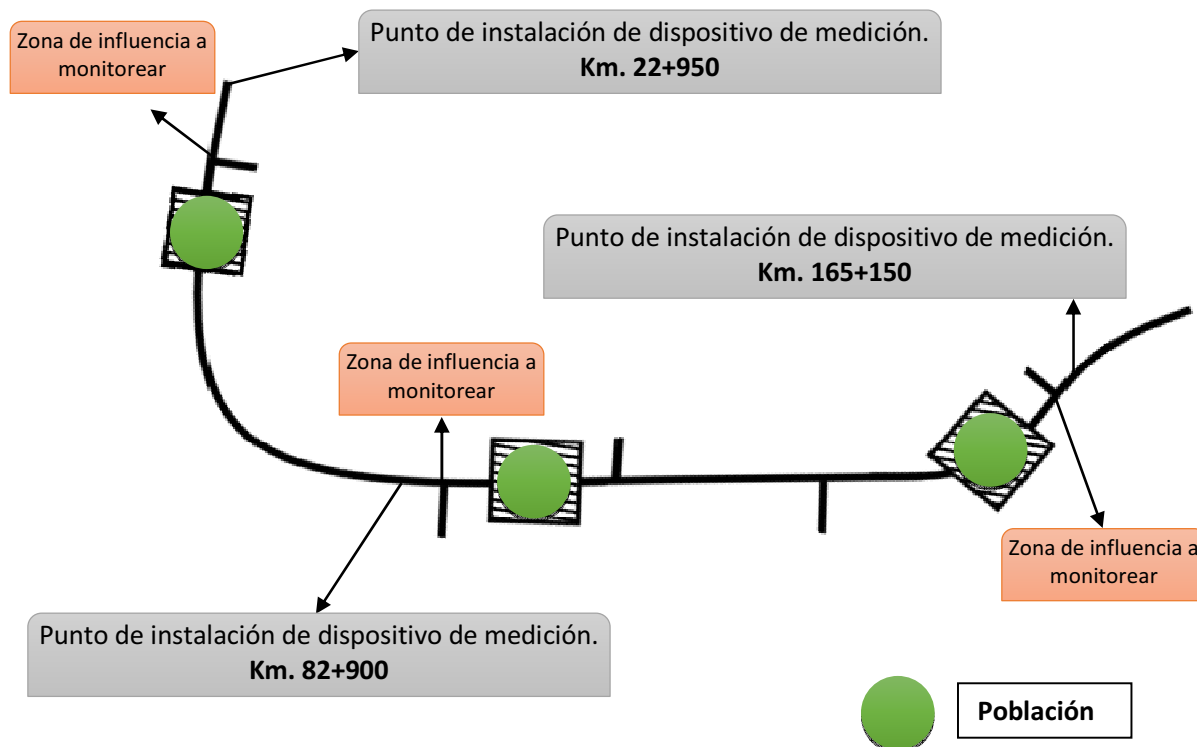


Figura XX.NN Ejemplo de punto de influencia para monitoreo

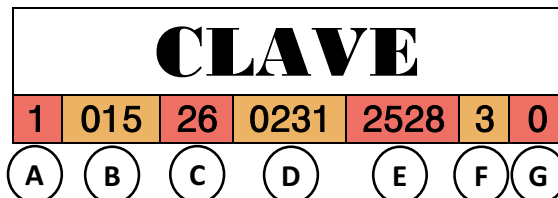
4.2.3 Coordenadas Punto de Instalación de conteo

Este elemento debe contener la información de ubicación geoespacial del apartado anterior, el cadenamiento donde el dispositivo ha sido instalado y se encuentra operando. Las coordenadas de dicha ubicación deben estar representadas en coordenadas UTM y geográficas, incluyendo la región a la que pertenece el punto.

4.2.4 Identificación del punto de conteo

Cada una de las estaciones de conteo sin importar el número de dispositivos instalados o la manera en que ha sido construida la carretera debe contar con un número de identificación de lugar único. Este número se compone por 7 tipos de indicadores diferentes, los cuales describen la ubicación de la estación de conteo en la red de carreteras nacional; dicho identificador estará compuesto por 16

dígitos. A continuación, se presenta el esquema general de la estructura del código de identificación.



- A.** Compuesto por 1 dígito. Representa el tipo de operación del camino analizado.

Valor	Tipo de operación
1	Red Federal de Cuota
2	Red Federal Libre
3	Red Estatal de Cuota
4	Red Estatal Libre

- B.** Compuesto por 3 dígitos. Este valor representa el número de carretera a la cual se le fue asignado por la dependencia que la administra; donde se encuentra el punto de conteo.

- C.** Compuesto por 2 dígitos. Este valor representa la ubicación del estado donde se encuentra el punto de conteo.

Código	Estado	Código	Estado
01	Aguascalientes	17	Morelos
02	Baja California	18	Nayarit
03	Baja California Sur	19	Nuevo León
04	Campeche	20	Oaxaca
05	Chiapas	21	Puebla
06	Chihuahua	22	Querétaro
07	Ciudad de México	23	Quintana Roo
08	Coahuila	24	San Luis Potosí
09	Colima	25	Sinaloa
10	Durango	26	Sonora
11	Estado de México	27	Tabasco
12	Guanajuato	28	Tamaulipas
13	Guerrero	29	Tlaxcala
14	Hidalgo	30	Veracruz
15	Jalisco	31	Yucatán
16	Michoacán	32	Zacatecas

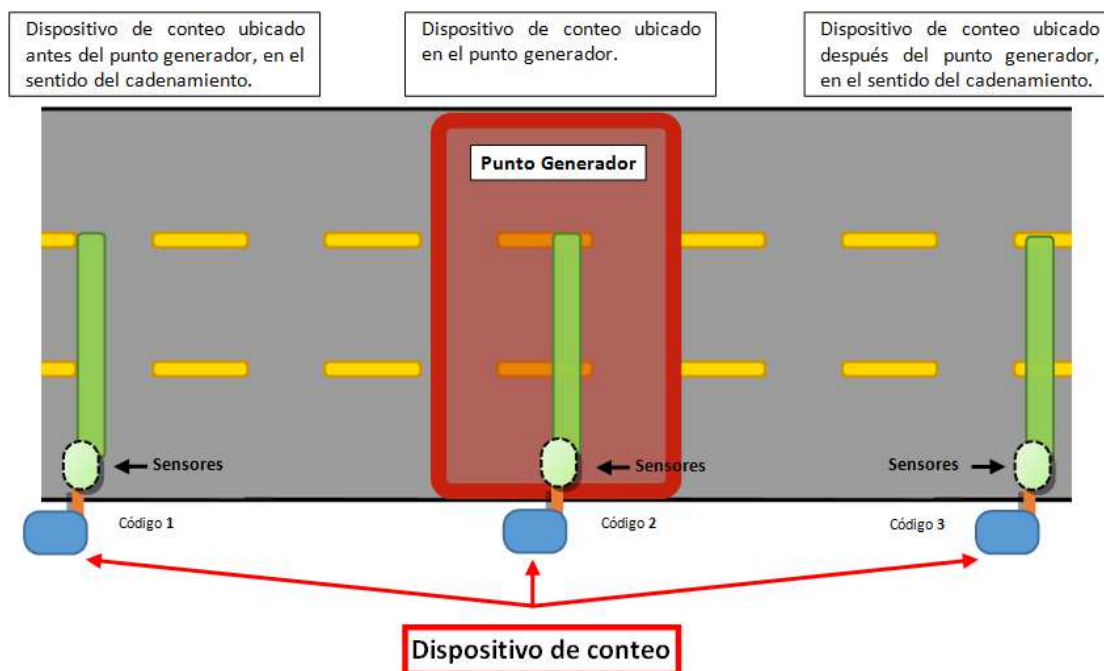
- D.** Compuesto por 4 dígitos. Este valor representa la numeración asignada al camino, dependiendo del origen y destino de la sección.

- E.** Compuesto por 6 dígitos. Esta numeración es la correspondiente al cadenamiento del camino donde se ubica el punto de conteo, dividido en dos

tercias de dígitos: la primera tercia (de izquierda a derecha) representa el kilómetro del punto, y la segunda tercia los metros del kilometraje. Todos estos campos deben adquirir el valor 0 en los campos donde no se tenga un valor del cadenamiento; por ejemplo, el comienzo del tramo sería: "000000"

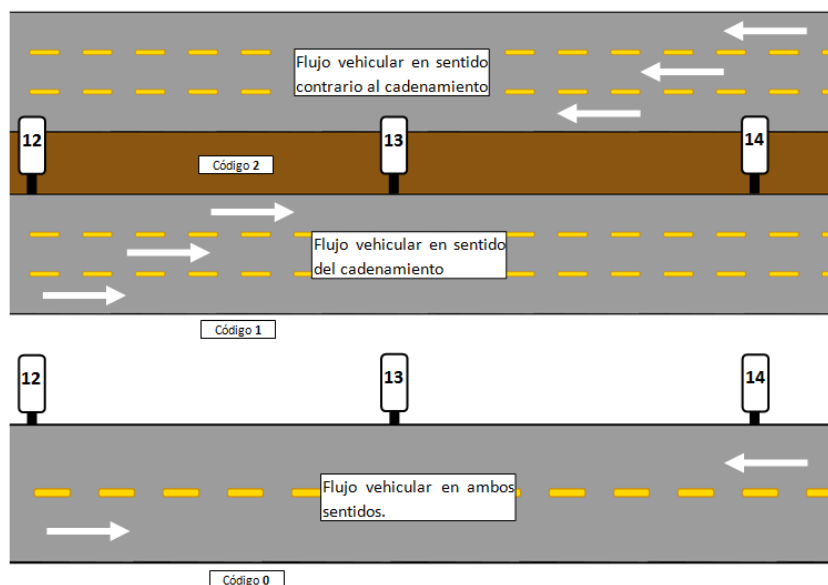
- F.** Compuesto por 1 dígito. Este valor representa la ubicación de la estación respecto al punto generador.

Dígito	Tipo de estación
1	Contador instalado antes del punto generador
2	Contador instalado en el punto generador
3	Contador instalado después del punto generador



- G.** Compuesto por 1 dígito. Este valor representa el sentido de circulación en el punto generador.

Dígito	Tipo de circulación
1	Circulación en sentido del cadenamiento
2	Circulación en sentido contrario al cadenamiento
0	Circulación en ambos sentidos



4.2.5 Nombre de estación de conteo

Cada una de las estaciones de conteo tiene un nombre, por lo general referente al punto generador donde se ubica, o a una referencia específica del lugar, como el nombre del entronque, población o lugar cercano. Este concepto se encuentra en los datos viales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Si una nueva estación es agregada, se le debe asignar un nombre a la estación, tomando en cuenta la manera de identificar previamente mencionada, respetando la identificación del lugar de acuerdo a la región.

4.2.6 Datos generales de carretera

Se debe tener toda la información que compone la descripción general del punto de conteo, como lo es el número de carretera, si ésta pertenece a una dependencia federal o estatal, los tramos de inicio y destino, así como los subtramos que la componen. Para estos datos, el subtramo donde se encuentra el punto generador abarca las dos poblaciones, son las dos poblaciones más próximas a éste, siendo el de cadenamiento menor su origen, y la segunda población el destino.

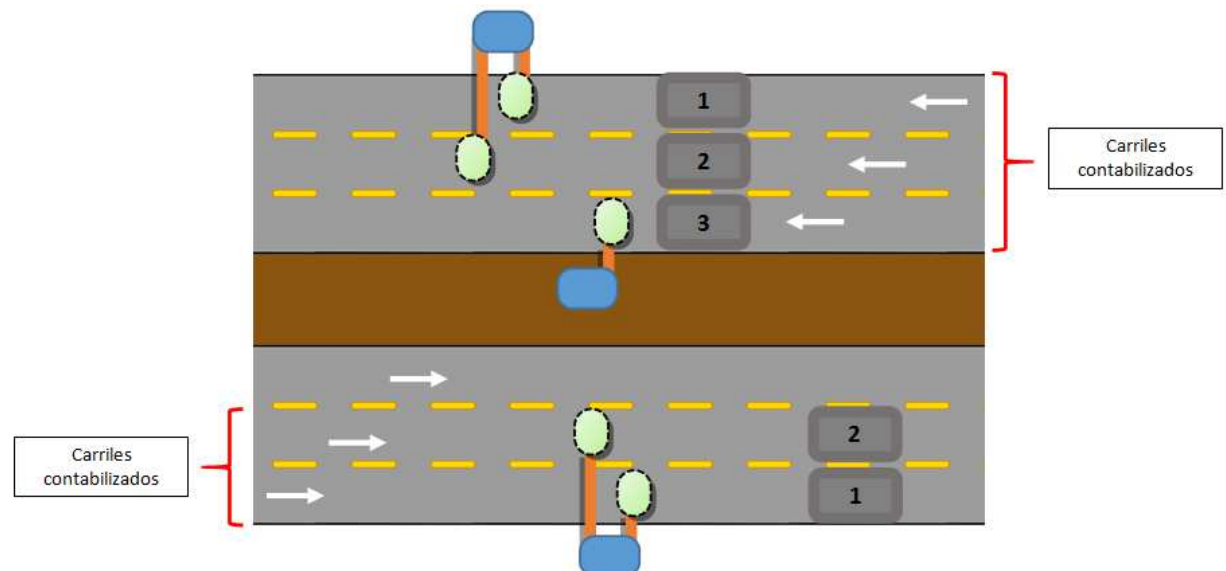
4.2.7 Cantidad de carriles en la estación de conteo

Se debe indicar el número de carriles de los cuales está compuesto el sentido de la circulación de conteo. Para el caso de estar cuantificando el tránsito en ambos sentidos respecto al punto se dará el número de carriles totales del camino.



4.2.8 Carriles contabilizados

Una vez indicado el número de carriles totales o por sentido es necesario especificar cuántos de éstos serán utilizados en el estudio del conteo vehicular de la estación.



4.2.9 Número de sensores

Es necesario anotar el número de sensores instalados en el punto donde se realizará el conteo

4.2.10 Separación entre sensores

Por cada manguera instalada para el conteo de un sentido de la carretera debe medirse la separación entre cada dispositivo; es necesario resaltar la importancia de la precisión en esta clase de medición, ya que los dispositivos de conteo realizan sus cálculos sobre el tipo de vehículo que cruza y su velocidad, basándose en cálculos hechos a partir de la longitud de la separación entre cada sensor.

4.2.11 Orientación geográfica en el punto

Resulta imperativo tener conocimiento sobre la orientación del tramo respecto al sentido de circulación, por ello, es necesario establecer las diferentes variables de orientación según el sentido carretero. En el siguiente recuadro se presentan dichas variaciones:

Dirección
Norte
Noreste
Este
Sureste
Sur
Suroeste
Oeste
Noroeste
Norte - Sur o Noreste - Suroeste (sólo en estaciones de volumen de tránsito combinado)
Este - Oeste o Sureste-Noroeste (sólo en estaciones de volumen de tránsito combinado)

4.2.12 Dispositivo de conteo

Debe tenerse el registro del número de serie y el modelo del aparato contador, por propósitos de veracidad de los datos, al asegurar que cada conteo fue realizado y tener el registro de cuál fue el dispositivo funcionando; y en dado caso de se notaran anomalías en los resultados o fallas mecánicas en el dispositivo, se pueda dar un seguimiento a los puntos contabilizados específicamente por la unidad defectuosa.

4.2.13 Cantidad de equipos instalados en el punto

Se debe anotar la cantidad de dispositivos contadores instalados por sentido de circulación del conteo.

4.2.14 Croquis de equipos instalados

Cada dispositivo instalado debe contar con un dibujo que muestre la ubicación del dispositivo. Esta imagen debe orientarse hacia el norte incluyendo puntos de referencia cercanos, nombre de carretera, cadenamiento de la ubicación, y las poblaciones de origen y destino más cercanas.

4.2.15 Fecha de comienzo de operaciones

Se debe considerar del día en que el dispositivo contador comenzó sus funciones.

4.2.16 Fotografía del punto

Una fotografía clara, mostrando la ruta del camino, tomada en el punto donde ha sido instalado el dispositivo contador, para referencia visual.

4.2.17 Número de fotografía

Cada fotografía tomada debe tener un número identificador para facilitar su indexación; el título de cada una estará compuesto por tres valores numerales, los cuales serán separados por un guion. La primera parte de izquierda a derecha estará compuesta de los dígitos que correspondientes al id de la estación. La segunda parte constará de 4 dígitos, refiriendo al año en que ha sido tomada la fotografía. La última parte constará de 2 dígitos, los cuales refieran al número de fotografía tomada, comenzando con el valor "01".

CLAVE				
1015260231252830	–	2016	–	01

- A. Código de identificación del punto
- B. Año en que la fotografía fue tomada
- C. Número de fotografía

4.2.18 Datos fotográficos

Para cada fotografía tomada se debe anotar una breve descripción de cada fotografía, indicando el destino hacia donde se está observando.

4.3 Reportes

Con la información recolectada de cada punto se realizarán los reportes para la ubicación y fotográfico para cada estación de conteo.

4.3.1 Reporte fotográfico

Estructura

REGISTRO FOTOGRAFICO									
CODIGO 19					Codigo 3				
					COORDENADAS				
					CODIGO 4				
					Codigo 1				
CODIGO 20 CODIGO 5 (COMPLETO) Codigo 21					Codigo 6				
					Codigo 7 - Tramo				
					Codigo 7 - Carretera				
					Codigo 7 - Estado				
					Codigo 10				
					Codigo 9				
					Codigo 14				
					Codigo 16				
					Codigo 15				

Ejemplo

Registro Fotográfico	
	Cadenamiento del punto 23+550
	COORDENADAS
	Geografica: Latitud 20.399309
	Longitud -102.731977
	UTM Este 736690.2
	Norte 2257303.32
	Zona 13 Norte
	Cadenamiento de generador 23+500
	Datos Generales
	Estacion "Los Ranchos"
Tramo Atlacomulco - Zapopan	
Carretera Federal México 15	
Jalisco	
Orientacion Sureste - Noroeste	
Fotografía: 1015260231252830 - 2015 - 01 Id del punto: 1015260231252830 Punto Los Ranchos; vista hacia el Sureste en el camino de ambos sentidos.	
Estacion tipo 3, despues del punto generador Carriles aforados: 2 Un dispositivito instalado, marca Metrocount MC5600	

4.3.2 Croquis de ubicación

Estructura

Codigo 5					Codigo 17
Codigo 6		Codigo 10		Codigo1	
Codigo 11		Codigo 9		Codigo 2	
Codigo 12					
Codigo 15				Codigo 3	
Codigo 13				Codigo 4	

4.3.3 Reportes estadísticos

De la información recabada en los conteos se debe entregar reportes estadísticos y de ubicación, los cuales puedan ser generados por medio de software o por medio del analista. Cada reporte estadístico a desarrollar debe cumplir con requisitos específicos, los cuales conformarán la identidad del documento; cabe señalar que estos resultados estadísticos no pueden ser desarrollados nuevamente en otro reporte. Se debe evitar en todo momento una confusión por parte del usuario final de la información, debido a una confusión sobre valores extras desarrollados en el documento, los cuales no pertenezcan al avance estadístico objetivo del reporte que se esté presentando.

La información estadística podrá contener datos calculados de otros reportes, pero sólo como resultado referencial; es necesario reiterar que la información ya calculada en un reporte no podrá ser recalculada para otro reporte donde se trabajen distintos valores estadísticos.

En la creación de reportes de cálculo de factores estadísticos se debe tener una hoja de presentación, la cual indique las características más importantes del tramo y de los procesos de conteo. Es posible hacer una división en dos grupos de la información que se busca destacar, la cual consta de “datos generadores” y “datos de perfil”. En el primer grupo se debe incluir toda la información descriptiva del dispositivo de conteo y el punto de instalación:

- a) **Sitio:** ubicación del punto instalado incluyendo tramo de carretera, número de carretera, subtramo y estado. También debe incluirse el código de 12 dígitos del indicador de estación.
- b) **Atributo:** coordenadas de la ubicación del punto, en coordenadas geográficas con decimales y UTM.
- c) **Sentido de circulación:** anotar la orientación geográfica general del tramo analizado.
- d) **Carril:** Cantidad de carriles contabilizados.
- e) **Duración del conteo:** fecha del periodo completo en el que se realizó el proceso de medición vehicular, comenzando con la de fecha de inicio del

- primer conteo y la de finalización del último conteo realizado; este periodo debe incluir todos los conteos realizados en el punto a lo largo del periodo.
- f) **Zona:** Si el conteo se realiza en un evento donde las estaciones estén agrupadas de manera específica debe incluirse la zona a la que pertenece.
 - g) **Identificador:** modelo y marca del dispositivo de conteo.
 - h) **Algoritmo:** tipo de algoritmo que se utilizará para la identificación de clases de los vehículos que los sensores detecten.
 - i) **Tipo de datos:** método utilizado para la identificación de los vehículos, por ejemplo: Sensores de Ejes – En pares (clase, velocidad, recuento).

El segundo grupo “datos de perfil” debe contener la información en la que se encuentra enfocado el conteo. Para este apartado se incluyen vehículos, objetivos del conteo, y los rangos de velocidad que delimitan el grupo contabilizado:

- j) **Hora de filtro:** se debe indicar el periodo de conteo analizado, señalando la fecha de inicio y la fecha de finalización; el dato de Hora de Filtro y de Duración de conteo puede llegar a ser el mismo.
- k) **Clases incluidas:** según el algoritmo que se ha dado de alta para la clasificación vehicular se indicarán las clases vehiculares que han sido contabilizadas en el periodo analizado.
- l) **Intervalo de velocidades:** indicar cuál es el rango menor y mayor de las velocidades de los vehículos contabilizados.
- m) **Sentido de circulación:** anotar el sentido de dirección de la circulación que se está contando.
- n) **Separación:** se debe definir cuál es el tiempo y distancia de separación mínima entre ejes, para definir cuándo se contabiliza el mismo vehículo o cuándo se tiene uno nuevo.
- o) **Nombre:** se debe incluir la nomenclatura de la estación de conteo, utilizando el código de 12 dígitos del indicador de estación.
- p) **Esquema:** se deben definir cuáles son las configuraciones de las características de las clases de los vehículos que serán contabilizados.
- q) **Unidades:** anotar el sistema de unidades que se está utilizando en los algoritmos de cálculo de clases de vehículos.
- r) **En el perfil:** la información del total pases de vehículos contabilizados por los sensores contabilizados.

4.3.4 Conteos semanales de vehículos

Este reporte se compone por los resultados del total de vehículos contabilizados, divididos en periodos de una semana cada uno, contando a partir del día lunes y con las fechas del conteo arriba de cada columna correspondiente al día específico. Las mediciones diarias deben partir de la hora cero del día y concluir en la hora 24 del mismo, con subtotales a múltiplos de una hora.

Se incluyen dos columnas para los promedios por hora de vehículos contabilizados, dividiéndolos en categorías de días laborales (lunes a viernes) y

semana completa. De igual manera, se deben mostrar promedios de conteo totales diarios, subdividiéndolos en diferentes grupos horarios:

De 7 horas a 19 horas

De 6 horas a la hora cero del siguiente día

De 6 horas a 22 horas

De la hora cero del día a la hora cero del siguiente

Además, se incluyen dos columnas por cada uno de estos periodos, se debe realizar un promedio de vehículos, divididos en categorías de días de trabajo y semana completa. Se divide cada día en dos periodos de medición, donde el primero abarcará desde la hora cero hasta medio día (12:00 P.M.); el segundo desde mediodía hasta la hora cero del siguiente día. Para cada uno de estos periodos se debe anotar la hora de máxima demanda y el total de vehículos contabilizados para esta información.

4.3.5 Conteos semanales de vehículos (Semana virtual)

El reporte de conteo semanal de vehículos (semana virtual) fusiona todas las semanas contabilizada en una sola semana promedio. Cada hora total en este reporte es la suma de todas las mismas horas contabilizadas y el valor se divide entre el número de semanas totales del periodo de conteo.

La estructura del reporte de la semana virtual es idéntica al reporte de “conteos semanales de vehículos”, con la excepción de que la información de fecha arriba de cada columna del día no se encuentra incluida. Cabe señalar que este reporte es la representación matemática del flujo vehicular promedio, por lo tanto, los totales pueden ser representados con valores decimales.

4.3.6 Conteos vehiculares

Cada día contabilizado debe tener un reporte horario, donde cada hora se divida en subgrupos de 15 minutos; cada uno de estos grupos contendrá el total de vehículos. Es necesario señalar que este reporte se compone por un formato de 24 horas.

Los subgrupos de 15 minutos que no contengan información tendrá un guion para representar el dato nulo. Esta clase de datos serán generados por diversos motivos como exclusión por filtros de tiempo, bajas en el tráfico, o errores en los dispositivos. Los totales horarios no serán mostrados si se tiene un valor nulo en uno de los 4 subgrupos de 15 minutos que componen la hora.

Cada reporte diario incluye un encabezado con la fecha del conteo y el total de vehículos contabilizados ese día. En el pie de la tabla se debe incluir la información de la hora de máxima demanda para mañana (0:00 A.M. – 12:00 P.M.) y tarde (12:00 P.M. – 0:00 A.M.), además del total de vehículos para cada hora.

En cada reporte se deberá presentar la información del factor hora de máxima demanda tanto para mañana como para tarde; éste es calculado con el total de la hora de máxima demanda dividido entre el valor mayor de conteo dentro de la hora, multiplicado por la cantidad de subgrupos. Esto quiere decir que si el conteo en ese periodo es equitativo, el coeficiente será 1.

4.3.7 Conteos vehiculares (Semana virtual)

El reporte de conteos vehiculares (semana virtual) fusiona todas las semanas del periodo contabilizado en una sola semana promedio. Cada subgrupo de 15 minutos en este reporte será la suma de todos los mismos subgrupos contabilizadas y el valor será dividido entre el número de semanas totales del periodo de conteo.

La estructura del reporte de la semana virtual, es idéntica al reporte de “Conteos vehiculares” y todos los resultados de los cálculos de los promedios son redondeados al entero más próximo.

4.3.8 Clases diarias

El reporte de “Clases diarias” desglosa los conteos por tipos de vehículos que circularon a través de la estación en el periodo de conteo. Este reporte se divide por semanas, mostrando los totales diarios de vehículos y sus porcentajes, además de una columna al final que indica una columna que indique el total contabilizado.

Al final de cada grupo semanal se incluirán los promedios por clases, en grupos de la semana completa, días hábiles y fin de semana. Los días que contengan datos nulos, debido a algún incidente, no podrán incluirse en el cálculo de los promedios.

4.3.9 Clases diarias por sentido de la circulación

El reporte “Clases Diarias por Sentido de Circulación” es idéntico en la estructura del reporte de “Clases Diarias”, la diferencia radica en que se incluyen renglones adicionales donde se indique la cantidad de vehículos que van del punto A al punto B, y viceversa. En suma, se deben incluir renglones que indiquen el porcentaje de cada uno, por ejemplo:

4.3.10 Clases diarias (Peso estimado)

El reporte de “Clases Diarias (Peso Estimado)” es idéntico en estructura al reporte de “Clases Diarias”. La diferencia entre estos reportes es que el primero incluye un renglón para indicar el estimado de ejes equivalentes, la masa de los vehículos pesados y el total de masa bruta que circuló por el punto en el periodo de medición. Si no se cuenta con una pesadora dinámica en el punto, los valores

estimados de pesos serán calculados utilizando el peso máximo permitido para los ejes según el tipo de carretera; esta información se encuentra en la Norma Mexicana de Pesos y Dimensiones NOM-012-SCT-2-2014.

4.3.11 Matriz de velocidad por clases

La matriz de velocidad por clases se conforma por los datos del total de clases de vehículos contabilizados en el periodo completo de conteo. La primer columna serán los valores delimitando los rangos de las velocidades, con incrementos de 10 km/h en cada rango. Las demás columnas están compuestas por las clases vehiculares contabilizadas, y en cada región se tendrá la cantidad de vehículos (según su clase) que corresponda al rango de velocidad indicado.

Se incluyen también, los datos de porcentajes y de totales vehiculares de todo el periodo de conteo para cada rango de velocidad. Esta información se debe ubicar en los costados de los renglones; al pie del reporte se deben anotar los totales y porcentajes para cada columna de clase de vehículo.

4.3.12 Matriz de la separación por velocidad

La matriz de separación por velocidad está conformada por los datos del total de vehículos contabilizados en el periodo completo de conteo, en la primera columna se delimitan los rangos de las velocidades, con incrementos de 10 km/h para cada uno, y las columnas consecuentes definen la agrupación de conteo de vehículos; dichas columnas representan los intervalos de tiempo que hay entre un vehículo contabilizado y el siguiente. Entiéndase como el espacio entre dos vehículos consecutivos contabilizados como la distancia que hay entre el último eje del vehículo enfrente y el primer eje del vehículo atrás.

Para la contabilización del último eje en cada región se tendrá la cantidad de vehículos (según su clase) que corresponda al rango de velocidad indicado. Los rangos de tiempo estarán compuestos por sucesiones de duplicación de valores, comenzando por el primer rango con 0.0 segundos a 0.5 segundos, esto significa que los siguientes grupos tendrán como valor mayor el doble del rango inferior (0.5 – 1, 1 – 2, 2 – 4); la última columna será 128 segundos – 1000+ segundos.

Se incluirán también los datos de porcentajes y de totales de vehículos de todo el periodo de conteo para cada rango de velocidad, esta información irá a los costados de los renglones; al pie del reporte se anotarán los totales y porcentajes para cada columna de rango de tiempo.

4.3.13 Vehículos individuales

Se debe mostrar la información individual de cada vehículo como fecha y hora de conteo, velocidad estimada, sentido y tiempo entre vehículos. Cada línea del reporte representa un vehículo. Los encabezados mostrados en la tabla son:

DS: Etiquetado de índice de conjunto de datos.

Pul: Índice de eje del conjunto de datos.

Núm. Pulsos: Número de pulsos que el vehículo genera.

YYYY-MM-DD: Fecha de conteo

hh:mm:ss: Hora del conteo

Sent: Dirección de viaje del vehículo en el sentido del cadenamiento

Vel: Velocidad estimada del vehículo, las unidades del dato deben ser indicadas en el reporte.

DEj: Longitud del vehículo; las unidades del dato deben ser indicadas en el reporte.

IntV: Tiempo entre el primer eje del vehículo anterior y el primer eje del vehículo actual, en la misma dirección de la circulación.

Int. Sin: Tiempo entre el último eje del vehículo anterior y el primer eje del vehículo actual, en la misma dirección de la circulación.

Veh. Ejes: Número de ejes del vehículo.

Grupos Ej.: Número de grupos de ejes en los vehículos.

Rho : Factor de correlación de sensores.

Cl: Clase del vehicular.

Vehículo: Nombre de la clase del vehículo y una representación esquemática de los ejes y llantas del vehículo.

4.3.14 Resultados estadísticos de la velocidad

Este reporte contiene información estadística de velocidad generada en todo el periodo de conteo. La presentación de este registro se compone por tres partes, las cuales se desarrollan de forma explícita a lo largo del apartado.

La primera parte del reporte comprende la información estadística de velocidad en el punto, valores como: porcentaje de vehículos mayores al límite de velocidad, media de los valores, banda de 20 km/h de velocidades con mayor cantidad de vehículos, cantidad de vehículos en la banda, varianza y desviación estándar. Adicionalmente se debe incluir la velocidad máxima medida, la velocidad mínima, la media, el 85 percentil de la velocidad, el 95 percentil de la velocidad y la mediana.

La segunda parte de las estadísticas de velocidad se compone por una tabla con la clasificación total de velocidades, donde la primera columna delimita los rangos de las velocidades con incrementos de 10 km/h por rango. La segunda columna debe mostrar los conteos para cada rango con sus respectivos porcentajes, la tercera columna tendrá los valores acumulados del conteo, y la cuarta serán los valores inversos al conteo acumulado. Es en estas primeras cuatro columnas donde se presenta la información más básica de los conteos por las categorías de velocidad, delimitados por la segunda parte del reporte.

Por otro lado, la quinta columna de este apartado tendrá como función mostrar la energía cinética de cada subcategoría, esto a partir de la formula $e = \frac{1}{2} mv^2$ donde “m” es la estimación de masa total bruta, calculada en el reporte “Clases

Diarias (Peso Estimado)". La sexta columna será el multiplicador de cada grupo de velocidad; el número más alto será el 128 y corresponderá a la cifra de velocidad más alta registrada en los conteos, descendiendo por sucesiones de división de valores a su mitad, hasta llegar al valor 1.

La séptima y última columna fungirá como producto de la multiplicación de la quinta columna y la segunda columna que muestra los conteos totales de vehículos. Es necesario señalar que estos valores serán sumados para dar una calificación de velocidad a la estación de conteo.

Al pie de las columnas se anotarán las sumatorias de las columnas cinco y siete (calificación de velocidad). El resultado deseado debe ser un número alto, ya que indicaría que se tiene un flujo vehicular con velocidades cercanas a lo homogéneo. Cabe señalar que un valor pequeño se vuelve motivo de análisis del punto de conteo, ya que representa grandes diferencias en las velocidades de los vehículos contabilizados. Si se tuvieran dos estaciones de conteo consecutivas los resultados de calificación deberían ser similares, en caso contrario se debe analizar el tramo entre ambas estaciones y determinar las causas de esas diferencias entre calificaciones de velocidad.

Por último, la tercera parte de este reporte consta de una tabla que exponga la información vehicular acumulada, según el límite de velocidad establecido en el punto de conteo. En este apartado se debe mostrar el total y el porcentaje de vehículos que circulen a una velocidad menor o igual al límite de velocidad, donde una [última] columna presente los que circulen a una velocidad superior al rango señalado.

4.3.15 Resultados Estadísticos de la Velocidad por Hora

Este documento contiene información estadística de velocidad vehicular generada a lo largo del periodo de conteo. El reporte de resultados estadísticos de velocidad por hora se encuentra compuesto por dos partes, las cuales se describen a continuación.

La primera parte del reporte estará compuesta por la información estadística de velocidad del punto, como es el caso de: porcentaje de vehículos mayores al límite de velocidad, media de los valores, banda de 20 km/h de velocidades con mayor cantidad de vehículos, cantidad de vehículos en la banda, varianza y desviación estándar. Adicionalmente se debe incluir la velocidad máxima medida, la velocidad mínima, la media, el 85 percentil de la velocidad, el 95 percentil de la velocidad y la mediana.

La segunda parte de estos resultados estadísticos de la velocidad por hora estará compuesta por el total de los conteos en el periodo, dividiendo su información por hora y mostrando los valores estadísticos para cada una; los valores que se deben mostrar son:

Total y porcentaje de vehículos en la hora	Media	95 percentil
Velocidad mínima registrada	Mediana	Cantidad y porcentaje de vehículos que sobrepasaron la velocidad mínima
Velocidad máxima registrada	85 percentil	

Al pie de las columnas se anotarán los totales de vehículos, la velocidad mínima y máxima registrada en todo el periodo de conteo, su media, mediana y percentiles, así como el total de vehículos que sobrepasaron el límite de velocidad.

4.3.16 Resultados estadísticos de la separación

Se utilizarán los resultados calculados en la matriz de separación por velocidad, tomando los totales de los intervalos de tiempo definidos. La primera columna debe mostrar dichos intervalos de separación por tiempo, la segunda columna presentará el total y porcentaje de vehículos contabilizados en cada grupo, la tercera columna expondrá el acumulado del conteo vehicular, y la cuarta mostrará el acumulado inverso del total de vehículos. Estas 4 columnas contienen la información más básica del conteo de vehículos por separación en grupos de tiempo entre ellos.

La quinta columna será el multiplicador de cada grupo de velocidad, el número más bajo será el 1 y corresponderá al grupo que tenga el porcentaje acumulado igual o más cercano al 85 percentil. Los multiplicadores se colocarán en los rangos menores al 85% se irán duplicándose en sucesión hasta llegar al valor de 128, el cual fungirá como valor límite a utilizar.

La sexta y última columna será la multiplicación de los vehículos contabilizados en cada rango por los valores de multiplicación asignados. El resultado corresponderá a la calificación de separación de cada grupo de tiempo.

En el pie del reporte se anotará la sumatoria de las calificaciones resultantes, para obtener la calificación total de la separación. El valor deseado en la calificación debe ser el más cercano a cero, ya que indicaría que se tienen muy pocos vehículos que están muy cercanos por intervalos de tiempo. Una calificación con un valor alto indica periodos continuos de congestionamiento, y por lo tanto riesgos en la seguridad vial.

4.3.17 Resultados estadísticos de la separación por hora

El reporte agrupará el total de los vehículos contabilizados en grupos horarios, comenzado con la hora cero hasta la veintitrés. Los rangos de las columnas se tomarán de la estructura usada en la matriz de separación por velocidad. Además, se usará una columna para los totales horarios y otra para la media; en la base del reporte se anotarán los totales de cada columna.

4.3.18 Coeficientes de Ajuste

Este reporte debe contener un resumen de los conteos realizados. Para el desarrollo de este documento es necesario mostrar los coeficientes de ajuste para los días y los meses en los que se llevaron a cabo los conteos.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

CAPÍTULO 5 **PRESENTACIÓN Y DIFUSIÓN DE DATOS**

Introducción.
Componentes de los datos viales.
Sistemas de Información Geográfica (GIS).

CAPITULO 5 PRESENTACIÓN Y DIFUSIÓN DE DATOS

5.1 Introducción.

Este capítulo contiene una descripción detallada sobre la presentación de los datos viales, incluyendo la información del flujo de tránsito en la red carretera nacional. La organización de este apartado consta de:

- Componentes de los datos viales
- Base de datos y Sistemas de Información Geográfica (GIS)

El programa de monitoreo tradicional incluye la recopilación de volumen, clasificación, peso y velocidad de los vehículos, su enfoque principal es el de utilizar la información resultante para la creación de una base de datos sintetizada. El suministro de datos viales es un proceso coordinado entre distintos organismos, como los encargados del control carretero, encargados de la vigilancia del flujo de tránsito, y el personal que analiza la demanda de tránsito para la creación de la base de datos mencionada.

Las técnicas de los cálculos y estimaciones pertinentes para la creación de los reportes sobre datos viales carreteros de la red nacional consisten en un proceso estandarizado. Por ello, la información utilizada para el análisis debe ser resultado de un controlado sistema de calidad con el fin de que ésta pueda ser aceptada para su empleo en estudios y diseños de ingeniería afines, siendo éstos parte importante del desarrollo y ejecución de la legislación federal del transporte.

El programa nacional para la determinación de los datos viales debe tener como alcance todos los caminos de la red federal, así como las principales carreteras de la red estatal de los 32 estados que comprenden el territorio nacional. En suma, para su correcto desarrollo es necesario suministrar cada año la información requerida (previamente especificada) para la base de datos viales.

5.2 Componentes de los Datos Viales

Como parte de este apartado se especifican los componentes del reporte final de datos viales. La dependencia debe recibir por parte del organismo encargado del análisis un reporte completo y ampliamente detallado sobre las características del flujo de la red nacional de carreteras. Dicho reporte debe incluir dentro de sus parámetros:

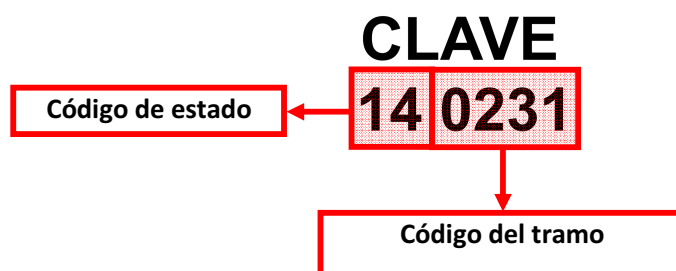
Identificación de la carretera: nombre con el cual se identifica la carretera o tramo.

Identificación de la ruta: número de ruta y jurisdicción de la misma.

Identificación del movimiento vehicular: indicador del lugar donde inicia y termina el kilometraje.

Número: identificador según el mapa del índice para carreteras o tramos carreteros que se encuentran dentro de los límites políticos de un estado en particular.

Clave: código de identificación de la carretera, donde (de izquierda a derecha) los primeros dos dígitos corresponden al estado en el que se realizó el conteo vehicular, siguiendo la numeración asignada al lugar de forma alfabética.



Los siguientes 4 dígitos son los valores reservados para el tramo de carretera donde se realiza el conteo. Estos tramos no tienen una regla de numeración que deba ser aplicada, ya que se cuenta con un mapa índice en la información vial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, donde se utiliza un número indicador para identificar el tramo.

Año del conteo: año de realización de conteo.

Lugar: nombres de los puntos generadores como: ciudades, poblaciones y entronques.

Kilometraje (KM): kilómetro del punto generador antes referido.

Tipo de Estación aforada (TE): considerando el sentido en el cual crece el kilometraje de la carretera: el número “1” indica que el conteo fue efectuado antes del punto generador, el “2” que fue realizado en el punto generador y el “3” que el conteo se llevó a cabo después del punto generador.

Sentido de circulación del conteo(SC): el número “1” indica que los datos corresponden al sentido de circulación en el cual crece el kilometraje del camino, el “2” al sentido en el cual decrece el kilometraje y el “0” hacia ambos sentidos.

Clasificación: se refiere a los tipos de vehículos que integran el tránsito; se proporciona en porcentaje del TDPA de acuerdo a la siguiente simbología (NOM-012-SCT2-2014):

Tipo A:

- M Motos
- A Automóviles; incluye A-R, automóviles con Remolques

Tipo B:

- B2 Autobuses de 2 ejes
- B3 Autobuses de 3 ejes
- B4 Autobuses de 4 ejes

Tipo C:

- C2 Camión unitario de 2 ejes
- C3 Camión unitario de 3 ejes
- C2-R2 Camión de 2 ejes con remolque de 2 ejes
- C2-R3 Camión de 2 ejes con remolque de 3 ejes
- (C3-R2 Camión de 3 ejes con remolque de 2 ejes
- C3-R3 Camión de 3 ejes con remolque de 3 ejes
- T2-S1 Tractor de 2 ejes con semirremolque de 1 eje
- T2-S2 Tractor de 2 ejes con semirremolque de 2 eje
- T2-S3 Tractor de 2 ejes con semirremolque de 3 eje
- T3-S1 Tractor de 3 ejes con semirremolque de 1 eje
- T3-S2 Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 eje
- T3-S3 Tractor de 3 ejes con semirremolque de 3 eje
- T2-S1-R2 Tractor con 2 ejes con semirremolque de 1 ejes y remolque de 2 ejes
- T2-S1-R3 Tractor con 2 ejes con semirremolque de 1 ejes y remolque de 3 ejes
- T2-S2-R2 Tractor con 2 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 2 ejes
- T2-S2-S2 Tractor con 2 ejes con semirremolque de 2 ejes y semirremolque de 2 ejes
- T3-S1-R2 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 1 ejes y remolque de 2 ejes
- T3-S1-R3 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 1 ejes y remolque de 3 ejes
- T3-S2-S2 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y semirremolque de 2 ejes
- T3-S2-R2 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 2 ejes
- T3-S2-R3 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 3 ejes
- T3-S3-R2 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 3 ejes y remolque de 2 ejes
- T3-S2-R4 Tractor con 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes
- Otros Camiones que no entran es estas categorías

Para fines prácticos la clasificación vehicular es simplificada en:

Tipo A

- M
- A

Tipo B

- B2
- B3

Tipo C

- C2
- C3
- C-R; Camiones con remolque, incluye a los camiones: C2-R2, C2-R3, C3-R2 y C3-R3
- T3-S2
- T3-S3
- T-S: Tractores con semirremolque; incluye a los tractores: T2-S1, T2-S2, T2-S3 y T3-S1
- T-S-S: Tractor con semirremolque y semirremolque; incluye a los tractores T2-S2-S2, T3-S2-S2 y T3-S3-S2.
- T-S-R: Tractor con semirremolque y remolque; incluye tractores: T2-S1-R2, T2-S1-R3, T2-S2-R2, T3-S1-R2, T3-S1-R3, T3-S2-R2 y T3-S2-R3.
- T3-S2-R4
- Otros: Camiones que no entran en estas categorías

TDPA: tránsito diario promedio anual del conteo registrado en el punto generador.

F.H.M.D.: Factor de hora de máxima demanda de la estación temporal correspondiente.

Factor K': este factor se utiliza para determinar K_e , el dato que se proporciona es aproximado y se obtiene a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados para todos los tipos de vehículos en la muestra del conteo semanal y el TDPA.

Factor K_e : este factor es útil para determinar el volumen horario promedio de proyecto, el dato que se proporciona es aproximado y se obtiene a partir de una corrección del factor K'

Factor D: este factor se obtiene al dividir el volumen de tránsito horario en el sentido de circulación de máxima demanda en hora pico entre el volumen de ambos sentidos a la misma hora.

C.max: carril promedio de máxima ocupación. La posición se estima de derecha a izquierda en el sentido del kilometraje, donde "1" es el primer carril en el sentido de kilometraje.

OM: factor de ocupación máxima promedio del carril en porcentaje de volumen del vehículo.

F.T.: fuente de la Información para la estimación del TDPA. Sus parámetros son:

A: TDPA de todos los datos de la estación maestra en un año continuo.

B: TDPA de una muestra seleccionada de la estación maestra.

D: TDPA estimado a partir de una estación de conteo menor a una semana y empleando el factor de corrección D_s .

F: TDPA estimado con factores de ajuste mensual aplicados a los datos de estaciones temporales.

G: TDPA estimado con tasa de crecimiento mediante datos de estaciones de conteo temporales de un año anterior.

H: TDPA estimado a partir del historial.

M: estimación manual (no contabilizada automáticamente).

N: TDPA estimado a partir de datos de estaciones cercanas.

O: proporcionado por fuentes externas.

R: información de conteos sin procesamiento (en bruto).

Coordenadas de posición: se presentan las coordenadas tanto UTM como geográficas donde se ubica el equipo de conteo automático.

Caseta: para el caso del reporte de estaciones maestras, este apartado representa el nombre de la plaza de cobro donde se encuentra localizada la estación.

5.2.1 Estaciones temporales

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) publica digitalmente los datos viales de la red carretera nacional. Con ello asegura la disposición de estos al público en general mediante el acceso gratuito a un formato PDF en su portal de internet. Este cumple el propósito de proporcionar los datos necesarios para la eficiente realización de proyectos de ingeniería que contribuyan al desarrollo del país.

Los datos viales de las estaciones temporales se agrupan por entidad federativa. Cada estado cuenta con un mapa índice (Fig. 5.1) de las carreteras y tramos carreteros que se encuentran dentro de sus límites políticos. El mapa índice indica el número que se le asignó a cada carretera para su localización en los listados de información. Los datos viales se presentan para el público en general de manera

resumida (Fig. 5.2) y en su forma total mediante una solicitud ante la secretaría, con base en lo establecido por la Ley de Transparencia.



Imagen 5.1 Mapa índice de datos viales del estado de Aguascalientes para el año 2014.

#* CARR:			CLAVE:														RUTA:			AÑO:											
L U G A R			E S T A C I Ó N			CLASIFICACIÓN VEHICULAR POR PORCENTAJE														PARÁMETRO DE CORRECCIÓN				OTROS PARÁMETROS		C O O R D E N A D A S					
	KM	TE	SC	TPDA	F.T.	M	A2	B2	B3	C2	C3	C-R	T3-S2	T3-S3	T-S	T-S-S	T3-S2-R4	T-S-R	OTROS	A	B	C	F.H.M.D.	K'	Ke	D	C.MAX	O.M	LATITUD	LONGITUD	

* Número Identificador según el mapa de índice para carreteras o tramos carreteros que se encuentran dentro de sus límites políticos de un estado en particular.

Imagen 5.2 Formatos de datos.

Adicionalmente, la información de datos viales obtenidos de las estaciones temporales contendrá un apartado con los gráficos de variación del tránsito por hora del día (tanto tiempo de trabajo como tiempo recreativo) y variación por día de la semanal en función de TDPS. Esto último aplicado en agrupaciones de automóviles, autobuses y camiones de carga (fig. 6.3, 6.4 y 6.5).

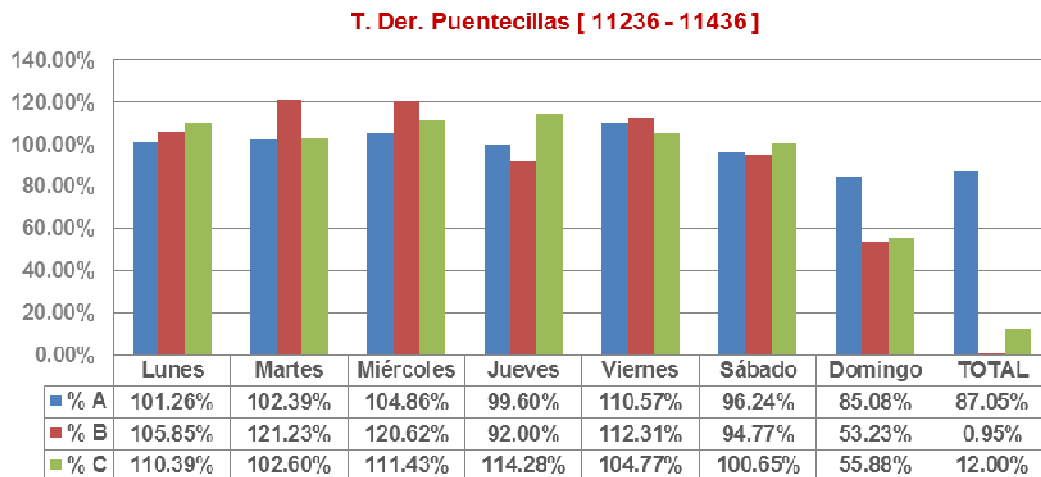


Figura 5.3 Variación de tránsito diario promedio de la muestra en función del TDPSm. Tramo Guanajuato-Santa Rita, Edo. Guanajuato.

VARIACIÓN HORARIA DEL VhP_m VS $TDPS_{mT}$ POR CLASIFICACIÓN
T. Der. Puenteclillas [11236 - 11436]
(L-M-J)

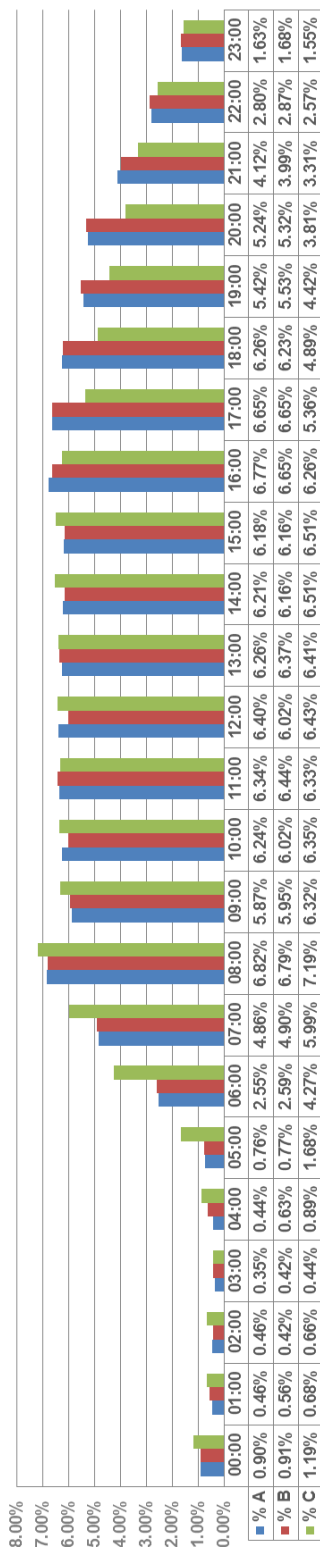


Figura 5.4 Variación de Tránsito Diario Promedio Horario de la muestra en función del $TDPS_m$ de Trabajo (lunes a jueves). Tramo Guanajuato-Santa Rita, Edo. Guanajuato.

VARIACIÓN HORARIA DEL VhP_m VS $TDPS_{mr}$ POR CLASIFICACIÓN
T. Der. Puenteclillas [11236 - 11436]
(V-S-D)



Figura 5.5 Variación de Tránsito Diario Promedio Horario de la muestra en función del $TDPS_m$ Recreativo (viernes a domingo). Tramo Guanajuato-Santa Rita, Edo. Guanajuato.

5.2.2 Estaciones maestras.

La información de las estaciones maestras se publica en un apartado diferente al de los datos viales de estaciones temporales. Para facilitar la consulta de esta información, el documento debe contar con un mapa índice donde se indique la ubicación de las estaciones maestras con un número de referencia. Esta cifra cumple la función de localizar la información correspondiente a cada estación. A continuación, se presenta una tabla de resumen referente a dicha numeración, donde se expone:

1. TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual Real de la estación maestra que se registró durante el año. En caso de contar con los datos del conteo anual completo se calcula el TDPA estimado para la estación maestra.
2. Clasificación vehicular en porcentaje del TDPA: porcentaje de tránsito según su clasificación que integra el TPDA.

#*

CARRETERA:
MOVIMIENTO:

C.CARRETERA

CASETA:
KM:

COORDENADAS
GEOGRÁFICAS
LAT.:
LONG.:

UTM
X:
Y:

SENTIDO:

TDPA	CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN PORCENTAJE DEL TDPA													
	M	A	B2	B3	C2	C3	C-R	T3-S2	T3-S3	T-S	T-S-S	T3-S2-R4	T-S-R	VNC

139-02

CARRETERA: Maravatio-Zapotlanejo
MOVIMIENTO: Chutintzio - Ecuandureo

MEX-015 D

CASETA: Ecuandureo
KM: 370

GEOGRÁFICAS
LAT.: 20.175038
LONG.: -102.191318

COORDENADAS
UTM
X: 793566.920
Y: 2233334.225

SENTIDO: 0

TDPA	CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN PORCENTAJE DEL TDPA													
	M	A	B2	B3	C2	C3	C-R	T3-S2	T3-S3	T-S	T-S-S	T3-S2-R4	T-S-R	VNC
1.529	0.3	74.9	0.2	0	5.4	2.4	0	2.9	0.6	0	0	1.9	0	2.5

1

2

1

2

Figura. 5.6 Diagrama de la tabla de Resumen de Datos Viales de las Estaciones Maestras.



Figura 5.7. Mapa Índice para las estaciones maestras del año 2014.

Se incluirá además los gráficos de la variación Mensual del tránsito ($TDPM_M$) de cada estación maestra en función del TDPA y las variaciones por día de la semana. Estableciendo el promedio por cada mes (semana promedio de cada mes) en función del TDPS del mes.

(114 Paso del Toro) Veracruz TDPA=14,592

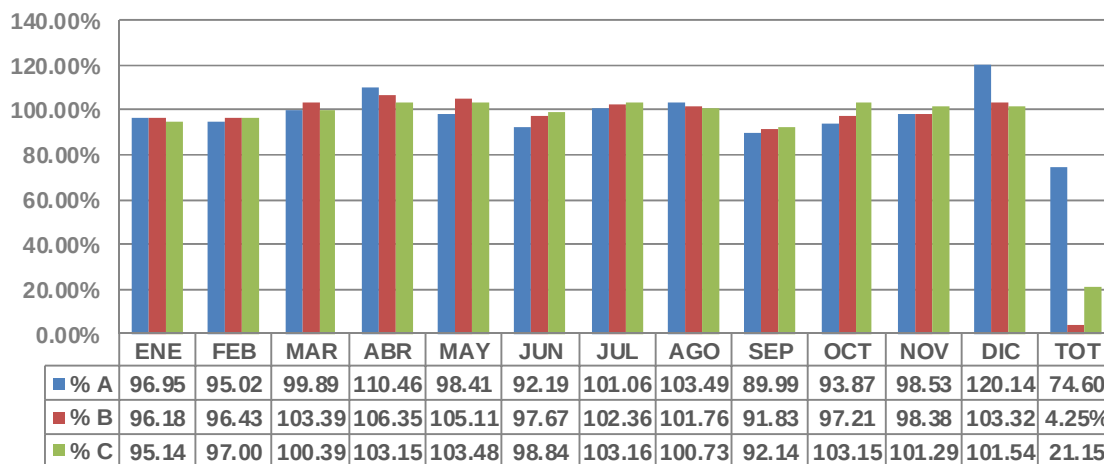


Imagen 5.8 Variación de Tránsito Diario Promedio Mensual de la estación en función del $TDPS_M$. Para la estación maestra 114 Paso del Toro, Veracruz.

114 Paso del Toro (Julio) Veracruz TDPA=14,592

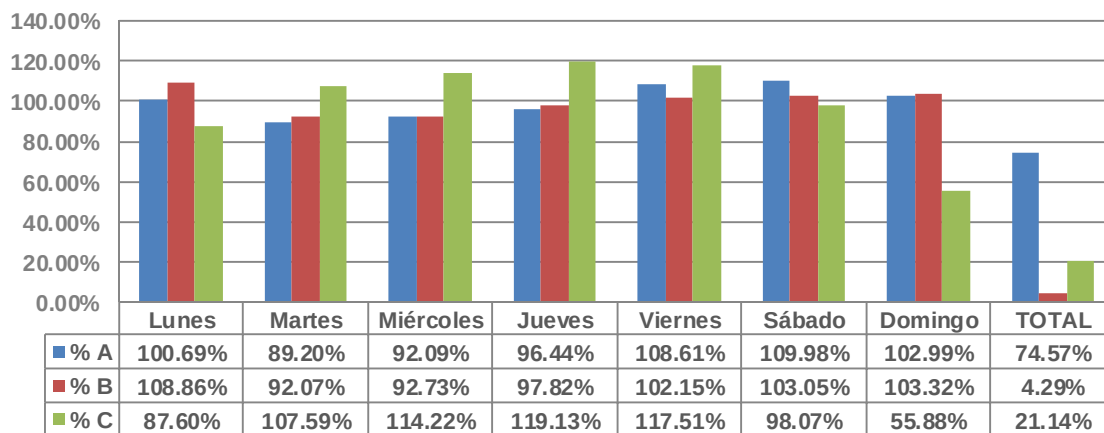


Imagen 5.9 Variación de Transito Diario Promedio en función del $TDPS_M$ durante el mes de julio. Para la estación maestra 114 Paso del Toro, Veracruz.

5.3 Base de datos y Sistemas de Información Geográfica (SIG)

En la actualidad, el complejo funcionamiento de la red nacional de carreteras requiere sistemas eficientes de manejo y análisis de información, así como una eficaz manera de interpretación que sea de fácil entendimiento para los usuarios; Sistemas de Información Geográfica (SIG) cumple ampliamente estos requisitos.

Los Sistemas de Información Geográfica se definen como un conjunto de tecnologías (software), datos y procedimientos organizados para: capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente en mapas, lo cual posibilita visualizar patrones, relaciones y tendencias. Con un sistema de información geográfica se tiene una perspectiva nueva y dinámica en el manejo de la información, con el fin de ayudar a tomar mejores decisiones (PT 207, 2002).

Una parte importante de los trabajos de monitoreo del flujo de tránsito consiste en actualizar y presentar mediante un sistema de información geográfica los datos viales al público, de esta manera es posible que los usuarios de la información visualicen en un mapa interactivo la posición geográfica, las características del tránsito, registros históricos del TDPA, e información de relevancia referentes a cada estación de conteo (descrita detalladamente en el apartado 5.2). Para efectos prácticos, la imagen 5.10 muestra el empleo de un SIG para la presentación de los datos viales.

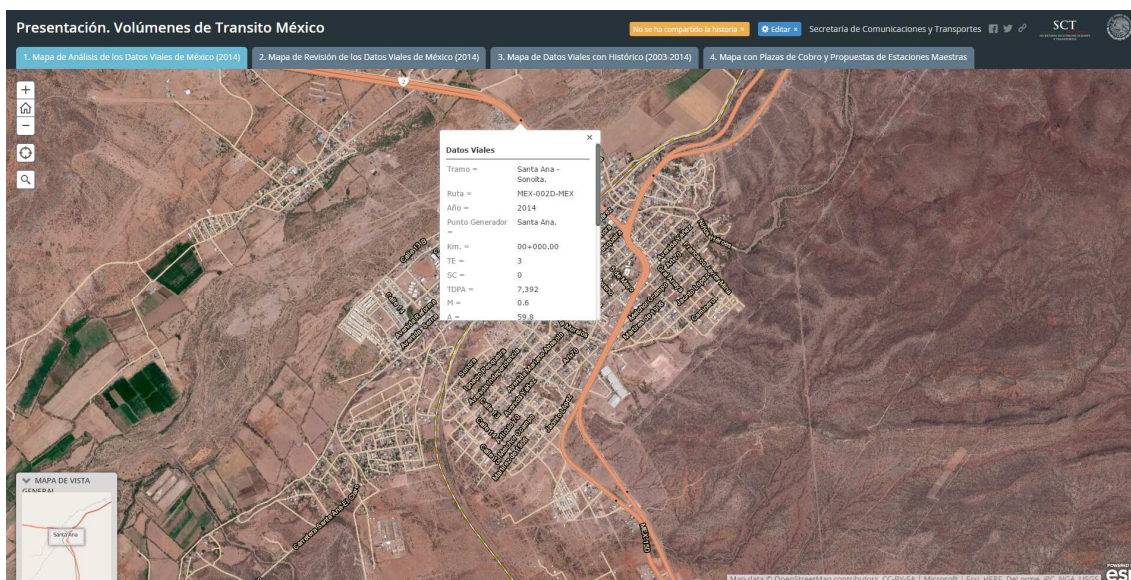


Imagen 5.10 Presentación digital de los datos viales mediante el empleo de un SIG.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

ANEXO 1 **ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE DIVERSAS** **TECNOLOGÍAS DE CONTEO**

ANEXO 1 ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE DIVERSAS TECNOLOGÍAS DE CONTEO

Los dispositivos de conteo vehicular usualmente son construidos en formas de cajas metálicas conteniendo una unidad de procesamiento digital de información, memoria para de almacenamiento y sensores para detección vehicular; según sus atributos estos dispositivos son catalogados en contadores simples y contadores clasificadores.

- **Contadores simples**

Realiza una contabilidad de unidades totales, la cantidad aumenta cada vez que el sensor emite una señal. Requieren menor capacidad de procesamiento y en consecuencia un menor consumo de energía que los contadores de clasificación.

- **Contadores clasificadores**

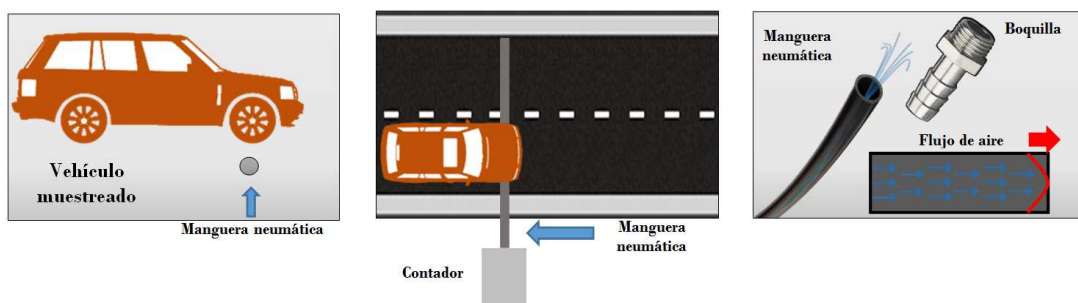
Estos dispositivos requieren de más sensores que un contador simple, el objetivo es contabilizar cada uno de los tipos de vehículos que circulan por la zona de monitoreo; para lo cual la programación de su unidad de procesamiento contiene módulos que en base a señales registradas en sus diferentes sensores y las diferencias de tiempos entre las señales recibidas, se asignarán valores de tipo de vehículo al conteo.

CONTADORES CON SENSORES DE MANGUERAS NEUMÁTICAS

Los siguientes incisos describen el funcionamiento de los dispositivos contadores con mangueras neumáticas.

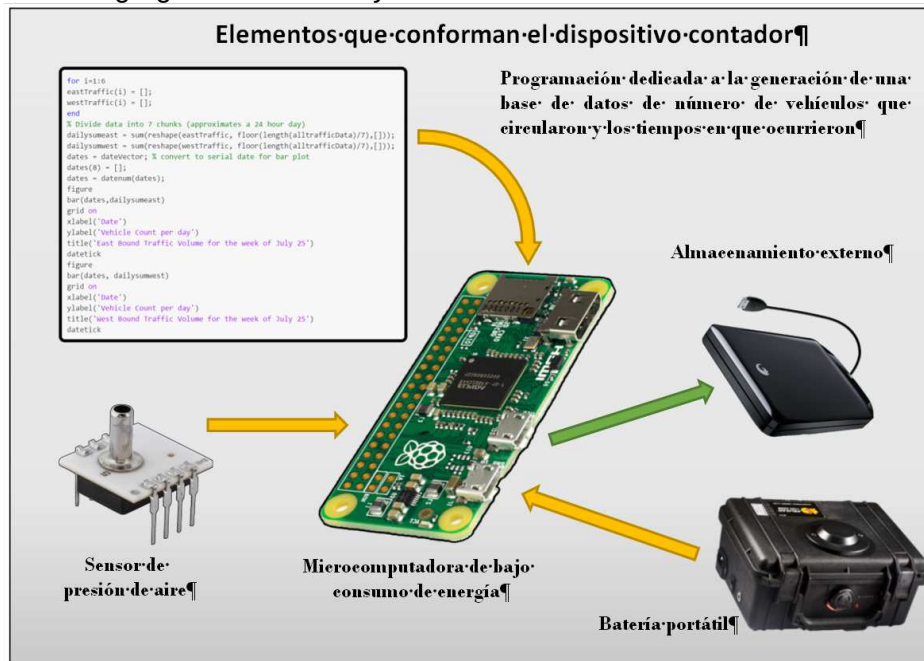
a) Generación de Señal

La señal se genera al momento que un vehículo comprime la manguera neumática, y desplaza aire hacia la boquilla del sensor de presión de aire.

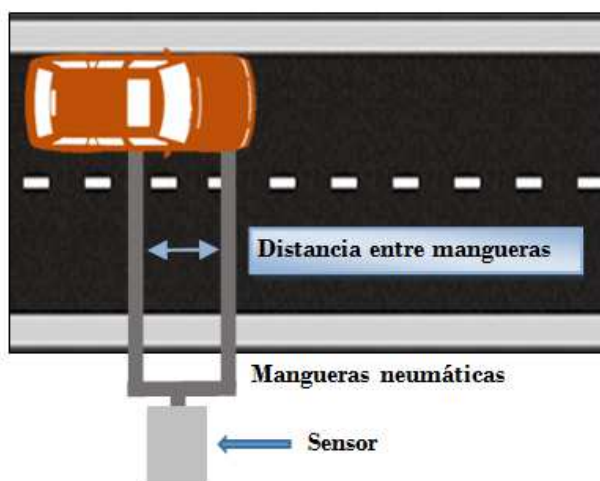


b) Conversión de presión a información digital

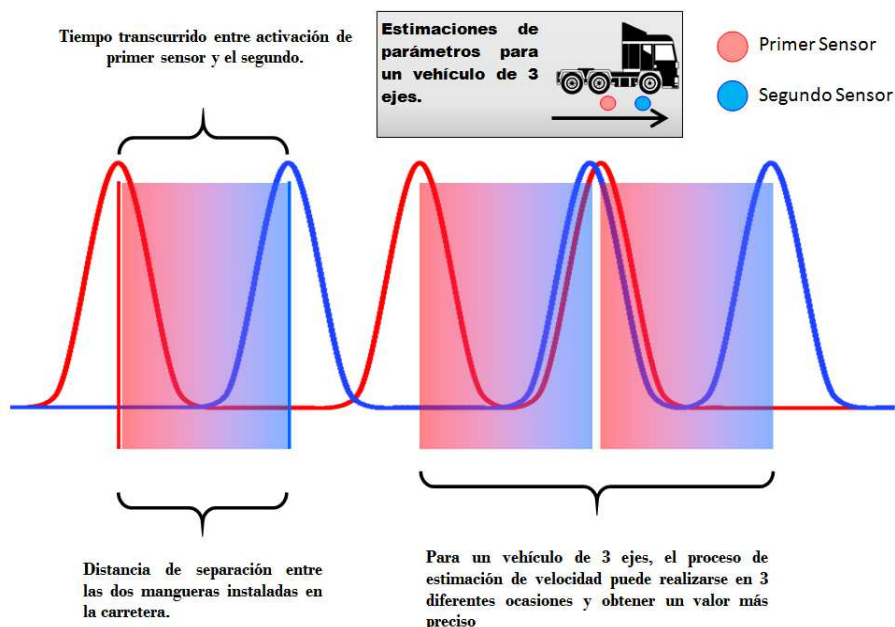
La conversión de la onda de aire en información digital ocurre al momento de que el sensor de presión es activado por el flujo de aire provocado por el vehículo y con un transductor de cambios físicos que los transforma en señales electrónicas que son recogidas por un sistema computacional portátil de bajo consumo de energía, y son almacenadas agregándole la fecha y hora del evento.



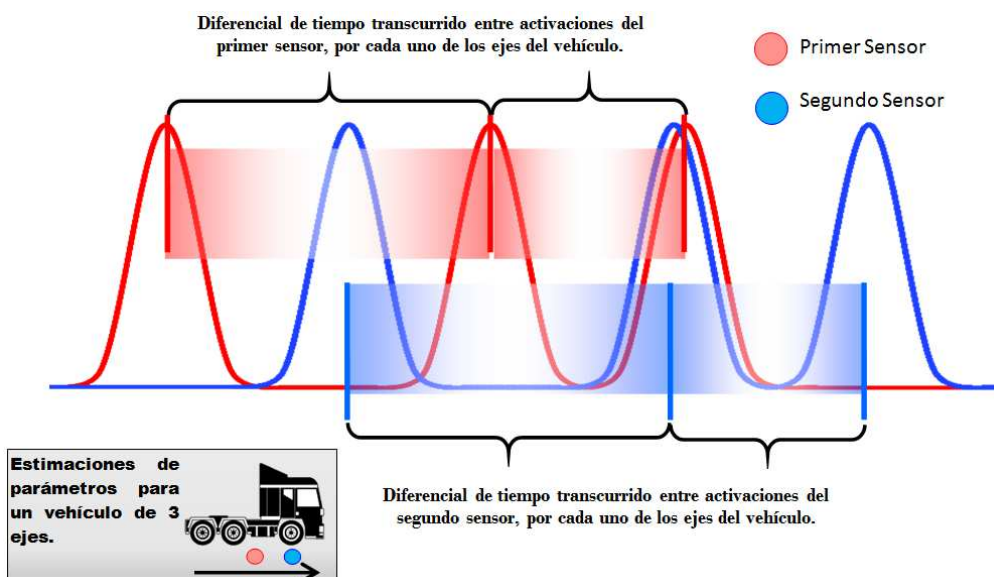
La misma estructura del dispositivo de conteo vehicular puede ser empleada para realizar clasificación vehicular, agregando un segundo sensor de presión e instalando una segunda manguera de detección.



La colocación de una segunda manguera permite inferir la velocidad con la que el vehículo circula en el punto de muestreo.



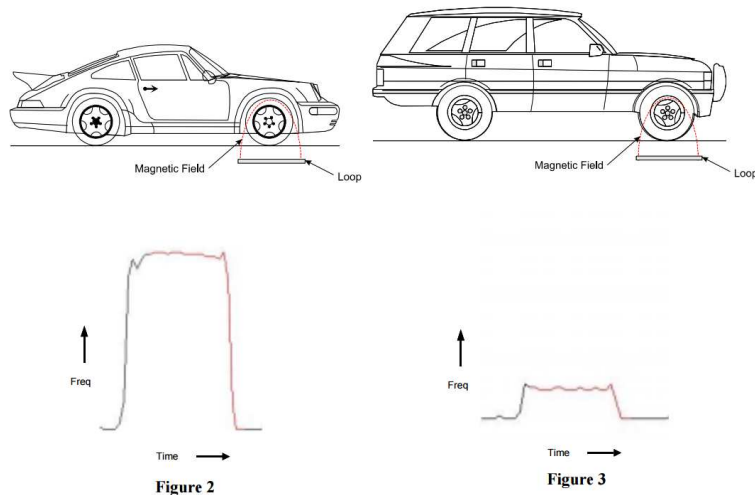
Combinando procesos de cálculo de velocidad de vehículo y medición de tiempos transcurridos de activación del mismo sensor es factible realizar el cálculo de distancia entre ejes de cada vehículo.



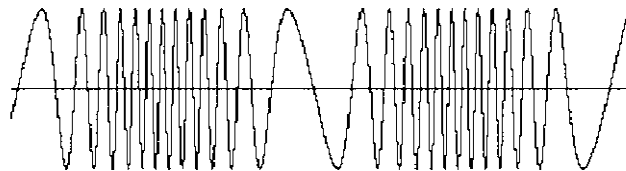
Con la programación adecuada es posible realizar comparaciones entre los resultados del muestreo y bases de datos de los vehículos en circulación; logrando resultados de conteos con los tipos de vehículos reales que cruzaron el punto de monitoreo.

LASO INDUCTIVO

En el caso de los contadores/clasificadores de lazo inductivo, el sensor detecta la diferencia de frecuencia de una señal periódica que pasa a través del lazo. Cuando un objeto de metal altera el campo magnético del lazo, ocurre una diferencia de frecuencia. Ésta diferencia de frecuencia va relacionada con la velocidad y la altura del chasis del vehículo:



En la figura anterior se puede apreciar que la altura del chasis afecta el cambio de frecuencia de la señal a través del lazo.



El ancho del pulso determina la velocidad a la que el vehículo está pasando, y la distancia de activación entre el primer pulso y el segundo determina la distancia entre los ejes (similar a la manguera de presión). Con la programación adecuada es posible realizar comparaciones entre los resultados del muestreo y bases de datos de los vehículos en circulación; logrando resultados de conteos con los tipos de vehículos reales que cruzaron el punto de monitoreo.

CÁMARA DE VIDEO

El sistema de conteo vehicular por videocámaras sigue un proceso complejo de programación y análisis de cuadro por cuadro de la transmisión. El software a utilizar debe analizar imágenes en primer plano y realizar una comparación de cambio de píxeles con la siguiente imagen la señal de video.



Posteriormente por métodos de post-procesos se realizará una versión abstracta de la imagen, donde solo los píxeles del video que hayan cambiado en color sean mostrados.



La imagen debe ser corregida reduciendo el ruido, para ser analizada y detectar los espacios blancos y sus centroides.



A partir de la imagen procesada se indican los vehículos presentes, con programación adicional se establece que tipo de vehículo es, cuando es uno nuevo o cuando deja de estar presente uno analizado. Los procesos de almacenamiento y estructuración de información siguen los mismos principios de los métodos mencionados anteriormente.



Al momento de la selección de un método de monitoreo todos los sistemas siguen el mismo proceso de trabajo:

1. Detectar presencia
 - a. Cuando el sensor detecta algún cambio, se debe comparar con un valor de referencia para determinar si realmente hay algún vehículo:
 - i. Manguera neumática – cambio de presión
 - ii. Lazo inductivo – Cambio en el frecuencia
 - iii. Cámara – Cambio en la imagen

2. Clasificar (en caso de que aplique)
 - a. Una vez que se detecta una presencia, se analiza la información para determinar en cuál de las clasificaciones se va a agregar la cuenta.
 - i. Manguera neumática – midiendo la intensidad de la señal y una diferencia de tiempo contra una segunda manguera
 - ii. Lazo inductivo – cambio en frecuencia y tiempo entre los cambios
 - iii. Cámara – cambio en la imagen, contorno del vehículo

3. Almacenar información
 - a. La cuenta se almacena en una memoria, típicamente en formato binario.

El monitoreo de flujo de transito automático puede ser muy exacto si los sensores de los dispositivos de un punto están colocados y funcionan correctamente bajo las condiciones existentes en el lugar, por lo que la supervisión de la operación de los mismos es muy importante.

MANUAL PARA OBTENER LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN CARRETERAS

ANEXO 2 **INSTALACIÓN DE MANGUERAS NEUMÁTICAS**

ANEXO 2 INSTALACIÓN DE MANGUERAS NEUMÁTICAS

Las mangueras neumáticas son un dispositivos muy eficaz para conteos temporales del orden de una semana; estas se utilizan como sensor de ejes para detectar el paso del vehículo en base a un impulso de presión de aire, por ello, se debe tener especial cuidado en la adecuada fijación de las mangueras a la calzada para evitar que los vehículos las arrastren o rompan.

Las mangueras neumáticas deberán instalarse de manera adecuada en zonas de la calzada con suficiente homogeneidad para evitar que los instrumentos se dañen por el paso de vehículos. Teniendo especial cuidado en elegir una zona de la carretera que se encuentre en tangente, recomendablemente alejada de curvas, y que la pendiente del perfil de la carretera sea del 2 al 3 %, procurando con ello, que la velocidad de los vehículos sea estable y adecuada para la medición del volumen de tránsito.

EQUIPO BASICO

El equipo necesario para la correcta instalación de los sensores de mangueras neumáticas se encuentra dado en función del material al que este fijara (asfalto, concreto o terracería), la longitud transversal de sección de la carretera, así como la cantidad de carriles considerados para la medición. El equipo listado a continuación es el necesario para la colocación de hasta cuatro mangueras neumáticas en una sección de 9 metros y dos carriles.

*2 bobinas de manguera neumático de 50 ft	Mazo de 4 libras
Clavo de concreto 2.5" (25 pzas) x 2	Flexómetro
Abrazadera plana 2 pzas	Guantes de algodón
Tapón para tubo neumático 4 pzas	Saca clavos
Abrazadera - Figura de 8 - 8 pzas	Caja de herramientas que incluya llaves Allen
Cintas de tela (cinta gris o multipropósitos) 1.5" x 6" (12 pzas)	
Cinta negra para asfalto 3"	
Marcador amarillo 2 pzas	
Gafas de seguridad	
Chaleco de seguridad	
Dos conos de seguridad plegables	

* La manguera neumática debe cumplir con los requerimientos mínimos para poder emplearse como sensor en conteos vehiculares.

PROCESO DE INSPECCIÓN.

Se debe revisar que la manguera se encuentre libre de suciedades en su interior ya que elementos tales como: agua, basura, tierra e insectos pueden entrar en la manguera y provocar errores el funcionamiento del equipo por lo que siempre antes de iniciar la instalación de la manguera, esta se debe limpiar mediante aire comprimido, de no contar con este se puede emplear agua.

Se debe revisar además las condiciones en las que se encuentra la manguera, teniendo especial cuidado en detectar perforaciones, cortes o rasgadura. Esto se logra al suministrar a la manguera 2 PSI (máximo) de presión de aire mientras la manguera se encuentra sumergida en agua.

Se debe seleccionar para su colocación tramos de manguera con una longitud no menor a 3.05 metros ni mayores a 30.48 metros de longitud. Siendo la longitud recomendada entre 3.65 y 18.29 metros. En los pares de mangueras neumáticas utilizados para clasificación vehicular, se debe revisar que estas tengan longitudes similares, con una diferencia no mayor a 15 centímetros entre ellas.

El extremo no conectado al dispositivo contador debe tener como protección un tapón o tornillo Allen que impida la entrada de agua, suciedad e insectos. Para evitar que se desprenda, se recomienda usar alambre recocado y realizar una atadura alrededor del extremo de la manguera donde se encuentra la protección. Un clavo para concreto podría ser utilizado de manera temporal como tapón, aun así con el tiempo estos saldrían del tubo.

UBICACIÓN DEL SENSOR.

UBICACIÓN: Los contadores y los sensores deben ser instalados en tramos rectos, en los cuales las condiciones geométricas del tramo permita al vehículo transitar a una velocidad constante.

VELOCIDAD: El sensor se colocara en un tramo donde la velocidad vehicular se encuentre en un rango de 20 a 110 kilómetros por hora o dentro de los parámetros fijados por el proveedor del equipo disponible.

CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO: Se recomienda colocar los sensores y equipos de conteos en superficies en buen estado, con el fin de disminuir el movimiento errático de los vehículos y el rebote de los neumáticos debido a grietas o baches en la superficie de rodamiento. Se debe considerar además la calidad del pavimento en la que se coloca los clavos o se adhiere la cinta asfáltica, ya que de contarse con una mala calidad en el mismo se corre el riesgo de que estos se desprendan antes de finalizar el conteo.

LOCACIONES PROBLEMATICAS: Se debe considera que la instalación de los equipos deberá estar alejada de los lugares donde los vehículos tiendan a cambiar drásticamente de velocidad como: en las cercanías a poblados, entronques o zonas en reparación, así como en sitios donde el señalamiento indique este tipo de maniobras.

ANCLAJE: Un factor importante a considerar para la selección de la localización del sitio de conteo, es el contar con un punto de anclaje para el aparato contador, así como un lugar que lo mimetice con el entorno, de tal manera que se evite el vandalismo de los equipos.

SEGURIDAD: Se debe verificar si la zona de instalación requerirá o no de un perímetro de seguridad establecido con ayuda de banderas y conos viales, que proteja al personal que instala los equipos de posibles incidentes, en caso de grande volúmenes de tránsito que interfieran con la colocación del mismo. Para mayor detalle consultar el “Manual de Señalización vial y dispositivos de seguridad”

INSTALACION DEL TUBO NEUMATICO.

Las mangueras neumáticas son fijadas a la superficie de rodamiento, para esta actividad existen múltiples accesorios, la mayoría diseñados para unir la manguera neumática en los extremos de la calzada. En carreteras con secciones anchas y cuando la velocidad vehicular supera los 95 kilómetros por hora es recomendable fijar la manguera al pavimento cada 3.5 metros para evitar que esta se desprenda. La mayoría de los dispositivos de fijación requieren de la utilización de clavos de concretos que fijan la manguera a la superficie de rodamiento y que mantengan su posición debido a la tensión de la manguera, en este caso los clavos deberán introducirse en el pavimento hasta que las cabezas de los mismos sobresalgan $\frac{1}{4}$ de pulgada por encima de la superficie de rodamiento. Cuando se estima que la temperatura del ambiente superará los 30 °C es recomendable colocar en el terreno adyacente a la calzada, estacas de 12 pulgadas como anclaje adicional.

A continuación se presenta las pautas a seguir para la correcta instalación de los sensores de manguera neumática.

PASO 1: Se instalará en los extremos de la calzada las anclas correspondientes mediante un marro de 4 libras. Se medirá la distancia entre estas para comprobar si existe necesidad o no de colocar fijaciones intermedias de anclaje adecuado. De ser necesarias se colocara cinta asfáltica para la correcta fijación de la manguera con la calzada.



PASO 2: Se colocará la manguera, mismas que se tensará entre un 10 y 20 por ciento de su longitud, de acuerdo a las especificaciones del proveedor. Posteriormente, se fijará está a las anclas mediante amarres de alambre recocido. De necesitarse se colocara anclaje intermedio, cuidando que este no interfiera con el funcionamiento del sensor.



PASO 3: Después de colocar y comprobar la fijación de la manguera neumática tanto en extremos como en apoyos intermedios, se revisara hermetismo del sensor mediante la inspección de los tapones de los extremos.



PASO 4: Debe realizarse una inspección visual para certificar que la manguera neumática ha sido instalada de manera perpendicular al camino.



PASO 5: Si el camino presenta grietas, baches o no permite que la manguera se encuentre estática, se podrá utilizar cinta de tela (cinta gris) para evitar el movimiento o desprendimiento de la manguera durante el conteo.

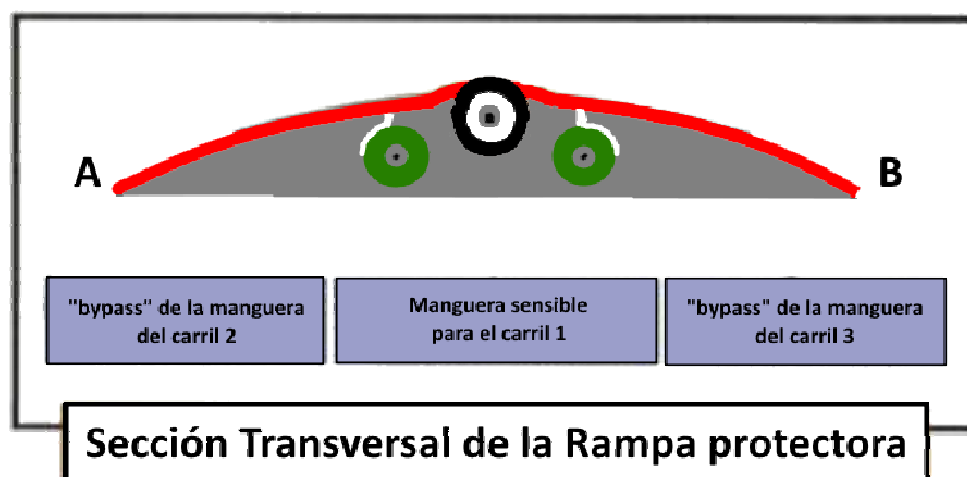
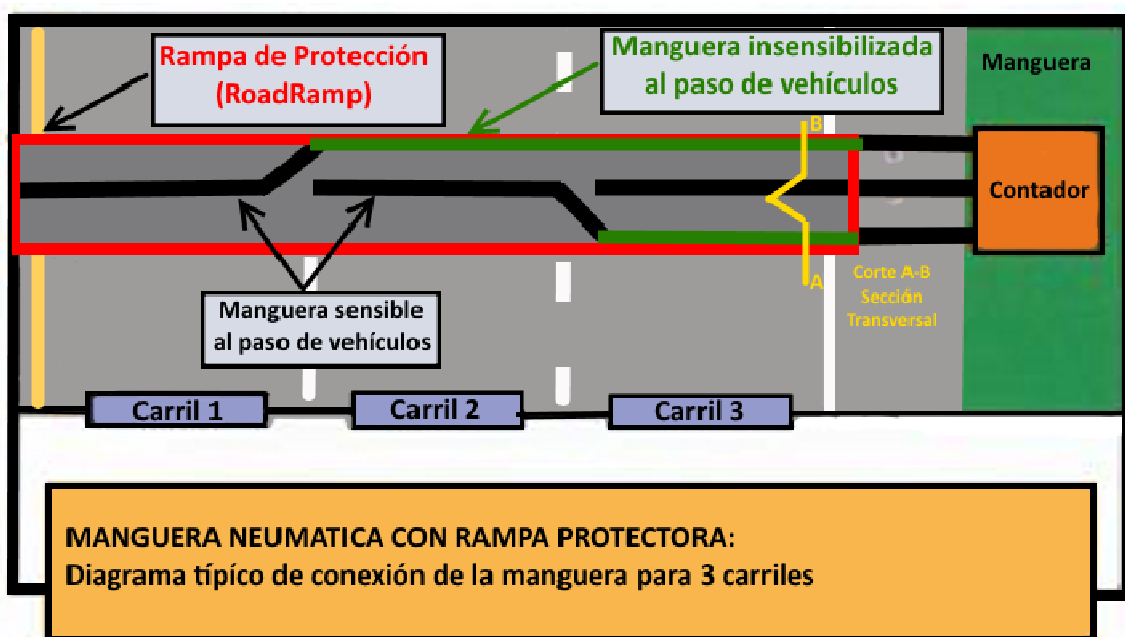


PASO 6: Se deben asegurar que los anclajes estén separados a una distancia mínima de 3 metros del dispositivo contador; el extremo abierto de la manguera debe estar conectado a la boquilla del dispositivo contador, asegurándose que se encuentre debidamente sujetado.



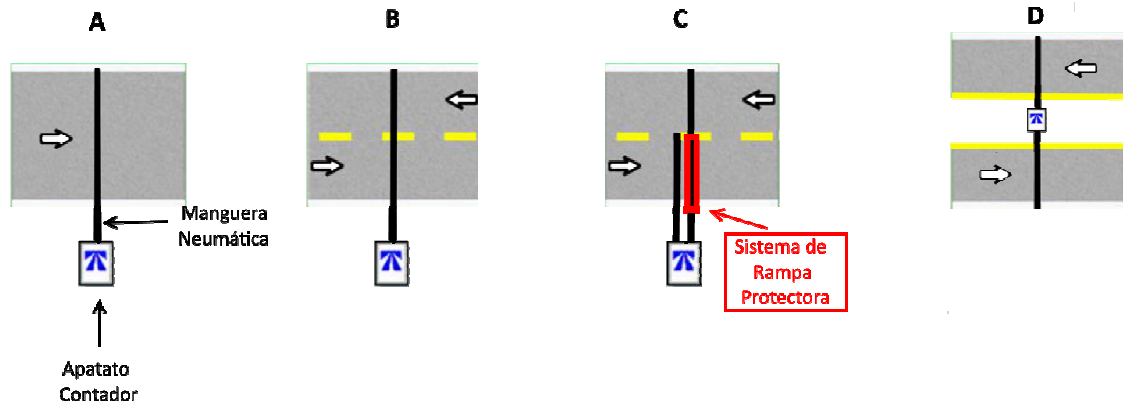
SISTEMA DE RAMPAS DE PROTECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE MANGUERAS NEUMÁTICAS

Si se pretende realizar conteos en calzadas de más de un carril mediante mangueras neumáticas, los resultados que se obtengan pueden carecer de precisión ya que existen dificultades a la hora de establecer el aforo correspondiente a cada carril. Si se han utilizado varios tubos neumáticos simultáneamente puede hacerse la separación mediante software, para dos o hasta 3 carriles. Una forma más eficiente y precisa para disponer de aforos individualizados para cada carril es utilizar el Sistema de rampas de protección (RoadRamp) para los sensores, mediante el cual es posible que la manguera sea activada en el carril asignado para el conteo.



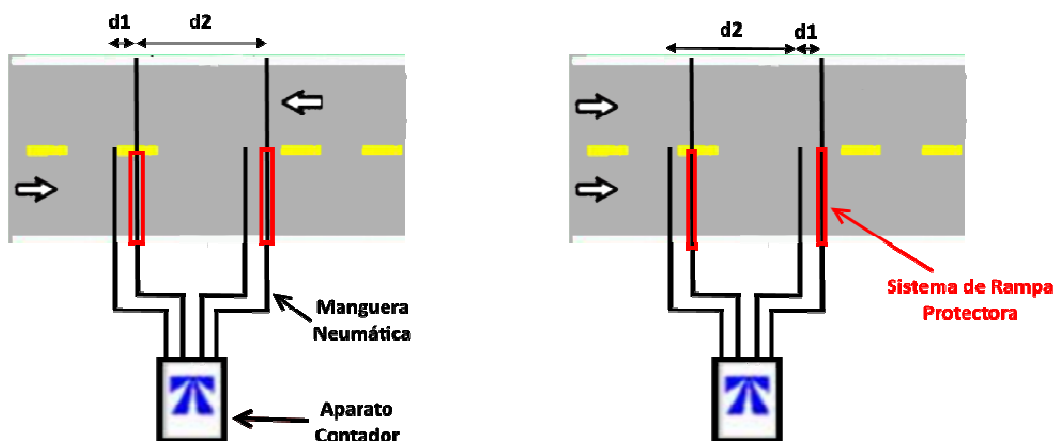
Configuración de 1 a 2 líneas, para conteo vehicular

El conteo de tránsito mediante mangueras neumáticas solamente requiere la instalación de una manguera por carril o una sola para conteos combinados donde no se requiera conocer la dirección del movimiento vehicular, por lo que los intervalos de conteo pueden ser realizados con las siguientes configuración, según se requiera:



Configuración de 2 líneas por carril, para conteo y clasificación vehicular

El dispositivo de conteo es capaz de realizar conteo y clasificación de los vehículos, para ello es necesario instalar una par de mangueras neumáticas por carril de circulación. Cada manguera deberá estar separada de su par por una distancia d_2 y una distancia de separación d_1 del par de mangueras asociados a otros carriles, dichas distancias se encuentran en función del contador y el software que este emplee.



BIBLIOGRAFÍA.

- Diamond Traffic Products, Inc. (2012). *Centurion (Gold, Parks, CC & Field) Users Guide V1.37*. Diamond Traffic Products, Inc.
- Administration, F. H. (2006). *Planned Special Events: Checklists for Practitioners "Checklist 3 TRAFFIC MANAGEMENT PLAN CHECKLIST"* ESAL. United States Department of Transportation.
- American Society for Testing Materials. (2004). *NORMA E1957 Standard Practice for Using Pneumatic Tubing for Roadway Traffic Counters and Classifie*. ASTM International.
- American Society for Testing Materials. (2005). *Norma E2415 Standard Practice for Installing Piezoelectric Highway Traffic Sensors*. ASTM International.
- American Society for Testing Materials. (2005). *Norma E2467 Standard Practice for Developing Axle Count Adjustment Factors*. ASTM International.
- American Society Testing Materials. (2007). *Norma E2561 Standard Practice for the Installation of Inductive Loop Detectors*. ASTM International.
- American Society Testing Materials. (2009). *Norma E2667 Standard Practice for Acquiring Intersection Turning Movement Traffic Data*. ASTM International.
- American Society Testing Materials. (2010). *Norma E2759 Standard Practice for Highway Traffic Monitoring Truth-in-Data*. ASTM International.
- Asociación Murcia en bici . (2012). *Plan de aforo de tráfico de bicicletas*. Murcia, España: Asociación Murcia en bici .
- Corro Caballero, S., Castillo Hernández, G., Ossa López, A., Hernández Noguera, J. A., Mandujano Montes, D. A., Hernández Rodríguez, F., et al. (2014). *DISPAV-5-versión 3.0 actualización del sistema para el diseño estructural de pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones*. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Corro, S., Magallanes, R., & Prado, G. (1981). *Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras*. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Cuevas Colunga, A. C., Mayoral Grajeda, E. F., & Mendoza Díaz, A. (2011). *PT 345 Definicion de Indicadores de Seguridad Vial en la Red de Carreteras Federales*. Sanfandila, Queretaro, Mexico: Instituto Mexicano del Transporte.

- Esposito, M. C., Desnouailles, C., Weidmann, G., Mammar, S., Servieres, D., Farina, F., et al. (2012). *Panorama des Systèmes de Recueil de Données de Trafic Routier*. Francia: Ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie.
- Federal Highway Administration. (2011). *Pavement Health Track Remaining Service Life (RSL) Forecasting Models, Technical Information: Procedure for Estimating ESAL*. United States Department of Transportation.
- Federal Highway Administration. (2014). *Highway Performance Monitoring System Field Manual – Office of Management & Budget (OMB)*. United States Department of Transportation “Federal Highway Administration” , “Office of Highway Policy Information”.
- Federal Highway of Transportation. (2013). *Traffic Monitoring Guide*. U.S. Department of Transportation.
- Guío Burgos, F. A. (2010, (febrero – mayo 2010).). Flujos Peatonales en Infraestructuras Continuas: Marco Conceptual y Modelos Representativos. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*.
- Holgado Ruiz, E. (2012). *Estudios de Regulacion del Transito de Vehiculos y Peatones de los Alrededores de la Avenida Portugal de Salamanca*. Catalunya, España.: Universitat politècnica de Catalunya.
- Institute for transportation & Development Policy . (2014). *Conteo Ciclista 2013*. Mexico, D.F.: ITDP.
- Martines Antonio, J., Aurora, M. M., Morales Pérez, M. d., Herrera García, A., Balbuena Cruz, J. A., Pérez Sánchez, J. A., et al. (2013). *Manual Estadístico del Sector Transporte 2013*. Sanfandila, Queretaro, Mexico: Instituto Mexicano del Transporte.
- Materials, American Society Testing. (2009). *Norma E2532 Standard Test Methods for Evaluating Performance of Highway Traffic Monitoring Devices*. ASTM International.
- MetroCount . (2009). *MetroCount Traffic Executive User Manual*. MetroCount .
- Moreno Quintero, E., Bustos Rosales, A., Aguerrebere Salido, R., & Becerra Chávez, A. (2001). *PT 167 Características del Autotransporte publico y privado de carga en las carreteras mexicanas*. Sanfandila, Queretaro, Mexico: Instituto Mexicano del Transporte.

Mozo Sanchez, J. (2012). *Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de Acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 Aplicado a Mathcad*. Mexico, D.F.: UNAM.

Peeta, S., & Zhang, P. (2002). *Counting Device Selection and Reliability: Synthesis Study*. Purdue University.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2014, Noviembre 14). Norma NOM-012-SCT2-2014 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 . *DOF*.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2015). *Datos viales 2015*. Retrieved Agosto 18, 2015, from <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2015/>.

Tardon Martin, D. (2011). *Estudio e Implementación de Funciones de Estimación de Tráfico Anual para Estaciones de la Red de Carreteras Españolas*. Tardon Martin: Universidad Carlos III de Madrid.

(Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2014)

(Tardon Martin, 2011)

(Mozo Sanchez, 2012)

(Federal Highway of Transportation, 2013)

(Esposito, et al., 2012)

(Guío Burgos, 2010)

(Institute for transportation & Development Policy , 2014)

(Holgado Ruiz, 2012)

(American Society for Testing Materials, 2004)

(American Society for Testing Materials, 2005)

(American Society for Testing Materials, 2005)

(Materials, American Society Testing, 2009)

(American Society Testing Materials, 2007)

(American Society Testing Materials, 2009)

(American Society Testing Materials, 2010)

(Asociación Murcia en bici , 2012)

(Peeta & Zhang, 2002)

(Federal Highway Administration, 2011)

(MetroCount , 2009)

(Diamond Traffic Products, Inc., 2012)

(CEMEX, 2010)

(Administration, 2006)

(Martines Antonio, et al., 2013)

(Cuevas Colunga, Mayoral Grajeda, & Mendoza Díaz, 2011)

(Moreno Quintero, Bustos Rosales, Aguerrebere Salido, & Becerra Chávez, 2001)

(Secretaria de Comunicaciones y Transporte, 2015)

(Federal Highway Administration, 2014)

(Corro, Magallanes, & Prado, 1981)

(CORRO CABALLERO, y otros, 2014)