

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO IX - Reporte Técnico

Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de Querétaro



CONCYTEQ

Julio de 2006

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO IX- Reporte Técnico

Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de Querétaro



Dr. Roberto de La Llata Gómez (Coordinador)
Dr. Alejandro Lozano Guzmán
Ing. Miguel Ángel Toral Luna
Ing. Gilberto Muñoz Arango

Julio de 2006

GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. Francisco Garrido Patrón
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

Lic. Guadalupe Murguía Gutiérrez
SECRETARIA DE EDUCACIÓN

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Dr. Alejandro Lozano Guzmán
DIRECTOR GENERAL

D.G. Alicia Arriaga Ramírez
DIFUSIÓN

© Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción parcial o total
de este reporte sin la previa autorización por escrito del autor.

CENTRO QUERETANO DE RECURSOS NATURALES

ISBN 968-5402-01-9 (Toda la obra)

ISBN 968-5402- 02-7(Tomo I: Mejoramiento de la Red Carretera del Centro y Norte del Estado de Querétaro, Un soporte para su Desarrollo Integral y Sustentable)

ISBN 968-5402- 03-5 (Tomo II: Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 04-3 (Tomo III: Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur del Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402- 05-1 (Tomo IV: Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro)

ISBN 968-5402-07-8 (Tomo V: Uso Actual y Potencial del Suelo en los Municipios Conurbados de Querétaro)

ISBN 968-5402-09-4 (Tomo VI: Sistemas Acuáticos Sustentables. Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores)

ISBN 968-5402-10-8 (Tomo VII: El Sistema de Agua en la Región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala, Diagnóstico Proyecto: Sustentabilidad del Sistema de Agua en el Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402-11-6 (Tomo VIII: Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro, Primer Reporte: Estudio de Campo)

ISBN 968-5402- 15-9 (Tomo IX: Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de Querétaro)

E-Book

ISBN 978-607-7710-20-2

Publicación del Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado de Querétaro
Luis Pasteur Sur N° 36, Centro Histórico,
Tel. (442) 212 7266, 214 3685 y 212 2241
Santiago de Querétaro, CP 76000 Qro., México

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
2.1 Crecimiento poblacional	4
2.2 Aspectos demográficos y de empleo en el Centro Histórico	5
2.3 Crecimiento del parque vehicular	7
2.4 Clasificación de vialidades	8
3. AFOROS VEHICULARES EN ESTACIONES MAESTRAS	9
3.1 Vialidades principales	9
3.2 Otras vialidades	25
4. AFOROS VEHICULARES EN HORA PICO	42
5. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO	44
6 CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS	46
APÉNDICE	47

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan y analizan diversos estudios realizados para medir los volúmenes de tránsito ó aforos en las principales vialidades de la ciudad de Querétaro. En estos estudios se mide la cantidad de vehículos que transitan por un punto de una vialidad, en un período determinado de tiempo y constituyen una información básica para conocer las características de movilidad urbana a través de vehículos automotores. Se acostumbra también hacer una estimación de la composición vehicular, la cual mide los porcentajes de vehículos que pertenecen a distintas categorías, principalmente automóviles, autobuses y camiones de carga. Se realizaron dos tipos de aforos en la zona. El primero se realizó en estaciones maestras, midiendo los flujos vehiculares de manera continua durante toda una semana, para así, poder estimar las variaciones horarias y diarias del flujo. El segundo tipo de aforo, sólo midió el flujo durante la hora pico en un día típico de la semana (de martes a jueves). La hora pico fue seleccionada después de analizar los resultados de los estudios en estaciones maestras.

Existen diferentes tipos de métodos para la realización de aforos, pudiéndose hacer manualmente o mediante diversos tipos de dispositivos mecánicos, eléctricos o magnéticos (Lazo y Sánchez, 1981). Se emplearon dispositivos mecánicos para realizar los aforos en estaciones maestras, mientras que los aforos en hora pico se realizaron en forma manual. Los aforos en estaciones maestras se llevaron a cabo en el mes de noviembre del año 2005, y los aforos en hora pico durante los meses de marzo y abril del presente año. En los **cuadros 1 y 2**, así como en la **figura 1** se presenta la ubicación de todas las estaciones utilizadas.

	Vialidad	Entre
1	Juárez	Madero y 16 de Septiembre
2	Corregidora	Madero y 16 de Septiembre
3	Zaragoza	Manuel Acuña y Aurora
4	Luis Pasteur	Moisés Solana y Presidentes
5	Autopista Méx.-Qro.	Avenida Corregidora y Avenida Luis Pasteur
6	Carretera Libre a Celaya	Hacienda El Jacal y Millán
7	5 de Febrero	Avenida Zaragoza y Avenida Pino Suárez
8	Revolución	Privada Santa Anita y Lago
9	Pie de la Cuesta	Lago de Bacalar y Blvd. Bernardo Quintana
10	Bernardo Quintana	Circuito Jardín y Avenida Corregidora
11	Universidad	Juárez y Allende

Cuadro 1. Localización de estaciones maestras

	Vialidad	Entre
1	Paseo Jurica	Robles y Pino
2	Acceso a Juriquilla	Junto a la gasolinera
3	Paseo de la Constitución	Tulipán y Araucaria
4	Corregidora norte	Galeana y López Rayón
5	Avenida Hércules	Frente al Seminario
6	Carretera a Tlacote	Frente a Fraccionamiento Galindas
7	Boulevard de la Luz	Cascada y Camino a Júpica
8	Acceso IV	Vía del ferrocarril y Camino a Júpica
9	Prolongación Zaragoza	Hacienda Santa Fe y Paseo del Jacal
10	Luis Vega y Monroy	Avenida Pasteur y Plaza de los Enamorados
11	Boulevard de la Américas	Costa Rica y Panamá
12	Carretera a Huimilpán	Isla de Elba e Isla de Cozumel
13	Epigmenio González	Felipe Ángeles y Camino a San José
14	Prol. Corregidora Norte	Paseo Constitución y Morera
15	Avenida Constituyentes	Avenida Pasteur y Avenida Corregidora
16	Avenida Tecnológico	Hidalgo y Morelos
17	Avenida Circunvalación	Camelinas y Juan Caballero y Osio
18	Felipe Ángeles	San Roque y Francisco Villa
19	Ezequiel Montes	Hidalgo y Morelos
20	Avenida Zaragoza	Ignacio Pérez y Tecnológico

Cuadro 2. Localización de estaciones en hora pico

En el siguiente capítulo se describen las características demográficas y del parque vehicular de la zona conurbada de Querétaro, así como la clasificación de sus vialidades. En el capítulo tres se presentan y analizan los aforos realizados en estaciones maestras, incluyendo una comparación con estudios similares realizado por la empresa Cal y Mayor en el año de 1993. En el capítulo cuatro se presentan y analizan los aforos realizados en estaciones en hora pico. Posteriormente, en el capítulo cinco se determina el nivel de servicio de las vialidades principales en la Zona Conurbada de Querétaro y se compara con resultados obtenidos en el año de 1993. Finalmente, se presentan las conclusiones sobre el trabajo.

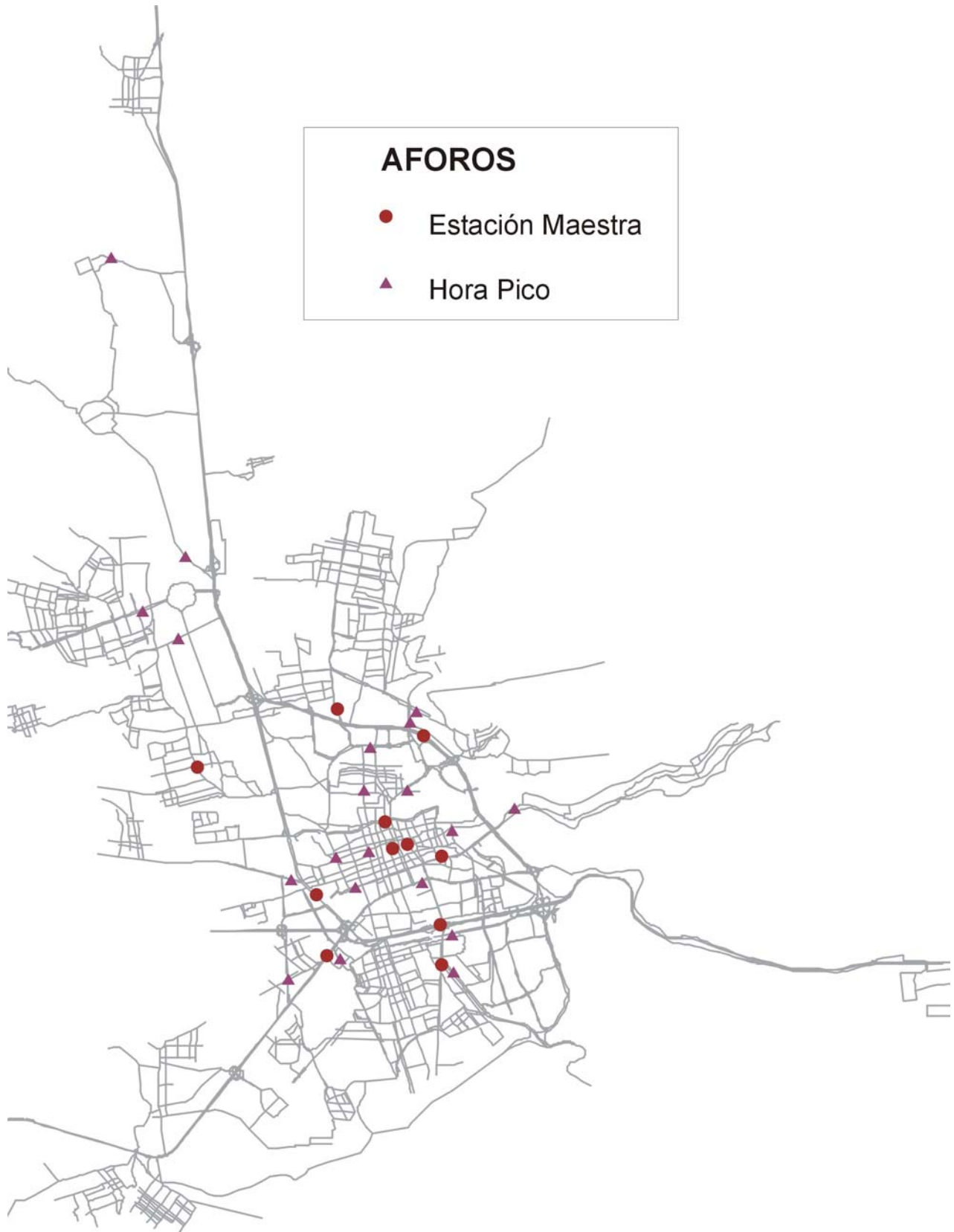


Figura 1. Localización de las estaciones de aforo

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se presentan las características de la población y el parque vehicular en la zona de estudio, por ser éstas algunas de las variables que más influyen en la magnitud de los volúmenes de tránsito. Se describen también los tipos de vialidades que se tienen en zonas urbanas, debido a que su clasificación sirve para explicar la localización de las estaciones utilizadas.

2.1 Crecimiento poblacional

La población de interés para explicar el crecimiento de los flujos vehiculares, es la población de la zona conurbada de Querétaro (ZCQ). De acuerdo con los criterios usados por INEGI y CONAPO (López, 2003) una zona conurbada es el área resultante de zonas urbanas que se juntan y hacen contacto físico debido al crecimiento de una o más de ellas, mientras que zona metropolitana es el conjunto de municipios que comprenden las zonas urbanas de la conurbación. La zona metropolitana de Querétaro (ZMQ), comprende entonces los municipios completos de Querétaro, Corregidora y el Marqués (empieza ya a considerarse también a Huimilpan). Esta última zona comprende tanto localidades urbanas como rurales, pero éstas últimas tienen muy poca influencia en los volúmenes de tránsito observados en este estudio.

La extensión de la ZCQ puede apreciarse en la **figura 1** anterior y comprende la parte urbana del municipio de Querétaro, junto con la cabecera y algunas localidades cercanas del municipio de Corregidora, mientras que para el municipio de El Marqués comprende sólo a su cabecera. La **tabla 1** muestra la población en esta zona conurbada para los años 2000 y 2005 de acuerdo al Censo de Población 2000 (INEGI, 2001) y al Censo 2005 de INEGI (datos tomados de la dirección: <http://www.inegi.gob.mx>).

	CORREGIDORA	EL MARQUÉS	QUERÉTARO	TOTAL
Censo de Población 2000				
Cabecera municipal	38,667	9,032	536,463	584,162
Zona conurbada	62,323	9,032	582,130	653,485
Municipio	74,558	71,397	641,386	787,341
Conteo de Población 2005				
Cabecera municipal	44,305	8,391	596,450	649,146
Zona conurbada	88,406	8,391	661,483	758,280
Municipio	104,218	79,743	734,139	918,100
Tasa de crecimiento promedio anual 2000 - 2005				
Cabecera municipal	2.8%	-1.5%	2.1%	2.1%
Zona conurbada	7.2%	-1.5%	2.6%	3.0%
Municipio	6.9%	2.2%	2.7%	3.1%

Tabla 1. Población en la Zona Conurbada de Querétaro

En la tabla se presenta el total de esta población y su distribución en los tres municipios. Se presentan además para referencia las poblaciones en las cabeceras municipales y los totales municipales. Los datos del año 2005 pueden estar sujetos a pequeños errores, debido a que los datos actuales de INEGI presentan a las poblaciones pequeñas agrupadas con otras de similar tamaño. La misma tabla presenta las tasas de crecimiento anual en la zona, en donde se observa el alto crecimiento de la ZCQ (3.0% anual) y el extraordinario crecimiento de la zona conurbada en Corregidora (7.2% anual). Estos crecimientos se calcularon suponiendo una diferencia de cinco años entre los datos del Censo 2000 y el Censo 2005, aunque en realidad la diferencia es menor por las fechas en que se llevaron a cabo.

2.2 Aspectos demográficos y de empleo en el Centro Histórico

Para explicar algunos resultados obtenidos, es necesario contrastar el crecimiento tan acelerado en la ZCQ, con la disminución de la población en el área del Centro Histórico. Esta área, de acuerdo al Patronato del Centro Histórico de Querétaro, está delimitada en el norte por la Avenida Universidad, vías del Ferrocarril, 15 de Mayo, y calle Juan Caballero y Osio; por el sur por la Avenida Hidalgo, Avenida Zaragoza y 20 de Noviembre; por el oriente Avenida 5 de Febrero; por el poniente Cerrada de la Asunción. La **figura 2**, muestra los límites del área del Centro Histórico.

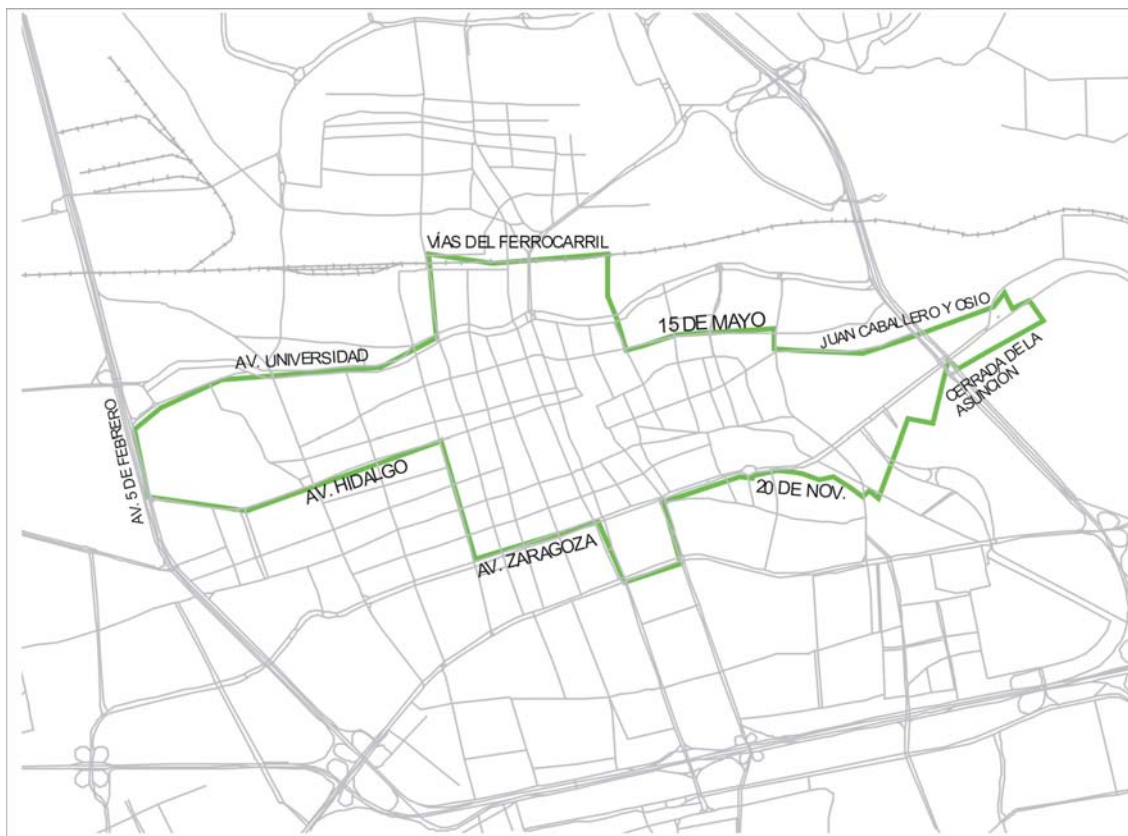


Figura 2. Área del Centro Histórico

La dinámica de la población en el Centro Histórico, puede apreciarse si comparamos los datos de población desagregados por AGEB (área geoestadística básica) en los censos de población llevados a cabo en los años 1990 y 2000 (no se consideran los datos del Censo 2005 por no estar disponible la información por AGEB). **La tabla 2** muestra la población y empleo por AGEB, en el Centro Histórico en los años citados, así como la tasa de crecimiento anual (**TCPA**).

CLAVE AGEB	POBLACIÓN		TCPA	EMPLEO		TCPA
	1990	2000		1998	2003	
030-3	7,681	6,089	-2.30%	2,328	2,100	-2.04%
031-8	2,876	2,602	-1.00%	599	652	1.71%
036-0	5,212	4,559	-1.30%	1,830	2,289	4.58%
037-5	3,379	2,627	-2.50%	3,134	3,076	-0.37%
038-A	2,926	2,600	-1.20%	2,764	3,317	3.71%
039-4	5,820	4,917	-1.70%	639	1,203	13.49%
041-1	4,192	3,407	-2.10%	6,404	6,402	-0.01%
043-0	5,227	3,977	-2.70%	2,269	1,344	-9.94%
TOTAL	37,313	30,778	-1.90%	19,967	20,383	0.41%

Tabla 2. Población y empleo en el Centro Histórico

Puede observarse que la población en el Centro Histórico pasó de 37,313 habitantes en 1990 a 30,778 habitantes en el año 2000, es decir, 6,535 habitantes menos en un periodo de 10 años, lo que representa una tasa decreciente anual promedio del 1.9%. En este último año, la población del Centro Histórico representó sólo el 4.7 % de la población total de la ZCQ.

De acuerdo a información especial obtenida de INEGI de los censos económicos de los años 1998 y 2003, el empleo permaneció prácticamente constante (pasó de 19,967 a 20,383), aunque con cambios importantes en sectores económicos específicos. Los sectores que mostraron un crecimiento en el empleo fueron: el comercio al por menor al pasar de 4,879 a 6,544 empleos (6% anual); el de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, de 1,838 a 2,413 (6% anual) y el de servicios de apoyo a los negocios y remediación y manejo de derechos, de 439 a 1,140 (21% anual). En contrapartida, los sectores que mostraron un decremento en el empleo fueron: los servicios financieros y de seguros, al pasar de 1,001 a 489 empleos (-13% anual); los servicios educativos, de 2,783 a 1,293 (-14% anual) y los servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, de 465 a 187 (-17% anual).

La **Figura 3**, muestra los AGEB's considerados para el cálculo de la población en el Centro Histórico, así como, las principales vialidades que cruzan a la zona. Las zonas en blanco forman parte de otros AGEB's no considerados por representar solo una parte proporcional y por otra, porque al Censo de 2000 se encuentran fragmentados en dos con respecto al Censo de 1990. Los AGEB's 037-5 y 043-0 representan las zonas con mayor tasa de decremento poblacional en el Centro Histórico.



Figura 3. AGEB's correspondientes al área del Centro Histórico.

2.3 Crecimiento del parque vehicular en Querétaro

Además del crecimiento poblacional en la zona, es de notar el aún mayor crecimiento del parque vehicular. En la **tabla 3**, se presenta el número de vehículos automotores (automóviles, camiones de carga y motocicletas) registrados en los municipios de Corregidora, El Marqués y Querétaro (INEGI 2004 y años anteriores). Durante un periodo de cinco años (de 1998 a 2003), se tuvo una tasa de crecimiento promedio anual del 9.3 %. Estos datos están a nivel municipal, pero dado que la mayor parte de los vehículos deben estar en la ZCQ, deben ser representativos de la zona en estudio.

Año	Querétaro	Corregidora	El Marqués	TOTAL
1998	138,367	6,199	3,303	147,869
1999	136,518	7,249	3,706	147,473
2000	155,121	7,895	4,420	167,436
2001	175,701	10,329	5,268	191,298
2002	194,849	12,800	6,266	213,915
2003	202,404	18,745	9,007	230,156
TCPA 1998-2003	7.9%	24.8%	22.2%	9.3%

Tabla 3. Crecimiento del parque vehicular en la ZCQ

2.4 Clasificación de Vialidades

Existen diversas formas de clasificar a las vialidades de acuerdo a la función que desempeñan en un sistema de transporte, ejemplo de éstas pueden verse en Meyer and Miller (2001) y SEDESOL (2001). Aunque el nombre dado al tipo de vialidad puede cambiar, la clasificación en todos los casos se basa en el papel que juega una vialidad para alcanzar los dos objetivos básicos de un sistema de transporte: movilidad y accesibilidad. La movilidad consiste en facilitar el traslado de bienes o personas, lo cual se tiene en mayor medida en las vialidades que proporcionan viajes rápidos e ininterrumpidos, clasificación dada a las arterias principales o primarias. Por otro lado la accesibilidad consiste en facilitar el acceso a las propiedades, lo cual se tiene en mayor medida en las vías locales. Entre estos dos extremos se tienen varias categorías de vialidades, en las cuales al aumentar la accesibilidad disminuye la movilidad. En este trabajo se va a seguir la clasificación de Cal y Mayor (1993), la cual considera cuatro tipos de vialidades como sigue:

Arterias principales o primarias.- Son vialidades que llevan grandes volúmenes de tránsito alrededor de la ciudad. Son caminos de acceso controlado, las intersecciones entre las calles locales, colectores y vías primarias están normalmente a desnivel. En esta categoría se encuentran las vialidades siguientes: Av. 5 de Febrero; autopista México – Querétaro; Boulevard Bernardo Quintana y carretera Libre a Celaya.

Arterias colectoras.- Son vialidades que se conectan con el sistema de arterias principales. Generalmente tienen franja separadora central y presentan un alto volumen de tránsito. Las vialidades consideradas en esta categoría son: Av. Zaragoza, Av. Universidad, Av. Corregidora, Blvd. de la Luz, Av. Constituyentes, Av. Pie de la Cuesta, Av. Luis Pasteur, Carretera a Huimilpan (tramo urbano), Av. Revolución, Blvd. de las Américas, entre otras.

Vías Secundarias.- Son las que se enlazan a las vías locales con las arterias principales y arterias colectoras más próximas. Proporcionan un mayor acceso a propiedades colindantes. Las vialidades con estas características son: Ezequiel Montes, Guerrero, Juárez, Av. Tecnológico, Av. Circunvalación, Paseo Constitución, Felipe Ángeles, entre otras.

Vías Locales.- Son las que facilitan el tránsito en las colonias y proporcionan el acceso directo a las propiedades. Se conectan directamente con las vías secundarias y tienen bajos volúmenes de tránsito. Ejemplo de estas vialidades son Paseo del Jacal, Morera, Camelinas, entre otras.

3. AFOROS VEHICULARES EN ESTACIONES MAESTRAS.

En el año de 1993 la empresa Cal y Mayor Asociados, realizó aforos vehiculares en nueve estaciones maestras distribuidas en la zona urbana de Querétaro. Los aforos fueron realizados por un período de una semana de lunes a domingo con conteos continuos de 16 horas de 6.00 a.m. a 22 p.m.

En el año 2005, el CQRN llevó a cabo un estudio de aforo vehicular. Con once estaciones maestras distribuidas en la zona urbana de Querétaro de las cuales, nueve corresponden a los mismos puntos que de Cal y Mayor. Los aforos tuvieron una duración de una semana, de lunes a domingo durante las 24 horas

El siguiente análisis se realiza de acuerdo a la siguiente clasificación: vialidades principales y no principales, haciendo una comparación entre aforos de Cal y Mayor (1993) y del CQRN (2005).

3.1 Vialidades Principales.

Las estaciones maestras se localizaron en las siguientes vialidades: tramo de la autopista México – Querétaro, tramo de la carretera Celaya Libre, Avenida 5 de Febrero y Boulevard Bernardo Quintana.

3.1.1 Autopista México – Querétaro

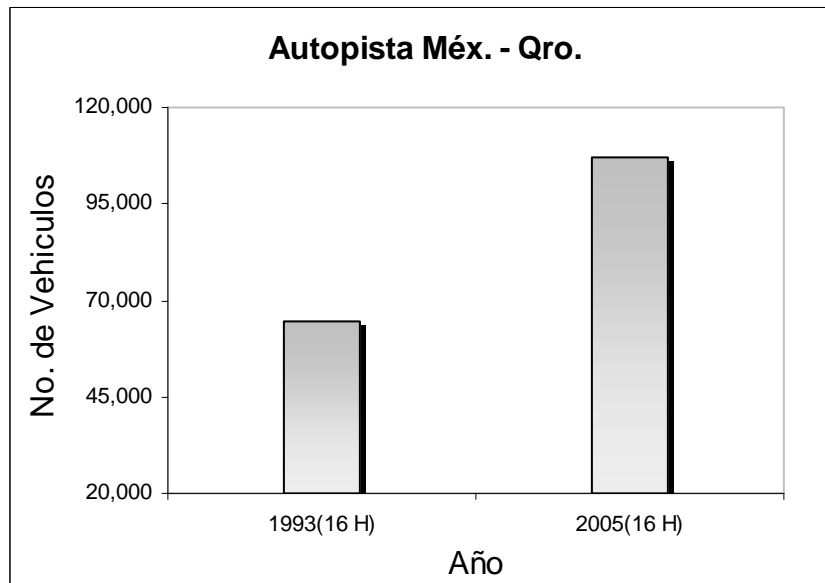
La estación maestra cinco se localizó sobre la autopista México-Querétaro, entre las avenidas: Corregidora y Luis Pasteur. La vialidad consta de dos cuerpos centrales y dos laterales en ambos sentidos, con tres carriles cada cuerpo. La **tabla 4**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: cuerpos centrales y laterales; horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**), así como el volumen diario durante las 24 horas, correspondiente al aforo del CQRN.

Autopista México- Querétaro				
Día	2005 Volumen diario 24 hr.	Volumen diurno 16 hr.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	113,250	60,428	97,102	4.0%
Martes	128,141	62,253	109,290	4.8%
Miércoles	127,623	62,279	107,999	4.7%
Jueves	128,734	67,493	108,056	4.0%
Viernes	135,621	70,049	111,818	4.0%
Promedio diario	126,674	64,500	106,853	4.3%

Tabla 4. Comparativo de aforos

En un periodo de 12 años el aforo vehicular registró un crecimiento promedio anual de 4.3%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 126,674 vehículos.

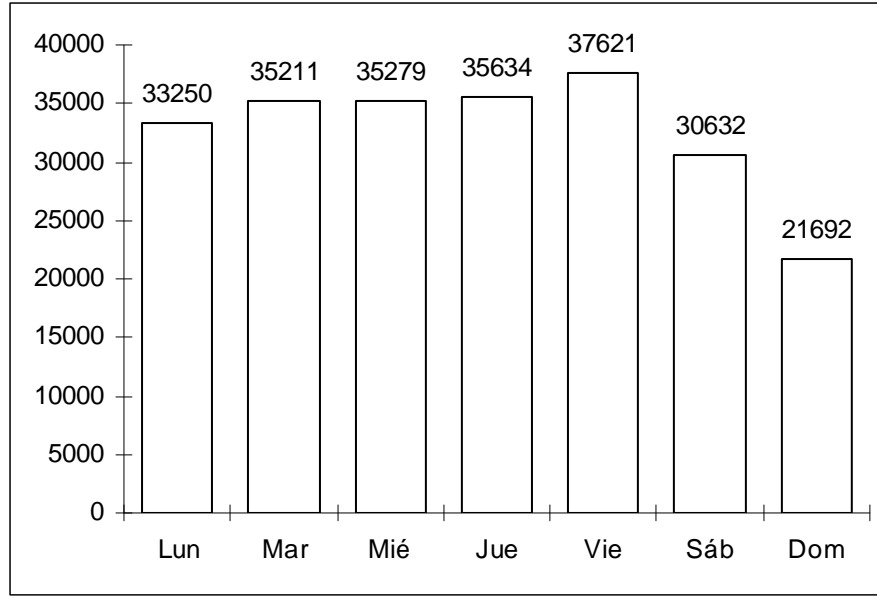
La **Gráfica 1**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 64,500 y 106,853 vehículos respectivamente.



Gráfica 1. Volumen promedio diario

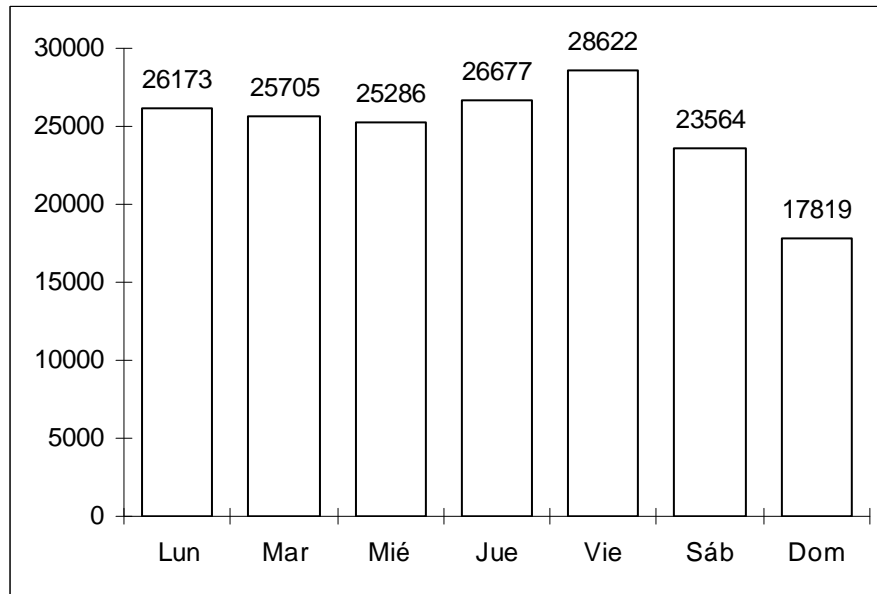
3.1.1.1 Sentido oriente a poniente

Los carriles centrales presentan la hora de máxima demanda entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.4% del volumen diario y el 7.8% del volumen diurno. La **gráfica 1.1**, muestra el volumen de tránsito durante la semana. El tránsito máximo diario fue el viernes con 37,621 vehículos y el mínimo el domingo con 21,692, el resto de de la semana, el aforo osciló entre 30,632 y 35,634 vehículos.



Gráfica 1.1. Aforo en Autopista Méx.-Qro. (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. La **gráfica 1.2**, muestra el comportamiento del aforo donde el volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 28,622 vehículos y el mínimo el domingo con 17,819.

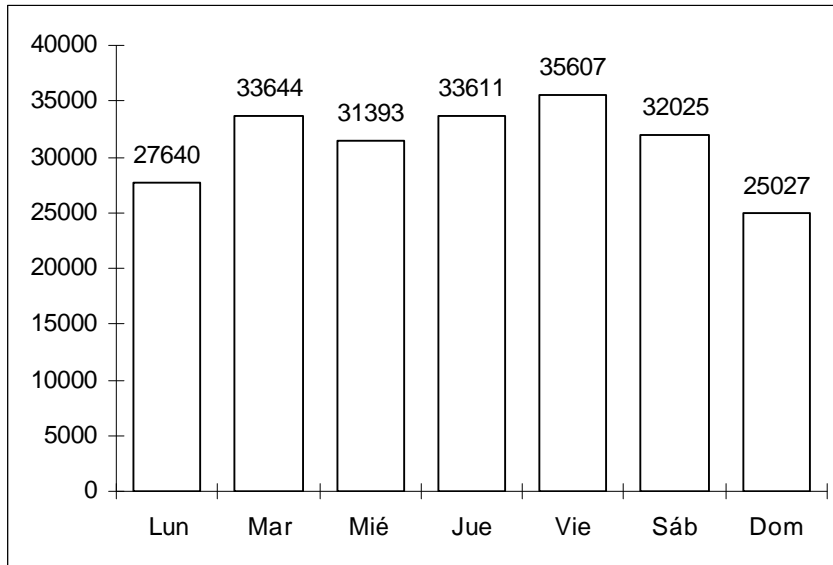


Gráfica 1.2. Aforo en Autopista Méx.-Qro. (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación que se llevó a cabo, para los carriles centrales entre las 9.00 y 12.00 horas, el 81.69% correspondió para automóviles; el 3.63% para autobuses de pasajeros y el 14.69% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora se registró el 93.69% para automóviles, 2.97% para autobuses de pasajeros y el 3.34% a camiones de carga.

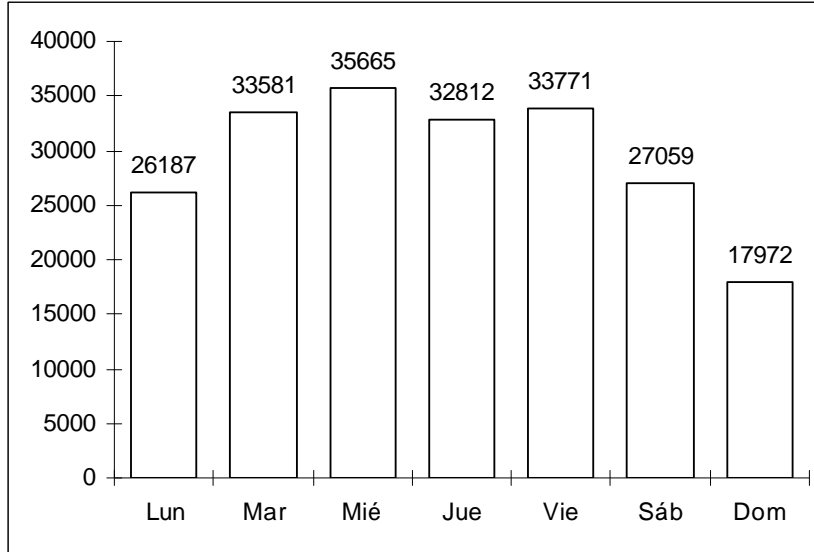
3.1.1.2 Sentido poniente a oriente

En este sentido la arteria presenta el pico para los carriles centrales entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.3% del volumen diario y del 7.4% del volumen diurno. La **gráficas 1.3**, muestra el volumen para este sentido. El tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 35,607 vehículos y el mínimo el domingo con 25,027, el resto de la semana, el aforo osciló entre 27,640 y 33,644 vehículos.



Gráfica 1.3. Aforo en Autopista Méx.-Qro. (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana de 14.00 a 15.00 horas. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el miércoles con 35,665 vehículos y el mínimo el domingo con 17,972. La **gráfica 1.4**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.



Gráfica 1.4. Aforo en Autopista Méx.-Qro. (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 9.00 y 12.00 horas, el 76.54% correspondió para automóviles, el 5.27% para autobuses de pasajeros y el 18.19% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, presentó el 90.21% para automóviles, 4.34% para autobuses de pasajeros y el 5.44% a camiones de carga.

3.1.2 Carretera Libre a Celaya.

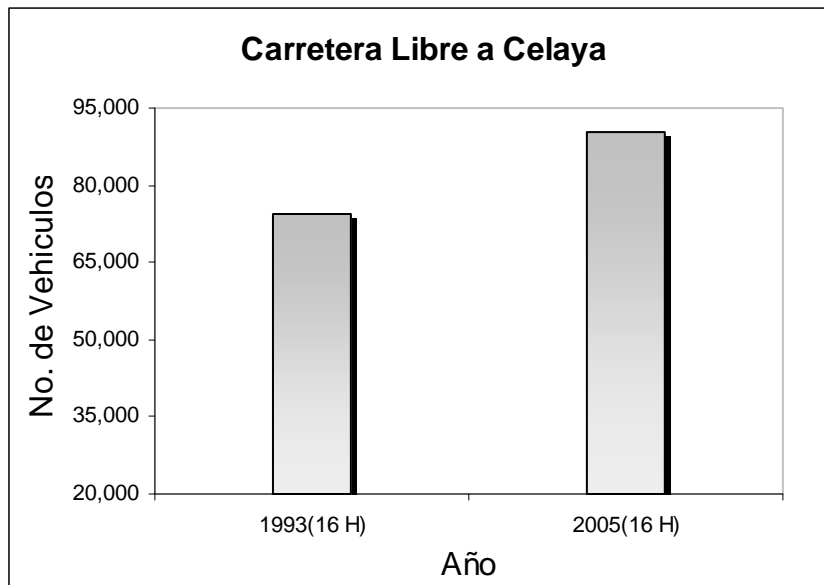
La estación maestra seis, se localizó sobre la carretera Libre a Celaya, entre las calles Hacienda el Jacal y Ramos Millán. La vialidad consta de dos cuerpos centrales y dos laterales en ambos sentidos, con dos carriles cada cuerpo. La **tabla 5**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: carriles centrales y laterales, horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**), así como el volumen diario durante las 24 horas, correspondiente al aforo del CQRN.

Carretera Libre a Celaya				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	95,508	72,617	89,009	1.7%
Martes	96,523	73,869	89,733	1.6%
Miércoles	96,691	72,895	89,206	1.7%
Jueves	97,107	75,462	88,981	1.4%
Viernes	106,110	76,940	93,896	1.7%
Promedio diario	98,388	74,357	90,165	1.6%

Tabla 5. Comparativo de aforos

En este periodo esta vialidad registró en el aforo vehicular un crecimiento promedio anual de 1.6%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 98,388 vehículos.

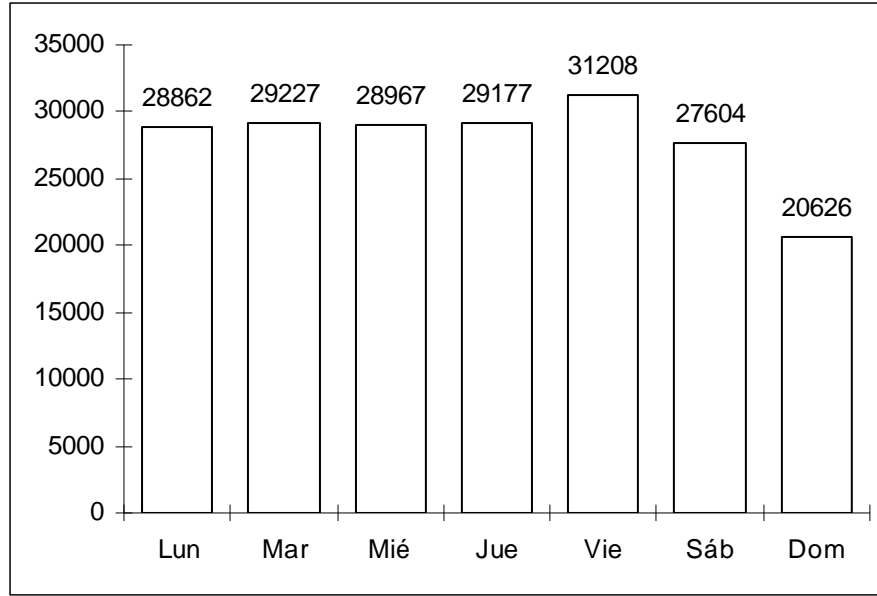
La **Gráfica 2**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 74,357 y 90,165 vehículos respectivamente.



Gráfica 2. Volumen promedio diario

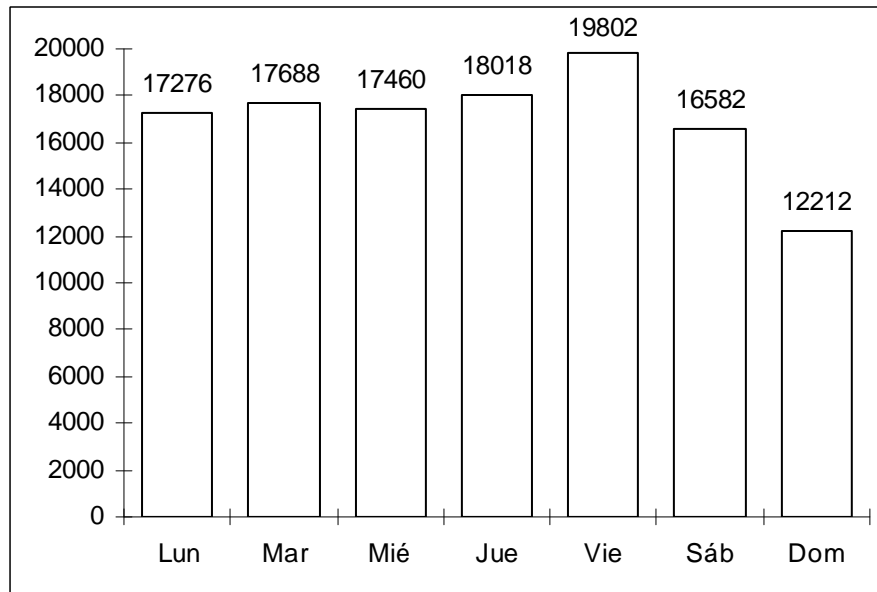
3.1.2.1 Sentido oriente a poniente

Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 9.00 y 10.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 13.00 y 14.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 8.2% del volumen diario y del 8.8% del volumen diurno. La **gráfica 2.1**, muestra los volúmenes totales de la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el día viernes con 31,208 vehículos y el mínimo el domingo con 20,626, el resto de la semana, el aforo osciló entre 27,604 y 29,227 vehículos.



Gráfica 2.1 Aforo en carretera libre a Celaya (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 18.00 y 19.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana de 15.00 a 16.00 horas. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 19,802 vehículos y el mínimo el domingo con 12,212. La **gráfica 2.2**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.



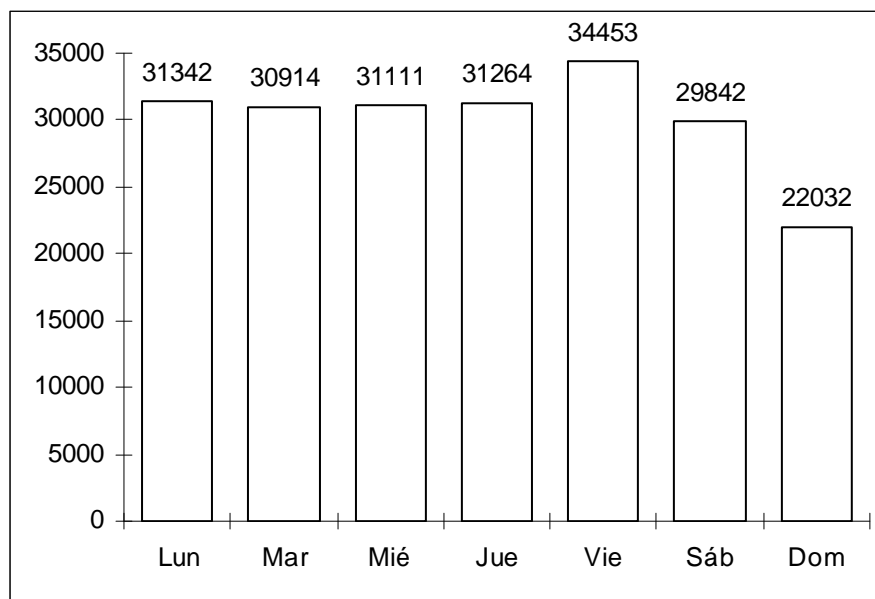
Gráfica 2.2 Aforo en carretera libre a Celaya (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 7.00 y 10.00 horas el 95.3% correspondió para automóviles, el 1.82% para autobuses de pasajeros y el

2.89% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, registró el 89.91% para automóviles, 8.31% para autobuses de pasajeros y el 1.78% a camiones de carga.

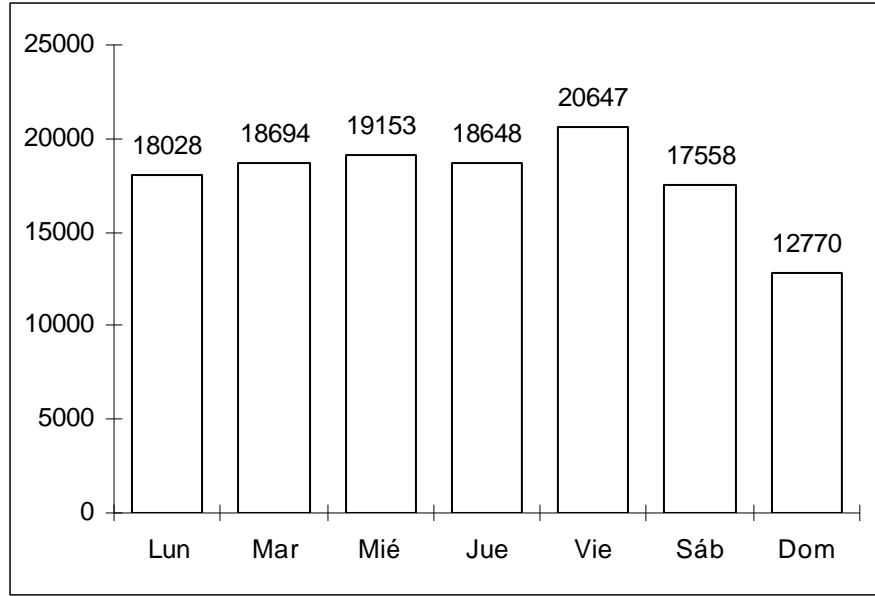
3.1.2.2 Sentido poniente - oriente

Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen a la hora pico entre semana representa el 7.4% del volumen diario y del 8.2% del volumen diurno. La **gráfica 2.3**, muestra los volúmenes registrados en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 34,453 vehículos y el mínimo el domingo con 22,032, el resto de la semana el aforo osciló entre 29,842 y 31,342 vehículos.



Gráfica 2.3 Aforo en carretera libre a Celaya (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana de 14 a 15 horas. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 20,647 vehículos y el mínimo el domingo con 12,770. La **Gráfica 2.4**, muestran los valores correspondientes aforados para este sentido.



Gráfica 2.4 Aforo en carretera libre a Celaya (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para el carril central entre las 7.00 y 10.00 horas, el 95.35% correspondió para automóviles, el 1.25% para autobuses de pasajeros y el 3.4% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, presentó el 89.13% para automóviles, 8.59% para autobuses de pasajeros y el 2.28% a camiones de carga.

3.1.3 Avenida 5 de Febrero

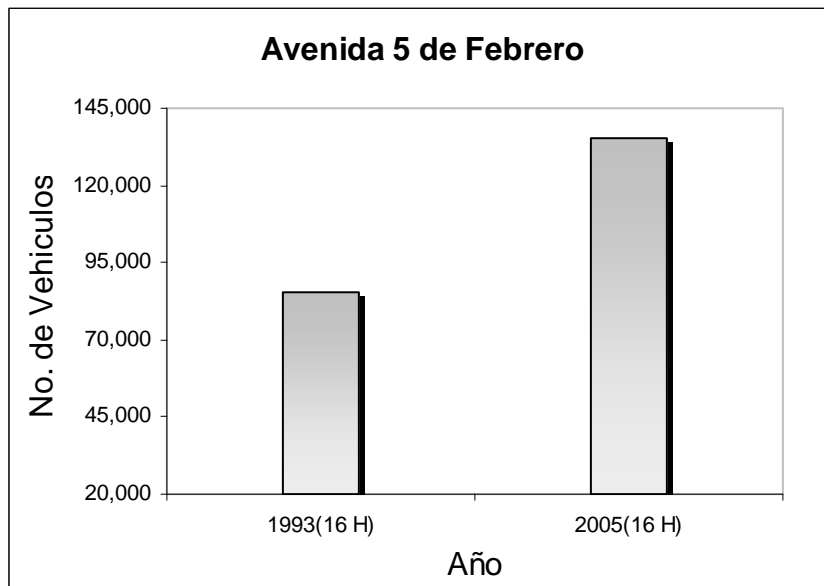
La estación maestra número siete, se localizó sobre la avenida 5 de Febrero, entre las calles de Zaragoza y Pino Suárez. La vialidad consta de dos cuerpos centrales y dos laterales en ambos sentidos, con tres carriles cada cuerpo. La **tabla 6**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: considerando en ambos: carriles centrales y laterales, horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**), así como, el volumen diario durante las 24 horas correspondiente al aforo del CQRN.

Avenida 5 de Febrero				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	147,034	83,401	135,173	4.1%
Martes	146,285	83,286	133,264	4.0%
Miércoles	147,442	84,940	133,849	3.9%
Jueves	148,444	87,574	133,640	3.6%
Viernes	156,540	89,377	138,998	3.7%
Promedio diario	149,149	85,716	134,985	3.9%

Tabla 6. Comparativo de aforos

En este periodo, esta vialidad registró en el aforo vehicular un crecimiento promedio anual de 3.9%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 149,149 vehículos.

La **Gráfica 3**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 85,716 y 134,985 vehículos respectivamente.



Gráfica 3. Volumen promedio diario

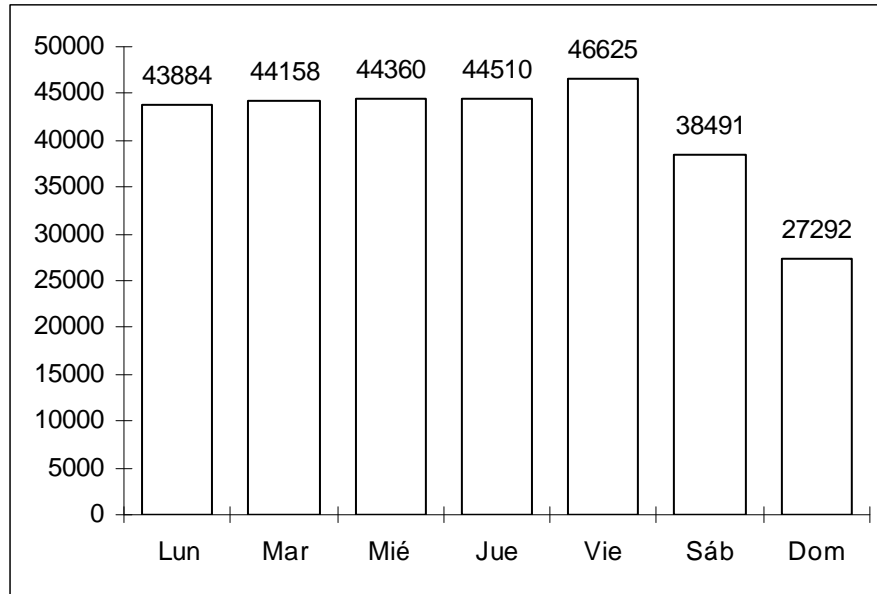
En horario diurno, para el año 1993 el promedio diario aforado para esta estación fue de 85,716 mientras que para el 2005 fue de 134,985, con una tasa de crecimiento promedio anual del 3.9%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 149,149 vehículos.

3.1.3.1 Sentido sur a norte

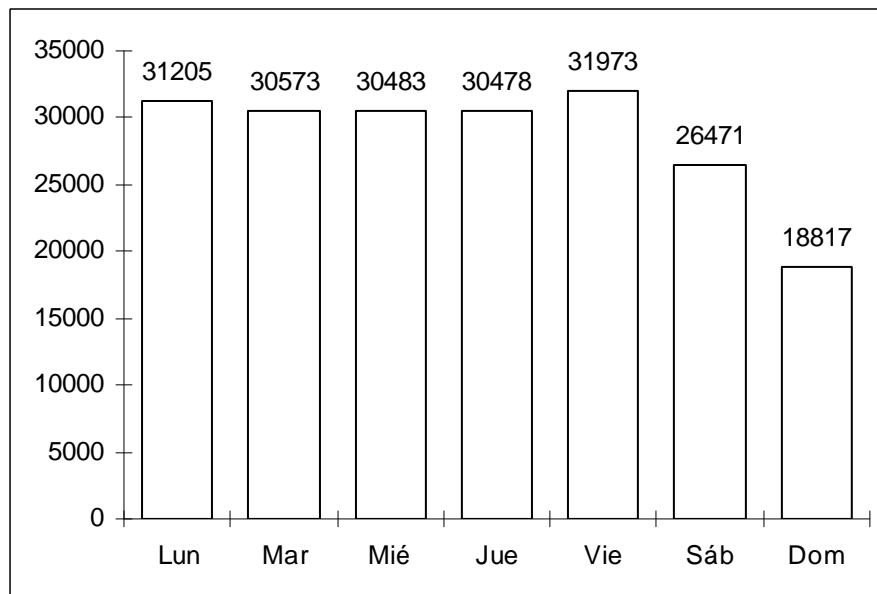
Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 9.00 y 10.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 15.00 y 16.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 7.2% del volumen diario y del 8 % del volumen diurno. La **gráfica 3.1**, muestra los volúmenes registrados en la semana. El Volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 46,625 vehículos y el mínimo el domingo con 27,292, el resto de la semana el aforo osciló entre 38,491 y 44,510 vehículos.

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 31,973 vehículos y el mínimo el domingo con 18,817. La **gráfica 3.2**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 7.00 y 10.00 horas, el 92.17% correspondió para automóviles, el 0.58% para autobuses de pasajeros y el 7.26% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, correspondió el 88.69% para automóviles, 8.66% para autobuses de pasajeros y el 2.65% a camiones de carga.



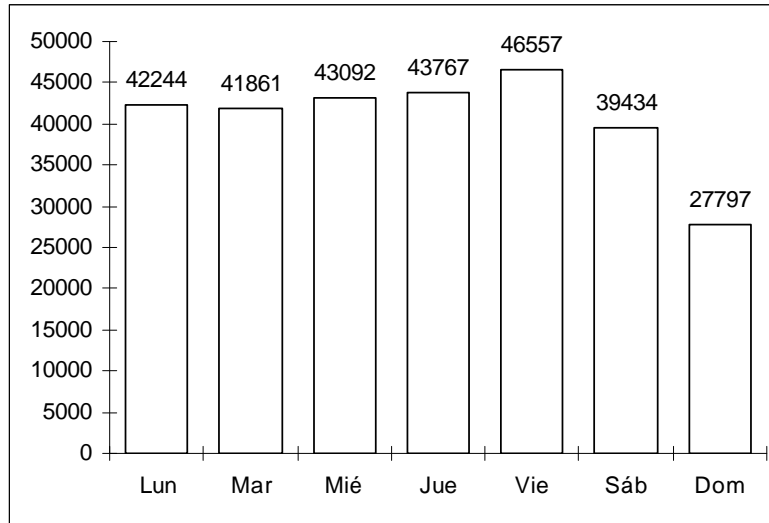
Gráfica 3.1 Aforo en Avenida 5 de Febrero (carriles centrales)



Gráfica 3.2 Aforo en avenida 5 de Febrero (carriles laterales)

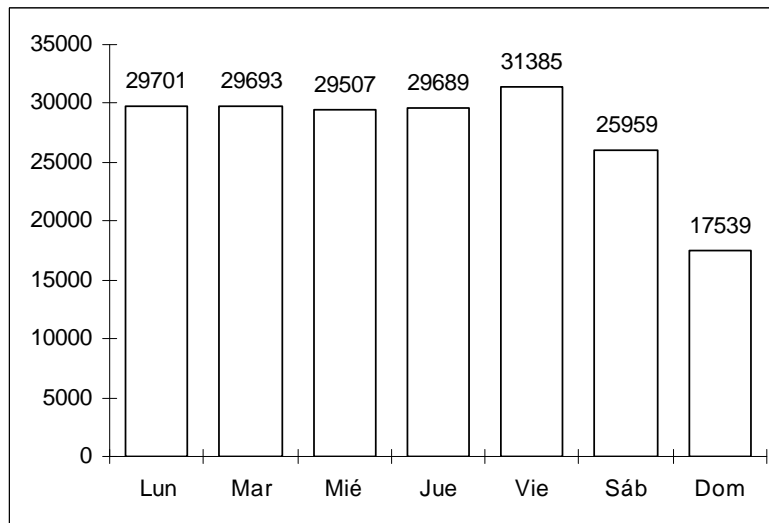
3.1.3.2 Sentido norte a sur

Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 9.00 y 10.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 15.00 y 16.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.8% del volumen diario y del 7.6% del volumen diurno. La **gráfica 3.3**, muestra los volúmenes registrados durante la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 46,557 vehículos y el mínimo el domingo con 27,797, el resto de la semana el aforo osciló entre 39,434 y 43,767 vehículos.



Gráfica 3.3 Aforo en avenida 5 de Febrero (carriles central)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad registran el pico entre las 8.00 y 9.00 horas de lunes a viernes, y el fin de semana de 15.00 a 16.00 horas. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 31,385 vehículos y el mínimo el domingo con 17,539. La **gráfica 3.4**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.



Gráfica 3.4 Aforo en avenida 5 de Febrero (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 7.00 y 10.00 horas, el 89.41% correspondió para automóviles, el 0.91% para autobuses de pasajeros y el 9.68% a vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, correspondió el 83.22% para automóviles, 14.34% para autobuses de pasajeros y el 2.44% a camiones de carga

3.1.4 Boulevard Bernardo Quintana.

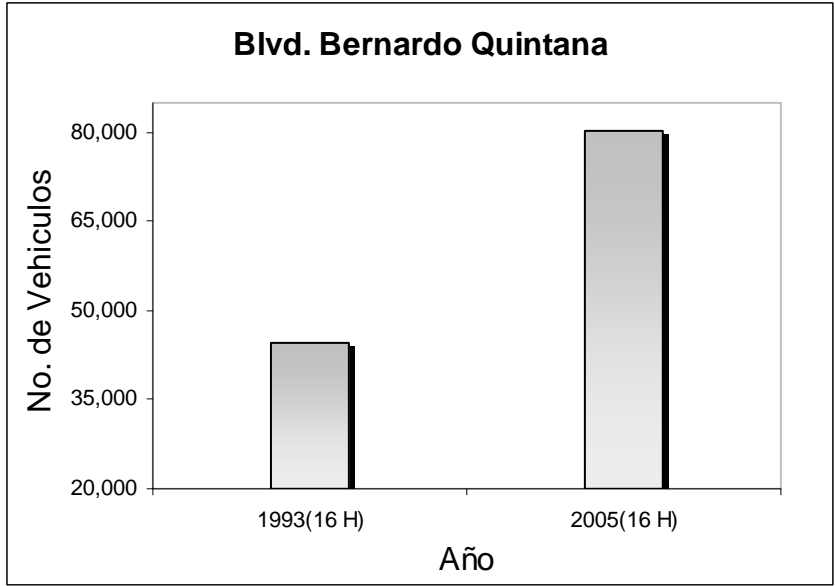
La estación número diez se localizó en el Boulevard Bernardo Quintana, entre las calles Circuito Jardín y avenida Corregidora. La vialidad consta de dos cuerpos centrales y dos laterales en ambos sentidos, con tres carriles cada cuerpo. La **tabla 7**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: carriles centrales y laterales, horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**), así como el volumen diario durante las 24 horas, correspondiente al aforo del CQRN.

Boulevard Bernardo Quintana				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	86,880	41,865	78,801	5.4%
Martes	88,873	43,390	79,985	5.2%
Miércoles	85,154	45,848	78,291	4.6%
Jueves	87,742	45,852	79,771	4.7%
Viernes	94,541	46,366	83,938	5.1%
Promedio diario	88,638	44,664	80,157	5.0%

Tabla 7. Comparativo de aforos

En este periodo, esta vialidad registró en el aforo vehicular un crecimiento promedio anual de 5.0%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 88,638 vehículos.

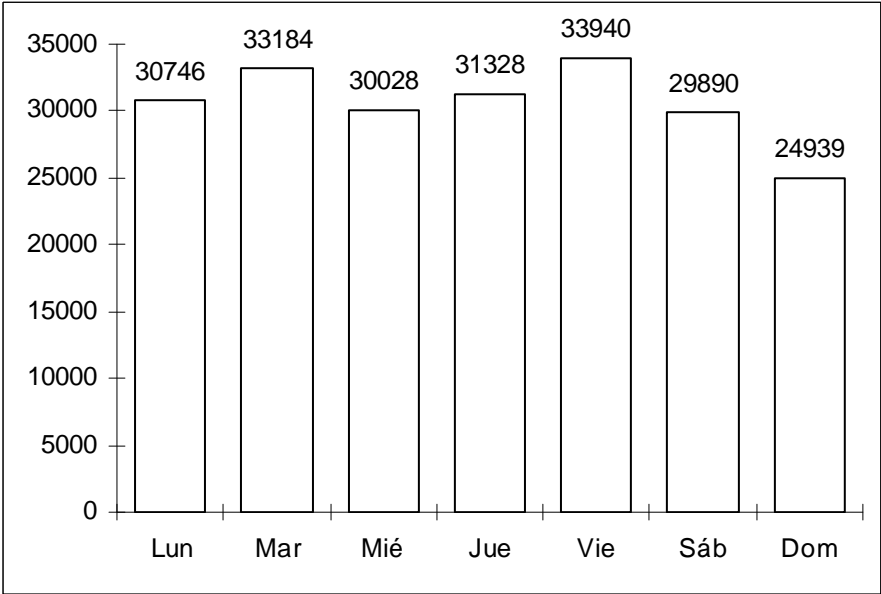
La **Gráfica 4**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 44,664 y 80,157 vehículos respectivamente.



Gráfica 4. Volumen promedio diario

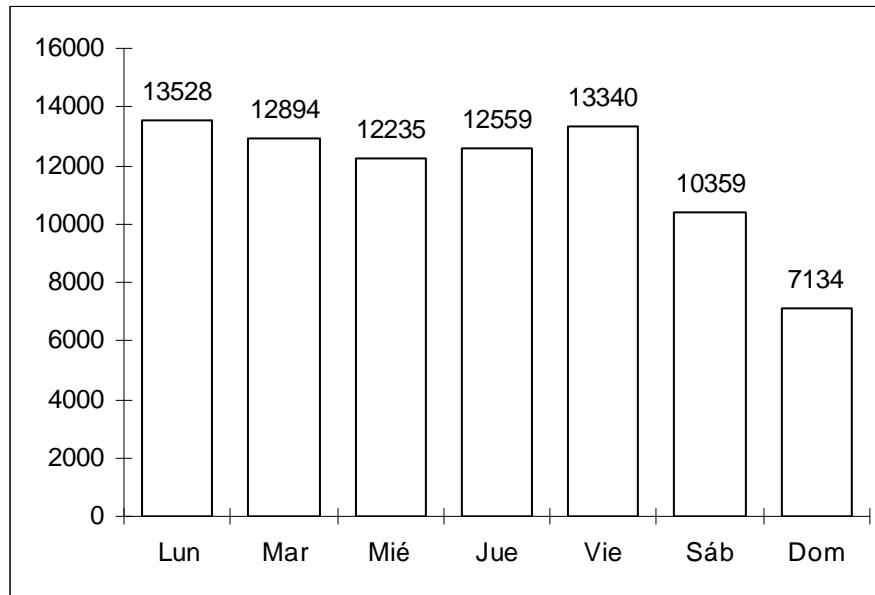
3.1.4.1 Sentido de la autopista Méx.-Qro. – Av. 5 de Febrero

Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 19:00 y 20:00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 15:00 a 16:00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 7.1% del volumen diario y del 8% del volumen diurno. La **gráfica 4.1**, muestra los volúmenes registrados durante la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 33,940 vehículos y el mínimo el domingo con 24,939, el resto de la semana el aforo se mantuvo entre los 29,890 y 33,184 vehículos.



Gráfica 4.1 Aforo en Boulevard Bernardo Quintana (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad presentan el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el lunes con 13,528 vehículos y el mínimo el domingo con 7,134. La **gráfica 4.2**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.

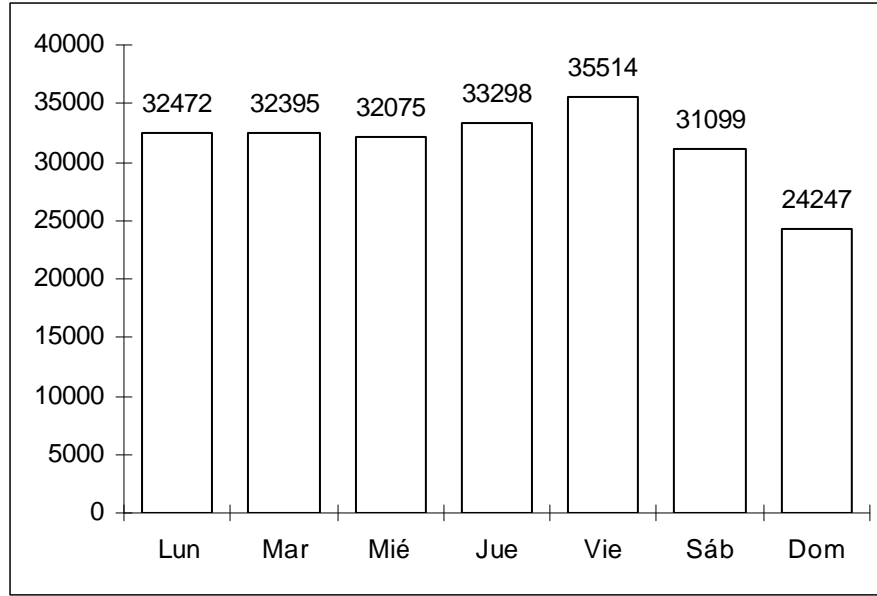


Gráfica 4.2 Aforo en Boulevard Bernardo Quintana (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 7.00 y 10.00 horas, el 99.71% correspondió para automóviles y el 0.29% para vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora, correspondió el 88.65% para automóviles, 3.04% para autobuses de pasajeros y el 8.31% a camiones de carga.

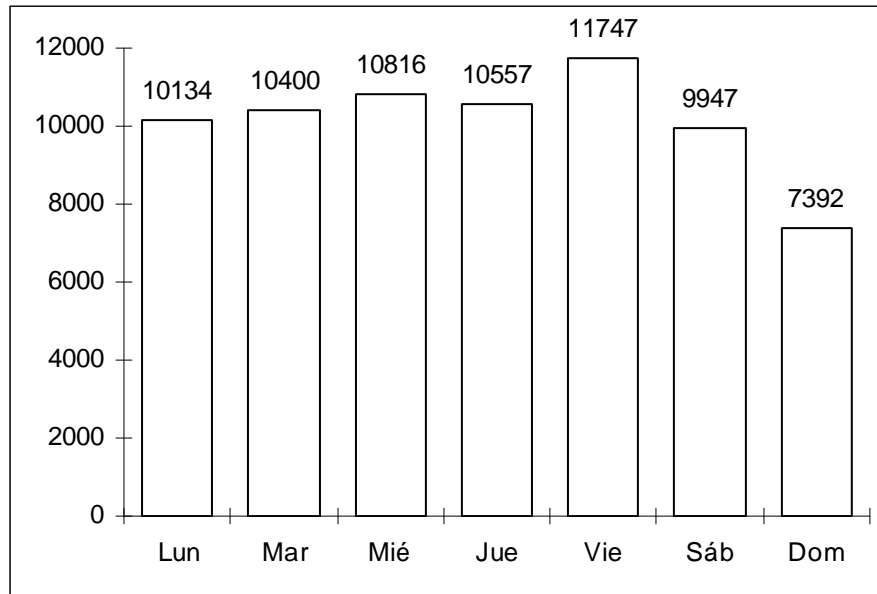
3.1.4.2 Sentido de la Av. 5 de Febrero - Autopista Méx.-Qro.

Los carriles centrales presentan el período de máxima demanda entre las 8.00 y 9.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 15 a 16 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 7% del volumen diario y del 7.6% del volumen diurno. La **gráfica 4.3**, muestra los volúmenes registrados en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 35,514 vehículos y el mínimo el domingo con 24,247, el resto de la semana el aforo osciló entre 31,099 y 33,298 vehículos.



Gráfica 4.3 Aforo en Blvd. Bernardo Quintana (carriles centrales)

En el mismo sentido, los carriles laterales de esta vialidad registraron el pico entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a domingo. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 11,747 vehículos y el mínimo el domingo con 7,392. La **gráfica 4.4**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido.



Gráfica 4.4 Aforo en boulevard Bernardo Quintana (carriles laterales)

De acuerdo a la clasificación vehicular, para los carriles centrales entre las 7.00 y 10.00 horas, el 99.88% correspondió para automóviles, el 0.06% para autobuses de pasajeros y el 0.06% para vehículos de carga. Para los carriles laterales en la misma hora,

correspondió el 76.07% para automóviles, 8.19% para autobuses de pasajeros y el 15.74% a camiones de carga

3.2 Otras vialidades

Bajo esta clasificación se encuentran las vías colectoras y secundarias. Las estaciones fueron localizadas en las siguientes vialidades: Juárez, Corregidora, Zaragoza, Revolución, Pie de la Cuesta, Universidad y Pasteur.

3.2.1 Calle Juárez.

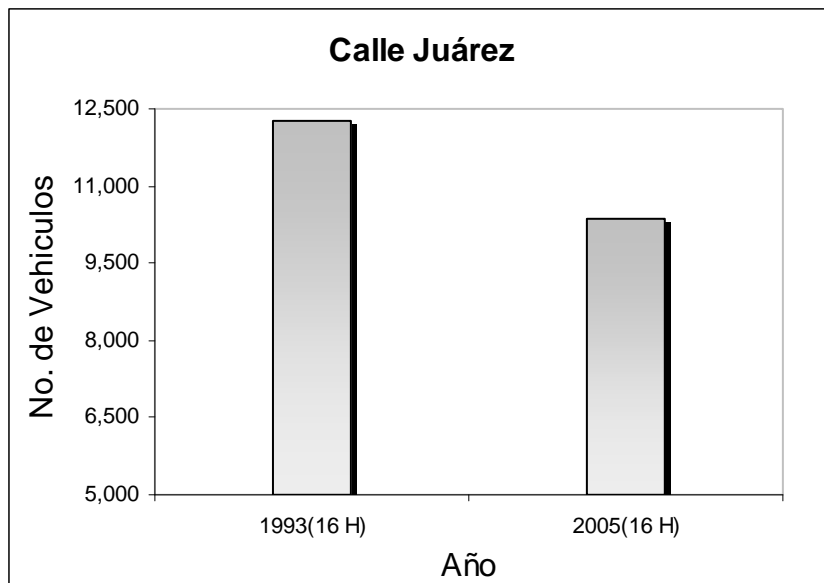
La estación maestra número uno se localizó en la calle Juárez ubicada entre las calles 16 de Septiembre y Francisco I. Madero. La **tabla 8**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: el horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**). Así como el volumen diario durante las 24 horas, correspondiente al aforo del CQRN.

De acuerdo a los volúmenes aforados para esta vialidad, entre los años 1993 y 2005 en el horario diurno, existe un decremento promedio anual de 1.4%, presentando un incremento solo el día miércoles de 0.7%.

La **Gráfica 5**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 12,275 y 10,347 vehículos respectivamente.

Calle Juárez				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	11,691	12,340	9,402	-2.2%
Martes	13,206	12,420	10,363	-1.5%
Miércoles	16,925	12,527	13,619	0.7%
Jueves	11,853	11,987	10,290	-1.3%
Viernes	13,419	12,101	8,062	-3.3%
Promedio diario	13,419	12,275	10,347	-1.4%

Tabla 8. Comparativo de aforos

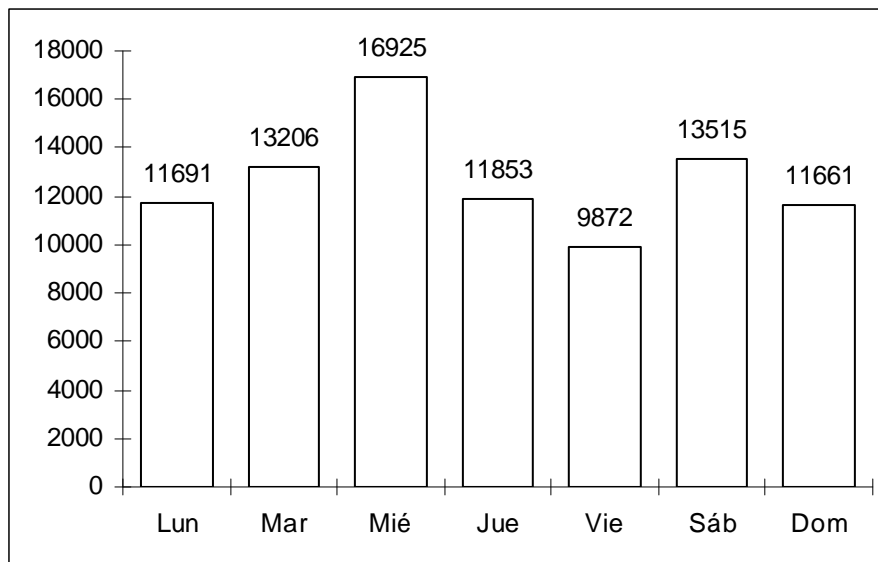


Gráfica 5. Volumen promedio diario

De acuerdo a los resultados del aforo realizado por el CQRN en el Centro Histórico, esta vialidad, presenta el periodo de máxima demanda entre las 16.00 y 17.00 horas. Este comportamiento se mantiene de lunes a viernes, el pico representa un 6% del volumen diario. Si consideramos solamente el volumen diurno o sea de las 6.00 a las 22.00 horas, el pico sería un 7%; el tráfico nocturno representa un 19% del total. Se destaca el hecho de que durante todos los días de la semana el volumen de tránsito diurno se mantiene sin variaciones importantes.

La **gráfica 6**, muestra los volúmenes totales por día, los lunes jueves y domingo oscilan alrededor de los 11,600 vehículos, el día con el mayor aforo es el miércoles con cerca de 17,000 vehículos y el viernes muestra el menor aforo con alrededor de 9,900 vehículos

Al efectuar un ejercicio de clasificación de vehículos durante tres horas (8.00 a 11.00) se encontró que el total de vehículos corresponden a la categoría de automóviles, es decir no existe tránsito de autobuses de pasajeros ni vehículos de carga.



Gráfica 6. Aforo en la calle Juárez

3.2.2 Avenida Corregidora

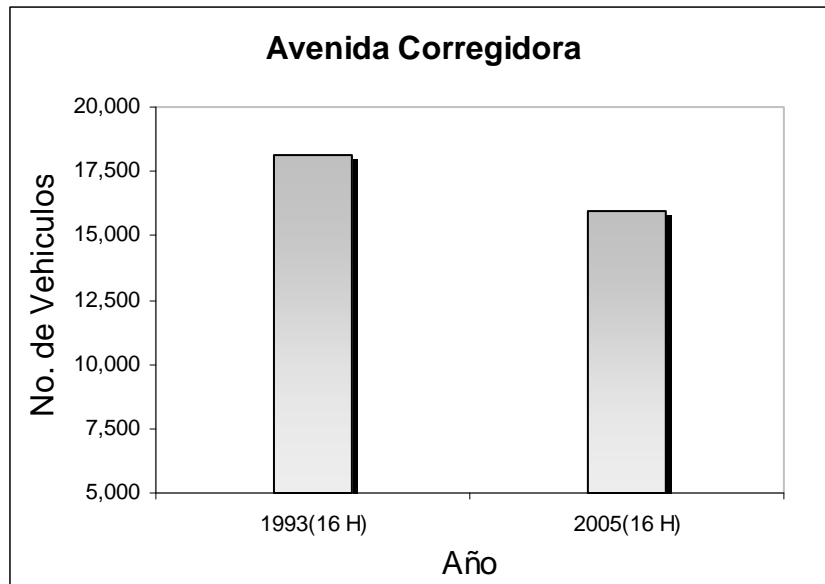
La estación maestra número dos se localizó en la avenida Corregidora, ubicada entre las calles de Francisco I. Madero y 16 de septiembre. **La tabla 9**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: el horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**). Así como el volumen diario durante las 24 horas correspondientes al aforo del CQRN.

Avenida Corregidora				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	17,629	17,851	15,550	-1.1%
Martes	17,244	17,954	15,773	-1.1%
Miércoles	17,247	18,084	15,658	-1.2%
Jueves	18,581	18,436	16,117	-1.1%
Viernes	19,834	18,482	16,620	-0.9%
Promedio diario	18,107	18,161	15,944	-1.1%

Tabla 9. Comparativo de aforos

De acuerdo a los volúmenes aforados para esta vialidad, entre los años 1993 y 2005 en el horario diurno, existe un decremento promedio anual de 1.1%.

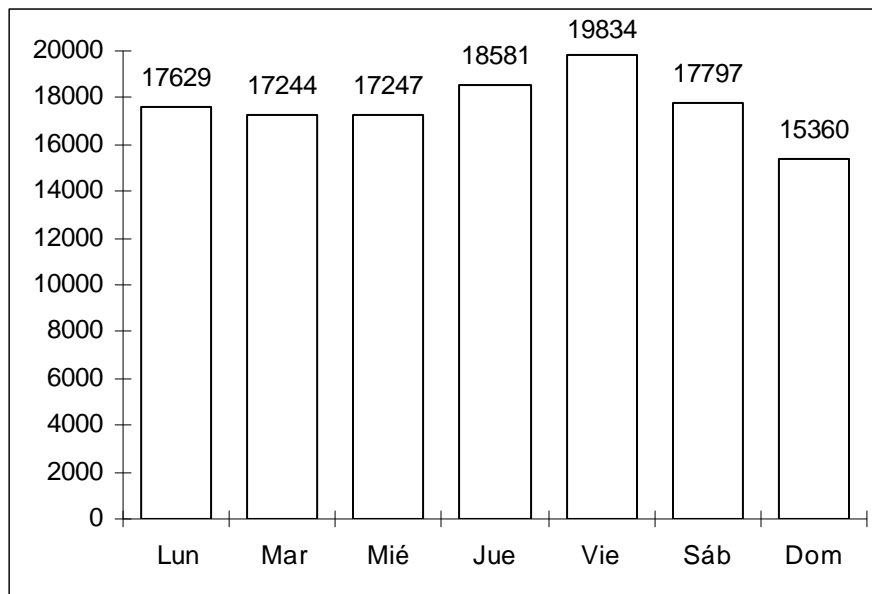
La **Gráfica 7**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 18,161 y 15,944 vehículos respectivamente.



Gráfica 7. Volumen promedio diario

La avenida Corregidora presenta un pico entre las 14.00 y 15.00 horas todos los días de la semana, el cual representa un 6% del volumen diario y considerando solo el volumen diurno este valor sería de 7%. De acuerdo a los resultados que arrojó el estudio de aforo realizado por el CQRN en el Centro Histórico, la **gráfica 8**, muestra en esta arteria el volumen de tránsito diario máximo tuvo lugar el viernes con 19,834 vehículos y el mínimo el domingo con 15,360, el resto de la semana, el aforo osciló entre los 17,244 y los 18,581 vehículos.

Del total de vehículos, el 98.47% corresponde a automóviles y el 1.53% a vehículos de carga, de acuerdo a la clasificación llevada a cabo un día hábil de las 8.00 a las 11.00 horas.



Gráfica 8. Aforo en la avenida Corregidora

3.2.3 Avenida Zaragoza

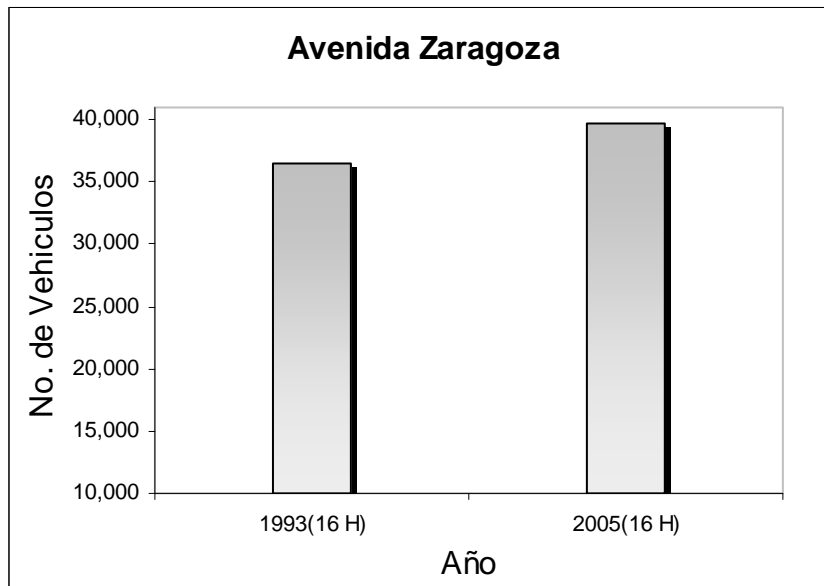
La estación maestra número tres se localizó en la Avenida Zaragoza, ubicada entre las calles Aurora y Manuel Acuña. La **tabla 10**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: sólo el horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas), la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**) y el volumen diario durante las 24 horas correspondiente al aforo del CQRN.

Avenida Zaragoza				
Día	2005 Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs.		TCPA
		1993	2005	
Lunes	41,960	36,444	39,678	0.7%
Martes	42,098	35,977	39,646	0.8%
Miércoles	41,559	37871	39,077	0.3%
Jueves	42,275	35,027	39,517	1.0%
Viernes	44,362	36,880	40,471	0.8%
Promedio diario	42,451	36,440	39,678	0.7%

Tabla 10. Comparativo de aforos

De acuerdo a los volúmenes aforados para esta vialidad, entre los años 1993 y 2005 en el horario diurno, existe un crecimiento promedio anual de 0.7%.

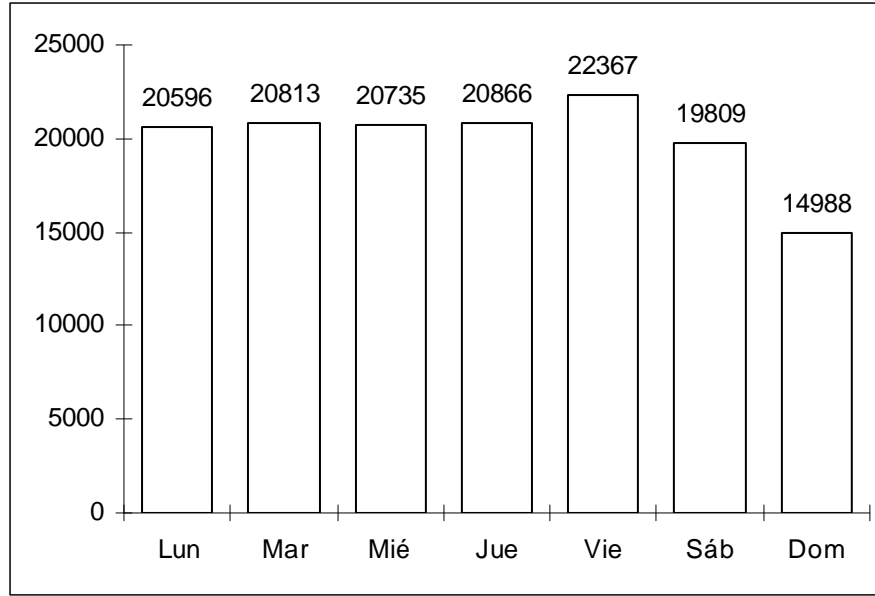
La **Gráfica 9**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 36,440 y 39,678 vehículos respectivamente.



Gráfica 9. Volumen promedio diario

3.2.3.1 Sentido oriente a poniente

Para el aforo de 2005 el pico se presentó entre las 15.00 y 16.00 horas de lunes a viernes, el fin de semana entre las 14.00 a 15.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa un 7.7% del volumen diario; si se considera solo el volumen diurno, el porcentaje es de 8.3%. La **gráfica 9.1**, muestra los volúmenes de tránsito para el año 2005 presentados en esta avenida. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el viernes con 22,367 vehículos y el menor aforo se registro el domingo con 14,988 vehículos. El resto de la semana osciló entre 19,809 y 20,866 vehículos. De acuerdo a la clasificación se tuvo 84.58% de automóviles, 14.37% de autobuses de pasajeros y 1.06% de vehículos de carga.



Gráfica 9.1. Aforo en la Avenida Zaragoza

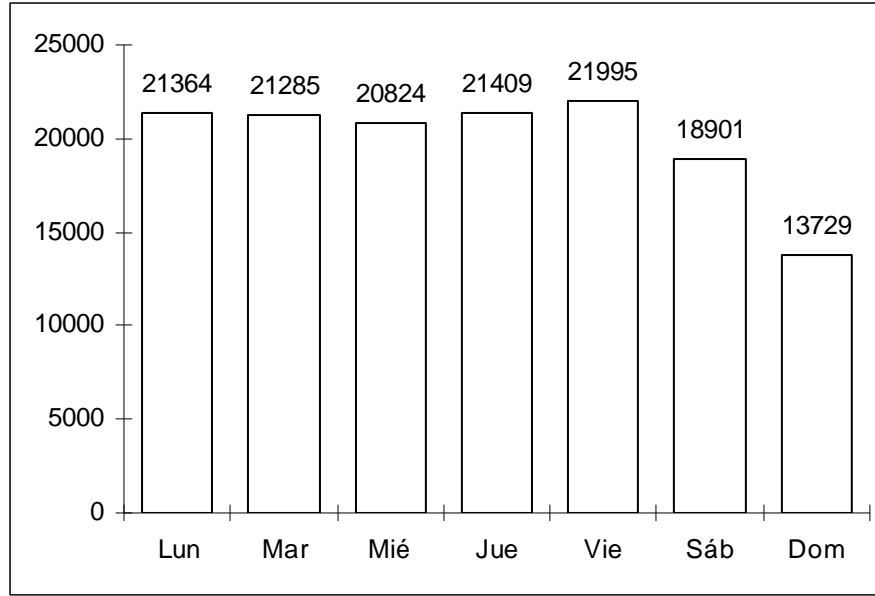
Para el aforo de 1993 el pico en este sentido, se presentó entre las 18.00 y 19.00 de lunes a viernes y el fin de semana entre las 12.00 y 13.00. El volumen a la hora pico entre semana representa un 7.9% del volumen diario. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el día miércoles con 18,765 vehículos y el menor aforo se registró el domingo con 12,673 vehículos.

3.2.3.2 Sentido poniente - oriente

En este sentido, la Avenida Zaragoza tiene la hora pico entre las 19.00 y 20.00 horas, con un 7.2% del volumen diario y 7.7% si se considera solo el volumen diurno. La **gráfica 9.2**, muestra los volúmenes de tránsito para el año 2005. Considerando los días hábiles, es decir, de lunes a viernes el día con mayor aforo fue el viernes con 21,995 unidades y el día con menor aforo fue el miércoles con 20,824 unidades, y tomando en cuenta toda la semana el día con menor aforo fue el domingo con 13,729 unidades.

En el resultado de la clasificación efectuada por un espacio de 3 horas entre las 8.00 y las 11.00 de la mañana se tuvo un 86.31% de automóviles, un 12.78% de autobuses de pasajeros y un 0.92% de vehículos de carga.

Para el aforo de 1993, el pico en este sentido, se presentó entre las 14.00 y 15.00 de lunes a viernes y el fin de semana entre las 16.00 y 17.00. El volumen a la hora pico entre semana representa un 8.6% del volumen diario. El volumen de tránsito máximo diario se presentó el día miércoles con 19,103 vehículos y el menor aforo se registró el domingo con 12,101 vehículos.



Gráfica 9.2. Aforo en la Av. Zaragoza

3.2.4 Avenida Revolución.

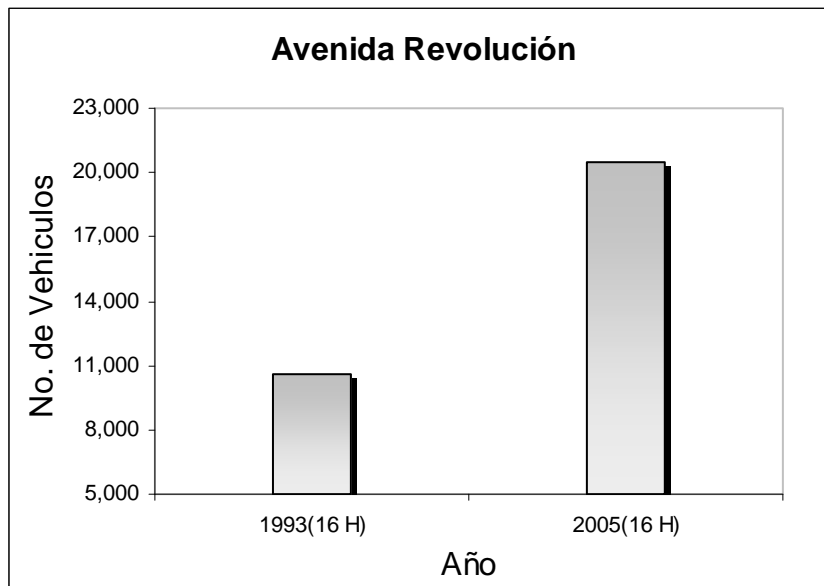
La estación número ocho, sobre la avenida Revolución, entre las calles privada Santa Anita y Lago. La vialidad consta de un cuerpo con doble sentido. La **tabla 11**, muestra un comparativo a partir de los conteos realizados por Cal y Mayor (1993) y el CQRN (2005), considerando en ambos: carriles centrales y laterales; horario diurno (de 6.00 a 22.00 horas) y la tasa de crecimiento promedio anual (**TCPA**), así como el volumen diario durante las 24 horas, correspondiente al aforo del CQRN.

Avenida Revolución				
Día	Vol. diario 24 hrs.	Volumen diurno 16 hrs. Año		TCPA
		1993	2005	
Lunes	22,892	10,892	19,367	4.9%
Martes	23,420	10,437	19,935	5.5%
Miércoles	23,639	10,659	20,421	5.6%
Jueves	24,324	10,591	21,519	6.1%
Viernes	24,335	10,336	21,069	6.1%
Promedio diario	23,722	10,583	20,462	5.6%

Tabla 11. Comparativo de aforos

En este periodo, esta avenida registró en el aforo vehicular un crecimiento promedio anual de 5.6%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 23,722 vehículos.

La **Gráfica 13**, indica para los años 1993 y 2005 en el horario diurno, un aforo promedio diario de lunes a viernes de 10,583 y 20,462 vehículos respectivamente.



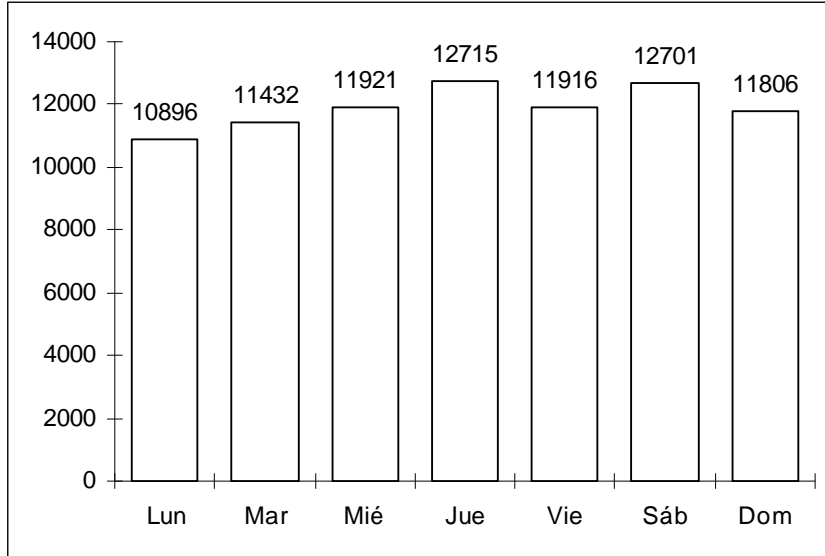
Gráfica 13. Volumen promedio diario

En el aforo del año 1993 en horario diurno, se registró para esta estación un promedio diario de 10,583 vehículos mientras que para el año 2005 en el mismo horario, se registró un promedio diario de 20,462 vehículos, con una tasa de crecimiento promedio anual del 5.6%. El volumen diario promedio registrado durante las 24 horas fue de 23,722 vehículos.

3.2.4.1 Sentido norte a sur

En este sentido se presenta el período de máxima demanda entre las 21.00 y 22.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 14.00 y 15.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.3% del volumen diario y del 7.1% del volumen diurno. La **gráfica 13.1**, muestra los volúmenes registrados en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el jueves con 12,715 vehículos y el mínimo el lunes con 10,896, el resto de la semana el aforo osciló entre 11,432 y 12,701 vehículos.

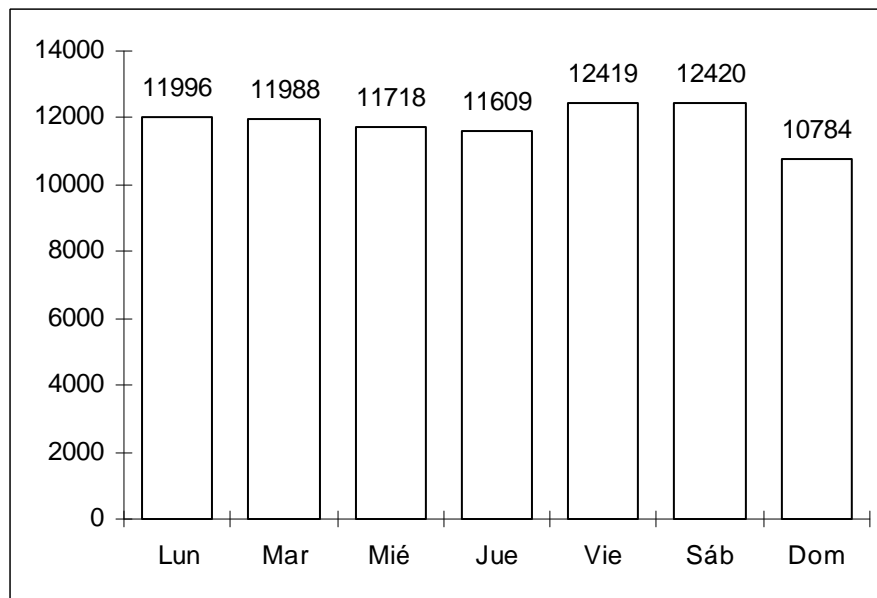
De acuerdo a la clasificación vehicular, en este sentido entre las 7.00 y 10.00 horas, el 78.36% correspondió para automóviles, el 13.66% para autobuses de pasajeros y el 2.55% a vehículos de carga.



Gráfica 13.1 Aforo en avenida Revolución

3.2.4.2 Sentido sur a norte

En este sentido se presenta el período de máxima demanda entre las 14.00 y 15.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 13.00 y 14.00 horas. El volumen a la hora pico entre semana representa el 5.7% del volumen diario y del 6.8% del volumen diurno. La **gráfica 13.2**, muestra los valores correspondientes aforados para este sentido. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el sábado con 12,420 vehículos y el mínimo el domingo con 10,784, el resto de la semana el aforo osciló entre 11,609 y 12,419 vehículos.



Gráfica 13.2 Aforo en avenida Revolución

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 7.00 y 10.00 horas, el 81.92% correspondió para automóviles, el 11.84% para autobuses de pasajeros y el 6.23% a vehículos de carga.

3.2.5 Avenida Universidad.

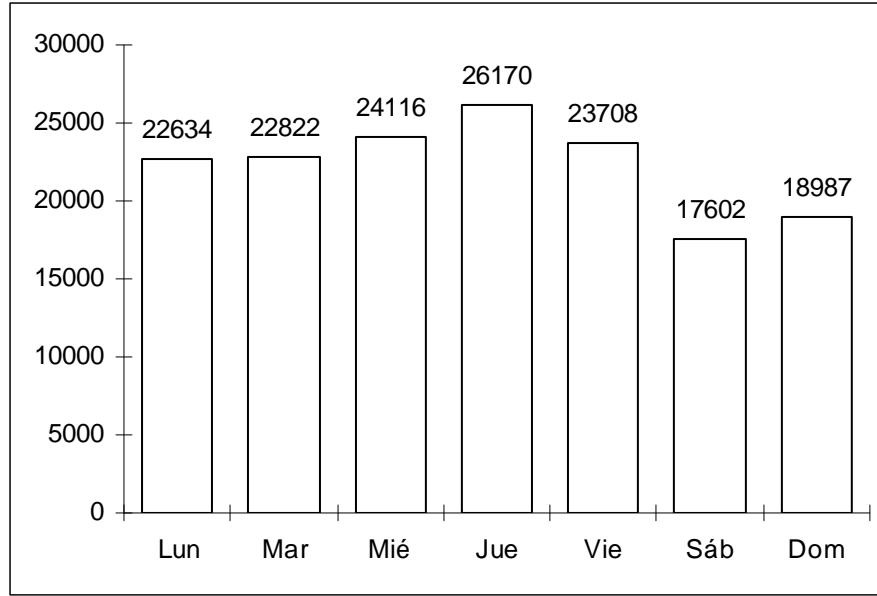
La estación maestra número once se localizó sobre la avenida Universidad entre las calles de Allende y Juárez. Vía clasificada como vía colector, consta de dos cuerpos en ambos sentidos, con tres carriles en cada cuerpo. La **tabla 12**, muestra los volúmenes de tránsito de ambos cuerpos y sentidos, en horario continuo de 24 horas de lunes a domingo, con promedio diario durante la semana de 44,531 vehículos en ambos sentidos. Esta vialidad no presenta análisis de comparación dado que no se aforo en los estudios de Cal y Mayor del año 1993.

Avenida Universidad	
Día	Volumen Diario 24 hrs.
Lunes	46,130
Martes	46,880
Miércoles	47,514
Jueves	50,014
Viernes	47,366
Sábado	40,564
Domingo	33,248
Promedio diario	44,531

Tabla 12. Volúmenes de tránsito

3.2.5.1 Sentido poniente – oriente

La vialidad registró la hora de máxima demanda entre las 13.00 y 14.00 de lunes a domingo. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.9% del volumen diario y el 7.7% del volumen diurno. La **gráfica 14.1**, muestra el volumen aforado durante la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el jueves con 26,170 vehículos y el mínimo el sábado con 17,602, el resto de la semana, el aforo osciló entre 17,602 y 24,116 vehículos.



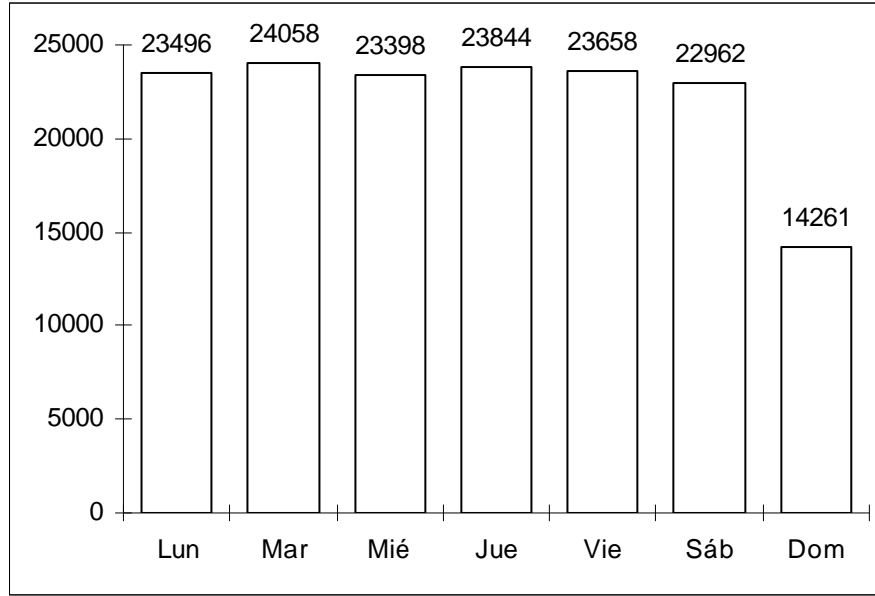
Gráfica 14.1 Aforo en Av. Universidad

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 7.00 y 10.00 horas el 87.8% correspondió para automóviles, el 11% para autobuses de pasajeros y el 1.2% a vehículos de carga.

3.2.5.2 Sentido oriente – poniente

La vialidad registro el pico entre las 8.00 y 9.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 10.00 y 11.00 horas. El volumen a la hora pico representa el 7.3% del volumen diario y el 8.1% del volumen diurno. La **gráfica 14.2**, muestra el volumen aforado en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el jueves con 24,058 vehículos y el mínimo el domingo con 14,261 vehículos, el resto de la semana, el aforo osciló entre los 22,962 y 23,844 vehículos.

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 7.00 y 10.00 horas el 90.6% correspondió para automóviles, el 8.0% para autobuses de pasajeros y el 1.4% a vehículos de carga.



Gráfica 14.2 Aforo en Av. Universidad

3.2.6 Avenida Pasteur.

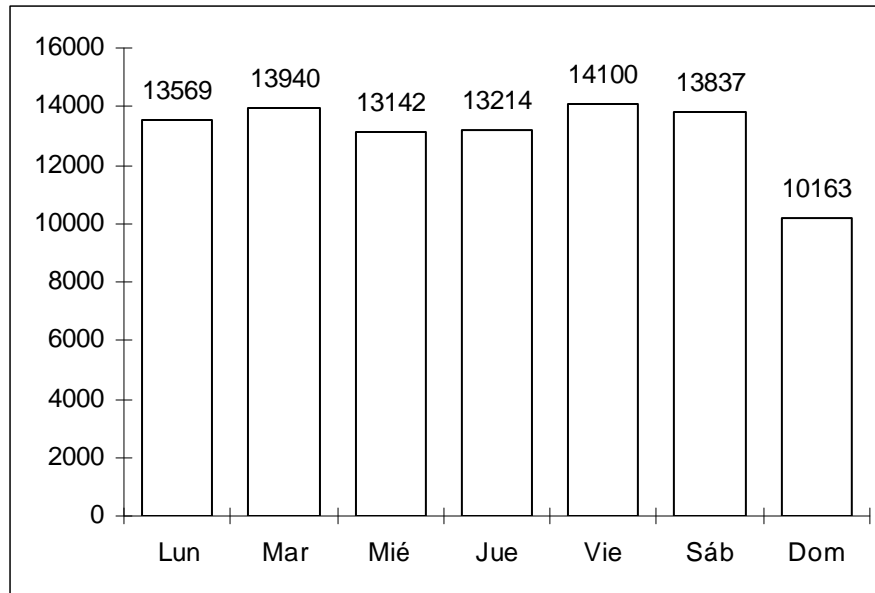
La estación número cuatro se localizó en la avenida Luis Pasteur Sur entre las calles de Moisés Solana y presidentes. Vialidad clasificada como colectora, consta de dos cuerpos en ambos sentidos separados por camellón. La **tabla 13**, muestra los volúmenes aforados de ambos cuerpos, en horario continuo de 24 horas de lunes a domingo. Con un volumen promedio diario durante la semana de 25,666 vehículos en ambos sentidos. Esta vialidad no presenta análisis de comparación dada la falta de referencia otro año.

Avenida Pasteur	
Día	Volumen Diario 24 hrs.
Lunes	26,003
Martes	27,257
Miércoles	25,046
Jueves	25,520
Viernes	27,091
Sábado	27313
Domingo	21429
Promedio diario	25,666

Tabla 13. Volúmenes de tránsito

3.2.6.1 Sentido norte – sur

La vialidad registró la hora de máxima demanda entre las 19.00 y 20.00 de lunes a viernes y el fin de semana entre las 15.00 y 16.00. El volumen a la hora pico entre semana representa el 6.6% del volumen diario y el 7.4% del volumen diurno. La **gráfica 15.1**, indica el volumen aforado en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 14,100 vehículos y el mínimo el domingo con 10,163, el resto de la semana, el aforo osciló entre 13,142 y 13,940 vehículos.

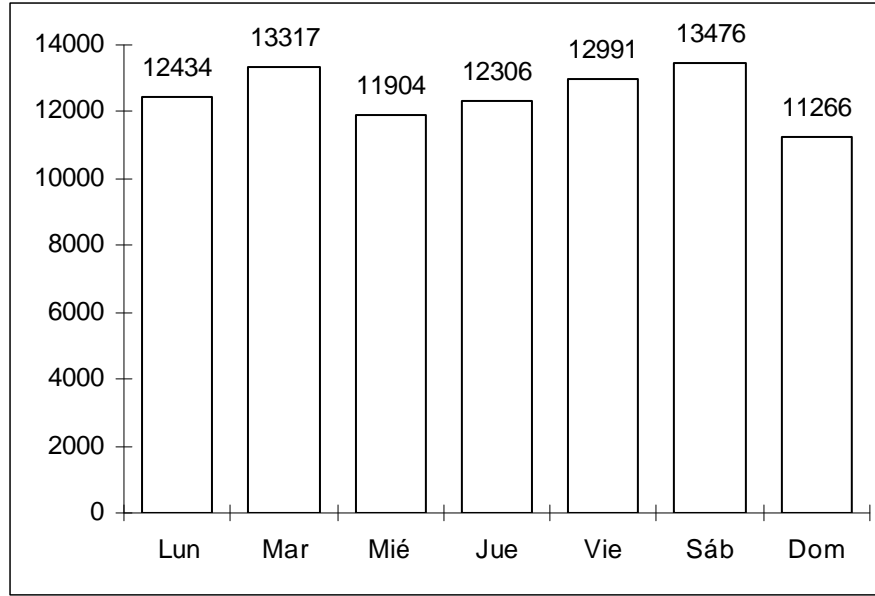


Gráfica 15.1 Aforo en avenida Luis Pasteur

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 8.00 y 11.00 horas el 77.95% correspondió para automóviles, el 11.90% para autobuses de pasajeros y el 10.15% a vehículos de carga.

3.2.6.2 Sentido sur – norte

La vialidad registró el pico entre las 14.00 y 15.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 13.00 y 14.00. El volumen a la hora pico representa el 6.5% del volumen diario y el 7.1% del volumen diurno. La **gráfica 15.2**, indica el volumen aforado en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el sábado con 13,476 vehículos y el mínimo el domingo con 11,266 vehículos, el resto de la semana, el aforo osciló entre los 11,904 y 12,991 vehículos.



Gráfica 15.2 Aforo en avenida Luis Pasteur

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 8.00 y 11.00 horas el 85.6% correspondió para automóviles, el 10.1% para autobuses de pasajeros y el 4.3% a vehículos de carga.

3.2.7 Avenida Pie de la Cuesta

Esta estación número nueve se localizó en la avenida pie de la cuesta entre las calles Lago de Bacalar y Blvd. Bernardo Quintana. Vialidad clasificada como colectora, consta de dos cuerpos en ambos sentidos separados por camellón. Cada cuerpo consta de tres carriles. La **tabla 14**, muestra los volúmenes aforados de ambos cuerpos, en horario continuo de 24 horas de lunes a domingo. Con un volumen promedio diario durante la semana de 25,666 vehículos en ambos sentidos.

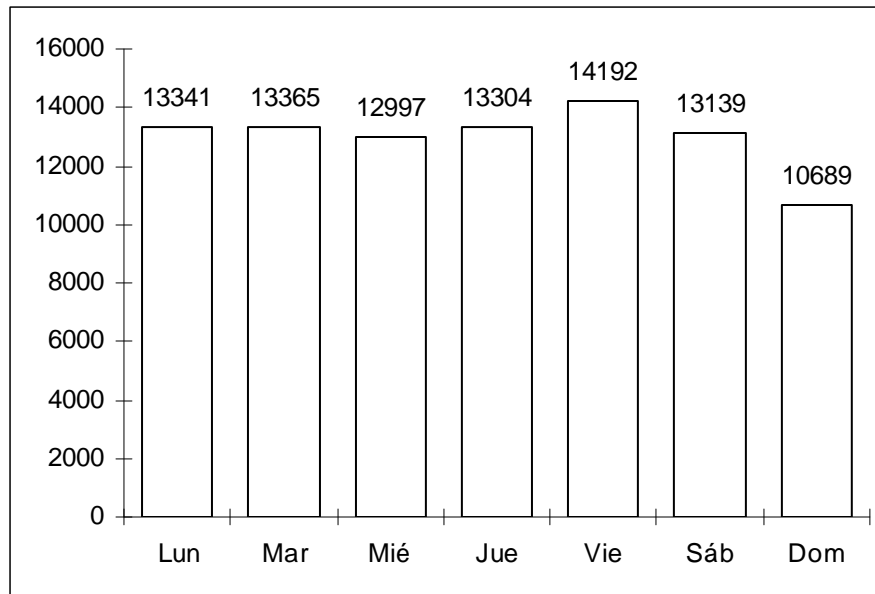
Vialidad Pie de la Cuesta	
Día	Volumen Diario 24 hrs.
Lunes	25,715
Martes	25,555
Miércoles	24,979
Jueves	25,325
Viernes	27,040
Sábado	25,456
Domingo	21,091
Promedio diario	25,715

Tabla 14. Volúmenes de tránsito

3.2.7.1 Sentido norte a sur

La vialidad registró la hora de máxima demanda entre las 8.00 y 9.00 de lunes a viernes y el fin de semana entre las 14.00 y 15.00. El volumen a la hora pico entre semana representa el 7.3% del volumen diario y el 8.1% del volumen diurno. La **gráfica 16.1**, muestra el volumen aforado en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el viernes con 14,192 vehículos y el mínimo el domingo con 10,689, el resto de la semana, el aforo osciló entre 12,997 y 13,365 vehículos.

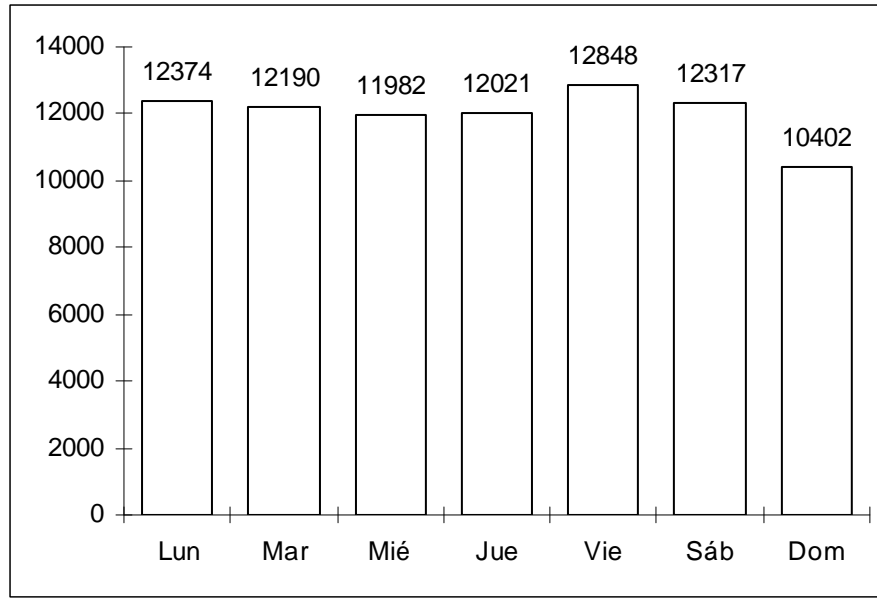
De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 8.00 y 11.00 horas el 88.68% correspondió para automóviles, el 6.91% para autobuses de pasajeros y el 4.41% a vehículos de carga.



Gráfica 16.1 Aforo en la Av. Pie de la Cuesta

3.2.7.2 Sentido sur a norte

La vialidad registró el pico entre las 20.00 y 21.00 horas de lunes a viernes y el fin de semana entre las 16.00 y 17.00. El volumen a la hora pico representa el 6.2% del volumen diario y el 7.2% del volumen diurno. La **gráfica 16.2**, muestra el volumen aforado en la semana. El volumen de tránsito máximo diario tuvo lugar el sábado con 12,848 vehículos y el mínimo el domingo con 10,402 vehículos, el resto de la semana, el aforo osciló entre los 11,982 y 12,374 vehículos.



Gráfica 16.2 Aforo en la Av. Pie de la Cuesta

De acuerdo a la clasificación vehicular, para este sentido, entre las 8.00 y 11.00 horas el 89.48% correspondió para automóviles, el 7.14% para autobuses de pasajeros y el 3.38% a vehículos de carga.

4. AFOROS VEHICULARES EN HORA PICO

Para complementar los estudios realizados en las estaciones maestras, se realizaron aforos en hora pico, durante una hora, mediante el método manual. La ubicación de las estaciones buscó tener una mayor cobertura geográfica, lo cual puede observarse en la **figura 1**, presentada previamente. Los resultados se presentan en la **tabla 15**

De este grupo de vialidades, tres de ellas se ubicaron en el Centro Histórico: Tecnológico, Circunvalación y Ezequiel Montes. Las tres vialidades son clasificadas como vías secundarias y conectan a dos vías colectoras: Av. Zaragoza y Av. Universidad. En el horario seleccionado, entre 8:00 y 9:00 horas, las tres vialidades registraron un mayor volumen que el observado en las vialidades de Juárez y Corregidora dentro del Centro Histórico, lo cual puede interpretarse como que el tránsito se desplaza de las vialidades centrales en el Centro Histórico a vialidades periféricas de la misma zona.

Dentro de las vialidades que se aforaron fuera del Centro Histórico, sobresalen con un mayor volumen de tránsito, las vías colectoras, como son las avenidas: Constituyentes, Zaragoza, Luis Vega y Monroy, carretera a Huimilpan, Corregidora Norte y boulevard de las Américas (en su sentido sur – norte). Las restantes son vías secundarias y presentaron un menor volumen de tránsito. Se tienen los casos de las vialidades: Paseo Jurica, Acceso a Juriquilla y Avenida Hércules, en donde los menores volúmenes de tránsito se explican porque sólo proporcionan accesibilidad a una zona de la ciudad (Jurica, Juriquilla o Hércules y La Cañada).

Respecto a la clasificación vehicular, todas las vialidades aforadas presentan un mayor tránsito de vehículos tipo automóvil con respecto al de carga y autobuses.

VIALIDAD	SENTIDO	PARCIALES				CLASIFICACIÓN			TOTAL
		8:00 - 8:15	8:15 - 8:30	8:30 - 8:45	8:45 - 9:00	A	B	C	
TECNOLÓGICO	SUR - NORTE	443	449	436	463	1,597	176	18	1,791
CIRCUNVALACIÓN	SUR - NORTE	300	326	355	293	1,217	38	19	1,274
EZEQUIEL MONTES	NORTE - SUR	256	382	389	343	1,257	110	3	1,370
PASEO JÚRICA	PTE. - OTE.	152	174	161	147	591	15	28	634
	OTE. - PTE.	226	202	206	205	811	8	20	839
ACCESO A JURQUILLA	PTE. - OTE.	252	217	216	222	876	4	27	907
	OTE. - PTE.	188	171	148	161	644	5	19	668
PASEO DE LA CONSTITUCIÓN	PTE. - OTE.	221	188	171	182	705	42	15	762
	OTE. - PTE.	222	191	180	182	688	60	27	775
CORREGIDORA NORTE	PTE. - OTE.	317	285	244	257	1,043	35	25	1,103
	OTE. - PTE.	332	298	280	252	1,088	46	28	1,162
AV. HERCULES	PTE. - OTE.	96	98	87	96	312	60	5	377
	OTE. - PTE.	114	106	94	96	336	64	10	410
CARRETERA A TLACOTE	PTE. - OTE.	313	271	275	281	1,023	30	87	1,140
	OTE. - PTE.	289	220	249	251	889	27	93	1,009
BLVD. DE LA LUZ	PTE. - OTE.	140	152	148	138	528	17	33	578
	OTE. - PTE.	134	143	132	124	474	12	47	533
ACCESO IV	PTE. - OTE.	167	148	155	151	565	17	39	621
	OTE. - PTE.	123	116	121	126	446	7	33	486
PROL. ZARAGOZA	NORTE - SUR	194	246	179	212	769	26	36	831
	SUR - NORTE	213	208	207	204	791	21	20	832
LUIS VEGA Y MONRROY	PTE. - OTE.	321	306	299	311	1,141	66	30	1,237
	OTE. - PTE.	165	178	164	169	611	52	13	676
BLVD. DE LAS AMERICAS	NORTE - SUR	6	12	13	11	24	17	1	42
	SUR - NORTE	451	493	455	437	1,780	21	35	1,836
CARRETERA A HUIMILPAN	PTE. - OTE.	281	328	308	303	1,130	33	57	1,220
	OTE. - PTE.	254	228	229	251	875	36	51	962
EPIGMENIO GONZÁLEZ	NORTE - SUR	206	171	189	175	690	26	25	741
	SUR - NORTE	116	126	131	129	447	31	24	502
PROL. CORREGIDORA NORTE	NORTE - SUR	243	255	250	229	839	133	5	977
	SUR - NORTE	285	348	302	259	1,017	162	15	1,194
AV. CONSTITUYENTES	PTE. - OTE.	485	506	513	481	1,684	269	32	1,985
	OTE. - PTE.	449	462	446	470	1,589	223	15	1,827
FELIPE ANGELES	NORTE - SUR	111	144	111	128	451	42	1	494
	SUR - NORTE	142	161	146	145	500	82	12	594
AV. ZARAGOZA	PTE. - OTE.	584	531	583	514	1,884	295	33	2,212
	OTE. - PTE.	415	478	501	510	1,467	427	10	1,904

Tabla 15. Volumen aforado en hora pico

5. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

El Nivel de Servicio (**NS**) en las arterias principales se determinó de acuerdo al manual de capacidad de carreteras (Apéndice 1). La **tabla 16**, muestra la comparación entre los Niveles de Servicio para las vialidades aforadas en los años 1993 y 2005. Se compararon las siguientes vialidades: tramo de la autopista México-Querétaro, avenida 5 de Febrero, boulevard Bernardo Quintana y tramo de la carretera libre a Celaya en ambos sentidos.

Vialidad	Nivel de Servicio			
	Cal y Mayor (1993)		CQRN (2005)	
	S1	S2	S1	S2
Aut. México-Qro.	A	A	C	B
Av. 5 de Febrero	B	B	C	C
Blvd. Bernardo Quintana	A	A	C	C
Carr. Libre a Celaya	C	C	D	D

Tabla 16. Comparación del Nivel de Servicio

En las tres primeras de estas vialidades se tenía un muy buen nivel de servicio (A ó B), pero por el efecto del incremento tan grande del tránsito, cayó al nivel C; nivel que ya no es tan satisfactorio para el usuario y que puede transformarse en deficiente con el aumento previsible de la demanda. En el caso de la avenida 5 de Febrero, aunque es la vialidad con el mayor volumen de todas, el nivel de servicio no se deterioró tanto por la decisión tomada hace unos cinco años de aumentar un carril central en ambos cuerpos.

El tramo urbano de la carretera libre a Celaya presentaba ya a finales del año pasado un muy bajo nivel de servicio (D), quienes circulaban por esta vía pueden recordar el problema tan grande y frecuente que representaba alguna obstrucción en la vialidad, que hacía que el flujo se detuviera o se realizara en forma intermitente. Afortunadamente al concluir los trabajos de reconstrucción y aumento de capacidad en esta vía, se tendrá un mejor nivel de servicio.

6. CONCLUSIONES

El acelerado crecimiento de la población en la Zona Conurbada de Querétaro (3.0% entre los años 2000 y 2005) genera presiones muy altas en la infraestructura urbana, en particular en el sistema de vialidades. Aunado a esto, se tiene un crecimiento aún mayor del parque vehicular (9.3% entre los años 1998 y 2003), lo cual ocasiona que un mayor número de personas cambie del transporte público al transporte privado. Estos dos factores, explican el crecimiento tan grande observado en los volúmenes de tránsito de las arterias principales de la zona, y como consecuencia, la disminución acelerada en su nivel de servicio. Entre las arterias principales destaca el caso de la avenida 5 de Febrero, que de 89,000 vehículos diarios que tenía en promedio en 1993, pasó a 139,000 en 2005. También se tienen incrementos notables en los volúmenes de las arterias colectoras, como el de la avenida Revolución, que de tener en 1993 un volumen promedio de 10,538 vehículos diarios, pasó a un volumen de 21,069 en 2005, medidos ambos entre las 6 y las 22 horas.

Es urgente entonces aumentar la capacidad de las arterias principales y colectoras ante el previsible aumento de su demanda. En particular debe de atenderse el crecimiento aún mayor de la zona en el municipio de Corregidora, en la cual la población está creciendo a tasas mayores al 7% anual. En este sentido es afortunada la decisión de aumentar la capacidad en el tramo urbano de la carretera libre a Celaya, ahora llamado Paseo Constituyentes. Sin embargo por lo señalado anteriormente, esta medida puede no ser suficiente a mediano plazo, por lo que deben estudiarse de inmediato acciones complementarias en las principales vías que comunican con la zona conurbada en este municipio.

Un caso diferente se tiene en el Centro Histórico, en donde los aforos en las avenidas Juárez y Corregidora tuvieron menores volúmenes a los reportados 12 años atrás. El Centro Histórico de la ciudad de Querétaro ha experimentado durante estos últimos años una disminución importante en su población, debido principalmente a cambios importantes en el uso de suelo, en donde se han cambiado espacios de uso habitacional por los de uso comercial y de servicios. Sin embargo, el empleo ha permanecido prácticamente constante en el periodo de 1998 a 2003, aunque por una parte han salido del área del Centro Histórico importantes instituciones oficiales, como la Presidencia Municipal, grandes establecimientos comerciales como la tienda Sears, establecimientos educativos y bancarios, por la otra han aumentado los comercios al por menor, los hoteles y los restaurantes. La conjunción de estos dos factores obliga a planear de manera conjunta el sistema de transporte y el uso del suelo que debería tener esta zona tan importante para la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cal y Mayor y Asociados, S. C. (1993). **Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Querétaro, Oro**. Secretaría de Desarrollo Social.

INEGI (2001). **XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Querétaro de Arteaga. Tomo I.** Aguascalientes, Ags.

INEGI (2004). **Anuario Estadístico del Estado de Querétaro.** Aguascalientes, Ags.

Lazo, L. y G. Sánchez (1981). **Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito.** Miguel Ángel Porrúa, México, D.F.

López Pérez, Roberto (2003). Bases conceptuales y técnicas para la delimitación de zonas metropolitanas en México. **Notas. Revista de información y análisis**, 22, 55-63. Aguascalientes, Ags.

Meyer, M. D. ad E. J. Miller (2001). **Urban Transportation Planning**, 2nd. Edition. McGraw-Hill.

Papacostas, C. S. and P. D. Prevedouros, (2001). **Transportation Engineering and Planning**, 3rd edition. Prentice Hall.

SEDESOL (2001). **Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito.** Manual Normativo, Tomo XII. Secretaría de Desarrollo Social, México, D. F.

Transportation Research Board, (2000). **Highway Capacity Manual**, Special Report 209, 4rd edition. Nacional Research Conuncil, Washington, DC.

REFERENCIAS EN INTERNET

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. **Resultados Definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005.** <http://www.inegi.gob.mx>.

APÉNDICE No. 1

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio es una medida cualitativa que define las condiciones de operación de un tramo carretero y su percepción por el usuario. Estos niveles van desde A (el mejor) hasta F (el peor), La **tabla A1.1**, describe los diferentes niveles de servicio.

DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA DE NIVÉLES DE SERVICIO

Nivel de servicio	Descripción
A	Flujo libre, muy alta libertad para seleccionar la velocidad y efectuar maniobras
B	Flujo estable, prácticamente la misma libertad para seleccionar velocidad, pero no para efectuar maniobras
C	Flujo estable, difícil seleccionar la velocidad, las maniobras tienen que realizarse con gran cuidado
D	Flujo cerca de inestable, la libertad para seleccionar la velocidad y maniobrar están severamente restringidas
E	Flujo inestable, velocidades muy bajas aunque uniformes, libertad de maniobra extremadamente difícil

Tabla A1.1. Descripción simplificada de niveles de servicio

SEGMENTO BASICO DE AUTOPISTA.

Para el cálculo del Nivel de Servicio (NS) de un segmento de autopista, se obtuvo de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras 2000. El procedimiento consiste en estimar: la densidad (D), la tasa de flujo (v_p) y la velocidad de libre flujo (FFS siglas en inglés). A continuación se describen las ecuaciones donde se estiman los valores de las variables anteriores:

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (1)$$

donde

D = densidad en vehiculos/kilómetro/carril (veh/km/c)

v_p = tasa de flujo en vehículos/hora/carril (veh/h/c), estimada en la Ec. 2

S = velocidad de libre flujo estimada en kilómetros/hora (km/h) en la Ec. 3.

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p} \quad (2)$$

donde V representa el volumen de tránsito sobre una carretera en unidades de vehículos por hora. Generalmente, es el volumen más alto en un periodo de 24 horas. El factor PHF (Peak-Hour Factor), es la relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico y definido por la fórmula:

$$PHF = \frac{V}{V_{15} \times 4}$$

El factor N es el número de carriles que, en este trabajo es igual 3.

El factor f_{HV} es un factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados y es calculado con la siguiente fórmula:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

en donde P_T y P_R representan la proporción de camiones y autobuses, y vehículos recreacionales respectivamente en un segmento de autopista, datos que usualmente se obtienen en aforos de tránsito vehicular. E_T y E_R son factores que representan el número de vehículos equivalentes para camión y autobús, y vehículos recreacionales (VR) respectivamente.

E_T y E_R son factores que representan el número de vehículos equivalentes para camión y autobús, y vehículos de recreacionales respectivamente. Estos factores, dependen del tipo de terreno, en la siguiente **tabla A1.2**, se muestra los valores de para el factor E_T para un rango en terreno con ascenso.

Pendiente (%)	Longitud del tramo (km)	E_T								
		Porcentaje de camiones y autobuses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	Todo	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
≥ 2-3	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.4-0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.8-1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.2-1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.6-2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0

Tabla A1.2 Vehículos equivalentes para camiones y autobuses en ascenso

La **tabla A1.3**, muestra los valores para el factor E_R para un rango en terreno con ascenso.

Pendiente (%)	Longitud del tramo (km)	E_R								
		Porcentaje de vehículos recreacionales								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	Todo	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.0-0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2

Tabla A1.3. Vehículos equivalentes para vehículos recreacionales en ascenso

De acuerdo con el Manual de Capacidad en Carreteras 2000, la **tabla A1.4** muestra los valores del factor E_T para un rango en terreno con descenso.

Descenso (%)	Longitud del tramo (%)	E_T			
		Porcentaje de camiones y autobuses			
		5	10	15	20
< 4	Todo	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
4.5	> 6.4	2.0	2.0	2.0	1.5
> 5-6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 5-6	> 6.4	5.5	4.0	4.0	3.0
> 6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 6	> 6.4	7.5	6.0	5.5	4.5

Tabla A1.4. Vehículos equivalentes para camiones y autobuses en descenso.

El factor f_p es un factor para tomar en cuenta la presencia de conductores no cotidianos en la autopista.

Para la determinación de la velocidad de libre flujo, dos métodos son utilizados: la medición en campo y estimarla a partir de un procedimiento del Manual de Capacidad de Carreteras. Se utilizó este último para la estimación de la FFS de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID} \quad (3)$$

Donde BFFS (siglas en inglés) es la velocidad de libre flujo estimada bajo condiciones ideales, para el caso de segmentos de autopistas se asume una velocidad de 110 km/h. Para el cálculo del factor de ancho de carril (f_{LW}) los valores se obtuvieron conforme a la **tabla A1.5**. $FFS = S$.

Ancho de carril (m)	Reducción en la vel. de libre flujo estimada (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Tabla A1.5. Factor f_{LW} por ajuste por ancho de carril

Cuando el acotamiento lateral es menor a 1.8 m, la velocidad de libre flujo estimada tiende a ser reducida. Los ajustes por ancho de acotamiento (f_{LW}) se muestran en la **tabla A1.6**.

Ancho acotamiento	Reducción en la velocidad de libre flujo estimada, (km/h)			
	No. de carriles en un sentido			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

Tabla A1.6. Factor f_{LW} por ancho de acotamiento

Los segmentos de autopista con más de cinco carriles no tienen efecto en la reducción a la velocidad. Cuando se presentan pocos carriles la velocidad de libre flujo estimada se reduce, Los ajustes por número de carriles (f_N) se muestran en la tabla **A1.7**.

Número de carriles(un sentido)	Reducción en la vel. libre flujo est. (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Tabla A1.7. Factor f_N por número de carriles

La densidad de intercambio base es de 0.3 intercambios por kilómetro, o 3.3 kilómetro de espacio por intercambio. La velocidad de libre flujo estimada es reducida cuando la densidad de intercambio se incrementa. Los ajustes por densidad de intercambio (f_{ID}) se muestran en la **tabla A1.8**

La medida usada para estimar los Niveles de Servicio es la densidad, de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras. La **tabla A1.9** muestra el Nivel de Servicio para segmentos de autopista.

Intercambios por Km	Reducción en la vel. libre flujo est. (km/h)
≤ 3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

Tabla A1.9. Nivel de Servicio

Nivel de servicio	Rango de valores de densidad (veh/km/c)
A	0-7
B	> 7-11
C	>11-16
D	>16-22
E	>22-28
F	>28

Tabla A1.8. Factor f_{ID} por densidad de intercambios



CONCYTEQ

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro
Luis Pasteur Sur No. 36, Col. Centro. Querétaro, Qro



GOBIERNO DEL ESTADO DE
QUERÉTARO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

