



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS-TRANSPORTE

“ESTUDIO DE DEMANDA PARA LA AUTOPISTA DE  
APROVECHAMIENTO DE ACTIVOS, DENOMINADA  
LIBRAMIENTO NORESTE DE QUERÉTARO Y DE NUEVA  
INFRAESTRUCTURA, DENOMINADA PALMILLAS–APASEO EL  
GRANDE”

T E S I S  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
MARCELINO ARVIZU COLINDRES

TUTOR PRINCIPAL  
Dr. RICARDO ACEVES GARCÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

México, D.F. febrero de 2014

---

JURADO ASIGNADO:

**Presidente:** Dr. Acosta Flores José Jesús

**Secretario:** M.I. Figueroa Palacios José Domingo

**Vocal:** Dr. Aceves García Ricardo

**1<sup>er</sup> Suplente:** M.C. Del Moral Dávila Manuel

**2<sup>do</sup> Suplente:** M.C. Murillo Bagundo Alejandro

Ciudad Universitaria, febrero de 2014

TUTOR DE TESIS:

Dr. RICARDO ACEVES GARCÍA

-----

FIRMA

---

## **Con profundo agradecimiento a:**

- *La Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente.*
  - *Mi tutor por su tiempo y paciencia para la realización de este trabajo.*
  - *Mis sinodales que contribuyeron en el proceso de esta investigación.*
  - *Mis profesores de licenciatura y posgrado que aportaron su tiempo, sabiduría y enseñanzas para mi formación profesional.*
  - *Los Ingenieros que han compartido sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, mismos que han servido de motivación para alcanzar las metas que me he trazado.*
  - *Las personas que colaboraron en conjunto para la realización de esta tesis de grado.*
  - *Mis sobrinas Jocelyn (Monito) e Ilse (Gurris), dos angelitos fuente de inspiración inagotable.*
  - *Mi madre.*
  - *Mi hermana, deseando que termine sus metas que no piense tanto las cosas y actúe.*
  - *A una gran mujer que aunque no está a mi lado siempre me brindo confianza, me enseñó a levantarme de mis tropiezos dejándome mucho de ella, gracias Wen.*
  - *La vida en sí que me ha dado la oportunidad de tener estos privilegios con sus altas y sus bajas.*
-

**ESTUDIO DE DEMANDA PARA LA AUTOPISTA DE  
APROVECHAMIENTO DE ACTIVOS, DENOMINADA  
LIBRAMIENTO NORESTE DE QUERÉTARO, Y DE NUEVA  
INFRAESTRUCTURA, DENOMINADA PALMILLAS-APASEO  
EL GRANDE**

## Contenido

1	INTRODUCCIÓN .....	14
1.1	OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	14
1.1.1	Objetivo general .....	14
1.1.2	Alcances.....	14
1.1.3	Metodología.....	14
2	Diagnostico de la Situación Actual.....	17
2.1	Características del área de estudio.....	17
2.1.1	Ubicación dentro del entorno nacional .....	17
2.1.2	Características de la población.....	21
2.1.3	Actividades económicas.....	36
2.1.4	Planes de desarrollo .....	50
2.1.5	Estudios de demanda existentes en el área de estudio.....	51
2.1.6	Series históricas de tránsito en la red de análisis .....	51
2.2	Conclusión .....	64
3	Análisis de la oferta.....	65
3.1.1	Definición y construcción de la red de análisis .....	66
3.1.2	Características físicas y geométricas de la red de análisis.....	68
3.1.3	Velocidades y tiempos de recorrido.....	73
3.1.4	Principales resultados obtenidos de los TR. ....	75
3.1.5	Esquema de operación .....	79
3.1.6	Problemática a resolver en los proyectos.....	80
4	Análisis de la demanda .....	81
4.1	Definición de zonas de análisis. ....	82
4.2	Pronóstico de variables socioeconómicas.....	85
4.2.1	Producto Interno Bruto .....	85
4.2.2	Empleo.....	88
4.2.3	Población .....	90
4.2.4	Población Económicamente Activa (PEA) .....	92
4.2.5	Parque vehicular .....	94
4.3	Estudio Origen–Destino .....	97
4.3.1	Estudio de frecuencia de paso y ocupación visual. ....	103
4.4	Encuestas de preferencia declarada/revelada .....	107
4.4.1	EPD. ....	107
4.4.2	EPR.....	109
4.4.3	Codificación y validación de la demanda .....	111
4.5	Conteos de tránsito y clasificación vehicular.....	112
4.5.1	Aforos automáticos.....	112
4.5.2	Aforos manuales. ....	118
4.6	Encuestas a empresas de autotransporte de carga y pasaje .....	123
4.7	Tendencias del tránsito.....	123

4.8	Expansión de la muestra .....	125
4.9	Metodología de eliminación de dobles conteos.....	131
4.10	Matriz de autobuses .....	132
4.11	Crecimiento de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación.....	133
4.12	Modelos de Corte Transversal .....	133
4.13	Modelos de Series de Tiempo .....	134
4.14	Crecimiento de la demanda.....	140
4.14.1	Crecimiento base o esperado.....	141
4.14.2	Crecimiento Conservador .....	142
4.14.3	Crecimiento optimista .....	143
5	Simulación de la demanda para el año base.....	144
5.1	Escenarios analizados en el año base.....	144
5.2	Red actual vs red mejorada.....	144
5.3	Red mejorada con proyecto.....	146
5.4	Select Link Analysis.....	148
5.5	Comparación de escenarios.....	150
5.6	Resultados de la asignación en el año base.....	153
6	Modelo de captación.....	154
6.1	Captura, validación y codificación de la encuesta de preferencia declarada.....	154
6.2	Conformación de la base de datos para el modelo de captación.....	155
6.3	Estimación de los valores subjetivos del tiempo de Preferencia Declarada y Preferencia Revelada.....	156
6.4	Análisis Estadístico.....	156
6.5	Estimación del VST.....	156
6.5.1	Preferencia Declarada .....	156
6.5.2	Preferencia Revelada .....	157
6.5.3	Preferencia Declarada y Revelada .....	158
6.6	Resultados del VST de las Encuestas de Preferencia Declara y Revelada .....	158
6.7	Sensibilidad tarifaria .....	159
6.7.1	Consideraciones.....	159
6.7.2	Tarifa óptima.....	159
7	Asignación y análisis de escenarios.....	161
7.1	Escenario 1. Red actual.....	161
7.2	Escenario 2. Red mejorada con proyecto.....	161
7.3	Escenario 3. Red mejorada sin proyecto.....	162
7.4	Escenario 4. Red mejorada con proyecto (crecimiento optimista).....	162
7.5	Escenario 5. Red mejorada con proyecto (crecimiento conservador).....	163
7.6	Escenario 6. Red mejorada con proyecto y proyectos de infraestructura.....	163
7.7	Escenario 7. Red mejorada con proyecto a tarifa cero.....	163

8	Estimación de tránsito generado e inducido.....	164
9	Pronóstico de la demanda año horizonte.....	165
10	Conclusiones .....	171
11	Bibliografía .....	172

## Figuras

Figura 1. Metodología general del estudio .....	15
Figura 2. Principales corredores del sistema carretero nacional. ....	18
Figura 3. Ubicación del trazo de la Autopista Palmillas–Apaseo el Grande y Libramiento Noreste de Querétaro y área de influencia .....	19
Figura 4. Entronques de la Autopista Palmillas–Apaseo El grande y caseta de peaje del Libramiento Noreste.....	21
Figura 5. Área de influencia de la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande y Libramiento Noreste de Querétaro en el Estado de Querétaro.....	22
Figura 6. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por edad. ....	24
Figura 7. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por sexo y por edad.....	24
Figura 8. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Estado de Querétaro. ..	25
Figura 9. Población del Municipio de Querétaro, 2000-2008. ....	26
Figura 10. Porcentaje de la población del Municipio de Querétaro por tipo de localidad, 1950-2005.....	27
Figura 11. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de Querétaro. ....	28
Figura 12. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de San Juan del Río. ....	30
Figura 13. Área de influencia de la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande en el Estado de Guanajuato. ....	31
Figura 14. PEA 2009 en el Estado de Guanajuato por edad. ....	33
Figura 15. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por sexo y por edad.....	34
Figura 16. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Estado de Guanajuato. ....	34
Figura 17. Porcentaje de la población de Celaya por tipo de localidad. ....	35
Figura 18. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de Celaya. .	36
Figura 19. Regiones agropecuarias del Estado de Querétaro. ....	37
Figura 20. PIB para el Estado de Querétaro.....	38
Figura 21. Sectores de actividad económica en el Municipio de Querétaro.....	39
Figura 22. Población ocupada en la Ciudad de Querétaro 2008. ....	40
Figura 23. Población ocupada por sexo. ....	40
Figura 24. Distribución porcentual de la población ocupada en Querétaro, según nivel de ingresos, Primer trimestre 2008.....	41
Figura 25. Uso de suelo Municipio de Querétaro.....	41

Figura 26. Subsector ganadero Municipio de Querétaro.....	42
Figura 27. Uso de Suelo San Juan del Río.....	44
Figura 28. Subsector ganadero en San Juan del Río.....	45
Figura 29. Producción ganadera en el Estado de Guanajuato. ....	46
Figura 30. PIB para el Estado de Guanajuato. ....	48
Figura 31. Uso de suelo Municipio Celaya. ....	48
Figura 32. Proyectos futuros a realizarse en la zona de influencia al proyecto. ....	50
Figura 33. Trazo del Proyecto Atizapan–Atlacomulco y ubicación de estaciones de campo para el proyecto Palmillas–Apaseo EL Grande.....	51
Figura 34. Carreteras federales a considerar en series históricas. ....	52
Figura 35. Aforo 2008–2009 por grupo vehicular Autopista México-Querétaro. ....	53
Figura 36. Ubicación de las estaciones de conteo de la Autopista México–Querétaro. ....	54
Figura 37. Comportamiento histórico TPDA de la Autopista México–Querétaro.....	54
Figura 38. Composición vehicular al año 2009 de la Autopista México–Querétaro (Estación Caseta Palmillas). ....	55
Figura 39. TDPA y TCMA histórico (2001-2009) de la Caseta Palmillas. ....	55
Figura 40. Aforo 2008–2009 por grupo vehicular Autopista Querétaro-Irapuato.....	56
Figura 41. Ubicación de las estaciones de conteo de la Autopista Querétaro–Irapuato. ....	57
Figura 42. Comportamiento histórico TPDA de la Autopista Querétaro-Irapuato. ....	57
Figura 43. Composición vehicular al año 2009 de la Autopista Querétaro-Irapuato (Estación Caseta Querétaro).....	58
Figura 44. TDPA y TCMA histórico (2000-2009) de la Caseta Querétaro. ....	58
Figura 45. Aforo 2008–2009 por grupo vehicular carretera federal Querétaro-Irapuato. ....	59
Figura 46. Ubicación de las estaciones de conteo de la Carretera Federal Libre Querétaro–Irapuato.....	60
Figura 47. Comportamiento histórico TPDA de la carretera federal libre Querétaro-Irapuato. ....	60
Figura 48. Composición vehicular al año 2009 de la carretera federal libre Querétaro-Irapuato (Estación T. izq. Apaseo El Alto). ....	61
Figura 49. TDPA y TCMA histórico (2000-2009) de la estación T. izq. Apaseo El Alto). ....	61
Figura 50. Aforo 2008 – 2009 por grupo vehicular Libramiento Noreste de Querétaro. ....	62

Figura 51. Ubicación de las estaciones de conteo del Libramiento Noreste de Querétaro .....	63
Figura 52. Comportamiento histórico TPDA del Libramiento Noreste de Querétaro....	63
Figura 53. Composición vehicular al año 2009 del Libramiento Noreste de Querétaro. ....	64
Figura 54. TDPA y TCMA histórico (2008-2009) de la estación Caseta Chichimequillas. ....	64
Figura 55. Red de análisis.....	67
Figura 56. Recorridos realizados por TC y FOA en la red de análisis propuesta por TC, para el levantamiento de características físicas.....	69
Figura 57. Principales tramos carreteros federales y estatales en los que se realizo levantamiento de características físicas y geométricas de la zona de estudio. ....	70
Figura 58. Contexto fotográfico de levantamiento de características físicas. ....	71
Figura 59. Perfil del tipo de terreno de la Autopista México–Querétaro, tramo Palmillas–Querétaro km 148+000–212+000 y Autopista Querétaro–Irapuato km. 0+000–30+000. ....	72
Figura 60. Perfil del tipo de terreno del Libramiento Noreste de Querétaro km 0+000–37+000. ....	73
Figura 61. Recorridos realizados por TC y FOA en la red de análisis propuesta por TC, para los TR. ....	74
Figura 62. Principales tramos carreteros federales y estatales en los que se realizo medición de tiempos y velocidades. ....	75
Figura 63. Comparativa de velocidades de la Autopista Querétaro–Irapuato.....	75
Figura 64. Comparativa de velocidades del Libramiento Noreste de Querétaro. ....	77
Figura 65. Comparativa de velocidades de la carretera federal Querétaro–San Luis Potosí. ....	78
Figura 66. Aprovechamiento de activos para el Libramiento Noreste de Querétaro y de nueva infraestructura Palmillas–Apaseo El Grande.....	79
Figura 67. Entronques del anteproyecto de la carretera Palmillas–Apaseo El Grande.	82
Figura 68. Zonificación. ....	84
Figura 69. Tasas de Crecimiento del PIB Nacional .....	86
Figura 70. Tasas de Crecimiento del PIB por Estado .....	87
Figura 71. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del PIB por estados .....	87
Figura 72. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento del PIB en la región.....	88
Figura 73. Tasas de Crecimiento del Empleo a nivel nacional.....	89
Figura 74. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del Empleo por Estado .....	89

Figura 75. Mapa temático. Crecimiento de la Tasa de Empleo 2009-2010 .....	90
Figura 76. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la Tasa de Empleo en la Región .....	90
Figura 77. Tasas de Crecimiento de la Población a nivel nacional .....	91
Figura 78. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento de la Población por estado.....	91
Figura 79. Mapa temático. Crecimiento de la Tasa de Población 2009-2010.....	92
Figura 80. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la Tasa de Población en la región.....	92
Figura 81. Tasas de Crecimiento de la PEA a nivel nacional.....	93
Figura 82. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento de la PEA por estado.....	93
Figura 83. Mapa temático. Crecimiento de la PEA, 2009-2010.....	94
Figura 84. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la PEA en la región.....	94
Figura 85. Tasas de Crecimiento del Parque Vehicular a nivel nacional.....	95
Figura 86. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del Parque Vehicular por estado..	95
Figura 87. Mapa temático. Crecimiento del Parque Vehicular 2009-2010.....	96
Figura 88. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento del Parque Vehicular en la región.....	96
Figura 89. Ubicación con GPS de las estaciones para EOD.....	98
Figura 90. Ubicación de las estaciones de EOD.....	100
Figura 91. Contexto fotográfico, levantamiento de información EOD, EPD y EPR. ...	101
Figura 92. Principales destinos, estación 1.....	104
Figura 93. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 1. ....	104
Figura 94. Principales destinos, estación 5.....	105
Figura 95. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 5. ....	105
Figura 96. Principales destinos, estación 6.....	106
Figura 97. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 6. ....	106
Figura 98. Principales destinos, estación 8.....	107
Figura 99. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 8. ....	107
Figura 100. Ubicación de estaciones de EPD.....	109
Figura 101. Ubicación de EPR.....	110
Figura 102. Líneas de deseo erróneas de la estación 1.....	112
Figura 103. Ubicación de equipos de conteo automático.....	113

Figura 104. Comportamiento semanal de la estación 1, ambos sentidos. ....	114
Figura 105. Comportamiento semanal de la estación 5, ambos sentidos. ....	115
Figura 106. Comportamiento semanal de la estación 6, ambos sentidos. ....	116
Figura 107. Comportamiento semanal de la estación 8, ambos sentidos. ....	117
Figura 108. TDPS y composición vehicular en porcentaje. ....	118
Figura 109. Comportamiento vehicular de la estación 1, ambos sentidos. ....	119
Figura 110. Perfil horario AA y AM, estación 1.....	119
Figura 111. Comportamiento vehicular de la estación 5, ambos sentidos. ....	120
Figura 112. Perfil horario AA y AM, estación 5.....	120
Figura 113. Comportamiento vehicular de la estación 6, ambos sentidos. ....	121
Figura 114. Perfil horario AA y AM, estación 6.....	121
Figura 115. Comportamiento vehicular de la estación 8, ambos sentidos. ....	122
Figura 116. Perfil horario AA y AM, estación 8.....	122
Figura 117. Tasas de crecimiento. ....	123
Figura 118. Gráfica de pronóstico de aforo histórico. ....	124
Figura 119. Factores de expansión. ....	126
Figura 120. Metodología factor ES, 2 días de EOD.....	126
Figura 121. Líneas de deseo de la estación 1. ....	127
Figura 122. Líneas de deseo de la estación 5. ....	128
Figura 123. Líneas de deseo de la estación 6. ....	129
Figura 124. Líneas de deseo de la estación 8. ....	130
Figura 125. Localización de la Caseta Palmillas .....	134
Figura 126. Escenario Base, Pronósticos TDPA.....	139
Figura 127. Escenario Conservador, Pronósticos TDPA.....	140
Figura 128. Escenario Optimista, Pronósticos TDPA.....	140
Figura 129. Crecimiento esperado. ....	141
Figura 130. Crecimiento conservador. ....	142
Figura 131. Crecimiento optimista. ....	143
Figura 132. Red mejorada. ....	144
Figura 133. Asignación en la red actual.....	145
Figura 134. Asignación en la red mejorada sin proyecto. ....	145

Figura 135. Comparación de escenarios entre red actual y red mejorada. ....	146
Figura 136. Asignación de viajes potenciales en la red mejorada con proyecto.....	147
Figura 137. Asignación de viajes captados en la red mejorada con proyecto. ....	147
Figura 138. Select Link Analysis de automóviles.....	148
Figura 139. Select Link Analysis de autobuses. ....	149
Figura 140. Select Link Analysis de camiones. ....	149
Figura 141. Select Link Analysis TPDA. ....	150
Figura 142. Comparación de escenarios automóviles. ....	151
Figura 143. Comparación de escenarios autobuses. ....	151
Figura 144. Comparación de escenarios camiones unitarios. ....	152
Figura 145. Comparación de escenarios camiones articulados 1. ....	152
Figura 146. Comparación de escenarios camiones articulados 2. ....	153
Figura 147. Sensibilidad tarifaria. ....	160
Figura 148. Red actual.....	161
Figura 149. Red mejorada con proyecto.....	162
Figura 150. Red mejorada sin proyecto. ....	162
Figura 151. Red mejorada con proyecto e impacto en infraestructura futura.....	163
Figura 152. Pronóstico de la demanda de automóviles. ....	165
Figura 153. Pronóstico de la demanda de autobuses. ....	166
Figura 154. Pronóstico de la demanda de C. unitarios. ....	167
Figura 155. Pronóstico de la demanda de C. articulados 1. ....	168
Figura 156. Pronóstico de la demanda de C. articulados 2. ....	169
Figura 157. Pronóstico de la demanda escenario 7. ....	170

## Tablas

Tabla 1. Entronques de la Autopista Palmillas–Apaseo El grande.....	20
Tabla 2. Tarifas actuales del Libramiento Noreste de Querétaro. ....	20
Tabla 3. Evolución de la cantidad de habitantes del estado.....	22
Tabla 4. Población por municipios del Estado de Querétaro. ....	23
Tabla 5. Densidad de la población del Estado de Querétaro. ....	23
Tabla 6. Población municipal 2000-2008.....	26
Tabla 7. Densidad de la población del Municipio de Querétaro.....	26
Tabla 8. Población municipal de San Juan Del Río .....	29
Tabla 9. Densidad de la población del Municipio de San Juan del Río.....	29
Tabla 10. Perfil urbano del Estado de Guanajuato. ....	31
Tabla 11. Población por municipios del Estado de Guanajuato. ....	32
Tabla 12. Densidad de la población del Estado de Querétaro. ....	33
Tabla 13. Densidad de la población del Municipio de Celaya.....	35
Tabla 14. Población ocupada en el ámbito económico. ....	39
Tabla 15. Evolución del empleo en Querétaro. ....	40
Tabla 16. Industria Manufacturera en Querétaro.....	42
Tabla 17. Parques Industriales en el Municipio de Querétaro.....	43
Tabla 18. Principal Producción agrícola en San Juan del Río. ....	44
Tabla 19. Unidades de abasto existentes en el Municipio de Celaya. ....	49
Tabla 20. Proyectos futuros a realizarse en la zona de influencia al proyecto.....	50
Tabla 21. Carreteras federales a considerar en series históricas.....	52
Tabla 22. Aforo histórico de la Autopista México–Querétaro. ....	53
Tabla 23. Aforo histórico de la Autopista Querétaro Irapuato. ....	56
Tabla 24. Aforo histórico de la carretera federal Querétaro-Irapuato. ....	59
Tabla 25. Aforo histórico del Libramiento Noreste de Querétaro .....	62
Tabla 26. Campos utilizados en MAPTITUDE para el análisis del modelo en la red de análisis.....	68
Tabla 27. Características físicas levantadas.....	69
Tabla 28. Campos utilizados en MAPTITUDE para el estudio de las características físicas en la red de análisis. ....	70
Tabla 29. Zonificación agregada. ....	83

Tabla 30. Tasas de crecimiento del PIB nacional.....	86
Tabla 31. Tasas de motorización por estado.....	97
Tabla 32. Tasa media de crecimiento anual de la tasa de motorización .....	97
Tabla 33. Estaciones de EOD .....	98
Tabla 34. Muestra obtenida por estación en la EOD, (24 horas). .....	101
Tabla 35. Muestra obtenida de frecuencia de paso y ocupación visual para autobuses. .....	103
Tabla 36. Ejemplo de tarjetas de preferencia declarada.....	108
Tabla 37. Muestra obtenida de EPD. ....	109
Tabla 38. Muestra obtenida de EPR.....	110
Tabla 39. Muestra total validada de EOD .....	112
Tabla 40. Ubicación de los contadores automáticos. ....	113
Tabla 41. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 1, ambos sentidos. .....	114
Tabla 42. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 5, ambos sentidos. .....	115
Tabla 43. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 6, ambos sentidos. .....	116
Tabla 44. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 8, ambos sentidos. .....	117
Tabla 45. Comportamiento vehicular de la estación 1, ambos sentidos. ....	118
Tabla 46. Comportamiento vehicular de la estación 5, ambos sentidos. ....	119
Tabla 47. Comportamiento vehicular de la estación 6, ambos sentidos. ....	121
Tabla 48. Comportamiento vehicular de la estación 8, ambos sentidos. ....	122
Tabla 49. Históricos México Querétaro (Est 1), Querétaro-Irapuato libre (Est 5) y Querétaro-Irapuato cuota(Est. 6).....	123
Tabla 50. Tendencia del tránsito correlacionado con el PIB. ....	124
Tabla 51. Principales pares de viaje de la estación 1. ....	128
Tabla 52. Principales pares de viaje de la estación 5. ....	129
Tabla 53. Principales pares de viaje de la estación 6. ....	130
Tabla 54. Principales pares de viaje de la estación 8. ....	131
Tabla 55. TDPA histórico.....	135
Tabla 56. TDPA histórico.....	135

Tabla 57. Modelo para automóvil.....	136
Tabla 58. Modelo para buses.....	137
Tabla 59. Modelo para camiones unitarios.....	137
Tabla 60. Modelo para camiones articulados 1 .....	138
Tabla 61. Modelo para camiones articulados 2 .....	138
Tabla 62. Crecimiento esperado. ....	141
Tabla 63. Crecimiento conservador.....	142
Tabla 64. Crecimiento optimista.....	143
Tabla 65. TDPA Año base. ....	153
Tabla 66. Ingresos Año base.....	153
Tabla 67. Captación del proyecto con distintos niveles tarifarios.....	159
Tabla 68. Ingresos del proyecto con distintos niveles tarifarios.....	160
Tabla 69. Estadísticos del modelo de incremento de frecuencia.....	164
Tabla 70. Pronóstico de la demanda de automóviles. ....	165
Tabla 71. Pronóstico de la demanda de autobuses.....	166
Tabla 72. Pronóstico de la demanda de C. Unitarios. ....	167
Tabla 73. Pronóstico de la demanda de C. Articulados 1.....	168
Tabla 74. Pronóstico de la demanda de C. Articulados 2.....	169
Tabla 75. Pronóstico de la demanda escenario 7.....	170

# 1 INTRODUCCIÓN

***“Estudio de demanda para la autopista de aprovechamiento de activos, denominada Libramiento Noreste de Querétaro, y de nueva infraestructura, denominada Palmillas–Apaseo El Grande.”***

El contenido de esta tesis presenta un panorama sobre la ejecución de las actividades que integran la primera etapa del estudio, la cual corresponde a la recopilación de información documental.

En lo que respecta a la información documental, se realizó un análisis de datos históricos de aforos vehiculares publicados por la SCT del año 2000 hasta el 2009. Así mismo, se revisó información de planes y programas de desarrollo urbano y económico del Estado de Querétaro. De igual manera se revisó información de construcción y modernización de infraestructura carretera que pueda tener impacto con la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande.

## 1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo planteado en la realización de esta tesis es el siguiente:

### 1.1.1 Objetivo general

Determinar el tránsito desviado, inducido y generado para el proyecto Palmillas-Apaseo El Grande y el activo Libramiento Noreste de Querétaro, así como su pronóstico de crecimiento durante los próximos 30 años, considerando la evolución de la infraestructura de transporte en la zona y bajo el supuesto de que opere a través de un régimen de cuota. Así como realizar el análisis de sensibilidad de la demanda a cambios en las tarifas.

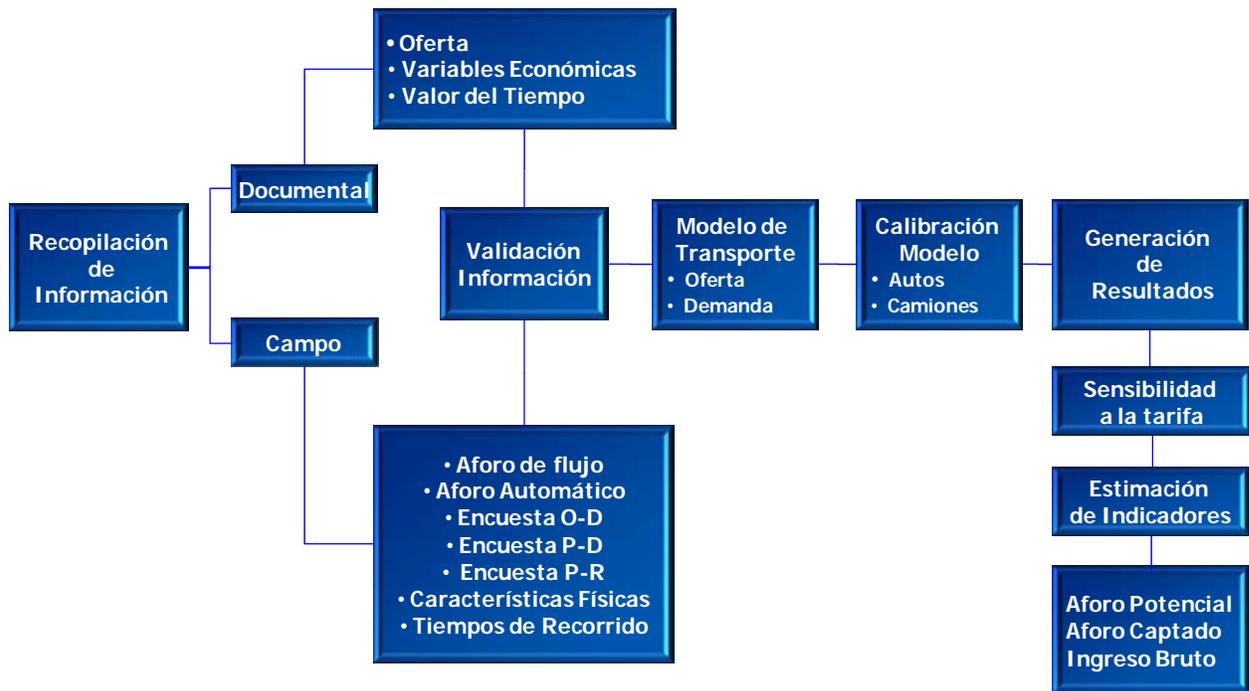
### 1.1.2 Alcances

Los siguientes alcances consideran recopilar, validar y procesar la información necesaria y suficiente en campo para el análisis integral tanto de los activos en operación, como de los nuevos proyectos considerados para este estudio; la integración y el análisis de la información necesaria y suficiente (documental y de campo) para el Estudio de Demanda tanto de los activos en operación, como del nuevo proyecto considerado para este estudio. El Estudio de Demanda considera la construcción de los modelos de oferta y demanda, incluyendo su calibración, preparación de escenarios y estimación de la demanda futura para los activos en operación y el nuevo proyecto.

### 1.1.3 Metodología

Para el logro de los objetivos del proyecto se desarrolló un proceso sistemático de análisis, que implica el cumplimiento estricto de una serie de actividades, las cuales se describen a continuación, (ver Figura 1).

**Figura 1. Metodología General del Estudio**



**Recopilación de la Información Documental y de Campo:** El propósito es recopilar información existente y actualizada, que de forma conjunta permitan caracterizar la zona de estudio donde se ubica el proyecto carretero, la información documental se obtiene de planes de desarrollo estatal y municipal; anuarios estadísticos, información estadística y económica publicada por dependencias gubernamentales y privadas. La información de campo se obtiene mediante aplicación de encuestas origen-destino, preferencia declarada, conteo manual y automático de aforo vehicular, realización de tiempos de recorrido y características físicas y geométricas de la red carretera de influencia al proyecto.

**Validación de la información:** Con la información disponible de campo y documental ya integrada en bases de datos, se elabora un diagnóstico de las condiciones que prevalecen en la región y en la red carretera de la zona de estudio. Adicionalmente, se lleva un análisis del entorno socioeconómico dentro de la zona de influencia del proyecto, el cual servirá de base para la conformación de los diferentes escenarios de crecimiento económico previsto para el horizonte de planeación, con la finalidad de estimar el crecimiento del tránsito.

En esta etapa metodológica se desarrollan los diferentes componentes para la conformación del modelo de transporte carretero, relacionados con la zonificación, la oferta carretera, la demanda potencial al proyecto y el valor del tiempo de los diferentes usuarios.

**Modelo de transporte:** En esta etapa se desarrolla el modelo de transporte carretero, haciendo uso del software para la planeación del transporte Emme 3<sup>1</sup>.

**Calibración del modelo:** Este modelo se calibra para el año base 2010, con las características actuales del tránsito y de la demanda que circula en la red carretera de influencia directa al proyecto. A partir del modelo calibrado, se desarrollan los diferentes escenarios de pronóstico de tránsito para cada tipo de vehículo, obteniendo la demanda esperada para la autopista Palmillas–Apaseo el Grande y el Libramiento Noreste de Querétaro. Para la definición de los escenarios, se considerarán los cambios significativos en la infraestructura carretera con respecto al año base.

**Generación de resultados:** Se realiza la proyección de la demanda del año base, a partir del análisis de las relaciones funcionales que existen entre el tránsito vehicular y las variables socioeconómicas y demográficas (variables explicativas del comportamiento del tránsito), en esta etapa se desarrollaran los análisis de sensibilidad correspondientes a la tarifa y estructura tarifaria.

**Aforo potencial, aforo captado e ingreso bruto:** Finalmente se generan resúmenes de los resultados obtenidos de la asignación y de los ingresos esperados por el proyecto para el horizonte de planeación.

---

<sup>1</sup> El software Emme 3 es un paquete gráfico interactivo basado en el método de redes, el cual permite determinar los flujos vehiculares en una red de transporte.

## **2 Diagnóstico de la Situación Actual**

El presente capítulo representa el diagnóstico de la situación actual del área de influencia al estudio de demanda para la autopista de aprovechamiento de activos, denominada Libramiento Noreste de Querétaro, y de nueva infraestructura, denominada Palmillas–Apaseo El Grande, el cual contempla los temas de perfil socio-demográfico y socio-económico del Estado de Querétaro, Estado de Guanajuato, Municipio de Querétaro, Municipio de San Juan del Río y Municipio de Celaya, que forman parte importante del área de influencia al estudio.

A continuación se enlistan los términos utilizados en el desarrollo de este capítulo.

Grupo Vehicular: A, B, CU, CA I, CA II y Otros.

A: Automóviles.

B: Autobuses.

CU: Camiones de 2 y 3 ejes.

CA I: Camiones de 5 y 6 ejes.

CA II: Camiones de 7 ejes o más.

Otros: Vehículos no clasificados (Patrullas, ambulancias, camiones de bomberos, vehículos del ejército y fuerza armada)

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual.

TCMA: Tasa de Crecimiento Medio Anual.

PIB: Producto interno bruto.

PEA: Población económicamente activa.

FONADIN: Fondo nacional de infraestructura.

SCT: Secretaría de Comunicaciones y transportes.

DGDC: Dirección General de Desarrollo Carretero.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

CONAPO: Consejo Nacional de Población.

SIREM: Sistema de Información Regional de México.

TAQ: Terminal de Autobuses Querétaro

### **2.1 Características del área de estudio**

#### **2.1.1 Ubicación dentro del entorno nacional**

La autopista Palmillas–Apaseo El Grande, formara parte del corredor 3 Querétaro-Ciudad Juárez, esto permitirá acelerar el desarrollo económico del Estado de

Querétaro, Irapuato-Guadalajara, además, será una vía alterna para el tránsito de largo itinerario en donde el origen y destino es el occidente y noreste del país, el trazo de la autopista inicia en Palmillas en el entronque con la Autopista México-Querétaro, dentro de su recorrido atravesará 6 municipios: San Juan del Rio; Pedro Escobedo, Huimilpan, Corregidora, Apaseo El Alto y Apaseo El Grande, hasta entroncar con la Autopista Querétaro-Irapuato, la construcción de esta autopista evitara el paso por la zona industrial de San Juan de Rio y por las Ciudad de Querétaro, en la Figura 2 se observan los principales corredores del sistema carretero y la zona de influencia del proyecto Palmillas-Apaseo El Grande y el Libramiento Noreste de Querétaro.

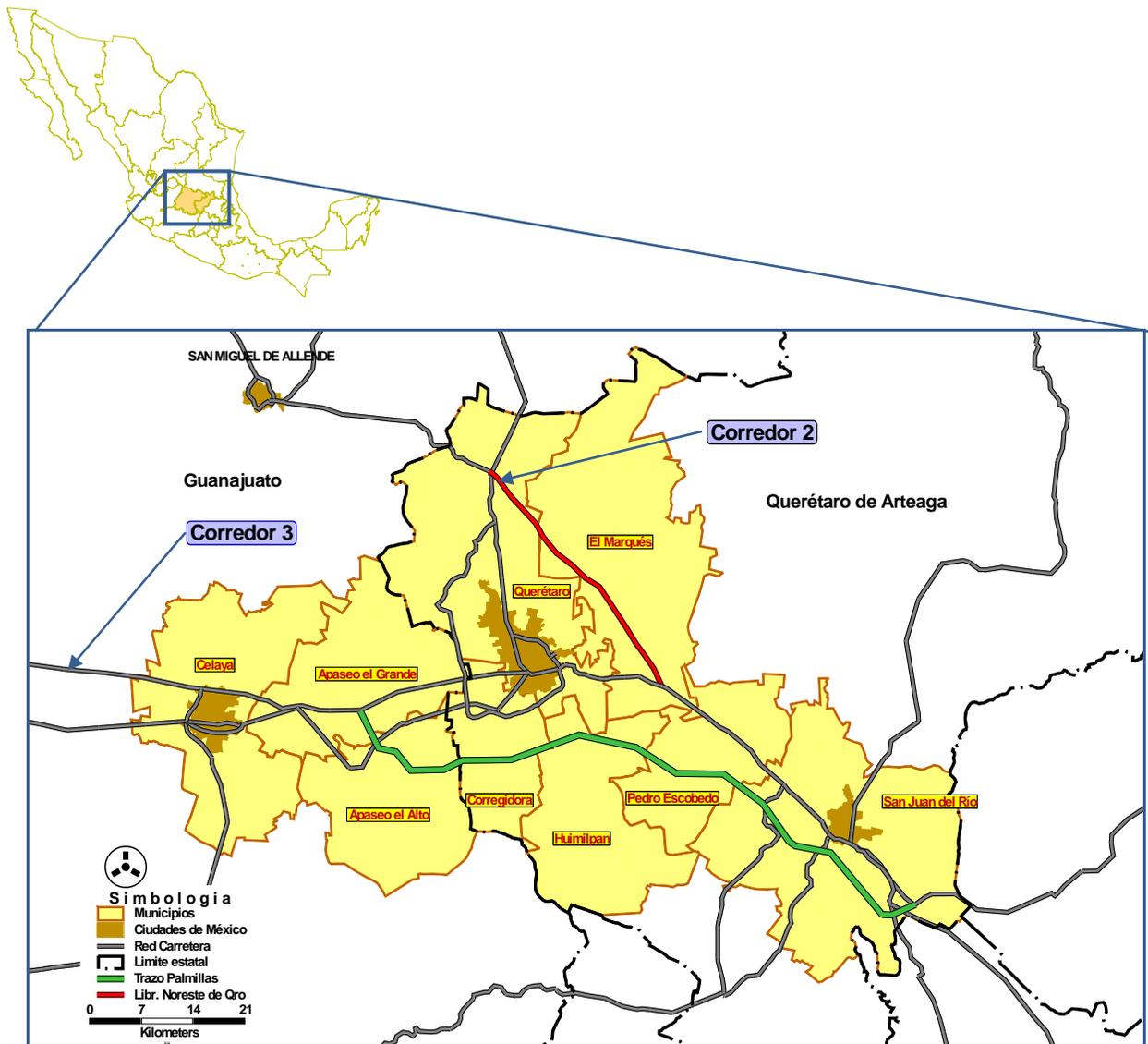
Actualmente el Libramiento Noreste de Querétaro, es una autopista tipo A2, con una longitud de 37 km, 10.5 m. de ancho de corona y un camellón central formado por la unión de barreras New Jersey, el libramiento forma parte del corredor 2 México-Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras. El libramiento tiene como objetivo desviar el tránsito de camiones de carga y pasajeros, sin necesidad de cruzar por la ciudad de Querétaro, en la Figura 3 se observa esquemáticamente el trazo del proyecto Palmillas-Apaseo El Grande y El Libramiento Noreste de Querétaro, así como los municipios del área de influencia.

**Figura 2. Principales corredores del sistema carretero nacional.**



Fuente: Elaborado con información del documento Programa Nacional de infraestructura 2007-2012, SCT.

**Figura 3. Ubicación del trazo de la Autopista Palmillas–Apaseo el Grande y Libramiento Noreste de Querétaro y área de influencia**



### 2.1.1.1 Características del Proyecto

La autopista Palmillas–Apaseo El grande, será una autopista tipo A4, con una longitud aproximada de 90 km, en la Tabla 1 y Figura 4 se muestra los entronques de la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande.

**Tabla 1. Entronques de la Autopista Palmillas–Apaseo El grande.**

No.	Entronque	Km
1	Huichapan	0
2	Palmillas	3
3	Atacomulco	5
4	Amealco I	20
5	Amealco II	30
6	Huimilpan	45
7	Coroneo	65
8	Apaseo El Alto	85
9	Apaseo El Grande	90

Fuente: Información de la SCT.

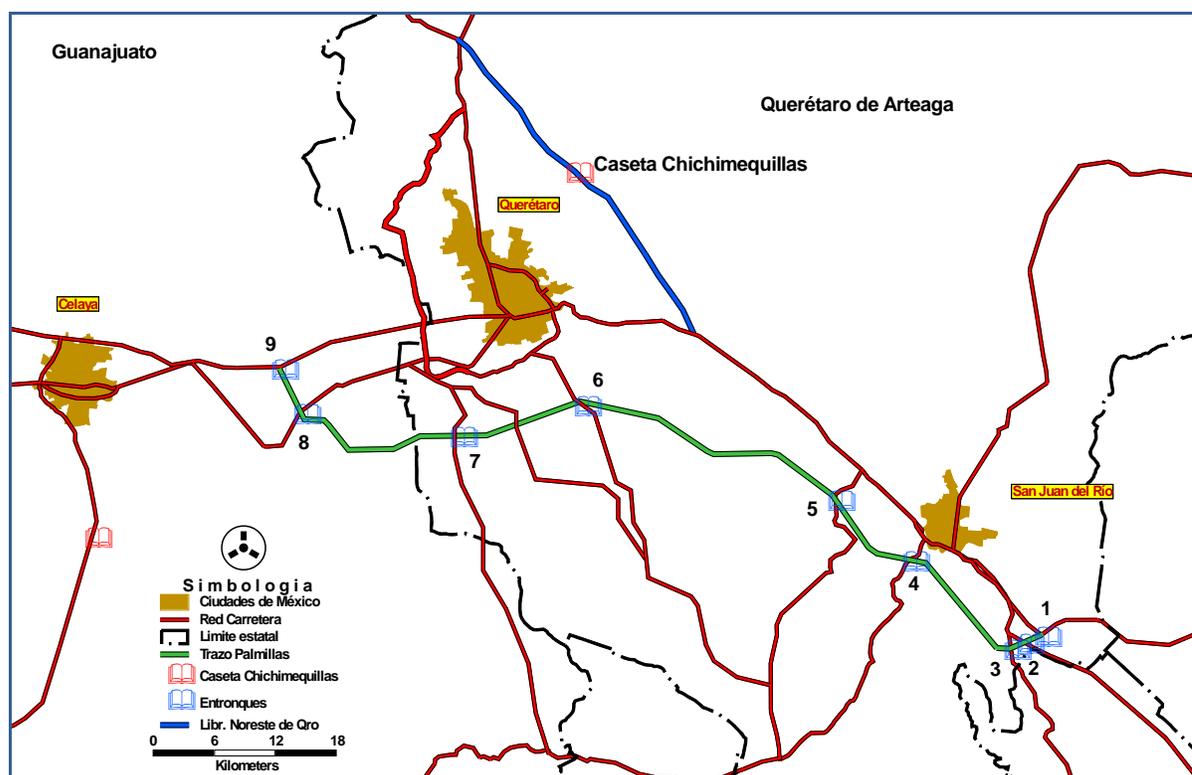
El libramiento Noreste de Querétaro está contemplado en el paquete de aprovechamiento de activos el cual consiste en desincorporarla del FONADIN y concesionarla al sector privado. A la fecha el libramiento cuenta con una caseta de peaje (caseta Chichimequillas) ubicada en el km 20.32, en la Tabla 2 se observan las tarifas vigentes.

**Tabla 2. Tarifas actuales del Libramiento Noreste de Querétaro.**

Vía	Long (km)	Vigente desde	Autos Motos	Autobuses	CU	CA I	CA II
Libramiento Noreste de Querétaro	37	01/01/2010	\$38	\$62	\$61	\$62	\$85

Fuente: Información de la DGDC, SCT.

**Figura 4. Entronques de la Autopista Palmillas–Apaseo El grande y Caseta de Peaje del Libramiento Noreste.**



Fuente: Información de la SCT.

## 2.1.2 Características de la población

El siguiente análisis define las características demográficas como PEA para el Estado de Querétaro y el Estado de Guanajuato, población y parque automotriz para el Estado de Querétaro, el Municipio de Querétaro, Municipio de San Juan del Río, Estado de Guanajuato y el Municipio de Celaya.

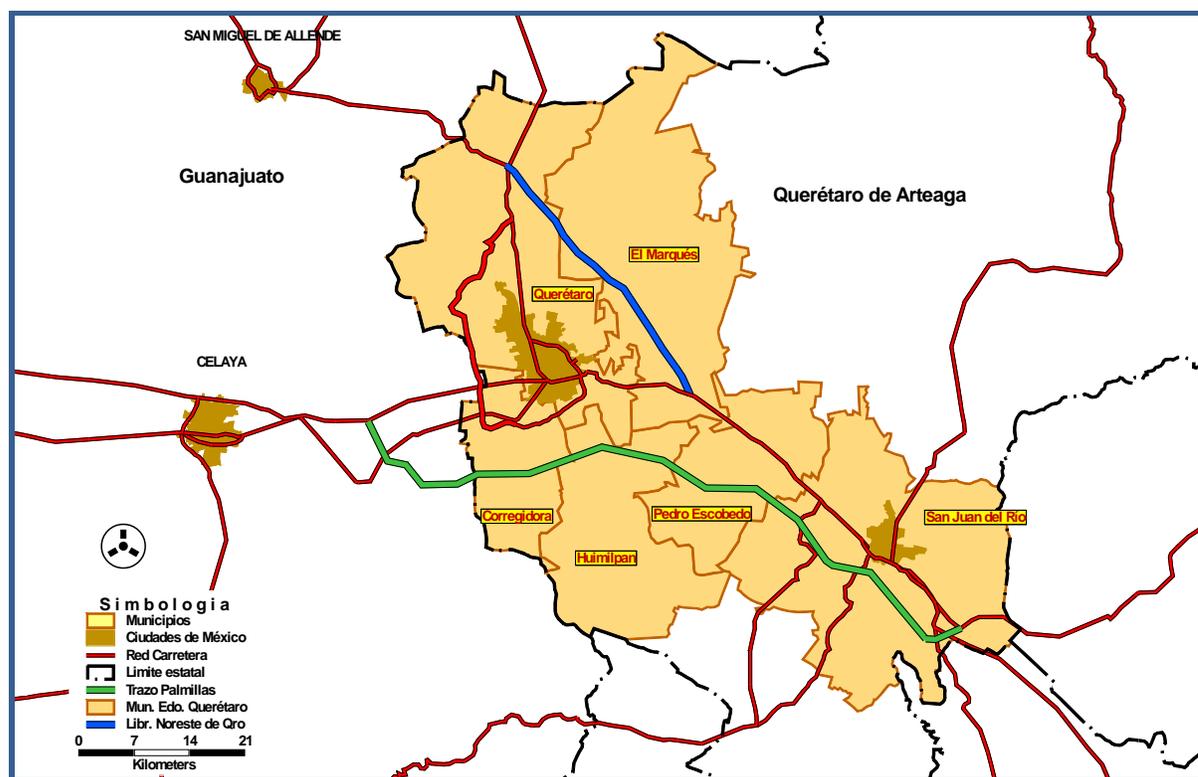
### 2.1.2.1 Estado de Querétaro

El Estado de Querétaro es uno de los 31 estados que junto con el Distrito Federal conforman las 32 entidades federativas de México. Se ubica en el centro de México, en una región conocida como "El Bajío". Su capital es la ciudad de Santiago de Querétaro, ubicada a 200 km al noroeste de la Ciudad de México.

El Estado de Querétaro está conformado por 18 municipios de los cuales 6 municipios están dentro del área de influencia al proyecto de la autopista Palmillas–Apaseo El Grande y el Libramiento Noreste de Querétaro, estos municipios son: San Juan del Río, Pedro Escobedo, Huimilpan, Corregidora, El Marquez y Querétaro.

En la Figura 5, se observan los municipios en el área de influencia al proyecto de la autopista Palmillas–Apaseo El Grande y el Libramiento Noreste de Querétaro

**Figura 5. Área de Influencia de la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande y Libramiento Noreste de Querétaro en el Estado de Querétaro.**



Elaboración Propia.

### 2.1.2.1.1.1 Perfil socio demográfico

El comportamiento de las variables demográficas sitúa a Querétaro como una entidad con una intensa dinámica en este rubro; observándose un incremento en el total de población, como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3. Evolución de la cantidad de habitantes del estado.**

Año	Habitantes	Tasa de crecimiento
1,900	232,389	
1,910	244,663	0.52%
1,920	220,231	-1.05%
1,930	234,058	0.61%
1,940	244,737	0.45%
1,950	286,238	1.58%
1,960	355,045	2.18%
1,970	485,605	3.18%
1,980	739,605	4.30%
1,990	1,051,235	3.58%
1,995	1,248,844	3.51%
2,000	1,404,306	2.37%
2,005	1,598,139	2.62%

Fuente: Información del INEGI.

La tasa de crecimiento poblacional ha tenido también un comportamiento muy significativo en este siglo; llegando a su límite superior entre 1970 y 1980, en que

alcanzó 4.30%, situándose a partir de esa década sobre la media nacional. La tasa de crecimiento para 1990 había descendido a 3.58%, para el 2005 la tasa sigue siendo baja alcanzando el 2.62%, en la Tabla 4 se observa la población por municipio en el Estado de Querétaro.

**Tabla 4. Población por Municipios del Estado de Querétaro.**

Municipio	Total de Población 2005	% Participación
Amealco de Bonfil	56,457	3.53%
Arroyo Seco	12,493	0.78%
Cadereyta de Montes	57,204	3.58%
Colón	51,625	3.23%
Corregidora	104,218	6.52%
El Marqués	79,743	4.99%
Ezequiel Montes	34,729	2.17%
Huimilpan	32,728	2.05%
Jalpan de Serra	22,025	1.38%
Landa de Matamoros	18,905	1.18%
Pedro Escobedo	56,553	3.54%
Peñamiller	17,007	1.06%
Pinal de Amoles	25,325	1.58%
Querétaro	734,139	45.94%
San Joaquín	7,634	0.48%
San Juan del Río	208,462	13.04%
Tequisquiapan	54,929	3.44%
Tolimán	23,963	1.50%
<b>Estado</b>	<b>1,598,139</b>	<b>100%</b>

Fuente: Información del INEGI, del Censo General de Población y Vivienda 2005.

En la Tabla 5, se observa la densidad de población para el Estado de Querétaro.

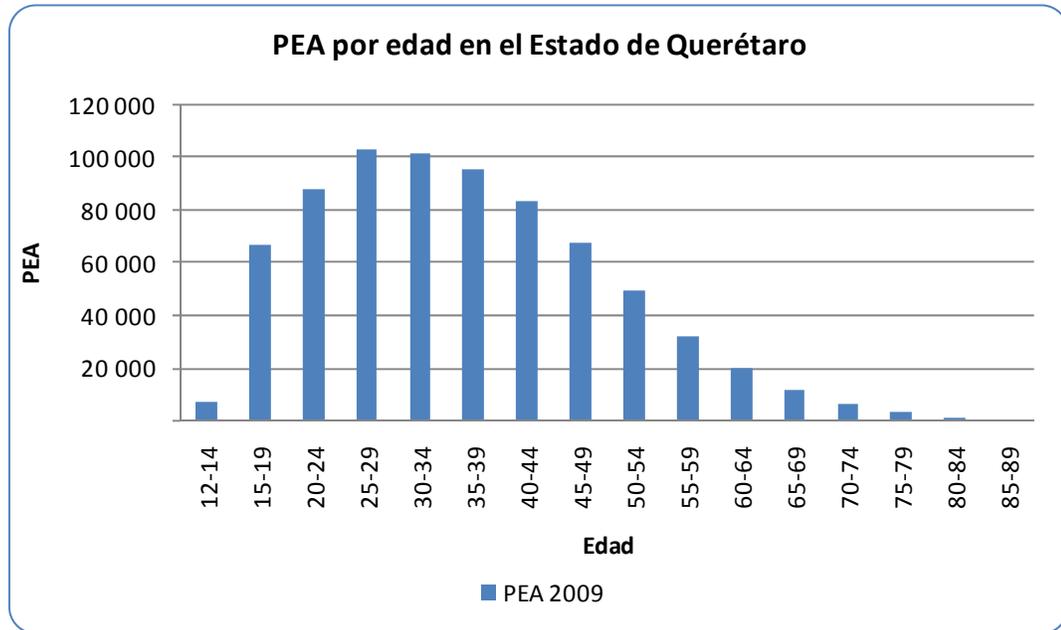
**Tabla 5. Densidad de la Población del Estado de Querétaro.**

Superficie	Unidad de medida	Área	Población	Densidad de población
1	2	3	4	5 = 4/3
Estado de Querétaro	km2	11,580.30	1,598,139	138

Fuente: Información del INEGI Marco Geo-estadístico 2005.

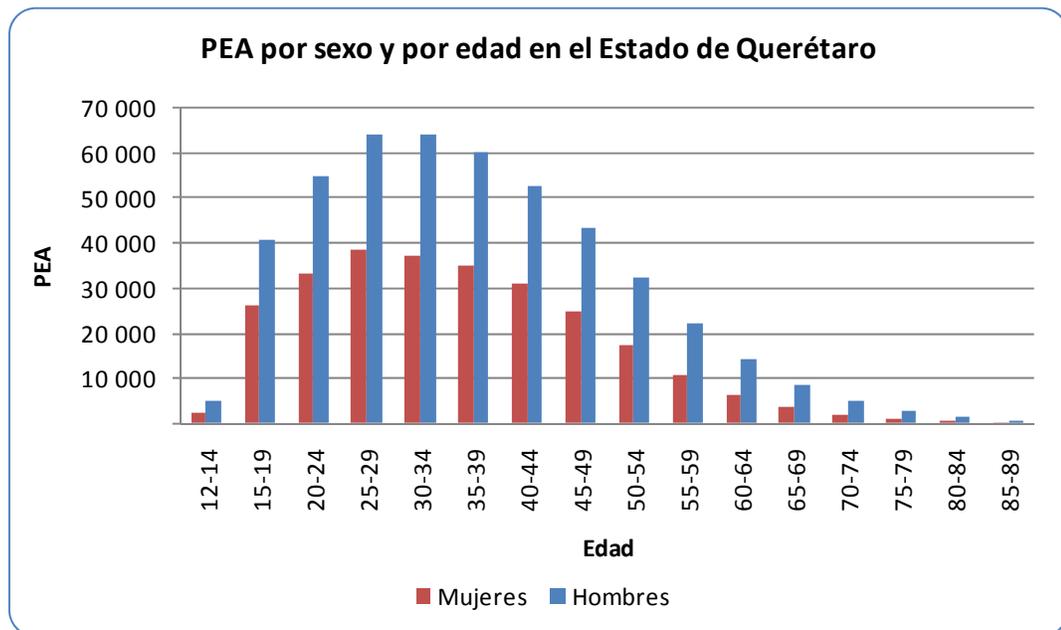
**PEA:** En el Estado de Querétaro, de acuerdo a los resultados de la CONAPO, durante el año 2009 la Población Económicamente Activa (PEA) fue de 741,358 personas, en la Figura 6 se observa la PEA total por edad y en la Figura 7 se muestra gráficamente la PEA total por sexo y edad.

**Figura 6. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por edad.**



Fuente: Información de la CONAPO.

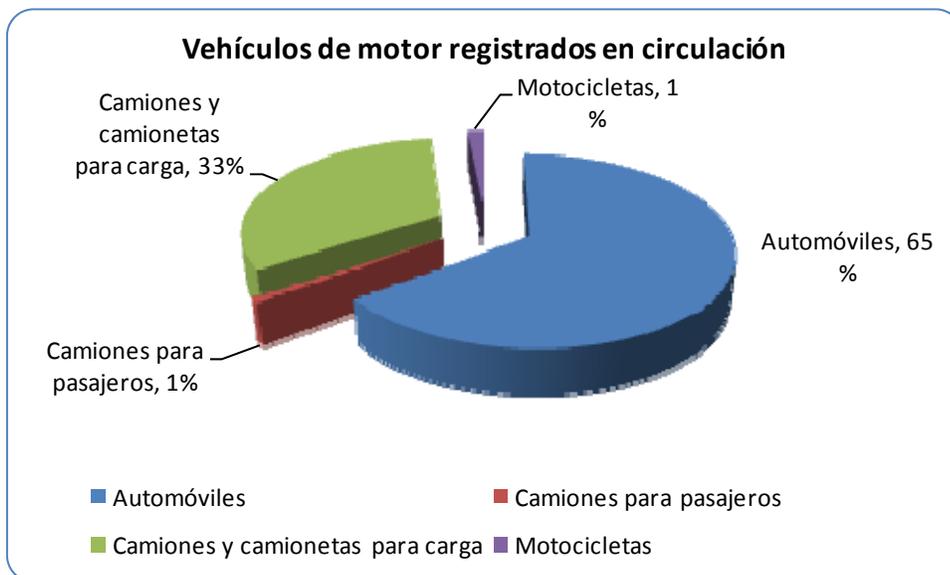
**Figura 7. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por sexo y por edad.**



Fuente: Información de la CONAPO.

**Parque Automotriz:** El Estado de Querétaro tiene registrado para el año 2008 un total de 395,483 vehículos, en la Figura 8 se observa la clasificación vehicular.

**Figura 8. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Estado de Querétaro.**



Fuente: Información del INEGI.

### **2.1.2.2 Municipio de Querétaro, Querétaro**

El Municipio de Querétaro tiene una extensión de 759.9 km<sup>2</sup>, que corresponde al 6.5% de la extensión total del Estado y ocupa el séptimo lugar en extensión territorial en el mismo. Cuenta con 233 comunidades, integradas en 7 delegaciones, 133 de las cuales son menores a 50 habitantes. Se localiza al sur-poniente de la entidad, colinda al oriente con el Municipio de El Marqués; al sur con los de Huimilpan y Corregidora; al poniente con los Municipios de Apaseo El Grande y San Miguel Allende, Guanajuato y al norte con el Municipio de Comonfort, Guanajuato. Sus principales localidades, de acuerdo a la aportación de población son la cabecera Municipal Santiago de Querétaro, Santa Rosa Jáuregui, Santa María Magdalena, San José El Alto, Tlacote El Bajo, San Pedro Mártir, Buenavista, El Salitre, Montenegro y Pie de Gallo.

#### **2.1.2.2.1.1 Perfil socio demográfico**

##### **Población:**

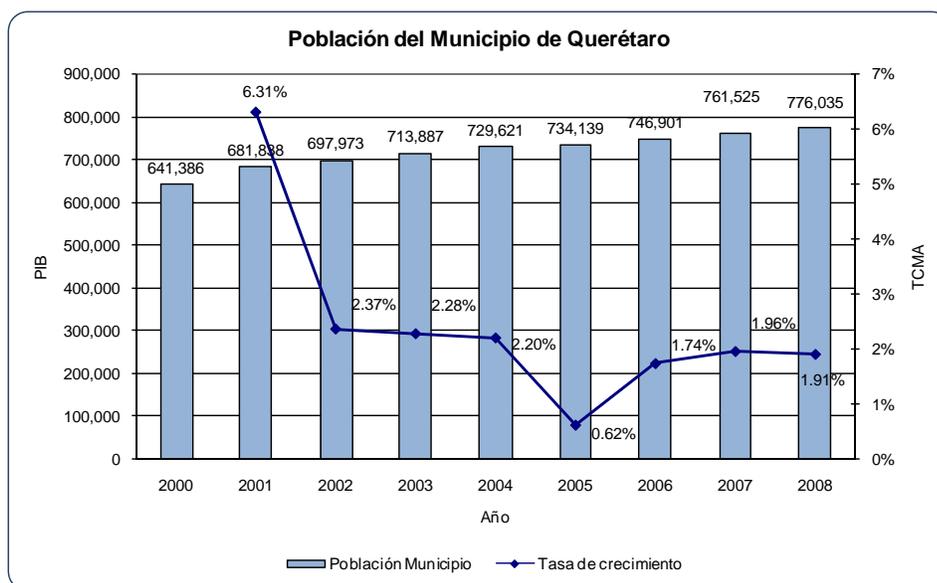
El Municipio de Querétaro, para el 2005 contaba con 734,139 habitantes (según datos del INEGI, ver Tabla 6), es la tercera ciudad más poblada de la región Bajío, a nivel nacional, es la undécima zona metropolitana más poblada. Su tasa de crecimiento anual fue de 2.74% en el periodo 2000-2005.

**Tabla 6. Población municipal 2000-2008.**

Año	Municipio Querétaro	Tasa de crecimiento
2000	641,386	
2001	681,838	6.31%
2002	697,973	2.37%
2003	713,887	2.28%
2004	729,621	2.20%
2005	734,139	0.62%
2006	746,901	1.74%
2007	761,525	1.96%
2008	776,035	1.91%

Fuente: Información del INEGI, del Censo General de Población y Vivienda 2000 y del Segundo Censo de Población y Vivienda 2005. Para los años 2006, 2007 y 2008 se emplearon estimaciones de la CONAPO.

**Figura 9. Población del Municipio de Querétaro, 2000-2008.**



Fuente: Información del INEGI, del Censo General de Población y Vivienda 2000 y del Segundo Censo de Población y Vivienda 2005. Para los años 2006, 2007 y 2008 se emplearon estimaciones de la CONAPO.

La Tabla 7, muestra la densidad de población para el Municipio de Querétaro y la Localidad de Santiago de Querétaro.

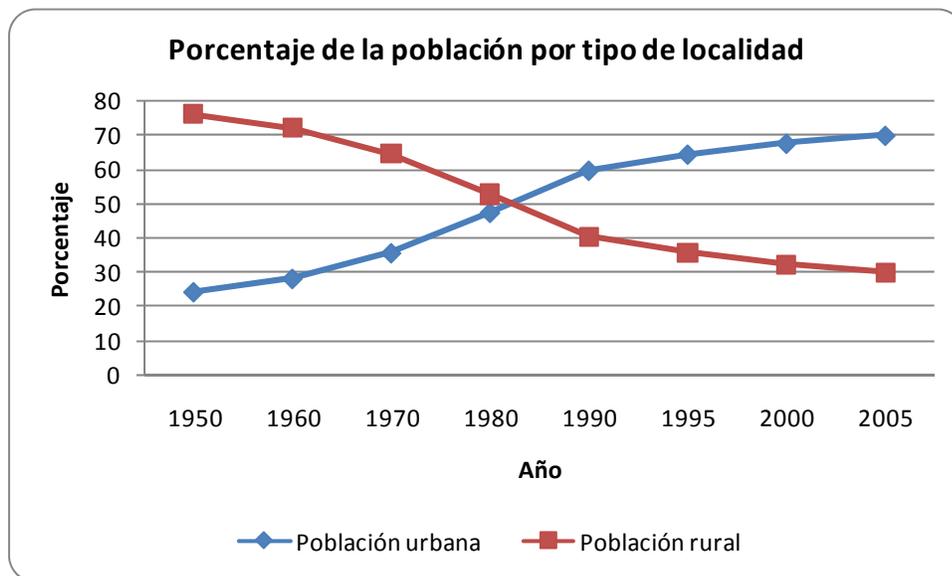
**Tabla 7. Densidad de la población del Municipio de Querétaro.**

Superficie	Unidad de medida	Área	Población	Densidad de población
1	2	3	4	5 = 4/3
Municipio de Querétaro	km2	735.3	734,139	998
Localidad de Santiago de Querétaro	km2	93	614,042	6,602

Fuente: Información del INEGI Marco Geo-estadístico 2005.

Santiago de Querétaro y San Juan del Río son las dos principales localidades urbanas que concentran el 44.9% del total de los habitantes del Estado de Querétaro, así mismo, siete de cada diez personas radican en localidades con 2,500 o más habitantes y 3 de cada 10 en las del ámbito rural. La transformación de población rural en urbana ha crecido de manera considerable, como se puede observar en la Figura 10.

**Figura 10. Porcentaje de la población del Municipio de Querétaro por tipo de localidad, 1950-2005.**



Fuente: Información del INEGI, Cien Años de Censos de Población, INEGI, Primer Censo de Población y Vivienda 1995, INEGI, XII Censo de General de Población y Vivienda 2000 y Segundo Censo de Población y Vivienda 2005.

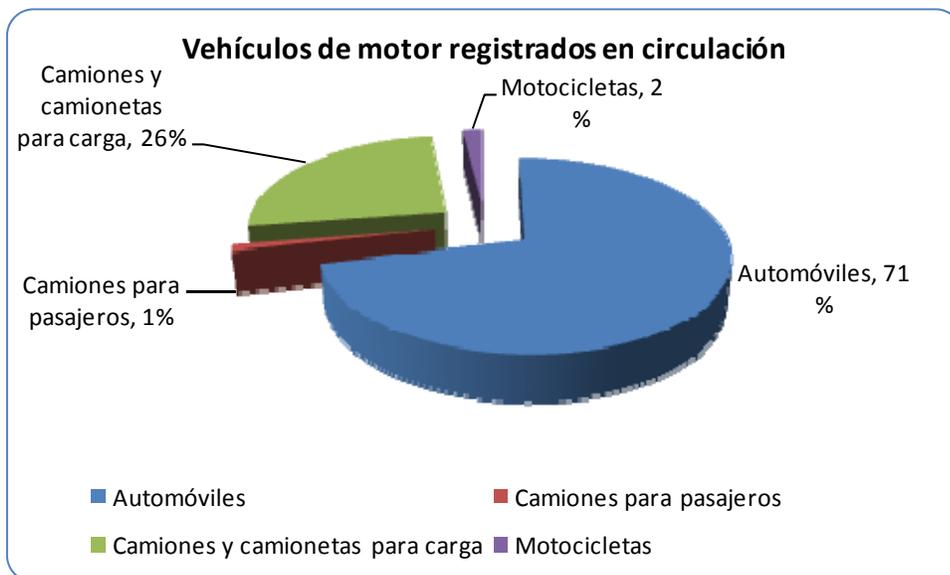
### Comportamiento demográfico

**Fecundidad:** La Tasa Global de Fecundidad (TGF) indica el promedio de hijos nacidos vivos que tendría una mujer durante su vida reproductiva, es decir, la población femenina de 15 a 49 años en el periodo 2000 a 2008 el indicador pasó de 2.8 a 2.1 hijos en promedio por mujer, según los indicadores demográficos del Consejo Nacional de Población.

**Mortalidad:** La esperanza de vida al nacimiento se refiere al número de años que en promedio se espera viva un recién nacido, bajo el supuesto de que estará expuesto a los riesgos de muerte observados para la población en su conjunto. Este indicador permite comparar los niveles de mortalidad de distintas poblaciones o áreas específicas. De acuerdo con las proyecciones de población 2005-2050, en 2008, la esperanza de vida al nacer es de 75 años. La esperanza de vida de las mujeres es de 78 años y la de los hombres de 73 años, la tasa bruta de mortalidad para 2008 es de 4.2 defunciones por cada mil habitantes. El indicador representa la relación entre las defunciones registradas en un año y la población media durante el mismo lapso.

**Parque Automotriz:** El Municipio de Querétaro tiene registrado para el año 2008 un total de 233,052 vehículos, en la Figura 11 se observa la clasificación vehicular.

**Figura 11. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de Querétaro.**



Fuente: Información del INEGI.

### **2.1.2.3 Municipio San Juan Del Río, Querétaro**

El Municipio de San Juan del Río tiene una superficie de 796.6 km<sup>2</sup> y representa el 31.85% del área de la región Sureste del territorio del Estado de Querétaro. Su cabecera municipal del mismo nombre se localiza al centro del territorio a una altitud de 1,920 msnm. En el municipio radica una población de 237,012 habitantes (2008), de los cuales el 74.9% son urbanos y el 25.1% son rurales. Colinda al norte con el Municipio de Tequisquiapan, al sur con el Municipio de Amealco de Bonfil y con el Estado de México, al este con el Estado de Hidalgo y al oeste con el Municipio de Pedro Escobedo.

#### **2.1.2.3.1.1 Perfil socio demográfico**

##### **Población:**

Es el segundo municipio y ciudad más poblada del Estado de Querétaro. La distribución porcentual de la población municipal representó en el año 2000 el 12.8 % y en el año 2005 el 13.0%. Por su parte la Ciudad de San Juan del Río es la única que cambió en este periodo de categoría por su tamaño, al pasar de 99 mil habitantes a más de los 120 mil. La tasa de crecimiento demográfico (2003) se estimó en 7,296 habitantes/año.

La población histórica de la ciudad y municipio, de acuerdo con los resultados oficiales de los censos de 1990 y 2000, así como de los conteos de población de los años 1995 y 2005, se observan en la Tabla 8.

**Tabla 8. Población municipal de San Juan Del Río**

Año	Población Municipal	Tasa de crecimiento
1980	81,820	
1990	126,555	4.46%
1995	154,922	4.13%
2000	179,668	3.01%
2005	208,462	3.02%
2009	237,012	3.26%

Fuente: Información del INEGI.

La tasa de crecimiento anual del municipio fue en el periodo 2000–2005, del 3.02%, por otra parte durante el periodo del 2005 al 2009, la tasa de crecimiento se estandarizó en el 3.26%, lo que implica un ligera desaceleración del ritmo de crecimiento municipal. La relación de hombres-mujeres o índice de masculinidad paso de 95 en el año 2000 a 94 en el 2005; es decir 94 hombres por cada 100 mujeres. En la Tabla 9 se observa la densidad de población del municipio de San Juan del Río.

**Tabla 9. Densidad de la población del Municipio de San Juan del Río.**

Superficie	Unidad de medida	Área	Población	Densidad de población
1	2	3	4	5 = 4/3
Municipio San Juan del Río	km2	796.60	208,462	262

Fuente: Información del INEGI Marco Geo-estadístico 2005.

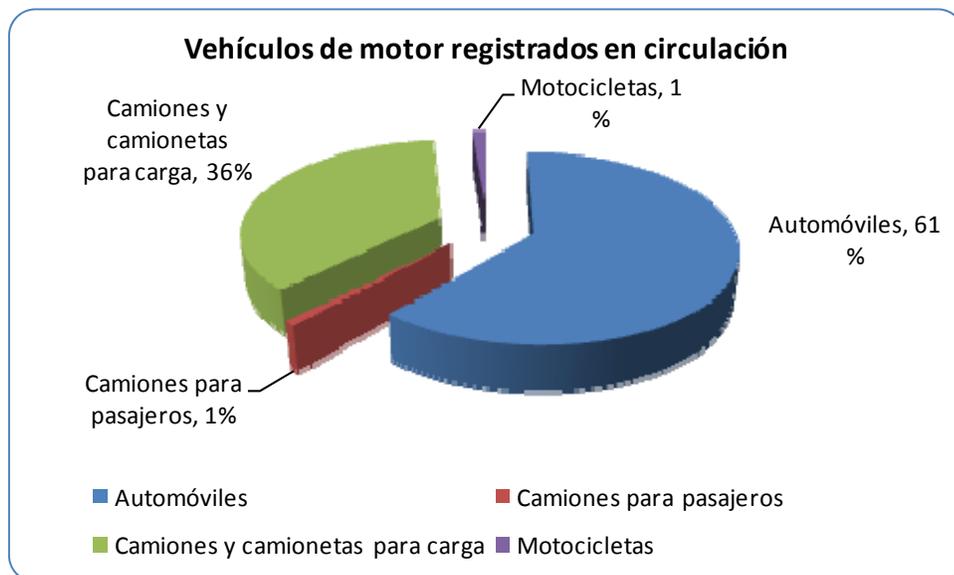
### Comportamiento demográfico:

**Fecundidad:** El Registro Civil del municipio registra los siguientes actos demográficos promedio en el periodo 2005–2009: 5,600 nacimientos.

**Mortalidad:** De igual manera el Registro Civil Registro 1,100 defunciones, (80 menores de un año).

**Parque Automotriz:** El Municipio de San Juan del Río tiene registrado para el año 2008 un total de 47,537 vehículos, en la Figura 12 se observa la clasificación vehicular.

**Figura 12. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de San Juan del Río.**



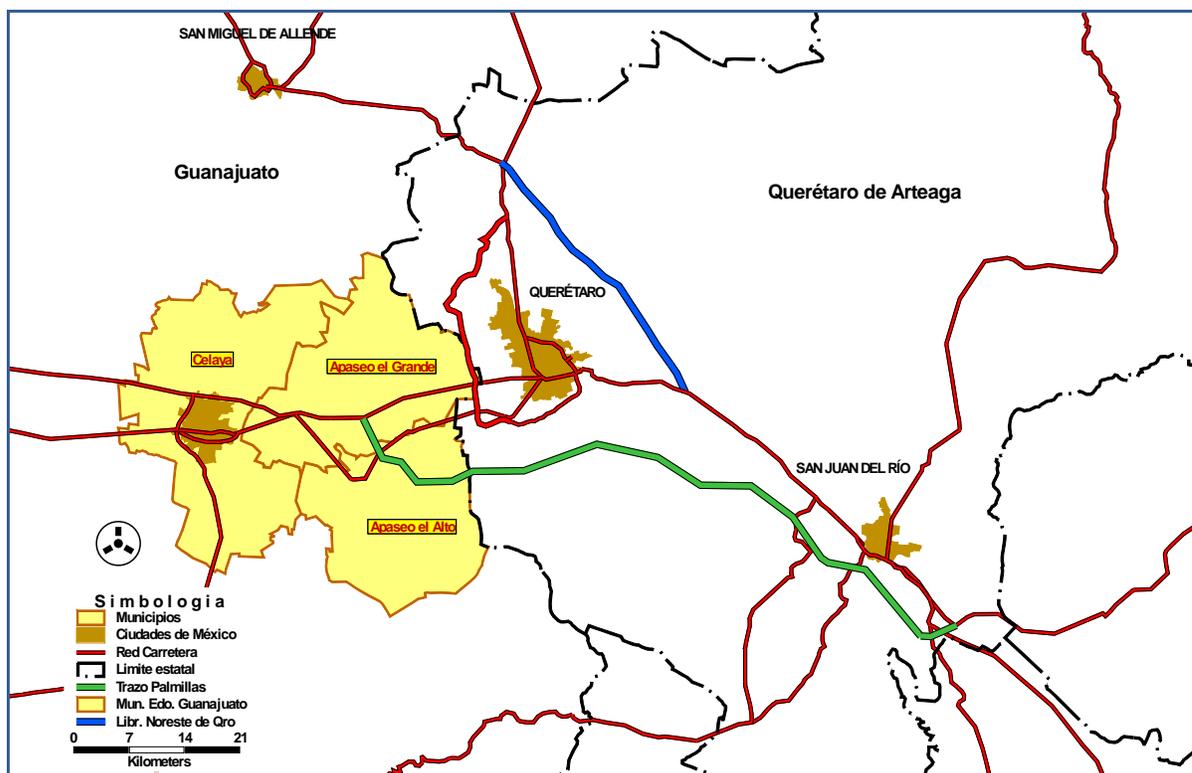
Fuente: Información del INEGI.

#### **2.1.2.4 Estado de Guanajuato**

El Estado de Guanajuato es una de las 32 entidades federativas de la República mexicana y se encuentra localizado al oriente del Estado de Jalisco, al sur de los Estados de Zacatecas y de San Luis Potosí, al poniente del Estado de Querétaro y al norte del Estado de Michoacán.

Tiene una extensión territorial de 30,589 Km<sup>2</sup>, lo que lo convierte en el vigésimo segundo lugar entre las entidades del país. El estado está compuesto por 46 municipios de los cuales 3 se encuentran en el área de influencia al proyecto Palmillas–Apaseo El Grande, los Municipios son Celaya, Apaseo El Alto y Apaseo El Grande los cuales se observan en la Figura 13.

**Figura 13. Área de influencia de la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande en el Estado de Guanajuato.**



### 2.1.2.4.1.1 Perfil socio demográfico

#### Población:

Según el II Censo de Población y Vivienda de 2005, el Estado de Guanajuato ocupa el sexto lugar a nivel nacional con una población de 4,893,812 de habitantes, representando 4.7% de la población total del país, sobre una superficie que representa el 1.6% del territorio nacional. En la Tabla 10 se observa el perfil urbano del Estado de Guanajuato:

**Tabla 10. Perfil urbano del Estado de Guanajuato.**

Población	% Población
Localidades de 100,000 o más habitantes	39.50%
Asentamientos de 15,000 a menos de 100,000 habitantes	21.40%
Localidades de 2,500 a menos de 15,000 habitantes	8.80%
Localidades en menos de 2,500 habitantes	30.30%

Fuente: Información del INEGI.

En la Tabla 11 se enlistan los 46 municipios con la población total de cada uno, así mismo, en la Tabla 12 se estima la densidad de población para el Estado de Guanajuato.

**Tabla 11. Población por municipios del Estado de Guanajuato.**

Municipio	Total de Población 2005	% Participación
Abasolo	77,094	1.58%
Acámbaro	101,762	2.08%
San Miguel de Allende	139,297	2.85%
Apaseo el Alto	57,942	1.18%
Apaseo el Grande	73,863	1.51%
Atarjea	5,035	0.10%
Celaya	415,869	8.50%
Manuel Doblado	34,313	0.70%
Comonfort	70,189	1.43%
Coroneo	10,972	0.22%
Cortazar	83,175	1.70%
Cuerámara	23,960	0.49%
Doctor Mora	21,304	0.44%
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	134,641	2.75%
Guanajuato	153,364	3.13%
Huanímara	18,456	0.38%
Irapuato	463,103	9.46%
Jaral del Progreso	31,780	0.65%
Jerécuara	46,137	0.94%
León	1,278,087	26.12%
Moroleón	46,751	0.96%
Ocampo	20,579	0.42%
Pénjama	138,157	2.82%
Pueblo Nuevo	9,750	0.20%
Purísima del Rincón	55,910	1.14%
Romita	50,580	1.03%
Salamanca	233,623	4.77%
Salvatierra	92,411	1.89%
San Diego de la Unión	34,401	0.70%
San Felipe	95,896	1.96%
San Francisco del Rincón	103,217	2.11%
San José Iturbide	59,217	1.21%
San Luis de la Paz	101,370	2.07%
Santa Catarina	4,544	0.09%
Santa Cruz de Juventino Rosas	70,323	1.44%
Santiago Maravatío	6,389	0.13%
Silao	147,123	3.01%
Tarandacuao	10,252	0.21%
Tarimoro	33,014	0.67%
Tierra Blanca	16,136	0.33%
Uriangato	53,077	1.08%
Valle de Santiago	127,945	2.61%
Victoria	19,112	0.39%
Villagrán	49,653	1.01%
Xichú	10,592	0.22%
Yuriria	63,447	1.30%
<b>Estado</b>	<b>4,893,812</b>	<b>100%</b>

Fuente: Información del INEGI, del Censo General de Población y Vivienda 2005.

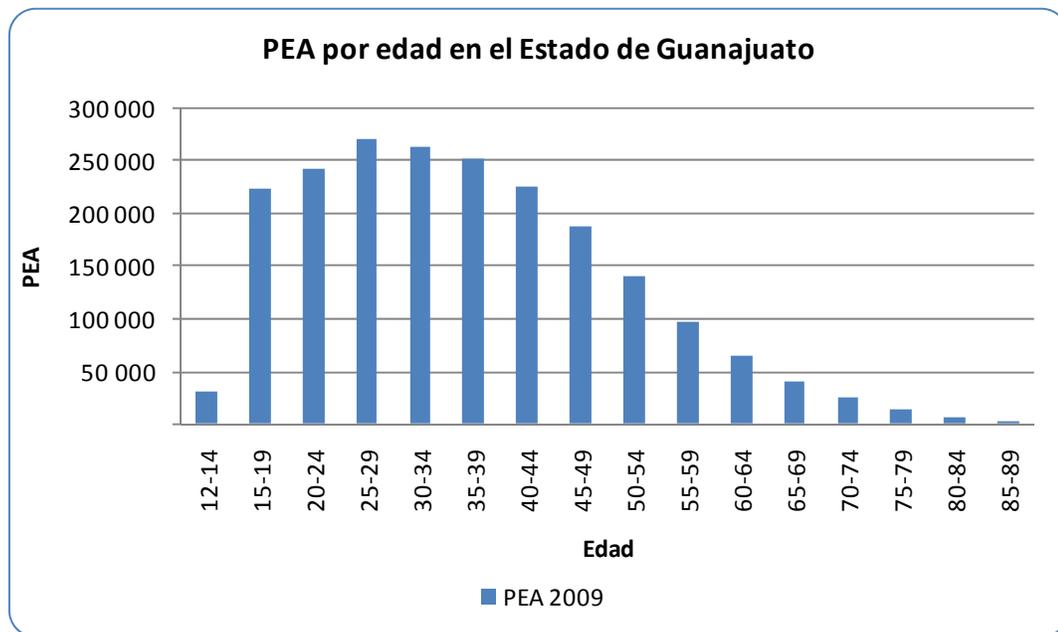
**Tabla 12. Densidad de la población del Estado de Querétaro.**

Superficie	Unidad de medida	Área	Población	Densidad de población
1	2	3	4	5 = 4/3
Estado de Guanajuato	km2	30,589.00	4,893,812	160

Fuente: Información del INEGI, del Censo General de Población y Vivienda 2005.

**PEA:** En el Estado de Guanajuato, en base a los resultados publicados por la CONAPO, durante el año 2009 la Población Económicamente Activa (PEA) fue de 2,089,082 personas, en la Figura 14 se observa la PEA total por edad y en la Figura 15 se muestra gráficamente la PEA total por sexo y edad.

**Figura 14. PEA 2009 en el Estado de Guanajuato por edad.**



Fuente: Elaborada con información de la CONAPO.

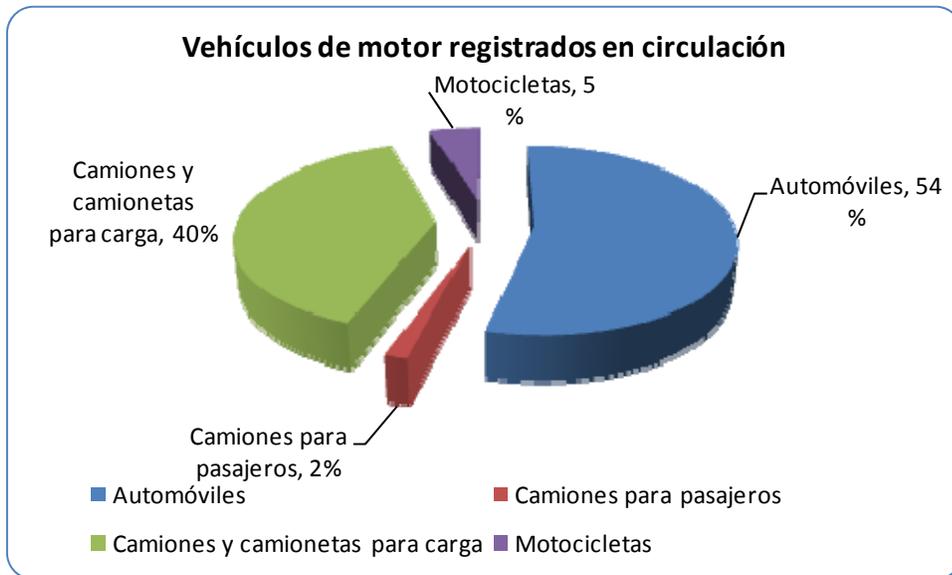
**Figura 15. PEA 2009 en el Estado de Querétaro por sexo y por edad.**



Fuente: Información de la CONAPO.

**Parque Automotriz:** El Estado de Guanajuato tiene registrado para el año 2008 un total de 1,202,989 vehículos, en la Figura 16 se observa la clasificación vehicular.

**Figura 16. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Estado de Guanajuato.**



Fuente: Elaborada con información del INEGI.

### 2.1.2.5 Municipio de Celaya, Guanajuato

El área del territorio municipal comprende 553.18 km<sup>2</sup>, equivalente al 1.82% de la superficie total del Estado, limita al norte con el Municipio de Comonfort, al este con los de Apaseo el Grande y Apaseo el Alto, al sur con el de Tarimoro, al oeste con los de Cortazar y Villagrán y al noroeste con el de Santa Cruz de Juventino Rosas.

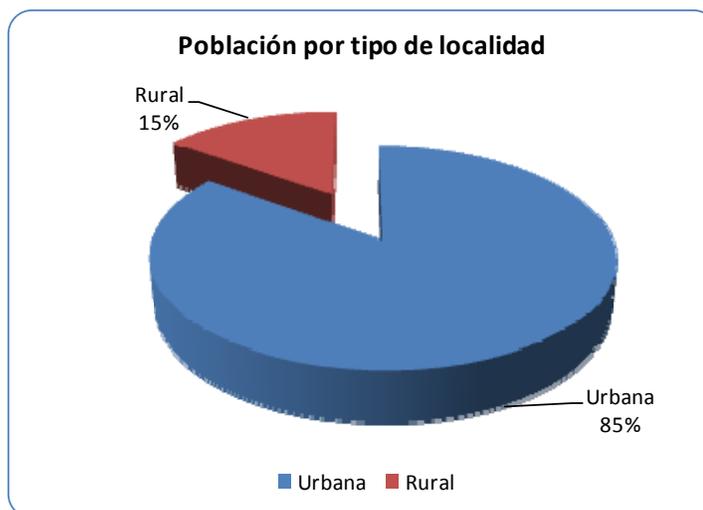
### 2.1.2.5.1.1 Perfil socio demográfico

#### Población:

Para el año 2005 el Municipio de Celaya estaba habitado por 415,869 personas, de las cuales 197,981 corresponden a población masculina y 217,888 a población femenina. Celaya es el tercer municipio más poblado de la entidad ocupando el 8.21% de la población estatal.

En la Figura 17 se observa los porcentajes de cómo está dividida la población de Celaya y en la Tabla 13 se observa la densidad de población.

**Figura 17. Porcentaje de la población de Celaya por tipo de localidad.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI, Segundo Censo de Población y Vivienda 2005.

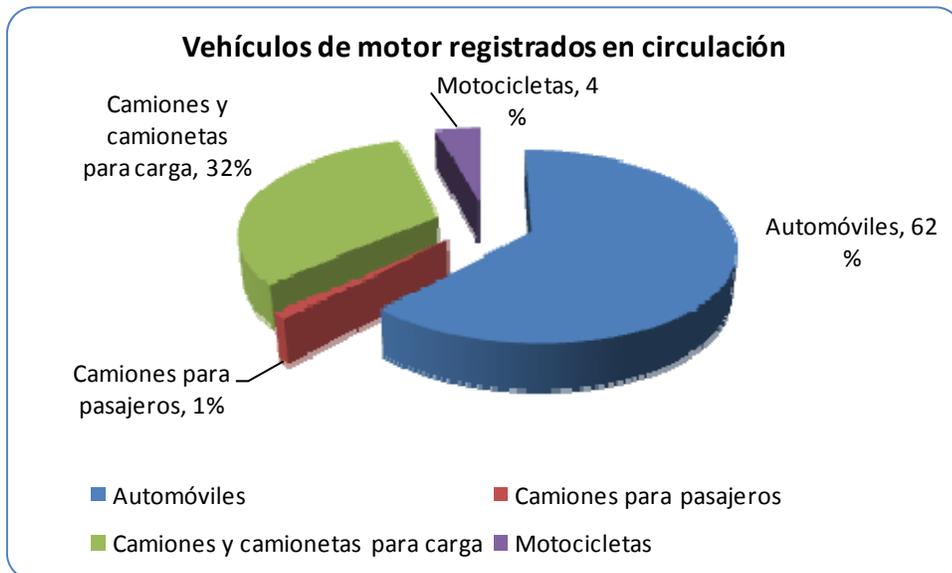
**Tabla 13. Densidad de la población del Municipio de Celaya.**

Superficie	Unidad de medida	Área	Población	Densidad de población
1	2	3	4	5 = 4/3
Municipio de Celaya	km <sup>2</sup>	553.18	415,869	752

Fuente: Elaboración con información del INEGI Marco Geoestadístico 2005.

**Parque Automotriz:** El Municipio de Celaya tiene registrado para el año 2008 un total de 119,294 vehículos, en la Figura 18 se observa la clasificación vehicular.

**Figura 18. Clasificación vehicular del parque automotriz en el Municipio de Celaya.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI.

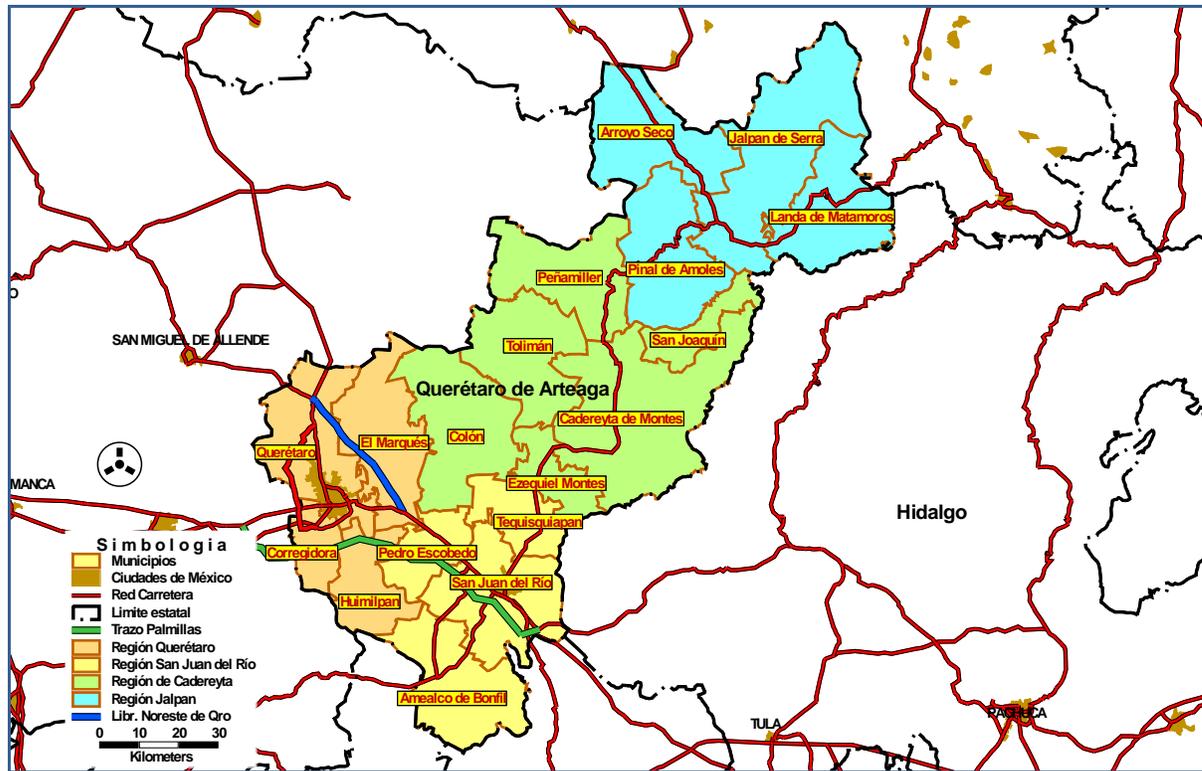
### **2.1.3 Actividades económicas**

La siguiente información puntualiza el perfil socioeconómico en que se contemplan los principales centros productores y actividades económicas (sector primario, sector secundario y sector terciario) para el Estado de Querétaro, el Municipio de Querétaro, Municipio de San Juan del Río, Estado de Guanajuato y el Municipio de Celaya; y el PIB para el Estado de Querétaro y el Estado de Guanajuato.

#### **2.1.3.1 Estado de Querétaro**

Se considera la mención que hace el documento del Plan Querétaro 2010 - 2015, en donde hace referencia que el Estado de Querétaro se divide en 4 regiones: Región Querétaro, Región San Juan del Río, Región Cadereyta y Región Jalpan, por lo cual el perfil económico del Estado de Querétaro se realizara por esta división, posteriormente se mencionara el perfil económico del Municipio de Querétaro y San Juan del Río.

**Figura 19. Regiones agropecuarias del Estado de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información del Plan Querétaro 2010-2015.

### 2.1.3.1.1 Perfil económico

**Región Querétaro:** comprende los siguientes Municipios Corregidora, Huimilpan, El Marqués y Querétaro; su actividad económica, provee de importantes servicios comerciales, financieros, educativos y de salud a la población, y es un centro de negocios y de comercialización de productos, grandes áreas del valle de esta región, en Querétaro y Corregidora, tienen potencial para la agricultura tecnificada de riego y de temporal, en la actualidad, presenta cambios hacia el comercio, los servicios, los desarrollos urbanos y la industria.

**Región de San Juan del Río:** comprende los siguientes Municipios Amealco, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tequisquiapan; las actividades predominantes son la agricultura de temporal de escaso rendimiento y la ganadería extensiva, así como la explotación de sillar, San Juan del Río es la segunda ciudad más grande del estado, municipio que se describe más adelante, la ciudad cuenta con infraestructura carretera, presas, maquinaria, organizaciones de productores y centros de consumo y comercialización hacen que destaque como la principal productora agrícola; además, se considera la segunda zona industrial y proveedora de servicios en el estado. Por su parte, Ezequiel Montes es un municipio de producción ganadera y de importancia turística, ya que aquí se localiza el tercer monolito más alto del mundo, la Peña de Bernal y otros atractivos, como el pueblo del mismo nombre.

**Región Jalpan:** comprende los siguientes Municipios Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles; sus principales actividades productivas están relacionadas con la silvicultura, la pesca, y el turismo cultural, ecológico y de riesgo. Esta región registra los mayores índices de marginación en sus municipios.

**Región de Cadereyta:** comprende los siguientes Municipios Cadereyta, San Joaquín, Colón, Ezequiel Montes, Tolimán y Peñamiller; la producción pecuaria es de agostadero y extensiva, además de que es la principal productora de aves, destacan la acuacultura y la pesca deportiva y la actividad forestal en Peñamiller, la región cuenta con una gran riqueza cultural y una importante presencia indígena. Tiene un potencial minero que se sustenta en los minerales no metálicos como la roca caliza y el mármol, además de yacimientos de minerales metálicos como el oro, la plata y el zinc.

**PIB:** El PIB para el año 2009 es de 29,084 millones para el Estado de Querétaro, la tasa de crecimiento para el año 2000-2009 es del 1.53%, la Figura 20 muestra el histórico del PIB para el Estado de Querétaro a partir del año 1999 al año 2009. El porcentaje de participación del PIB del Estado de Querétaro del PIB nacional es del 1.79 %.

**Figura 20. PIB para el Estado de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de SIREM. Datos en millones de pesos de 1993

## 2.1.3.2 Municipio de Querétaro, Querétaro

### 2.1.3.2.1.1 Perfil económico

**Empleo:** Considerando el tamaño de la unidad económica donde labora la población ocupada y tomando en cuenta sólo a aquéllos de un ámbito no agropecuario que abarca a poco menos de 572,700 personas, se obtiene la Tabla 14 de la población ocupada en el sector económico.

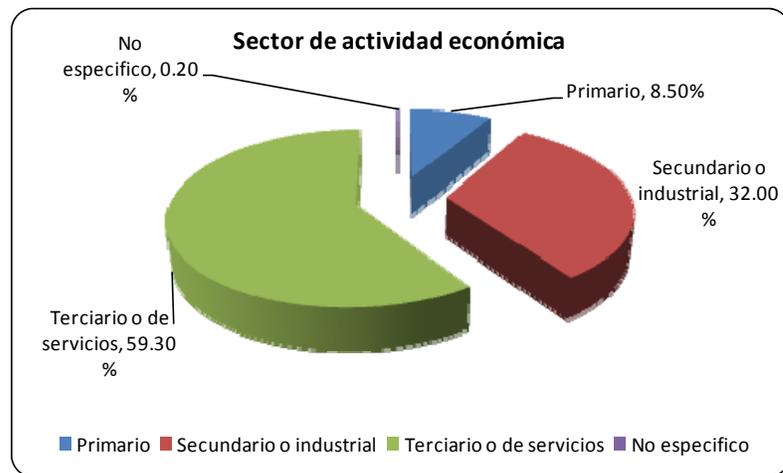
**Tabla 14. Población ocupada en el ámbito económico.**

Lugar	Población	% Población
Micro negocios	251,700	43.90%
Establecimientos pequeños	109,700	19.20%
Establecimientos medianos	70,700	12.30%
Establecimientos grandes	82,800	14.50%
Instituciones de gobierno	57,800	10.10%

Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo; 1er. trimestre 2008.

De la población ocupada por sector de actividad económica en el que labora, se obtiene la Figura 21 y Figura 22 de la clasificación por sector de actividad en el Municipio y Ciudad de Querétaro respectivamente.

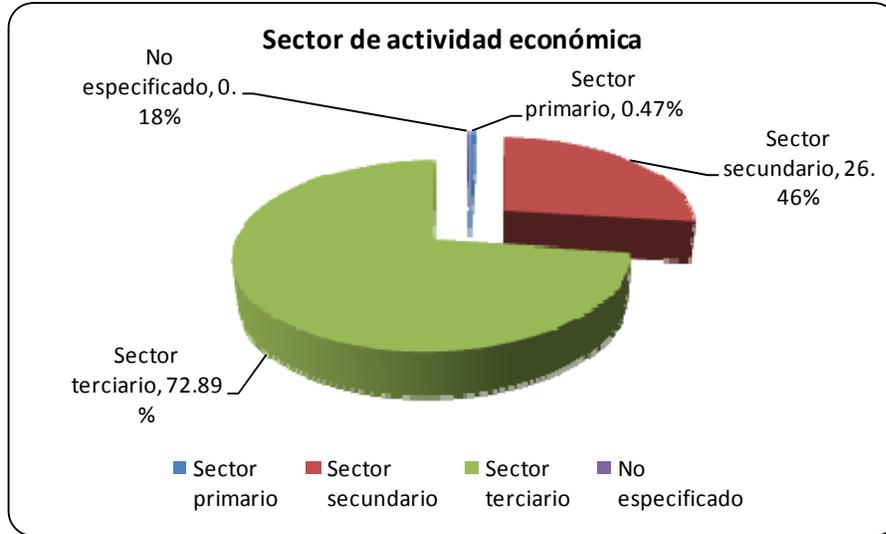
**Figura 21. Sectores de actividad económica en el Municipio de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo; 1er. trimestre 2008.

Según la jornada de trabajo, en Querétaro poco más de 28 mil personas trabajan menos de 15 horas semanales; en el extremo contrario se ubican casi 167 mil personas que laboran más de 48. En promedio la población ocupada laboró una jornada de 42.6 horas semanales.

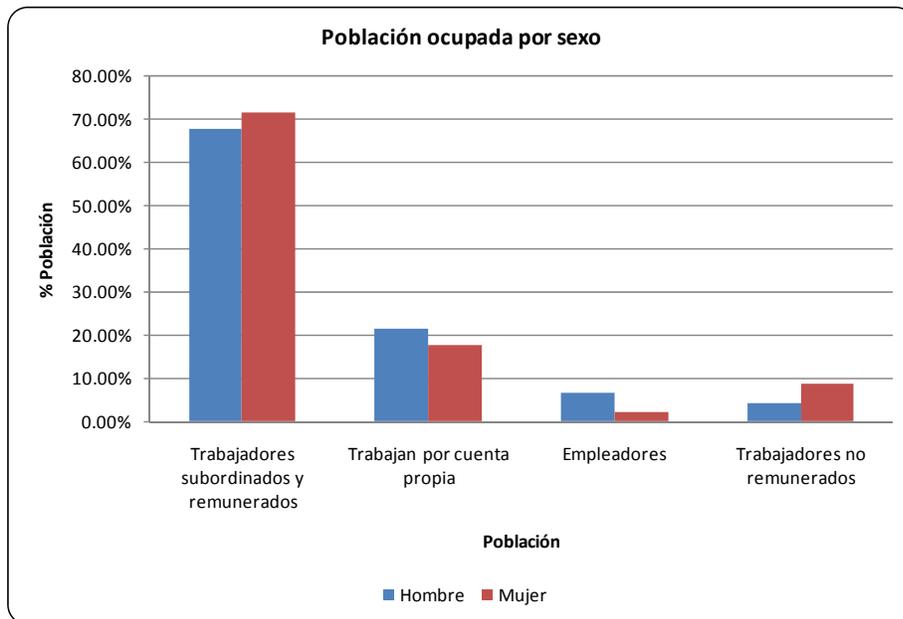
**Figura 22. Población ocupada en la Ciudad de Querétaro 2008.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2009.

Al diferenciar la población ocupada por sexo, se obtiene la Figura 23:

**Figura 23. Población ocupada por sexo.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo; 1er. trimestre 2008.

En la Tabla 15 se observa la evolución del empleo desde el año 2006 al año 2008.

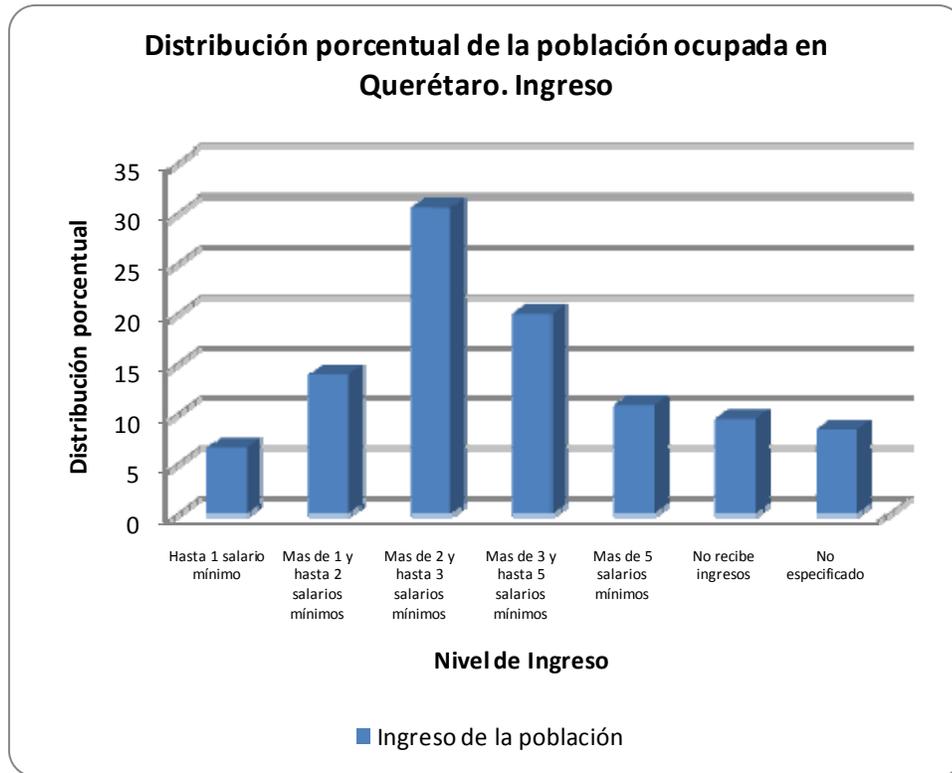
**Tabla 15. Evolución del empleo en Querétaro.**

	2006			2007			2008		
	Total	Trabajadores permanentes	Trabajadores eventuales	Total	Trabajadores permanentes	Trabajadores eventuales	Total	Trabajadores permanentes	Trabajadores eventuales
Estado	288,215	241,218	46,997	303,319	254,848	48,471	306,173	254,551	51,622
Municipio	240,056	203,290	36,766	253,107	215,791	37,316	253,307	215,694	37,613

Fuente: Elaboración con información del IMSS, Delegación Querétaro 2009.

El nivel de ingresos para el año 2008 se observa en la Figura 24.

**Figura 24. Distribución porcentual de la población ocupada en Querétaro, según nivel de ingresos, Primer trimestre 2008.**

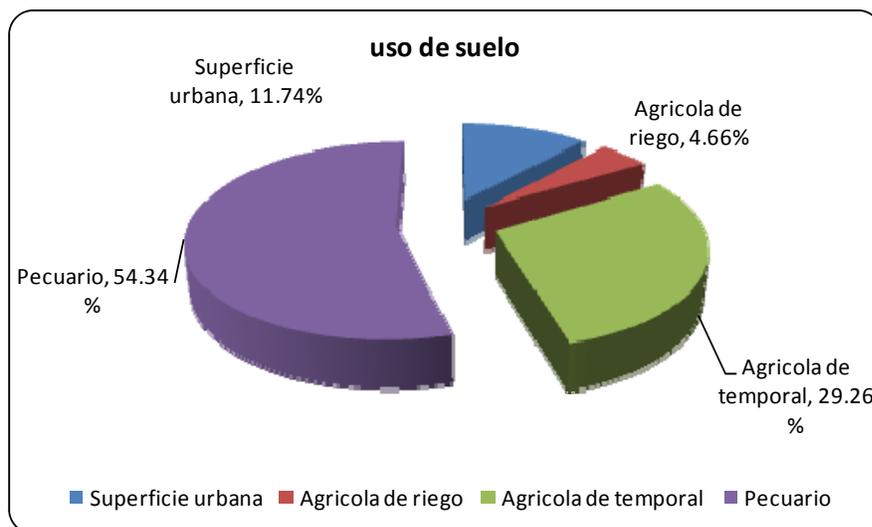


Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo; 1er. trimestre 2008.

**Sector primario:**

**Uso Actual del Suelo:** el uso de suelo se muestra en la Figura 25.

**Figura 25. Uso de suelo Municipio de Querétaro.**

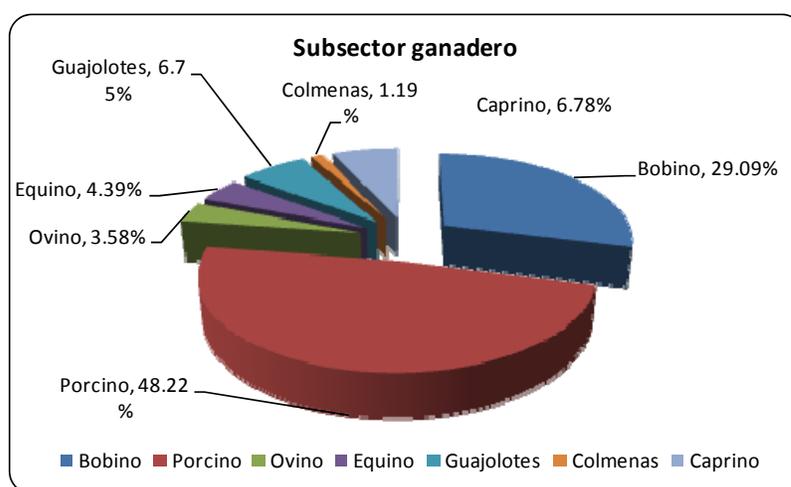


Fuente: Elaboración con información del INEGI.

**Subsector Agrícola:** El sector agropecuario en el Municipio de Querétaro, cuenta con 39 ejidos, el número de personal ocupado en agricultura y ganadería asciende a 4 261 personas, que representan el 0.1% de la población económicamente activa del municipio. La superficie beneficiada con riego permite a los productores el cultivo en los dos ciclos agrícolas: primavera/verano y otoño/invierno. Se produce, principalmente, maíz, frijol, sorgo, cebada, avena, alfalfa, espárragos, chile y ajo. En tanto que el área temporal, que es más extensa, sólo permite la producción de maíz y frijol una vez al año.

**Subsector Pecuario:** Una parte de la superficie municipal continúa destinada al desarrollo ganadero, aunque en menor grado. El Censo Ganadero del 2000 se observa en la Figura 26.

**Figura 26. Subsector ganadero Municipio de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI.

Se mencionan algunos establos lecheros “cuenca lechera” estatal, el Ejido Modelo, Tlacote, El Rincón, Santa María, Montenegro y El Pilar.

### **Sector Secundario:**

**Industria Manufacturera:** En la Tabla 16 se observa las divisiones de la industria manufacturera del Municipio de Querétaro.

**Tabla 16. Industria Manufacturera en Querétaro**

Concepto	Estado	Municipio	Participación %
Unidades económicas	4,157	1,854	44.6
Personal ocupado total	94,364	41,224	43.7

Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), 2008.

**Parques Industriales:** El Municipio de Querétaro, por su carácter metropolitano, ha captado el mayor crecimiento industrial y de servicios de la entidad. La concentración es evidente y se puede observar en la Tabla 17.

**Tabla 17. Parques Industriales en el Municipio de Querétaro.**

<b>Parque o zona industrial</b>	<b>Empresas instaladas</b>
Fraccionamiento Industrial La Montaña	27
Parque Industrial Benito Juárez	138
Parque Industrial Jurica	59
Parque Microindustrial Santiago	20
Parque Industrial Querétaro	77
<b>Total</b>	<b>321</b>

Fuente: Elaboración con información del INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), 2008.

### **Sector Terciario:**

**Comercio:** Los establecimientos comerciales de productos básicos son más de 11,563.

**Turismo:** En el 2000, el municipio contaba con 59 hoteles (desde 1 a 5 estrellas), y el total de turistas que estuvieron y visitaron en el 2000 Santiago de Querétaro fue de 1,070,685.

**Transporte y Comunicaciones:** El Municipio de Querétaro cuenta con 197.7 km de carretera federal y 137.5 km de camino rural asfaltado; las vías más importantes son: Avenida 5 de Febrero (Carretera federal No 57 México-Querétaro-Piedras Negras); Panamericana (Carretera federal No 45 México-Querétaro-Ciudad Juárez); Carretera federal No. 90 (México-Querétaro-Guadalajara-Tijuana), así como una extensa red carretera en buen estado que comunica con los municipios aledaños.

Se tiene una Terminal de Autobuses (TAQ) en la que se prestan servicios a todos los puntos importantes de la República Mexicana. La TAQ tiene una capacidad de 150 andenes y 200 cajones de espera, y es servida por 13 líneas locales y 16 foráneas. Las salidas de autobuses para el año 2001 totalizan las 529,000 salidas de autobuses y el volumen de pasajeros transportados para el mismo año fue de 10,300 pasajeros. Además, cuenta con una terminal aérea, ofrece tres vuelos locales diarios a la Ciudad de México y El volumen anual de pasajeros en vuelos comerciales asciende a 60,693 pasajeros, además de aquellos que utilizan vuelos privados o taxis aéreos. El aeropuerto reporta 45 operaciones diarias.

#### **2.1.3.3 Municipio San Juan Del Río, Querétaro**

**Empleo:** Los indicadores de empleo formales registrados representa el 12.2% de la participación estatal, con alrededor de 41 mil trabajadores inscritos en IMSS; siendo los meses de julio y agosto y el mes de octubre cuando se incrementa las solicitudes de empleo.

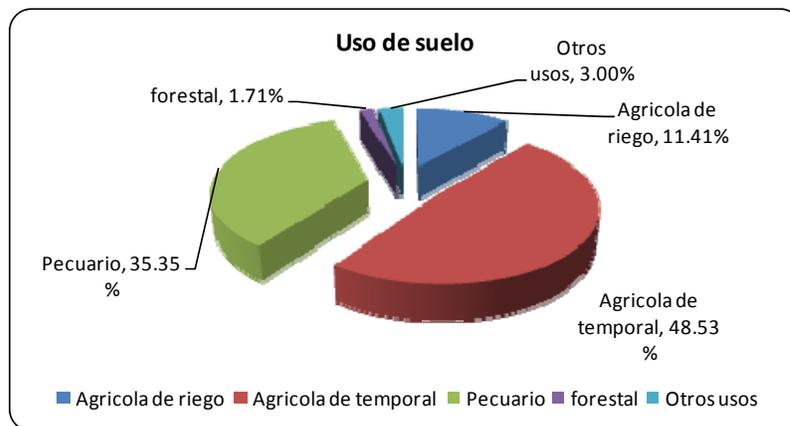
##### **2.1.3.3.1.1 Perfil económico**

#### **Sector Primario:**

La Región San Juan de Río, es la más productiva ya que cuenta con mejor infraestructura de apoyo: carreteras, presas, maquinaria, organizaciones de productores, centros de consumo y comercialización.

**Uso Actual del Suelo:** San Juan del Río cuenta con 77,990 ha del territorio municipal para el siguiente uso de suelo:

**Figura 27. Uso de Suelo San Juan del Río.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI.

**Subsector Agrícola:** Los cultivos principales que se siembran y el volumen promedio en el periodo 2005 2008 se muestran en la Tabla 18.

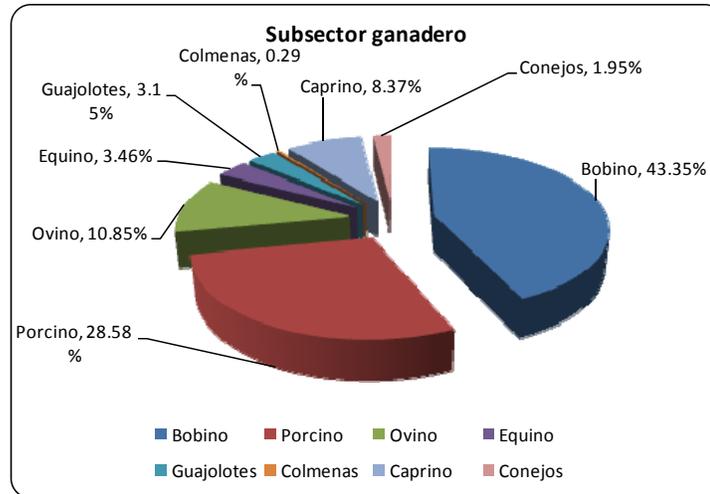
**Tabla 18. Principal Producción agrícola en San Juan del Río.**

Producción	Has	Ton.	%
Maiz grano	22,300	73,000	48.21%
Frijol	2,350	1,950	1.29%
Sorgo grano	1,800	12,000	7.92%
Cebada	650	2,850	1.88%
Hortalizas	145	2,600	1.72%
Chile seco	80	132	0.09%
Trigo	750	2,450	1.62%
Alfalfa	825	54,000	35.66%
La vid	100	2,450	1.62%
<b>Total</b>		<b>151,432</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración con información del INEGI.

**Subsector Pecuario:** El Municipio de San Juan del Río posee el siguiente subsector ganadero:

**Figura 28. Subsector ganadero en San Juan del Río.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI.

La producción ganadera alcanzó en el 2008, 224,000,000 millones de litros de leche de bovino y 77,300 litros de leche de cabra; así mismo aporta 3,380 ton. de huevo y 7.5 ton. de miel.

**Sector Secundario:**

La estructura productiva del sector industrial del municipio participa en el Producto Interno Bruto de la entidad en las divisiones económicas: Industria manufacturera, Construcción, Electricidad, Gas, Agua y en baja escala la minería.

**Parque Industrial San Juan del Río:** Se localiza en la carretera México-Querétaro en el Km.: 156, al oriente del municipio se localiza la segunda región industrial del Estado, en la región están instaladas el 37.10% de las industrias del estado, concentrando al 36.03% del personal ocupado en la industria de la entidad.

**Sector Terciario:**

**Comercio:** En el municipio se comercializan alrededor de 1100 automóviles nuevos y 250 camiones. Las unidades de comercio y de abasto municipales se realizan por medio de 3 tiendas DICONSA, 4 Tianguis, 2 mercados Públicos y el Rastro Municipal. Por otra parte no se cuenta con una Central de Abastos

**Turismo:** En San Juan del Río la infraestructura hotelera es de 26 establecimientos, en la

**Infraestructura Comunicación:** Dentro del límite Municipal de San Juan del Río convergen otras vialidades de carácter regional, como son: Carretera Federal No. 55 Toluca-Palmillas, Carretera Federal No. 120 San Juan del Río-Xilitla, San Luis Potosí; Carretera Federal No. 45, Carretera Estatal No. 300 y la Carretera Estatal No. 310 (S/I) y a nivel federal la Autopista México-Querétaro y la Carretera Federal No. 120 San Juan del Río-Xilitla en San Luis Potosí.

## 2.1.3.4 Estado de Guanajuato

### 2.1.3.4.1.1 Perfil económico

#### Sector Primario:

**Subsector Agrícola:** Esta actividad económica es comparable a la industria y al comercio por su contribución al producto interno bruto. Aproximadamente un tercio de la extensión territorial de Guanajuato son tierras cultivables; casi el 55% de este tercio pertenece a ejidatarios o comunidades agrícolas, el resto es propiedad privada.

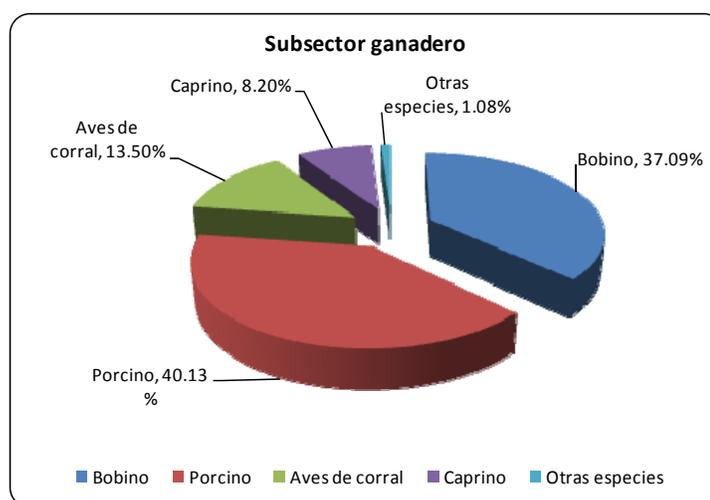
De un millón 100 mil hectáreas cultivables, el 40% tiene condiciones para riego ya sea por bombeo o por gravedad, son tierras en la jurisdicción de los dos únicos distritos de riego en la entidad, el del Alto Lerma y el de Begoña. El 88% de la superficie cosechada en Guanajuato corresponde al cultivo de granos: sorgo, trigo, maíz y frijol.

Las hortalizas también tienen importancia en la demanda del mercado regional; la zona centro-sur del estado tiene los suelos más aptos para su cultivo (alfalfa, brócoli, ajo, chile verde y espárrago)

En cuanto a los frutales, la fresa representa la mitad del valor de la producción estatal, seguida por el aguacate, durazno, membrillo y guayaba.

**Subsector Pecuario:** Por su importancia y número de cabezas destaca la producción ganadera que se muestra en la Figura 29.

**Figura 29. Producción ganadera en el Estado de Guanajuato.**



Fuente: Elaboración con información del INEGI.

#### Sector Secundario:

**Industria:** Dentro de la industria manufacturera se emplea a más de 155,000 personas. La de productos de cuero, textil, alimentos y bebidas, petroquímica y maquinaria y equipo, son las que ocupan más mano de obra y los municipios con más unidades económicas son León, Irapuato y Celaya.

La industria en general contribuye con el 25% del PIB estatal. La producción de calzado es la principal actividad de este sector de la economía. No obstante, la curtiduría, la agroindustria, la petroquímica y la industria textil y del vestido, se han

desarrollado notablemente, debido a la gran capacidad de trabajo de los guanajuatenses, así como al uso de maquinaria moderna.

La actividad agroindustrial en Guanajuato es por su importancia económica uno de los pilares de la economía del estado. Abundan empacadoras de frutas, y hortalizas, productoras de cárnicos, lácteos, harinas, grasas, plantas deshidratadoras de chiles y frutas. Las principales exportaciones son: el brócoli, la cebolla, la coliflor, el ajo y el espárrago. Esto principalmente en la ciudad de Irapuato y en parte de Pénjamo.

La industria petroquímica se concentra en Salamanca, donde funciona la segunda refinería de aceites más importante del país.

La industria metalmecánica, la de electrónicos y electrodomésticos se concentra en Celaya.

La industria ensambladora se concentra en la ciudad de Silao con General Motors y Continental AG como principales exponentes.

**Parque Industrial:** Actualmente, el estado cuenta con 12 parques industriales que están agrupados en dos corredores fabriles: el de El Bajío desde León hasta Apaseo el Grande, y el corredor industrial del norte con un parque industrial el San José Iturbide y otro en San Luis de la Paz.

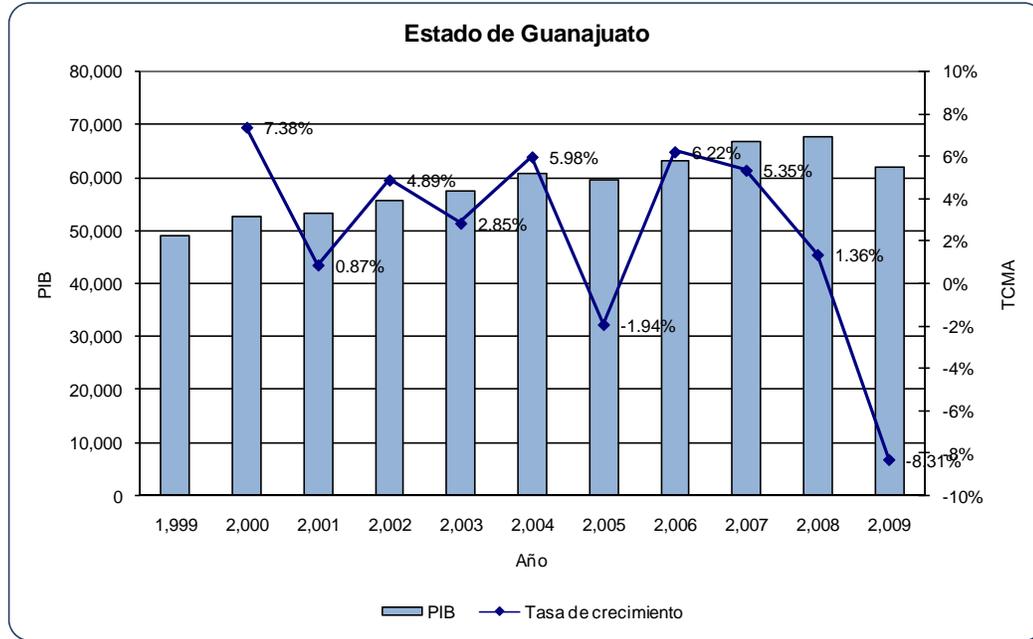
### **Sector Terciario:**

**Comercio:** Tanto el comercio como los servicios en la entidad han aumentado, como resultado del crecimiento demográfico y la diversificación de las actividades económicas. Los principales centros comerciales son León, Celaya, Irapuato, Salamanca, Guanajuato y Pénjamo. Sobre el eje comercial con Guadalajara, Ciudad de México, Monterrey y el extranjero, lo que hace posible el intercambio de bienes y servicios con la entidad.

**Turismo:** Guanajuato es conocido como uno de los destinos turísticos más importantes del país.

**PIB:** El PIB para el año 2009 es de 61,936 millones para el Estado de Guanajuato, la tasa de crecimiento para el año 2000-2009 es del 1.82%, la Figura 30 muestra el histórico del PIB para el Estado de Guanajuato a partir del año 1999 al año 2009. El porcentaje de participación del PIB del Estado de Guanajuato del PIB nacional es del 3.82 %.

**Figura 30. PIB para el Estado de Guanajuato.**



Fuente: Elaboración con información de SIREM. Datos en millones de pesos de 1993

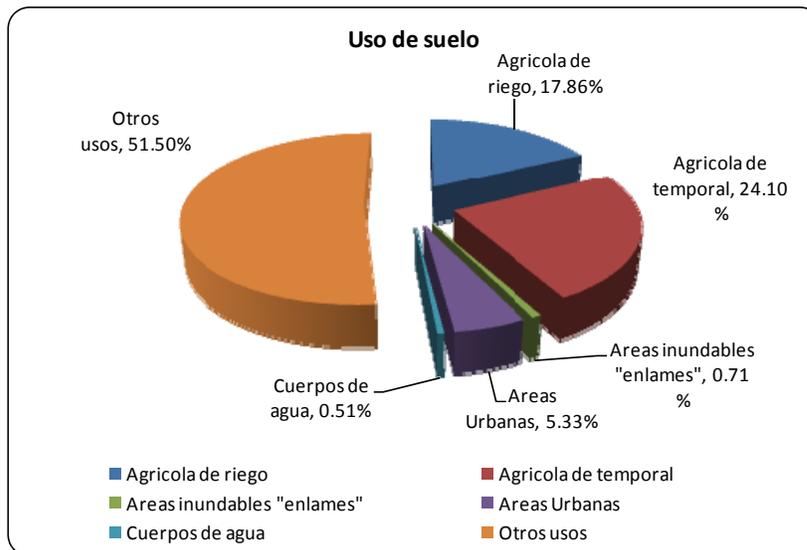
### 2.1.3.5 Municipio de Celaya, Guanajuato

#### 2.1.3.5.1.1 Perfil económico

##### Sector Primario:

**Uso Actual del Suelo:** En la Figura 31 se observa la clasificación de uso de suelo del Municipio de Celaya.

**Figura 31. Uso de suelo Municipio Celaya.**



Fuente: Elaboración con información del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**Subsector Agrícola:** La agricultura es la base de la economía municipal; los principales cultivos son maíz, sorgo, alfalfa, avena, frijol, ajo, cebolla, cacahuete, jitomate y hortalizas, cuya explotación es amplia, en tierras de riego.

**Sector Secundario:**

**Industria:** La industria reviste gran importancia, ya que se cuenta con establecimientos productores de cajeta y derivados de la leche, empacadora de carnes frías y legumbres; envasado de aguas; beneficiadoras de semillas; purificadoras de agua; pasteurizadoras de leche.

Fabricación de desodorantes, aromatizantes e insecticidas; fabricación de alimentos para animales; muebles y línea blanca; construcción de maquinaria e implementos agropecuarios; industria química, textil y plásticos.

Estas empresas se ubican principalmente en las carreteras Celaya-Salamanca, Celaya-Querétaro, Celaya-San Miguel de Allende, siendo éste el asentamiento más importante para la ubicación de la ciudad industrial.

**Sector Terciario:**

**Comercio:** En el municipio de Celaya se localiza el 6.58% de unidades de comercio y abasto existentes en el Estado. Esto se observa en la Tabla 19.

**Tabla 19. Unidades de abasto existentes en el Municipio de Celaya.**

Unidades de abasto	Celaya	Porcentaje estatal
Tiendas DICONSA	11	1.90%
Tianguis	18	8.00%
Mercados públicos	3	3.60%
Rastros mecanizados	3	7.00%
Centrales de abasto	2	40.00%
productos básicos	1	7.70%
Tiendas de autoservicio	37	19.00%

Fuente: Elaboración con información del Instituto de Información para el Desarrollo, Celaya.

**Turismo:** En Celaya se cuenta con una amplia oferta de habitaciones de hotel apoyada por una gran variedad de establecimientos conexos con restaurantes, bares y similares.

**Transporte y Comunicaciones:** El municipio cuenta con una infraestructura carretera de 233.4 kilómetros, entre caminos federales, estatales y municipales. Esta extensión de caminos equivale al 2.06% del total de la infraestructura con la que cuenta el Estado.

El municipio de Celaya es la central nacional de carga para toda la república, de las compañías FERROMEX (ferrocarriles mexicanos) y Kansas City Southern de México, lo que facilita el traslado de mercancías por ferrocarril.

También Celaya cuenta con un aeropuerto privado que se encuentra en la carretera Celaya-Salamanca en el Kilómetro 61.5.

### 2.1.4 Planes de desarrollo

Se investigó la existencia de proyectos de infraestructura vial futura y proyectos de desarrollo habitacional, industrial y turística en la zona de influencia, con el objetivo de evaluar diferentes escenarios de oferta carretera futura y su posible impacto en la Autopista Palmillas–Apaseo El Grande.

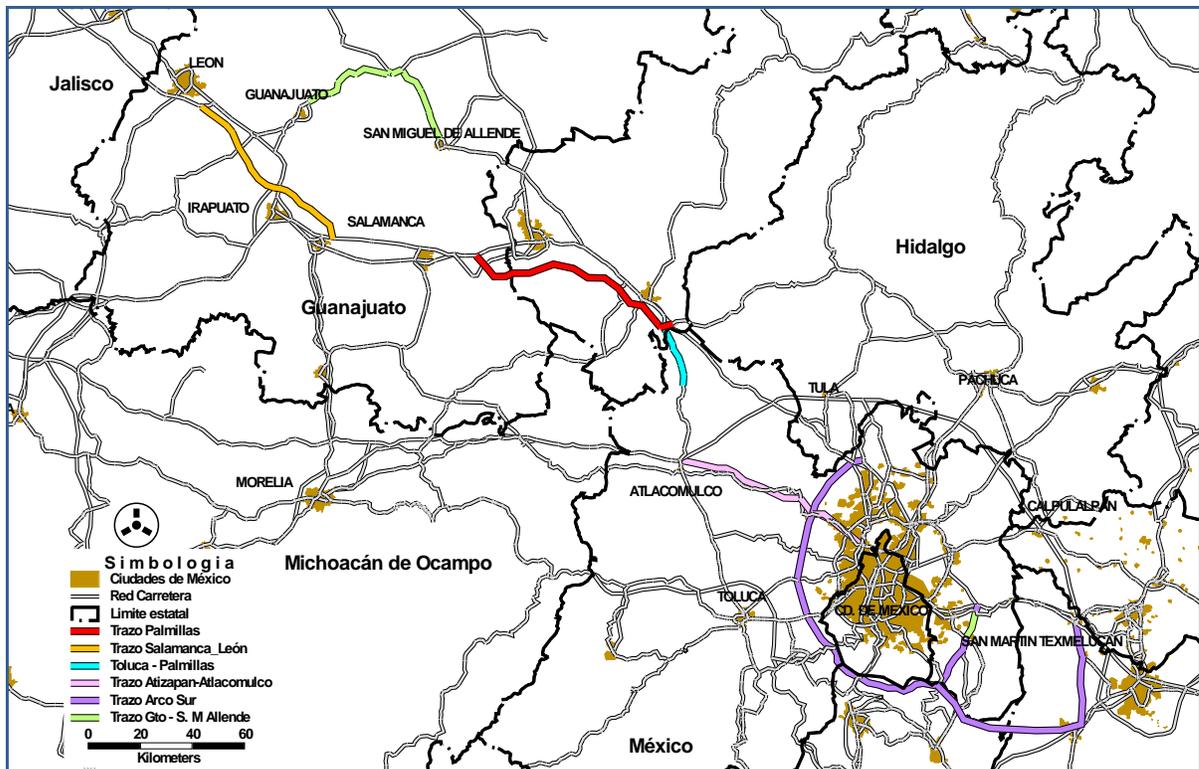
En cuanto a infraestructura carretera, en la Tabla 20 y Figura 32 se relacionan los proyectos más relevantes a ejecutarse en la región de estudio.

**Tabla 20. Proyectos futuros a realizarse en la zona de influencia al proyecto.**

Proyecto	Estado	Longitud km	Tipo de Obra
Autopista Salamanca - León	Guanajuato	85	Construcción
Autopista Guanajuato - San Miguel de Allende	Guanajuato	75	Construcción
Autopista Atizapan - Atlacomulco	Edo. México	80	Construcción
Arco Sur ( (La Venta-Topilejo-Chalco) con ramal a Atlixco - San Martín Texmelucan y Libramiento Puebla	DF, Edo. Morelos, México y Puebla	235	Construcción
Toluca-Palmillas; Tr. Atlacomulco-Palmillas Lím. edos. Mex/Qro.	Edo. México y Querétaro	23	Ampliación a 4 carriles

Fuente: Elaboración con información de la publicación de Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 de la SCT, Programa de trabajo 2010 de la SCT y Portafolio de inversión de la SCT.

**Figura 32. Proyectos futuros a realizarse en la zona de influencia al proyecto.**

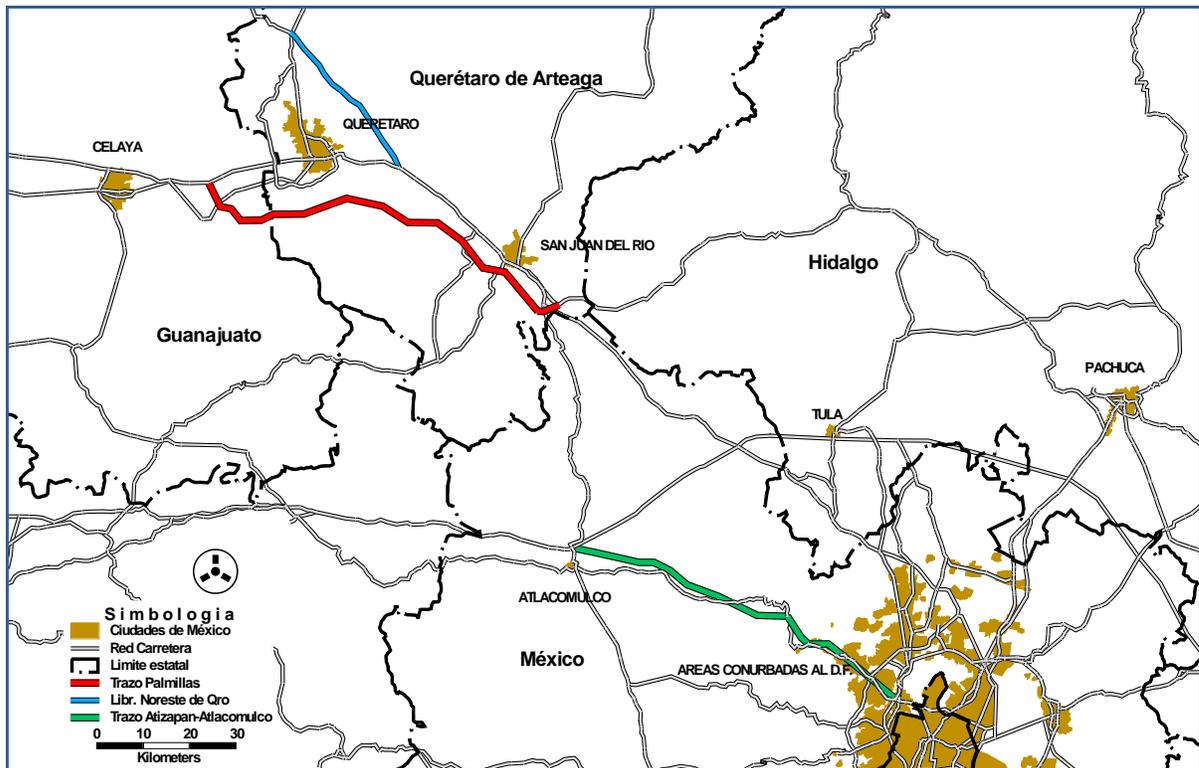


Fuente: Elaboración con información de la publicación de Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 de la SCT, Programa de trabajo 2010 de la SCT y Portafolio de inversión de la SCT.

### 2.1.5 Estudios de demanda existentes en el área de estudio

Actualmente se está desarrollando el estudio de demanda para el Proyecto Atizapan-Atlacomulco, el cual tendrá una longitud de 80 km, el cual tiene por objetivo principal determinar el tránsito desviado, inducido y generado para el proyecto Atizapán-Atlacomulco, así como su pronóstico de crecimiento durante los próximos 30 años, considerando la evolución de la infraestructura de transporte en la zona y bajo el supuesto de que opere a través de un régimen de cuota. El estudio fue considerado para complementar el impacto que puede tener este proyecto en la región, específicamente en el sector de los viajes de largo itinerario.

**Figura 33. Trazo del Proyecto Atizapan-Atlacomulco y ubicación de estaciones de campo para el proyecto Palmillas-Apaseo EL Grande.**



Fuente: Elaboración con información de la Dirección General de Desarrollo Carretero perteneciente a la SCT.

### 2.1.6 Series históricas de tránsito en la red de análisis

Para evaluar la evolución histórica que han tenido los flujos de tránsito en la región y con influencia directa al proyecto, se recopiló información de la publicación de Datos Viales que reporta la SCT, desde el año de 2000 al año 2009.

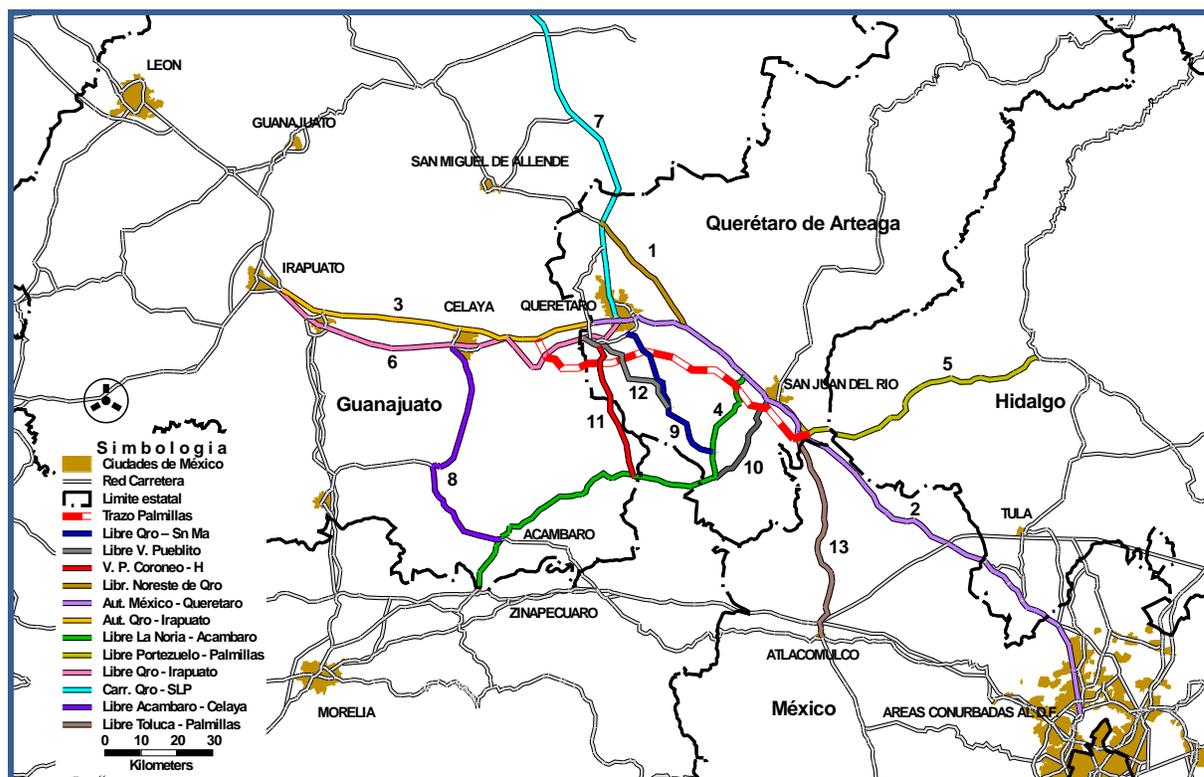
Se consideran 13 carreteras que pertenecen al área de influencia directa del proyecto y estas se muestran en la Tabla 21 y en la Figura 34.

**Tabla 21. Carreteras federales a considerar en series históricas.**

No.	Nombre carretera	Clave	Tipo
1	Libramiento Noreste de Querétaro	Mex-057D	Carretera Federal de Cuota
2	México – Querétaro	Mex-057D	Carretera Federal de Cuota
3	Querétaro-Irapuato	Mex-045D	Carretera Federal de Cuota
4	La Noria – Acambaro	Mex-120	Carretera Federal Libre
5	Portezuelo – Palmillas	Mex-045	Carretera Federal Libre
6	Querétaro-Irapuato	Mex-045	Carretera Federal Libre
7	Querétaro – San Luis Potosí	Mex-057	Carretera Federal Libre
8	Acambaro – Celaya	Mex-051	Carretera Federal Libre
9	Querétaro – San Martín	Qro	Carretera Estatal Libre
10	San Juan del Río – Amealco	Qro	Carretera Estatal Libre
11	T.c. (Villa del Pueblito - Huimilpan) – Coroneo	Qro-Gto	Carretera Estatal Libre
12	Villa del Pueblito – Humilpan	Qro	Carretera Estatal Libre
13	Toluca – Palmillas	Em(D)-Mex-055	Carretera con tramos Federal y Estatal

Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

**Figura 34. Carreteras federales a considerar en series históricas.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

### 2.1.6.1 México–Querétaro (Mex-057D)

La Carretera federal Méx-057D que corresponde al nombre de Autopista México–Querétaro, tiene una longitud de 207 km y cuenta con 11 estaciones de conteo de flujos vehiculares históricos.

En la Figura 36 se observa el trazo y estaciones de conteo de la Autopista México–Querétaro y en la Tabla 22, se presenta un resumen del tránsito promedio diario anual

(TDPA) para el periodo 2001-2009, donde se observa que los mayores flujos vehiculares al año 2009 se presentan en tramo (T. der. Libramiento de Querétaro a San Luis Potosí) y en la estación (T. der. Poniente San Juan del Río), con 58,468 y 52,485 vehículos diarios respectivamente. Se observa una gran variabilidad en las tasas de crecimiento media anual (TCMA) en el periodo 2001-2009 en las diferentes estaciones, las cuales oscilan entre 1.48% mínima en la estación T. izq. Jilotepec y 5.20% tasa máxima que se presenta en la estación T. izq. Aculco.

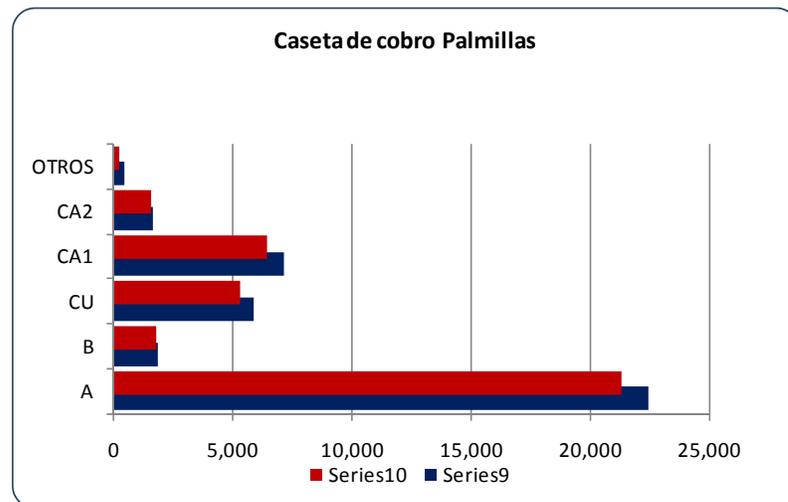
**Tabla 22. Aforo histórico de la Autopista México-Querétaro.**

Carretera Federal de Cuota: México - Querétaro													
Estación	Km	TE	SC	TDPA									TCMA
				2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000-2008
1 Caseta De Cobro Tepetzotlan	43.01	3	0	39,682	42,062	43,522	45,240	47,796	42,543	43,773	45,945	44,779	1.52%
2 Ent. Jorobas	56.18	3	0	38,680	41,000	44,626	44,667	49,030	46,546	46,817	50,137	51,928	3.75%
3 T. Der. Tepeji Del Rio	69.36	1	0	36,420	38,934	40,212	41,069	42,205	44,342	41,588	43,413	44,089	2.42%
4 T. Izq. Jilotepec	83.75	1	0	26,783	27,760	28,451	29,071	28,554	26,682	28,088	29,109	30,119	1.48%
5 X. C. Jilotepec - Maravillas	107	1	0	24,918	26,695	28,227	30,193	31,154	35,432	37,474	35,476	34,689	4.22%
6 T. Izq. Aculco	125	1	0	26,686	29,225	29,583	29,908	31,140	36,933	44,127	41,778	40,028	5.20%
7 Caseta De Cobro Palmillas	147.92	1	0	26,960	29,406	29,550	30,784	33,110	35,089	37,759	39,281	36,646	3.91%
8 T. Izq. Toluca	148.5	1	0	29,180	30,405	32,628	32,729	33,199	36,269	31,015	32,001	32,961	1.53%
9 T. Der. Poniente San Juan Del Rio	164.1	3	0	41,264	42,730	45,167	41,378	42,827	24,711	48,323	52,065	52,485	3.05%
10 T. Izq. Acambaro	170.5	3	0	37,059	39,221	40,333	40,192	41,600	25,820	40,600	46,342	48,258	3.36%
11 T. Der. Libramiento De Queretaro A San Luis Potos	207	3	0	40,342	41,628	43,122	44,654	46,220	47,979	55,370	56,750	58,468	4.75%

Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

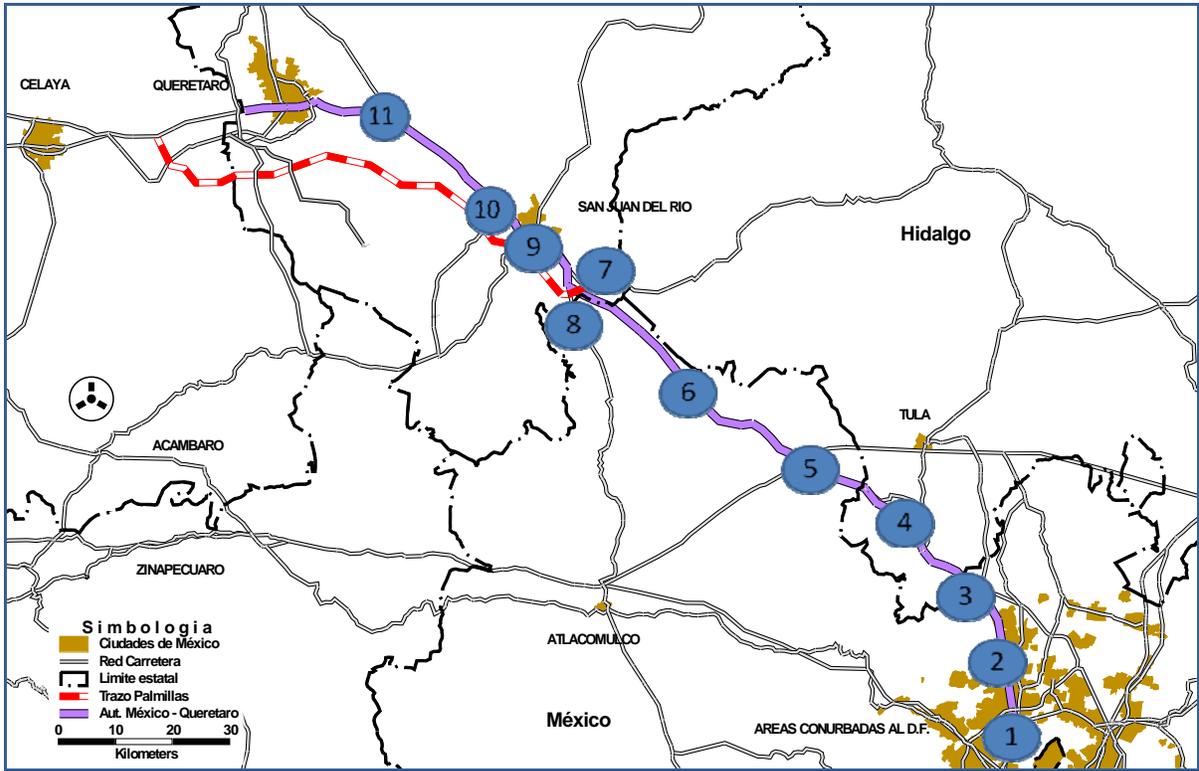
Se aprecia en la Figura 35 que todos los grupos vehiculares sufren un decremento en su aforo.

**Figura 35. Aforo 2008-2009 por grupo vehicular Autopista México-Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de datos viales de la SCT

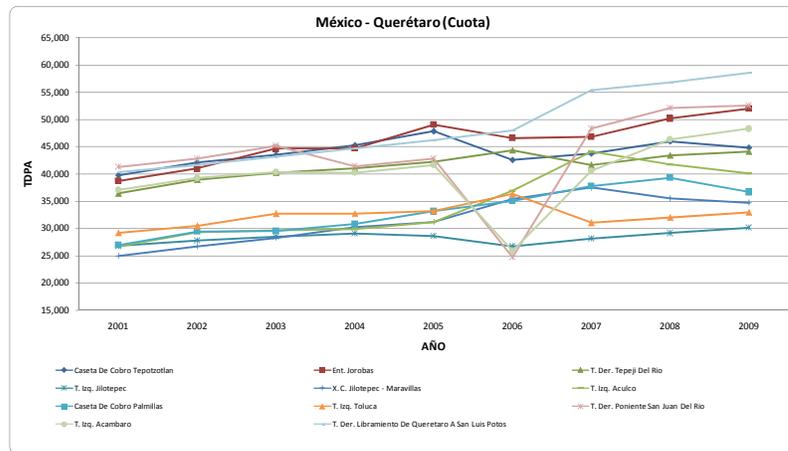
**Figura 36. Ubicación de las estaciones de conteo de la Autopista México-Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 37, muestra el comportamiento de los volúmenes vehiculares para cada estación a lo largo del periodo.

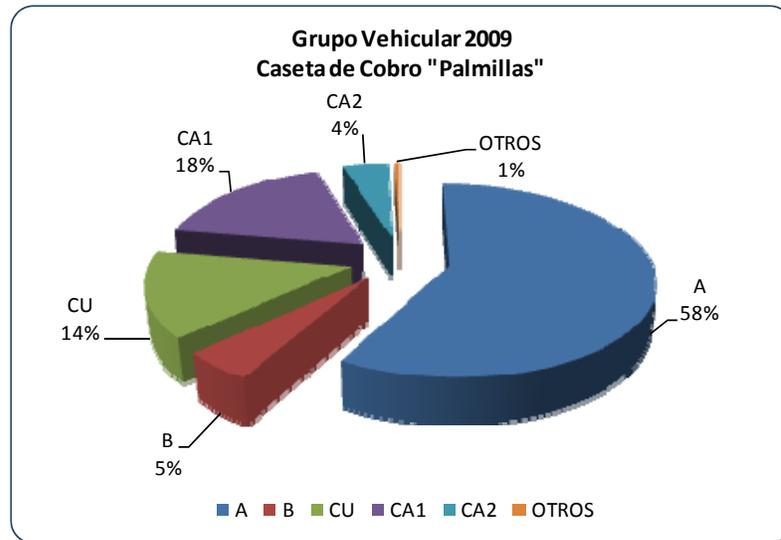
**Figura 37. Comportamiento histórico TPDA de la Autopista México-Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

Tomando como referencia el año 2009 de la estación Caseta Palmillas (punto geográfico número 7 que es el más próximo al proyecto), se observa la siguiente clasificación vehicular en la Figura 38.

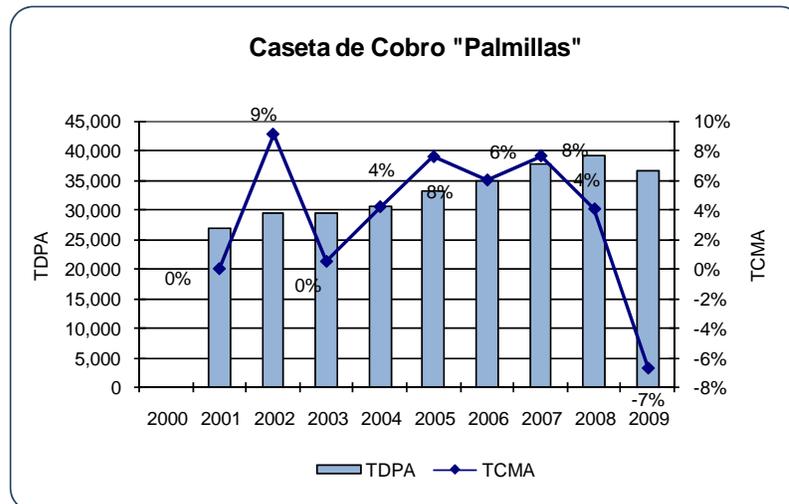
**Figura 38. Composición vehicular al año 2009 de la Autopista México–Querétaro (Estación Caseta Palmillas).**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 39, muestra el TDPA histórico del año 2001 al año 2009 de la Caseta Palmillas, así mismo, se observa gran diversidad en el comportamiento de la TCMA.

**Figura 39. TDPA y TCMA histórico (2001-2009) de la Caseta Palmillas.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

### 2.1.6.2 Querétaro-Irapuato (Mex-045D)

La segunda carretera en consideración es la (Mex-045D) que corresponde a la Autopista Querétaro–Irapuato, este tramo vial tiene una longitud de 96 km y cuenta con 6 estaciones de conteo para su análisis.

En la Figura 41 se observa el trazo y estaciones de conteo de la Autopista Querétaro-Irapuato y en la Tabla 23, se observa el flujo del año 2009 que se registró en la estación de Querétaro con 31,936 vehículos diarios en promedio posteriormente continua la Caseta Querétaro con 23,112 vehículos diarios. El crecimiento que se

registró en el periodo 2008 - 2009 con una TCMA de 7.21% para la estación Querétaro y el 1.29% para la Caseta Querétaro.

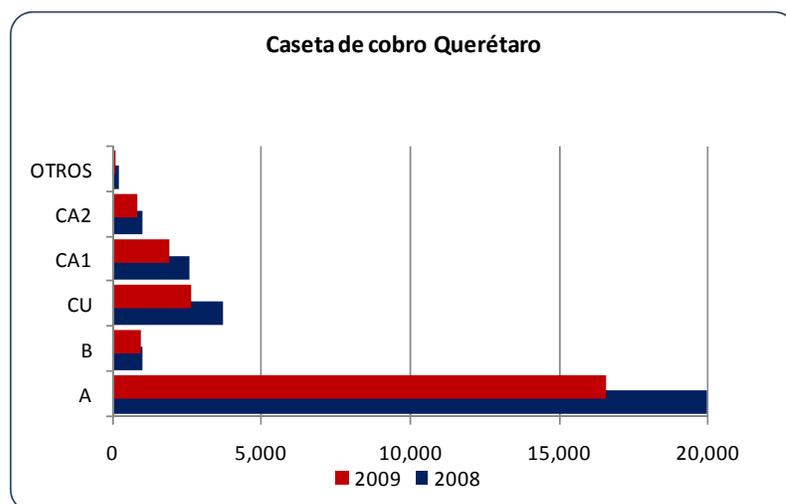
**Tabla 23. Aforo histórico de la Autopista Querétaro Irapuato.**

Estación	Km	TE	SC	TDPA										TCMA	
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000-2008	2009
				1 Querétaro	0	3	0	17,071	17,323	17,511	17,707	21,672	22,381	23,692	27,109
2 Caseta De Cobro Querétaro	7	2	0					21,676	22,400	36,934	23,753	28,621	23,112	1.29%	
3 X. C. Celaya - Dolores Hidalgo	44.1	1	0	13,664	13,840	14,057	14,150	16,728	16,256	16,810	16,931	18,365	19,966	4.30%	
4 T. Izq. Salamanca	81.54	1	0	12,719	12,696	13,177	13,379	14,079	14,816	15,317	14,901	16,835	17,629	3.69%	
5 Caseta De Cobro Salamanca	83.25	1	0					14,948	14,896	16,215	17,650	19,213	17,298	2.96%	
6 T. Der. Libramiento De Irapuato	96	1	0	11,088	11,321	12,214	12,380	15,514	15,395	15,877	15,158	16,708	16,272	4.35%	

Fuente: Elaboración con información de la publicación de datos viales de la SCT.

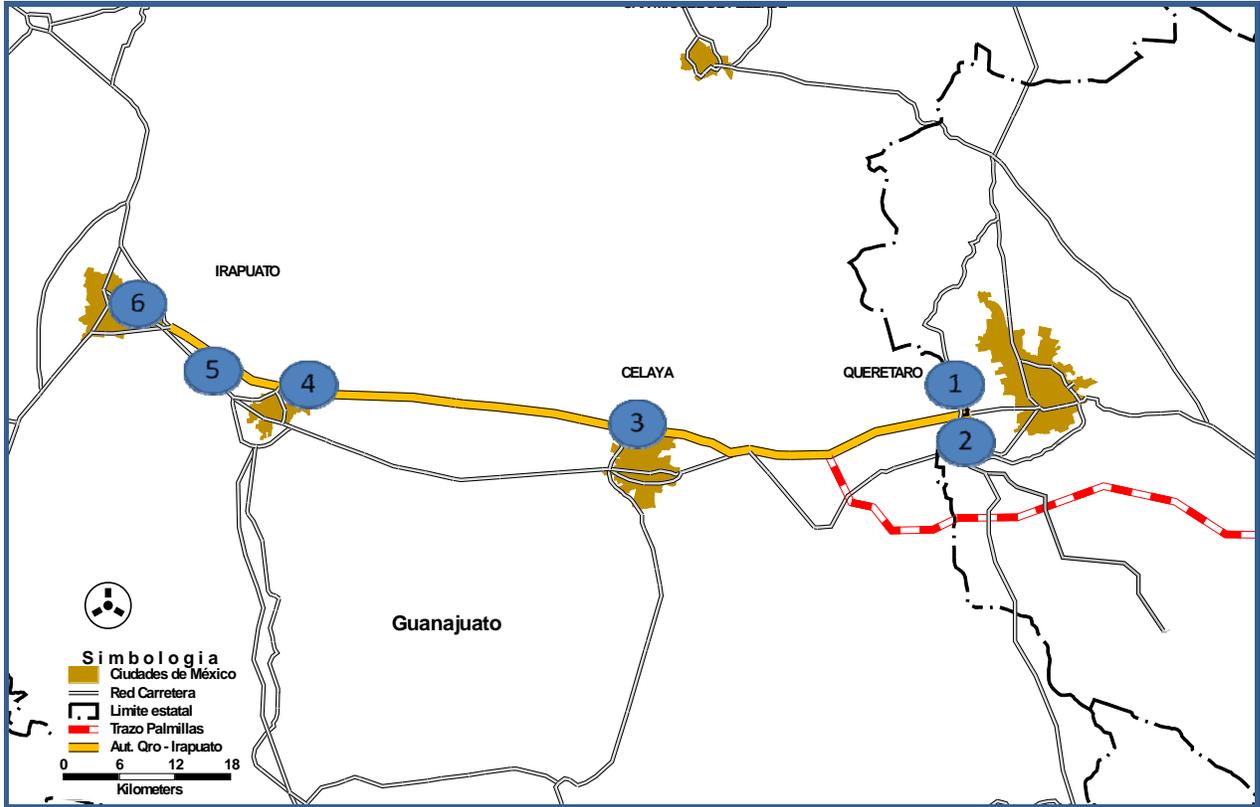
En la Figura 40 se tiene que del 2008 al 2009 por grupo vehicular hay un decremento en el aforo.

**Figura 40. Aforo 2008-2009 por grupo vehicular Autopista Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de datos viales de la SCT.

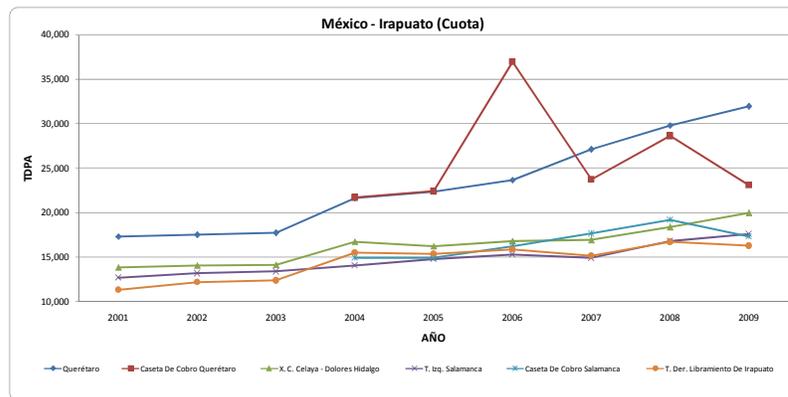
**Figura 41. Ubicación de las estaciones de conteo de la Autopista Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 42, muestra el comportamiento de los volúmenes vehiculares de la autopista a lo largo del periodo, observándose un ligero aumento del TDPA.

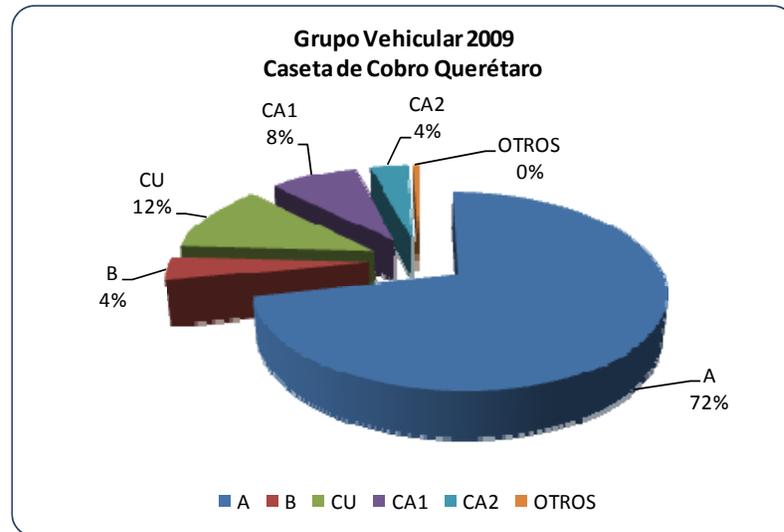
**Figura 42. Comportamiento histórico TPDA de la Autopista Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 43, representa la composición vehicular porcentual para la estación Caseta Querétaro (punto geográfico número 2) para el año 2009.

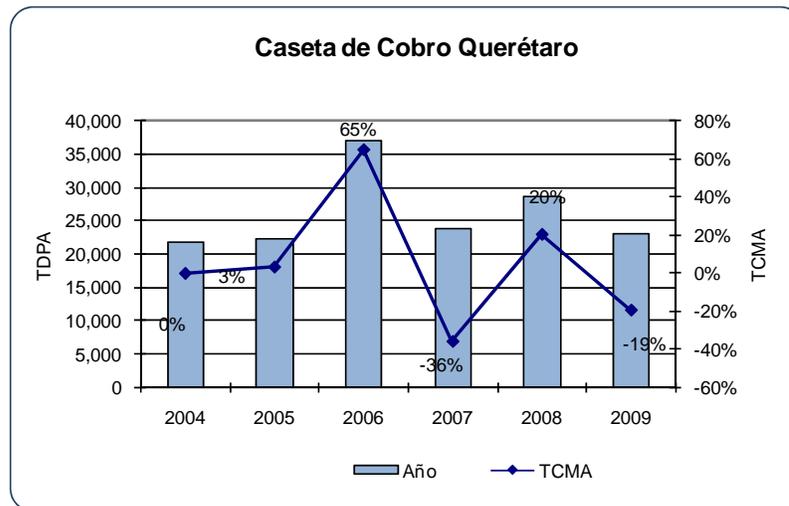
**Figura 43. Composición vehicular al año 2009 de la Autopista Querétaro-Irapuato (Estación Caseta Querétaro).**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 44 representa el TDPA y la TCMA de la caseta Querétaro, observando el comportamiento histórico en el periodo del año 2000 al año 2009.

**Figura 44. TDPA y TCMA histórico (2000-2009) de la Caseta Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

### 2.1.6.3 Querétaro-Irapuato (Mex-045)

La Carretera federal (Mex-045) corresponde al nombre de Carretera Federal Libre Querétaro - Irapuato, tiene una longitud de 113.7 km y cuenta con 9 estaciones de conteo de flujos vehiculares históricos.

En la Figura 46 se observa el trazo y estaciones de conteo de la Carretera Federal Libre Querétaro-Irapuato y en la Tabla 24, se presenta el resumen del tránsito promedio diario anual (TDPA) para el periodo 2000-2009, donde se observa que el mayor flujo vehicular al año 2009 se presenta en su inicio en la estación Querétaro Poniente con 34,687 vehículos diarios y la estación que presenta menor flujo vehicular es la estación

Apaseo El Alto con 13,666 vehículos diarios. Se observa una gran variabilidad en las tasas de crecimiento media anual (TCMA) en el periodo 2000-2009 en las diferentes estaciones, las cuales oscilan entre 0.45% como mínima en la estación Irapuato y 6.37% que representa la tasa máxima en la estación T.der. Villa Del Pueblito.

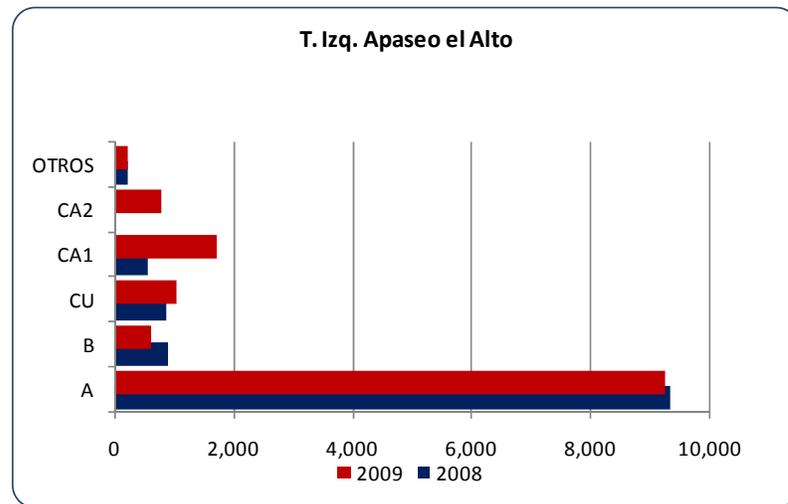
**Tabla 24. Aforo histórico de la carretera federal Querétaro-Irapuato.**

Carretera Federal Libre: Querétaro - Irapuato														
Estación	Km	TE	SC	TDPA										TCMA 2000-2008
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
1 Querétaro Poniente	0	3	0	24,371	26,525	26,950	29,373	33,242	33,408	34,005	34,831	32,529	34,687	4.00%
2 T. Der. Villa Del Pueblito	6.67	3	0	11,380	12,882	15,932	16,424	16,804	17,019	17,677	17,845	20,152	21,115	6.37%
3 Los Angeles	12.6	3	0	10,426	11,761	12,373	13,690	13,786	13,855	14,535	14,253	14,583	15,630	3.62%
4 T. Izq. Apaseo El Alto	28.37	3	0	10,875	11,215	11,653	12,277	12,315	12,386	12,390	11,898	13,049	13,666	2.50%
5 T. Der. Apaseo El Grande	40.11	3	0	10,920	11,929	12,728	14,040	14,066	14,106	15,205	16,004	17,283	18,709	5.79%
6 T. Izq. Libramiento De Celaya Ote.	49.9	1	0	18,892	20,550	21,412	22,472	22,965	22,109	22,373	20,867	22,081	24,108	2.02%
7 T. Izq. Libramiento De Celaya Pte.	55.61	3	0	18,520	20,907	21,760	22,780	22,841	22,895	22,977	20,820	23,086	22,639	1.00%
8 T. Izq. Cortazar	67.5	3	0	17,754	19,471	20,230	21,218	21,274	21,064	18,959	20,483	22,440	22,469	1.81%
9 T. Izq. Libramiento De Salamanca	93.8	1	0	17,152	18,927	19,508	21,076	21,391	21,264	22,019	24,959	25,992	22,281	2.06%
10 Irapuato	113.7	1	0	23,715	24,876	25,845	28,033	29,113	28,851	27,904	27,608	25,752	25,781	0.45%

Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

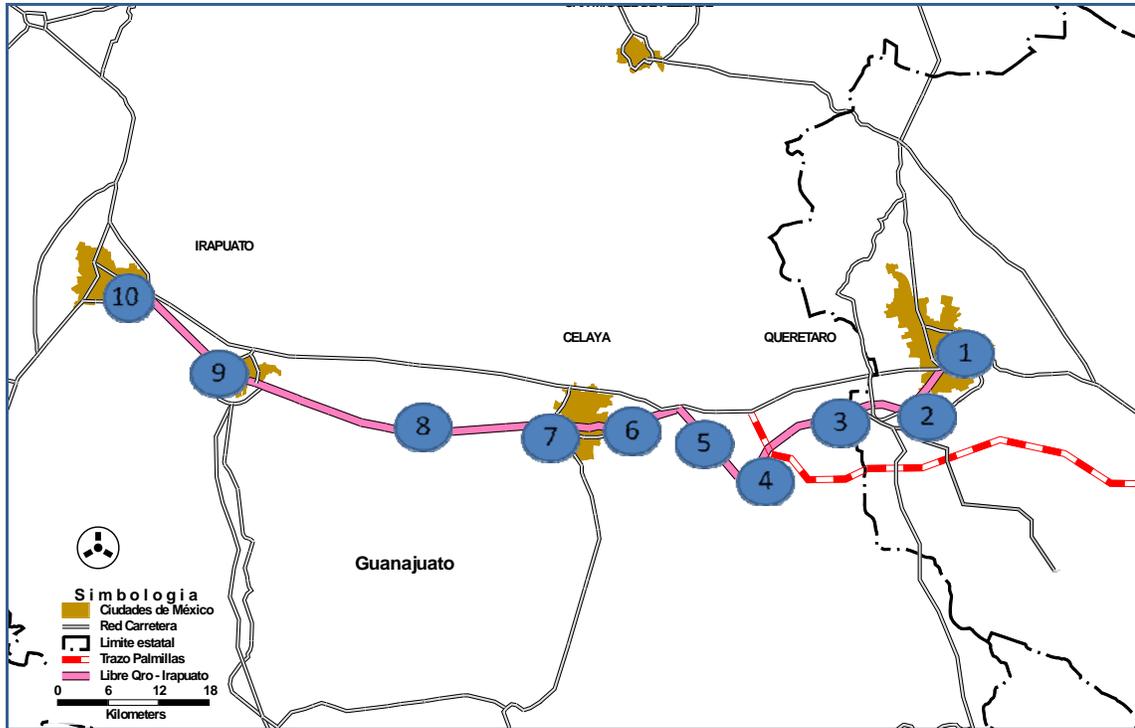
Como se aprecia en la Figura 45 hay un crecimiento en camiones en los demás grupos hay un decrecimiento pero este impacta muy poco, ya que el crecimiento en los camiones es de casi el doble.

**Figura 45. Aforo 2008–2009 por grupo vehicular carretera federal Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

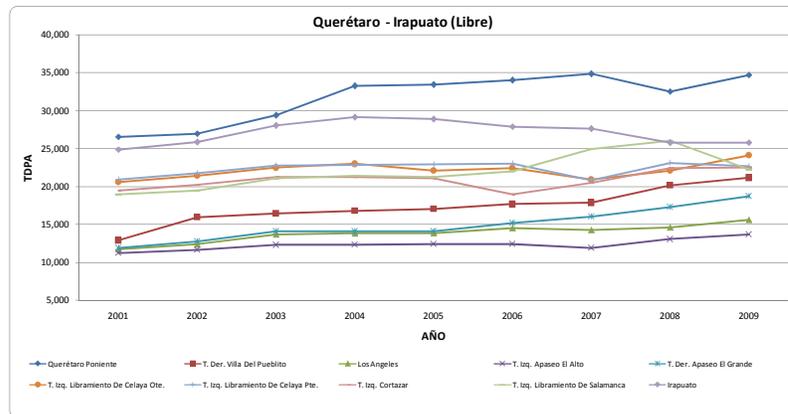
**Figura 46. Ubicación de las estaciones de conteo de la Carretera Federal Libre Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 47 muestra el comportamiento de los volúmenes vehiculares para cada estación a lo largo del periodo 2000-2009.

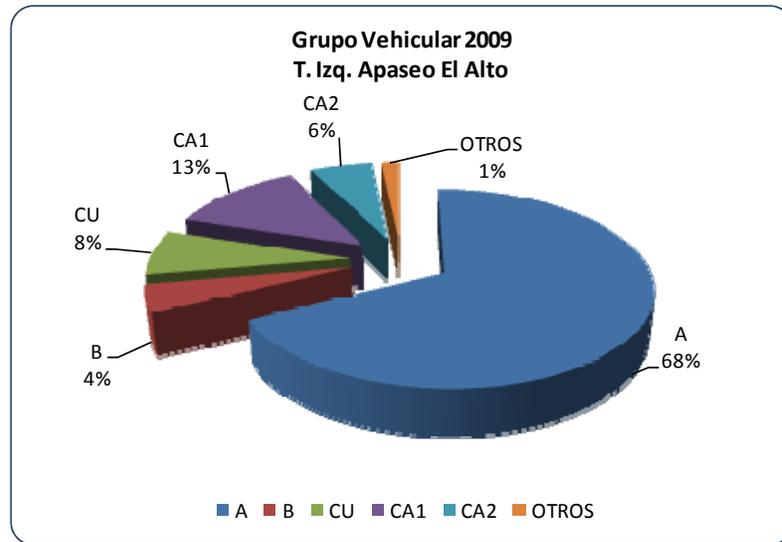
**Figura 47. Comportamiento histórico TPDA de la carretera federal libre Querétaro-Irapuato.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 48 representa la composición vehicular porcentual para la estación T. izq. Apaseo El Alto (punto geográfico número 4 al proyecto) para el año 2009.

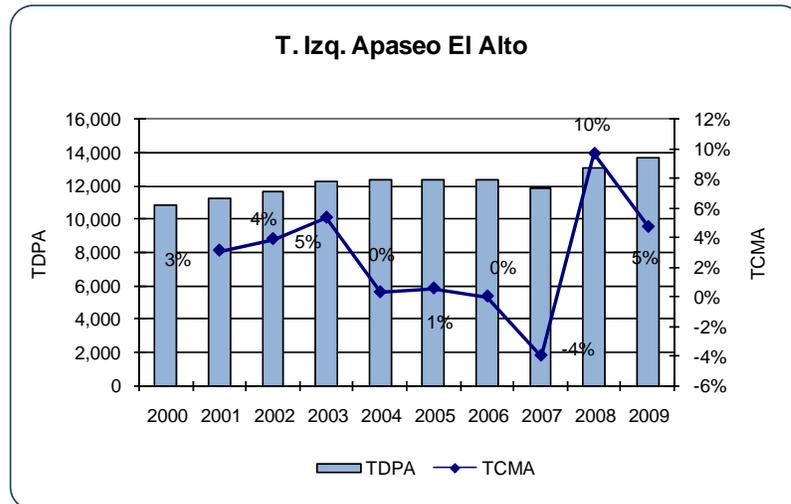
**Figura 48. Composición vehicular al año 2009 de la carretera federal libre Querétaro-Irapuato (Estación T. izq. Apaseo El Alto).**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 49 representa el TDPA y la TCMA de la estación T. izq. Apaseo El Alto, observando el comportamiento histórico en el periodo del año 2000 al año 2009.

**Figura 49. TDPA y TCMA histórico (2000-2009) de la estación T. izq. Apaseo El Alto).**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

#### 2.1.6.4 Libramiento Noreste de Querétaro (Mex-057D)

La Carretera federal (Mex-057D) corresponde al nombre de Libramiento Noreste de Querétaro, tiene una longitud de 37 km y cuenta con 3 estaciones de conteo de flujos vehiculares históricos, pero solo se presenta el conteo de la caseta que es el más relevante.

En la Figura 51 se observa el trazo y estaciones de conteo del Libramiento Noreste de Querétaro y en la Tabla 25, se presenta el resumen del tránsito diario promedio anual (TDPA) para el periodo 2008-2009, donde se observa un crecimiento decreciente en la estación Caseta Chichimequillas de -12.78%.

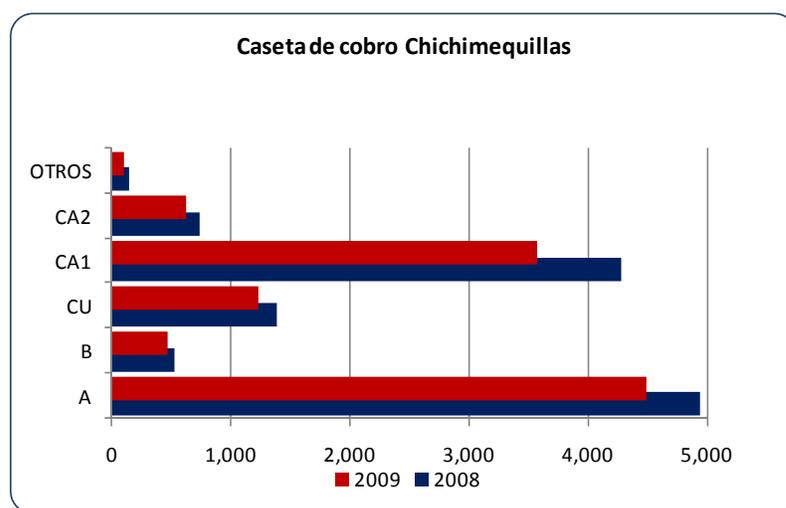
**Tabla 25. Aforo histórico del Libramiento Noreste de Querétaro**

Carretera Federal de Cuota: Libramiento Noreste de Querétaro						
Estación	Km	TE	SC	TDPA		TCMA
				2008	2009	2008-2009
1 Caseta de Cobro Chichimequillas	20.32	2	0	12,000	10,467	-12.78%

Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

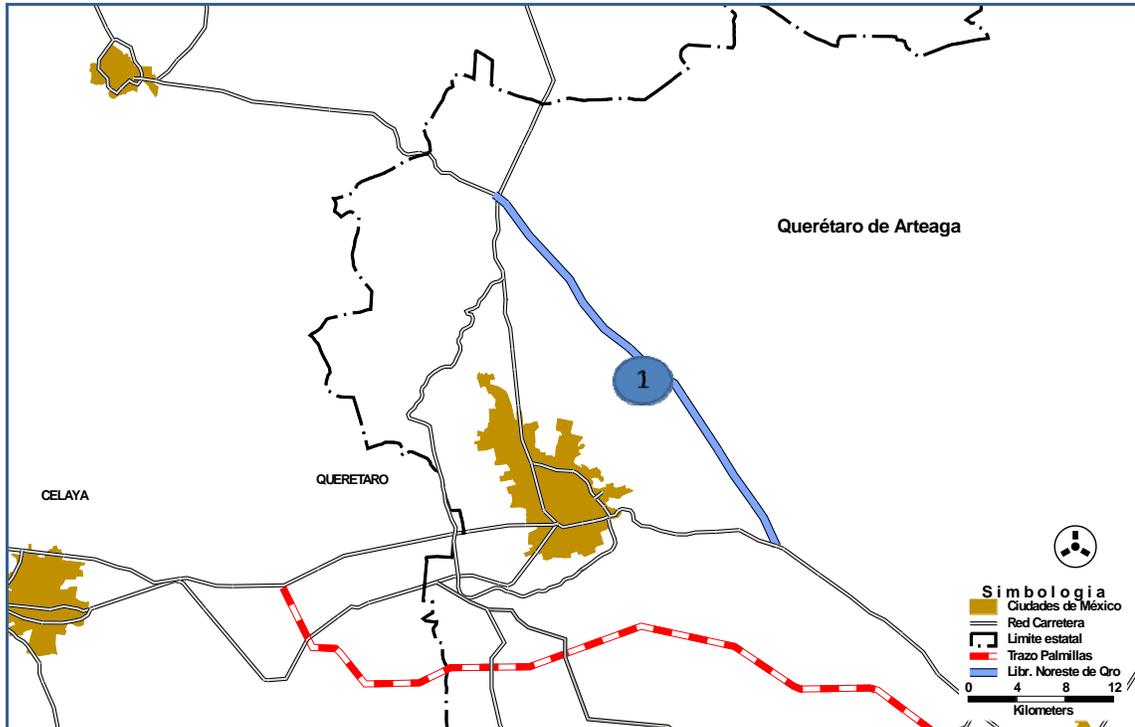
En la Figura 50 se aprecia que todos los grupos vehiculares presentan un decrecimiento.

**Figura 50. Aforo 2008–2009 por grupo vehicular Libramiento Noreste de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

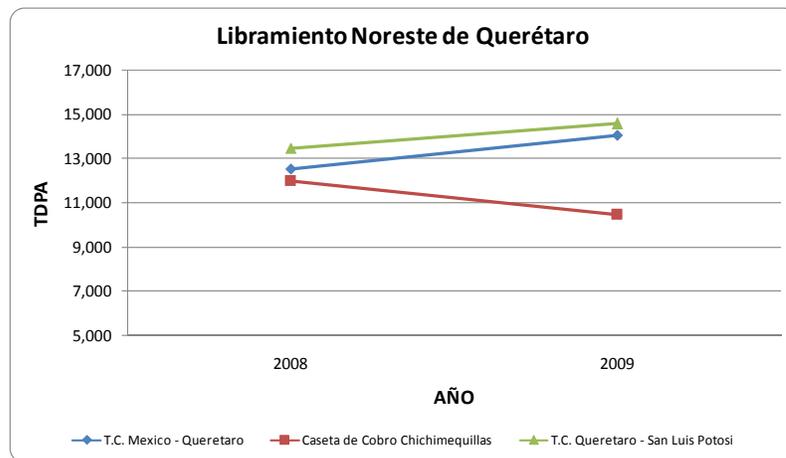
**Figura 51. Ubicación de las estaciones de conteo del Libramiento Noreste de Querétaro**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 52 muestra el comportamiento de los volúmenes vehiculares para cada estación a lo largo del periodo 2008-2009.

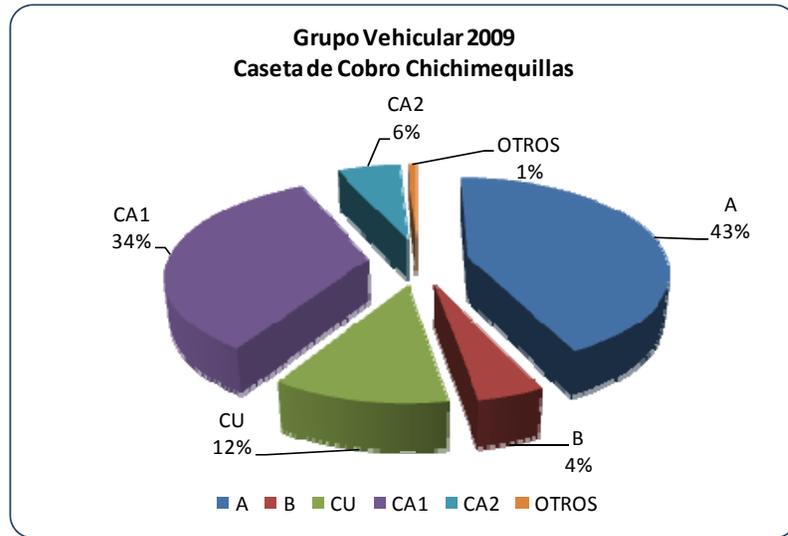
**Figura 52. Comportamiento histórico TPDA del Libramiento Noreste de Querétaro.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 53 representa la composición vehicular porcentual para la estación Caseta Chichimequillas para el año 2009, estación más representativa del proyecto de aprovechamiento de activos.

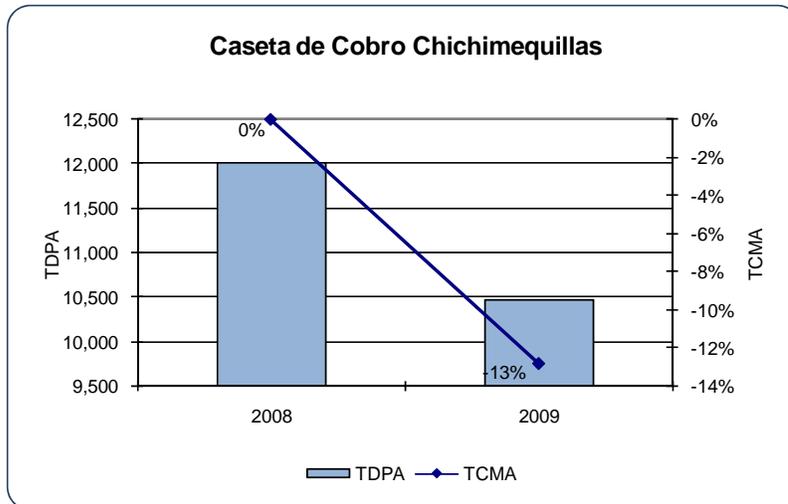
**Figura 53. Composición vehicular al año 2009 del Libramiento Noreste de Querétaro.  
(Estación Caseta Chichimequillas).**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

La Figura 54 representa el TDPA y la TCMA de la estación Caseta Chichimequillas, observando el comportamiento histórico en el periodo del año 2008 al año 2009.

**Figura 54. TDPA y TCMA histórico (2008-2009) de la estación Caseta Chichimequillas.**



Fuente: Elaboración con información de la publicación de Datos Viales de la SCT.

## 2.2 Conclusión

La TCMA del TDPA en la zona de influencia al estudio, representa una tendencia hacia la baja en las autopistas, posiblemente se debe al mejoramiento de tramos carreteros como la carretera federal libre Querétaro-Irapuato en donde la TCMA incremento un 2.48% promedio, mientras tanto la autopista Querétaro-Irapuato registra una TCMA promedio de 1.57%.

### **3 Análisis de la oferta**

El capítulo representa el diagnóstico de la oferta del área de influencia al estudio de demanda para la autopista de aprovechamiento de activos, denominada Libramiento Noreste de Querétaro, y de nueva infraestructura, denominada Palmillas–Apaseo El Grande., el cual contempla el tema de análisis de la oferta del área de influencia al estudio.

A continuación se enlistan los términos utilizados en el desarrollo de este capítulo.

TR: Tiempos de recorrido

HP: Hora pico

HV: Hora valle

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual.

TCMA: Tasa de Crecimiento Medio Anual.

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México.

IMT: Instituto Mexicano del Transporte

GPS: Global positioning system (Sistema de posicionamiento global de navegación por satélite) que permite determinar la posición exacta de un objeto, una persona y/o un vehículo en el mundo.

MAPTITUDE: Software de un sistema de información geográfica (SIG).

### **3.1.1 Definición y construcción de la red de análisis**

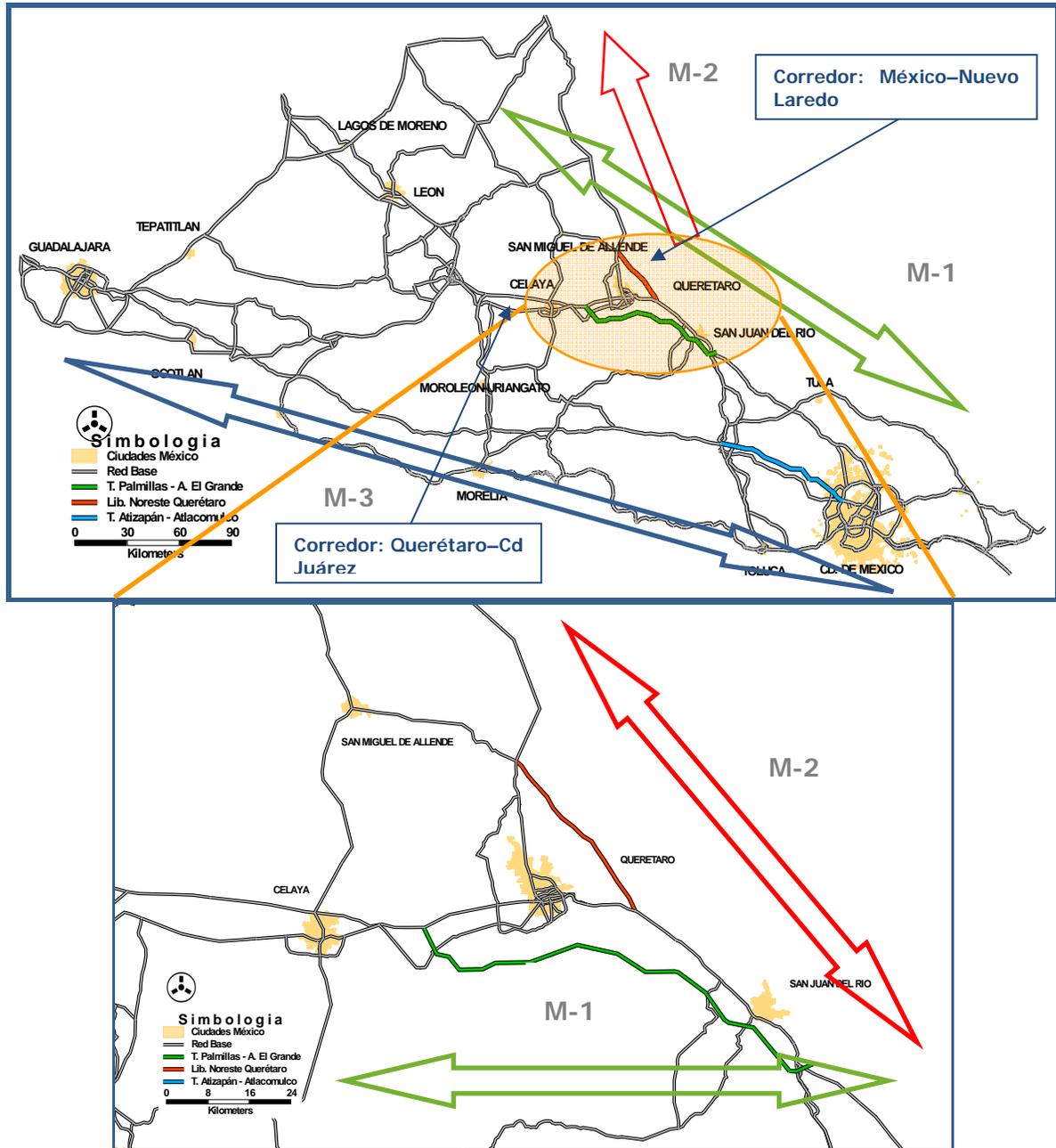
La oferta vial para el año base está representada por la infraestructura carretera existente al año 2010, para lo cual, se generó una base georeferenciada con las carreteras más importantes de la región de estudio, conformada principalmente con carreteras libres y autopistas de cuota a nivel federal y estatal, y vialidades urbanas.

El proceso de actualización de la digitalización de la red carretera, implicó inicialmente la georeferenciación de la red vial relevante mediante la herramienta MAPTITUDE, para lo cual, se tomaron los diferentes recorridos realizados mediante equipo GPS.

La Figura 55 muestra una red de análisis en el área de influencia al estudio bastante amplia esto debido a que el análisis del modelo del proyecto Palmillas–Apaseo El Grande y El Libramiento Noreste de Querétaro pretende captar la demanda de los diferentes mercados que se mueven en el área de estudio, incluyendo el mercado de demanda del proyecto Atizapan–Atlacomulco.

- El M-1 se muestra en la Figura 55, conecta la zona centro de México con el Bajío. el tramo carretero que contempla este mercado es el corredor 3,
- El M-2 para el Libramiento Noreste de Querétaro que conecta la zona centro de México con el Norte del País.
- El M-3 que de igual manera que el M-1 conecta la zona centro de México con el Bajío con una ruta distinta por la zona poniente de la Ciudad de México. Puede ser un submercado compartido con el proyecto Atizapan–Atlacomulco ejecutado por FOA.

Figura 55. Red de análisis.



Fuente: Elaboración con información de recorridos realizados en campo.

Para el estudio del modelo se requiere una base de datos de la red de análisis que contemple los campos mostrados en la Tabla 26.

**Tabla 26. Campos utilizados en MAPTITUDE para el análisis del modelo en la red de análisis.**

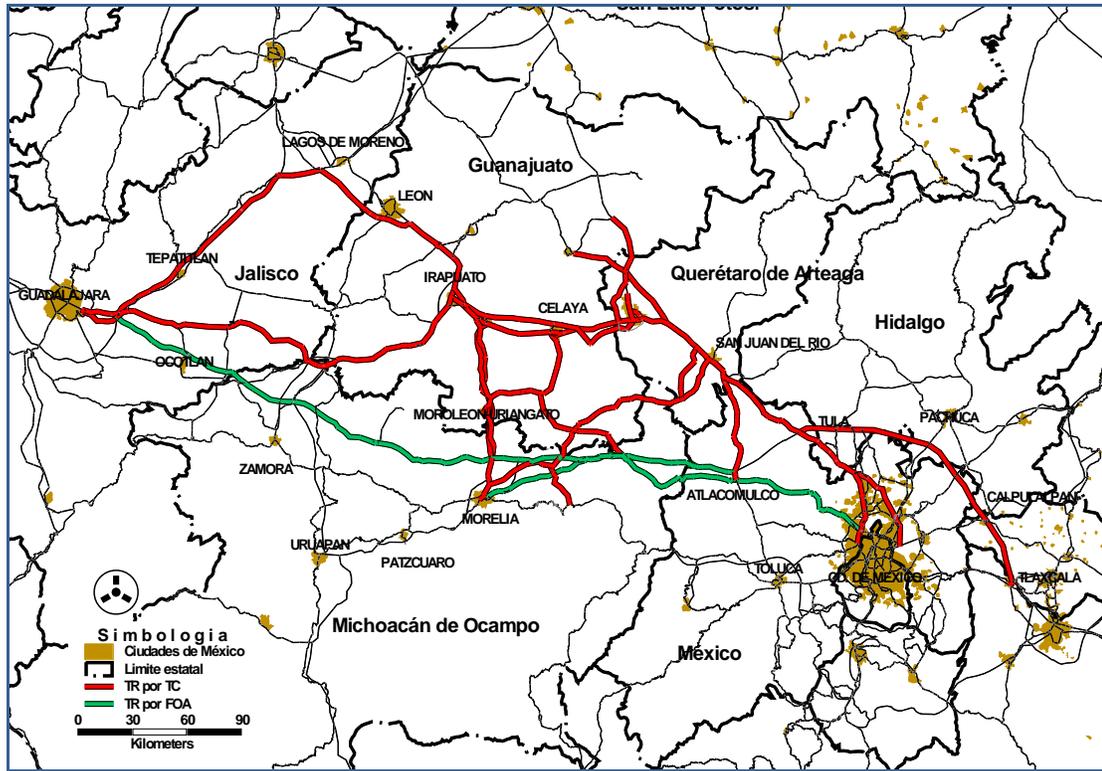
Base de datos red de analisis en MAPTITUDE	
Campo	Concepto
Length	Longitud del arco
Dir	Dirección y/o sentido del arco
Clasificación de la vía	Corresponde a la descripción del tipo de vialidad como:
Aforo_Autos	Aforo en TDPA de automóvil
Aforo_Buses	Aforo en TDPA de buses
Aforo_Cu	Aforo en TDPA de camiones de 2, 3 y 4 ejes
Aforo_Ca1	Aforo en TDPA de camiones de 4 y 5 ejes
Aforo_Ca2	Aforo en TDPA de camiones de 7 o más ejes
VDF	Velocidad de flujo libre
Cacar	Capacidad horaria por carril
Cuota_Autos	Cuota en casetas de peaje para automóvil
Cuota_Bus	Cuota en casetas de peaje para buses
Cuota_CU	Cuota en casetas de peaje para camiones de 2, 3 y 4 ejes
Cuota_Ca1	Cuota en casetas de peaje para camiones de 4 y 5 ejes
Cuota_Ca2	Cuota en casetas de peaje para camiones de 7 o más ejes
casen	Capacidad por día y sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.2 Características físicas y geométricas de la red de análisis**

Dado que existe un mercado común para los proyectos “Palmillas–Apaseo el Grande y el Libramiento Noreste de Querétaro” y “Atizapán–Atlacomulco”, la SCT en conjunto con los ejecutores de ambos proyectos, se segmentó la red y sus trabajos de campo como se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 56. Recorridos realizados por TC y FOA en la red de análisis propuesta por TC, para el levantamiento de características físicas.**



Fuente: Elaboración con información de recorridos realizados en campo.

Se realizó un inventario de características físicas y geométricas utilizando equipo GPS. En la Tabla 27 se enlistan los elementos levantados.

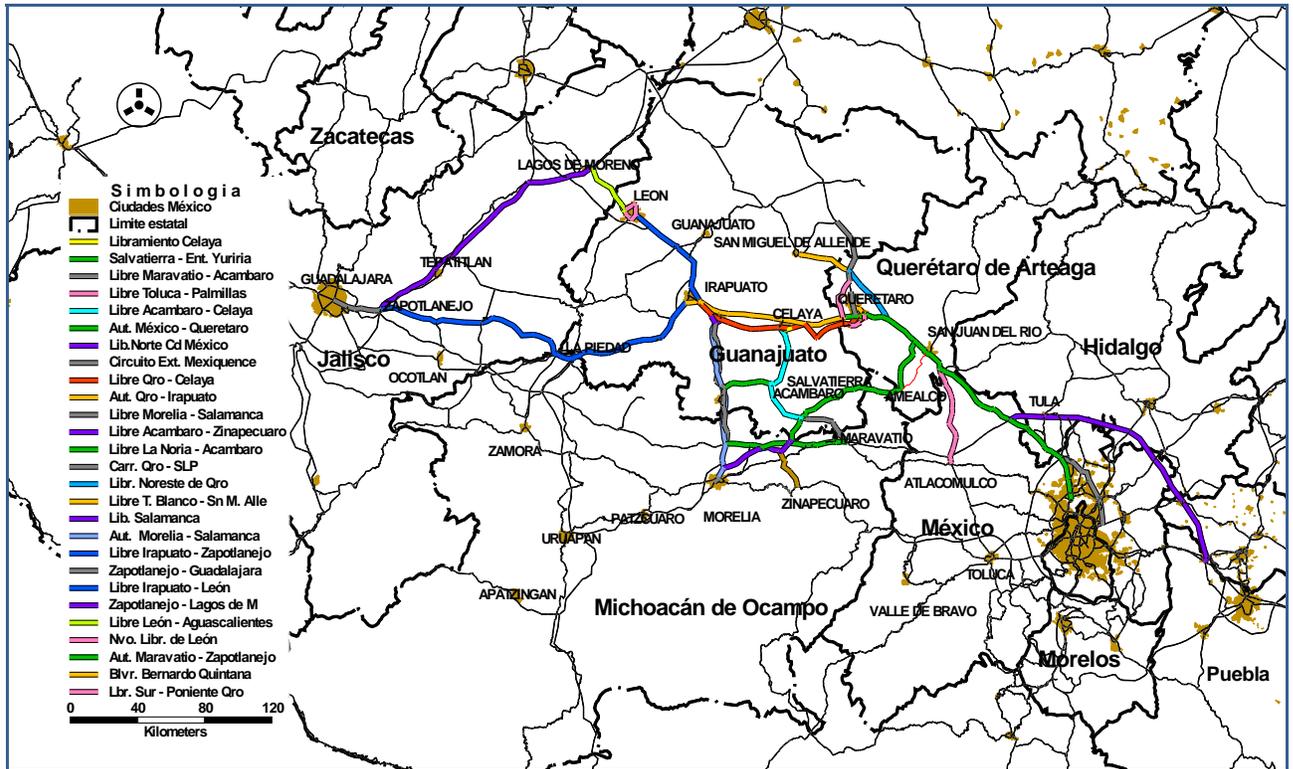
**Tabla 27. Características físicas levantadas**

Sección transversal	Características físicas del terreno	Tipo y condiciones superficiales de los pavimentos
Número de calzadas (cuerpos)	Plano	Tipo de pavimentos
Tipo de camellón o barrera separadora (con medidas)	Lomerío	Condiciones superficiales
Número de carriles por cuerpo o calzada	Montañoso	
Ancho de carriles		
Tipo de acotamientos		
Ancho de acotamientos		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los recorridos realizados, en la Figura 57 se observa los principales tramos carreteros en los cuales se realizó levantamiento de características físicas y geométricas.

**Figura 57. Principales tramos carreteros federales y estatales en los que se realizó levantamiento de características físicas y geométricas de la zona de estudio.**



Fuente: Elaboración propia.

Las características físicas y geométricas de la red carretera, serán montadas en una base de datos que será georeferenciada en MAPTITUDE en la red de análisis que contemple los campos mostrados en la Tabla 28.

**Tabla 28. Campos utilizados en MAPTITUDE para el estudio de las características físicas en la red de análisis.**

Base de datos red de analisis en MAPTITUDE	
Campo	Concepto
Carriles efectivos	Numero de carriles en función
Sección	Sección del carril en mts
Tipo de terreno	Plano, lomerio y montañoso según el caso
Faja separadora	Pintura, muro de concreto, malla metalica u otro según el caso
Sección faja separadora	Dimensiones de la faja separadora en mts
Tipo de pavimento	Asfalto, hidraulico, adocreto u otro según el caso
Estado de pavimento	Bueno, regular, malo o deteriorado según el caso
Velocidad limite	velocidad limite permitida en la carretera

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 58 se observa el contexto fotográfico de la red carretera levantada en donde se aprecia el estado fisico actual del pavimento número de carriles, faja

separadora, acotamiento, señalización vertical y horizontal, etc. que es parte de la información de características físicas y geométricas del área de influencia al estudio.

**Figura 58. Contexto fotográfico de levantamiento de características físicas.**

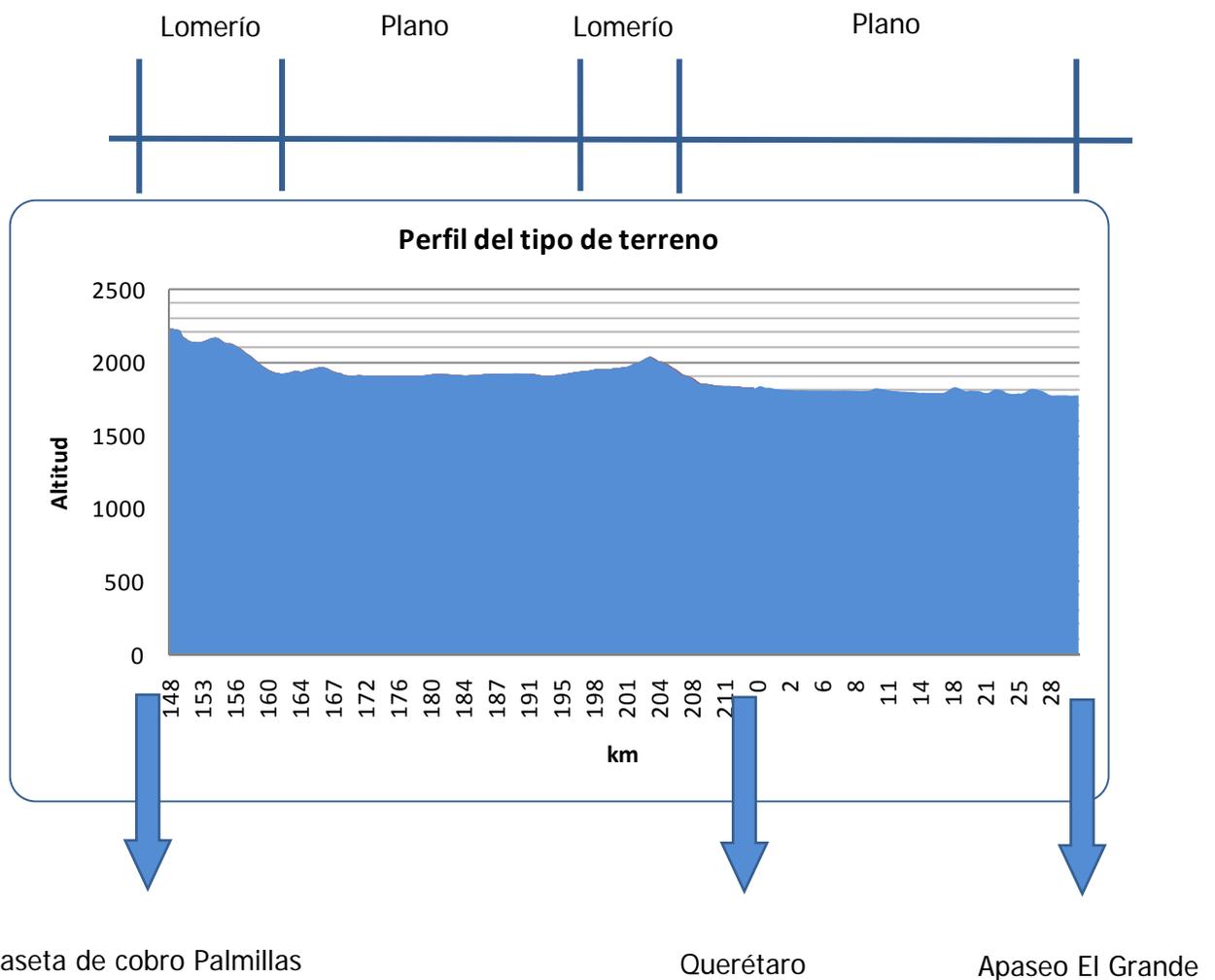


Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de resultados del levantamiento de características físicas, en la Figura 59 se observa el perfil de tipo de terreno de la autopista México-Querétaro, tramo Palmillas-Querétaro. En la siguiente figura vemos los cambios de terreno teniendo en cuenta que:

- Terreno plano. Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que permita a los vehículos pesados mantener una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros.
- Terreno Lomerío. Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad debajo de los vehículos ligeros.
- Terreno Montañoso. Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar con velocidades muy bajas en distancias considerables.

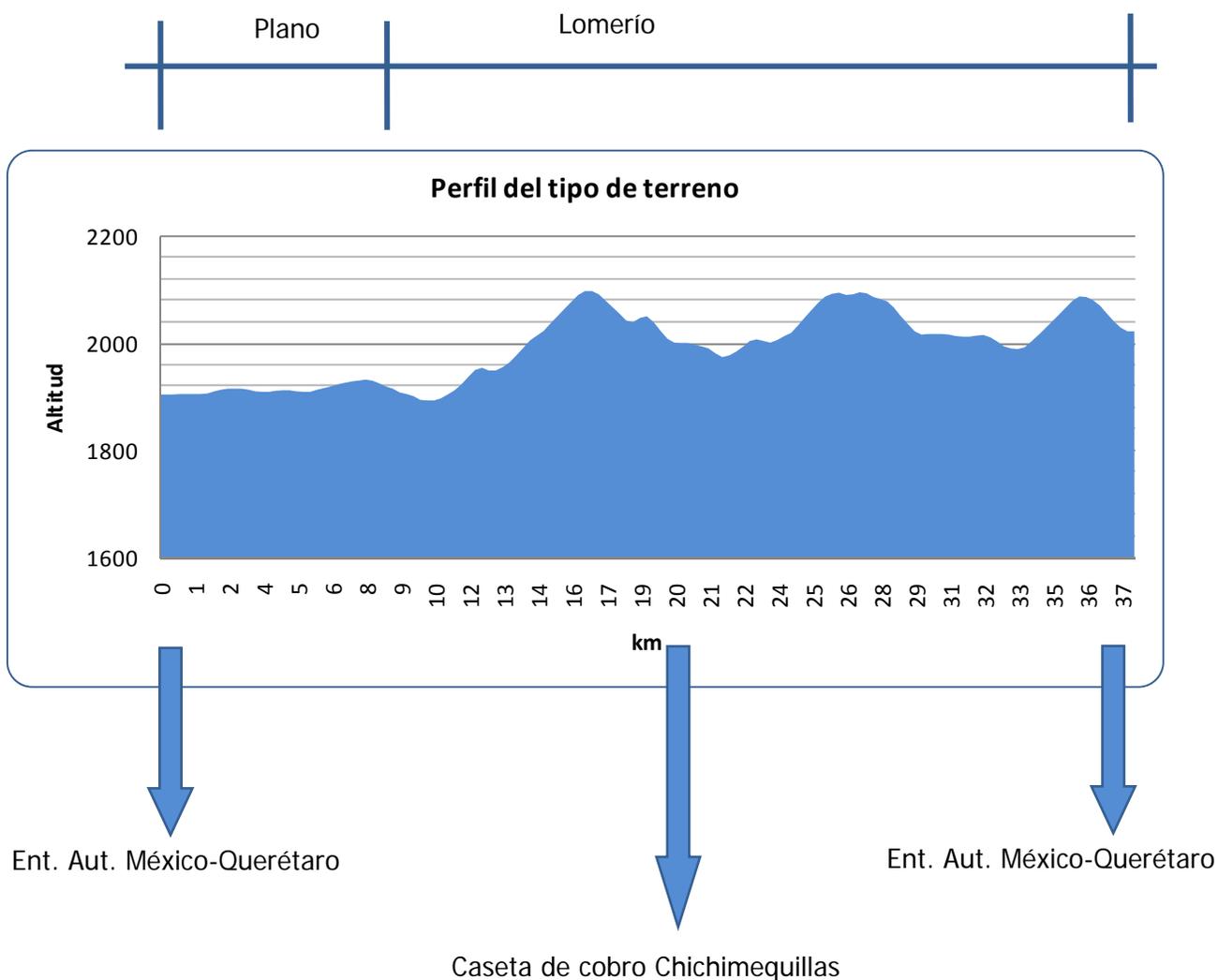
**Figura 59. Perfil del tipo de terreno de la Autopista México–Querétaro, tramo Palmillas–Querétaro km 148+000–212+000 y Autopista Querétaro–Irapuato km. 0+000–30+000.**



Fuente: Elaboración propia, con información de los recorridos realizados.

En la Figura 60 se observa el perfil del tipo de terreno del Libramiento Noreste de Querétaro el cual es de tipo lomerío en su totalidad de su recorrido que es de 37 km.

**Figura 60. Perfil del tipo de terreno del Libramiento Noreste de Querétaro km 0+000-37+000.**

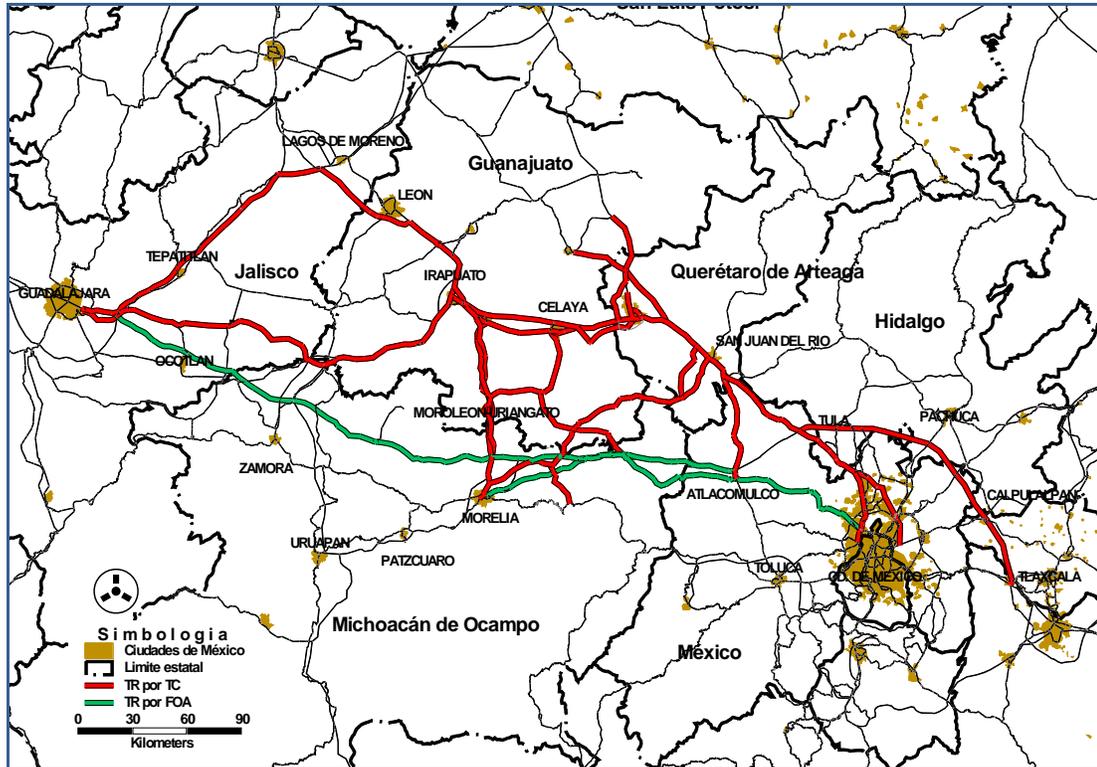


Fuente: Elaboración propia, con información de los recorridos realizados.

### 3.1.3 Velocidades y tiempos de recorrido

Los trabajos en los principales tramos carreteros de influencia al estudio con un total realizado en tiempos de recorrido de 2,251 km, los cuales se realizaron 20 veces para cada tramo carretero dividido en periodos de HP y HV en un día ES y FS. Para automóvil se realizaron 8 recorridos, buses 4 recorridos, camión unitario 4 recorridos y camión articulado 4 recorridos, en la Figura 61 se observa la red de influencia recorrida.

**Figura 61. Recorridos realizados por TC y FOA en la red de análisis propuesta por TC, para los TR.**

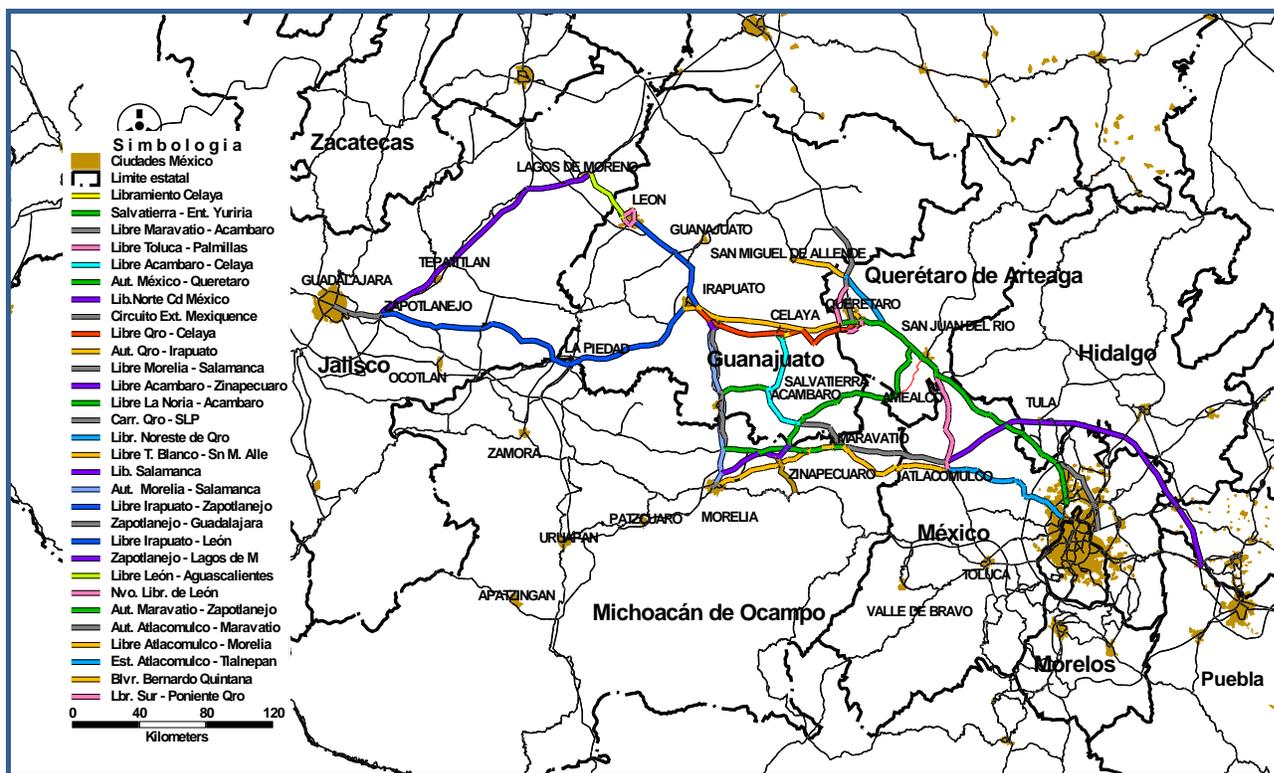


Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de los recorridos se empleó el método del vehículo flotante y de persecución. El método del vehículo flotante se empleó para estimar las velocidades de los automóviles en general. En este caso se internó un automóvil dentro del flujo normal del tránsito, teniendo cuidado de mantener ciertas condiciones de manejo que garantizaran la representatividad de las observaciones.

El método de persecución se utilizó para estudiar las velocidades del transporte de carga. Dicho método consiste en la selección aleatoria de vehículos de observación, a los cuales se les sigue a lo largo de su recorrido por la carretera (dentro de la red de análisis). Este proceso generalmente es más recomendable para estimar las velocidades del transporte de carga. Se seleccionaron dos tipos de camiones: camiones unitarios de 2 a 4 ejes (CU) y camiones articulados de 5 ejes o más (CA), pues estas unidades muestran grandes variaciones dependiendo de la dirección en que transiten y de las condiciones físicas del terreno. En Figura 62 se observan los tramos federales y estatales en los cuales se realizó tiempos de recorrido para automóvil, CU y CA.

**Figura 62. Principales tramos carreteros federales y estatales en los que se realizó medición de tiempos y velocidades.**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4 Principales resultados obtenidos de los TR.

A continuación se presentan los resultados para el análisis de los TR realizados para los periodos de HP y HV donde se observa que la variación de velocidades es poco significativa, como se observa en la Figura 63, Figura 64 y Figura 65.

El tiempo de recorrido promedio en automóvil para el periodo de HP y HV para la autopista Querétaro–Irapuato en el tramo caseta Querétaro–Caseta Salamanca no representa variación debido a que es un tramo interurbano con una velocidad de operación similar a la velocidad límite permitida que es de 110 km/hr.

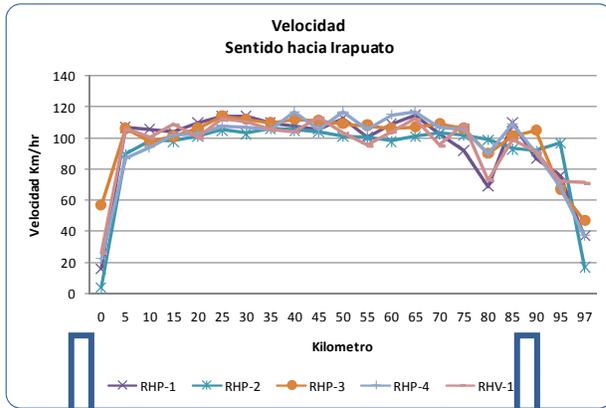
**Figura 63. Comparativa de velocidades de la Autopista Querétaro–Irapuato.**

Autopista Querétaro - Irapuato		Sentido: Hacia Irapuato			
Periodo	Tramo	Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)	
HP	Caseta Querétaro - Caseta Salamanca	78.52	45.41	103.7	
HV	Caseta Querétaro - Caseta Salamanca	78.52	45.18	104.3	
	<b>Promedio</b>	78.52	45.30	104.0	
	<b>Desvest</b>		0.16	0.37	
	<b>%</b>		0.36%	0.36%	

**Autopista Querétaro - Irapuato**

**Sentido: Hacia Querétaro**

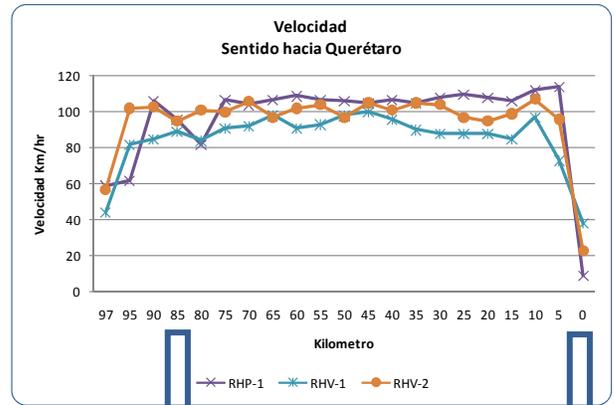
Periodo	Tramo		Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)
HP	Caseta Salamanca	- Caseta Querétaro	78.52	46.22	101.93
HV	Caseta Salamanca	- Caseta Querétaro	78.52	50.50	93.29
<b>Promedio</b>			78.52	48.36	97.61
<b>Desvest</b>				3.03	6.11
<b>%</b>				6.26%	6.26%



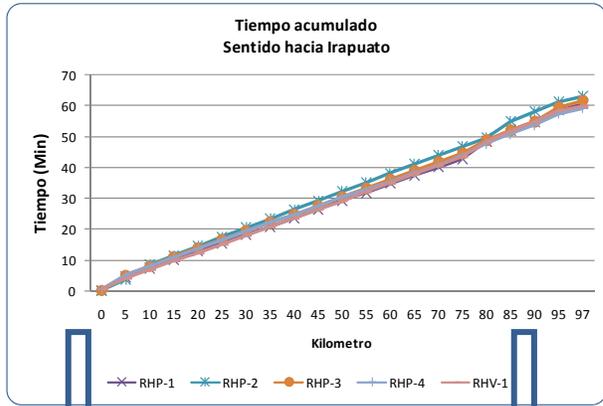
Caseta Querétaro



Caseta Salamanca



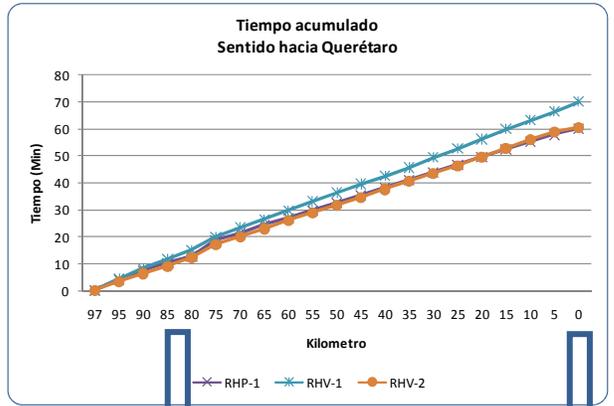
Caseta Querétaro



Caseta Querétaro



Caseta Salamanca



Caseta Querétaro

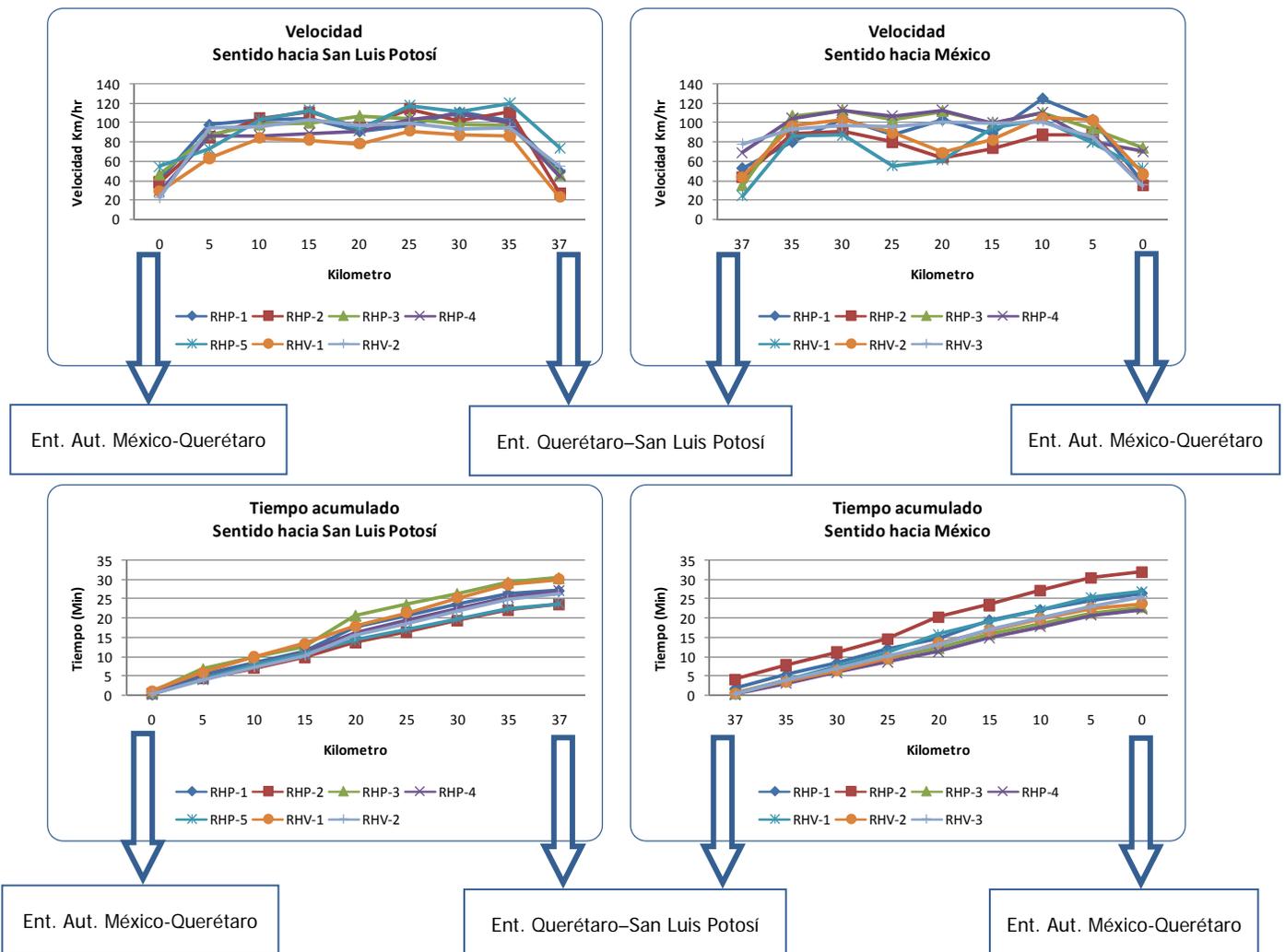
Fuente: Elaborado con información de TR.

El segundo ejemplo a mostrar son los resultados de los recorridos en automóvil del Libramiento Noreste de Querétaro, en donde las diferencias de tiempo promedio de ambos sentidos en HP y HV son poco significativas con una diferencia menor a 1 minuto, como se observa en la Figura 64.

**Figura 64. Comparativa de velocidades del Libramiento Noreste de Querétaro.**

Libramiento Noroeste Querétaro			Sentido: Hacia Ent. Aut. México - Querétaro		
Periodo	Tramo		Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)
HP	Ent. Qro - San Luis Potosí	- Ent. Aut. México - Querétaro	37.0	25.0	89.0
HV	Ent. Qro - San Luis Potosí	- Ent. Aut. México - Querétaro	37.0	24.7	90.1
			<b>Promedio</b>	24.8	89.5
			<b>Desvest</b>	0.22	0.79
			<b>%</b>	0.88%	0.88%

Libramiento Noroeste Querétaro			Sentido: Hacia San Miguel de Allende		
Periodo	Tramo		Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)
HP	Ent. Aut. México - Querétaro	- Ent. Qro - San Luis Potosí	37.01	26.94	82.43
HV	Ent. Aut. México - Querétaro	- Ent. Qro - San Luis Potosí	37.01	27.59	80.49
			<b>Promedio</b>	27.27	81.46
			<b>Desvest</b>	0.46	1.37
			<b>%</b>	1.69%	1.69%

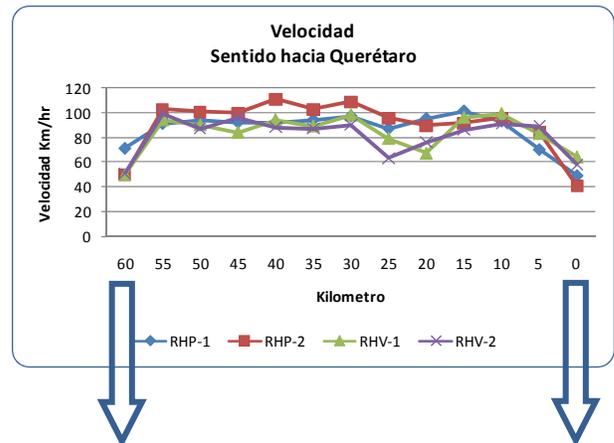
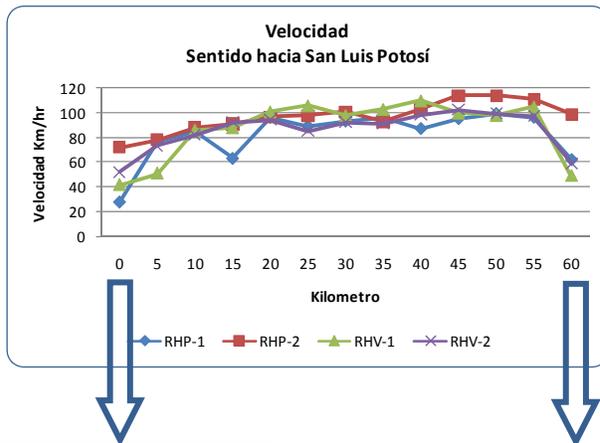


El tercer ejemplo de los resultados de los recorridos realizados en automóvil, fue en la carretera federal Querétaro–San Luis Potosí, la cual muestra una diferencia de tiempo menor a 1 minuto en ambos sentidos, de igual manera se registra una velocidad promedio similar a la velocidad límite que es de 80 km/hr.

**Figura 65. Comparativa de velocidades de la carretera federal Querétaro–San Luis Potosí.**

Carretera Libre Querétaro - San Luis Potosí		Sentido: Hacia San Luis Potosí			
Periodo	Tramo	Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)	
HP	Centro Querétaro (km 0+000) - San Antonio (km 61+000)	60.30	40.12	90.18	
HV	Centro Querétaro (km 0+000) - San Antonio (km 61+000)	60.30	40.78	88.72	
		<b>Promedio</b>	60.30	40.45	89.45
		<b>Desvest</b>		0.47	1.03
		<b>%</b>		1.15%	1.15%

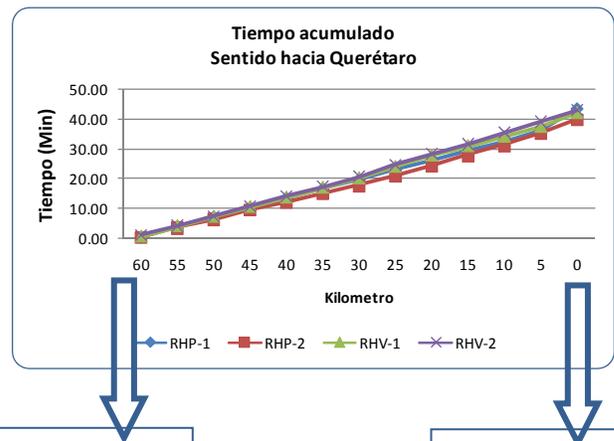
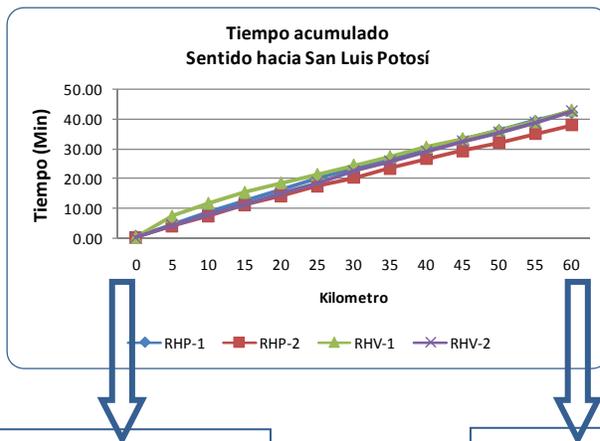
Periodo		Sentido: Hacia Querétaro			
Periodo	Tramo	Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)	
HP	San Antonio (km 61+000) - Centro Querétaro (km 0+000)	60.30	43.23	83.69	
HV	San Antonio (km 61+000) - Centro Querétaro (km 0+000)	60.30	42.66	84.81	
		<b>Promedio</b>	60.30	42.95	84.25
		<b>Desvest</b>		0.40	0.79
		<b>%</b>		0.94%	0.94%



Ent. Aut. México-Querétaro

Ent. Querétaro – San Luis Potosí

Ent. Aut. México - Querétaro



Ent. Aut. México-Querétaro

Ent. Querétaro–San Luis Potosí

Ent. Aut. México-Querétaro

En el análisis de los 3 tramos carreteros, se observa que la desviación estándar no excede de 4 min, por lo que se estima que no la variación es poco significativa en los tiempos de recorrido y velocidades alcanzadas en los periodos de HP y HV.

### 3.1.5 Esquema de operación

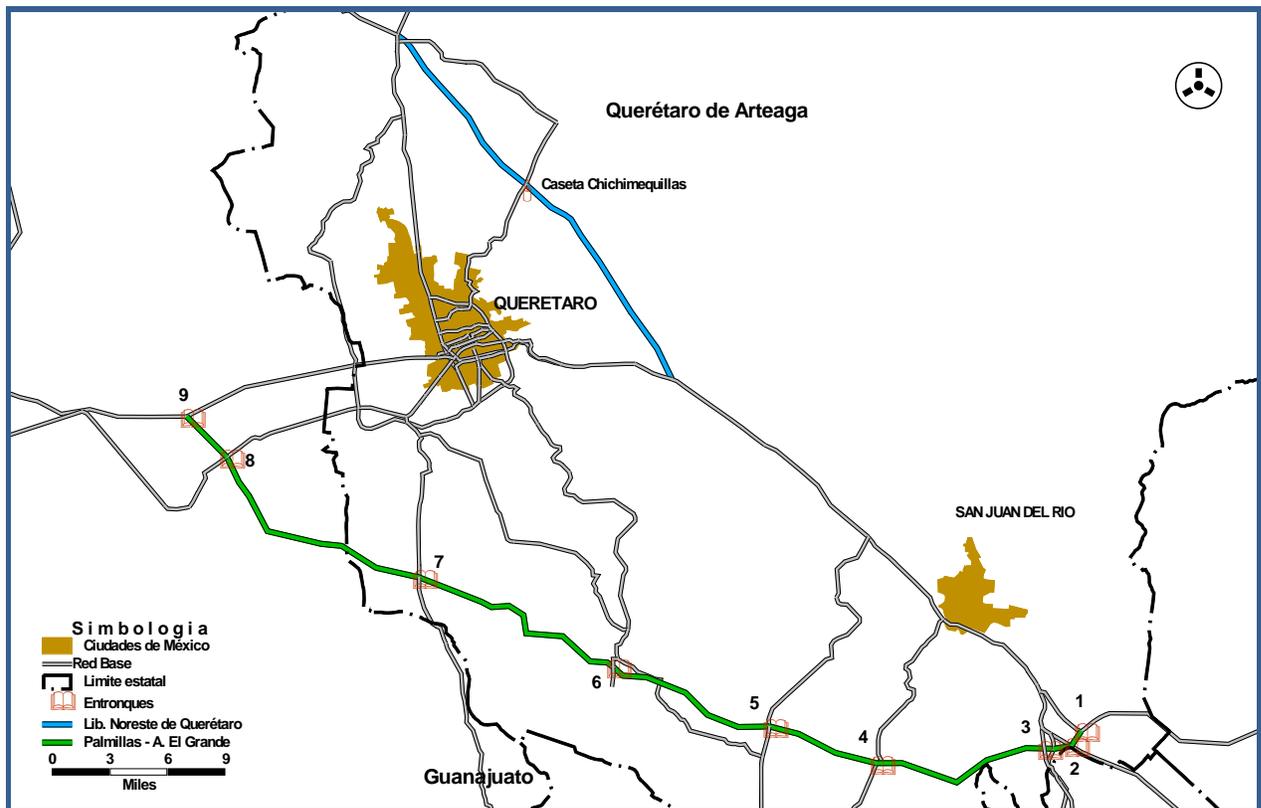
El siguiente capítulo explica los esquemas de operación que se puede aplicar para los proyectos de: El Libramiento Noreste de Querétaro y Palmillas–Apaseo El Grande.

#### 3.1.5.1 Libramiento Noreste de Querétaro.

Para el Libramiento Noreste de Querétaro se estima que conserve el mismo esquema de pago pero evaluando una sensibilidad tarifaria para actualizar su operación, considerando la restricción de paso hacia Querétaro.

En la Figura 66, se observa el trazo del Libramiento Noreste de Querétaro el cual contempla 1 caseta de peaje en el km 20 y 1 entronque con la carretera estatal a Chichimequillas y a San José El Alto.

**Figura 66. Aprovechamiento de activos para el Libramiento Noreste de Querétaro y de nueva infraestructura Palmillas-Apaseo El Grande.**



No.	Entronque	Km
1	Huichapan	0
2	Palmillas	3
3	Atlacomulco	5
4	Amealco I	20
5	Amealco II	30
6	Huimilpan	45
7	Coroneo	65
8	Apaseo El Alto	85
9	Apaseo El Grande	90

Fuente: Elaboración con información de recorridos realizados.

### **3.1.5.2 Autopista Palmillas-Apaseo El Grande**

Para el proyecto de Palmillas–Apaseo El Grande se propone evaluar lo siguiente:

Entronques intermedios con tarifa por kilómetro de referencia y con base en la demanda, definir factibilidad de entronques en conjunto con el cliente; en el anteproyecto se contemplan los referidos en la Figura 66.

Con base en el análisis operativo del proyecto y una vez definido los entronques (configuración final), se procederá a ejecutar la sensibilidad tarifaria mediante un sistema de cobro cerrado con casetas troncales y auxiliares.

Considerar dentro de los escenarios la posibilidad de bloqueo de paso de camiones por la ciudad de Querétaro.

### **3.1.6 Problemática a resolver en los proyectos.**

El informe detallado se puede ver en el anexo específico.

## **4 Análisis de la demanda**

Con base a los términos de referencia, el presente capítulo contempla el desarrollo de la información obtenida para el análisis de la demanda, la cual contempla la zonificación del área de estudio, la demanda potencial al proyecto, valor del tiempo de los diferentes usuarios y conteos de tránsito incluyendo clasificación vehicular.

A continuación se enlistan los términos utilizados en el desarrollo de este capítulo.

EOD: Encuesta Origen–Destino.

EPD: Encuesta Preferencia–Declarada.

EPR: Encuesta Preferencia–Revelada.

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual.

TDPS: Tránsito Diario Promedio Semanal.

HMD: Hora de Máxima Demanda.

#### 4.1 Definición de zonas de análisis.

La zonificación consiste en delimitar áreas geográficas que nos permitan representar adecuadamente en el modelo de simulación, los orígenes y destinos de los viajes vehiculares identificados en la zona de estudio.

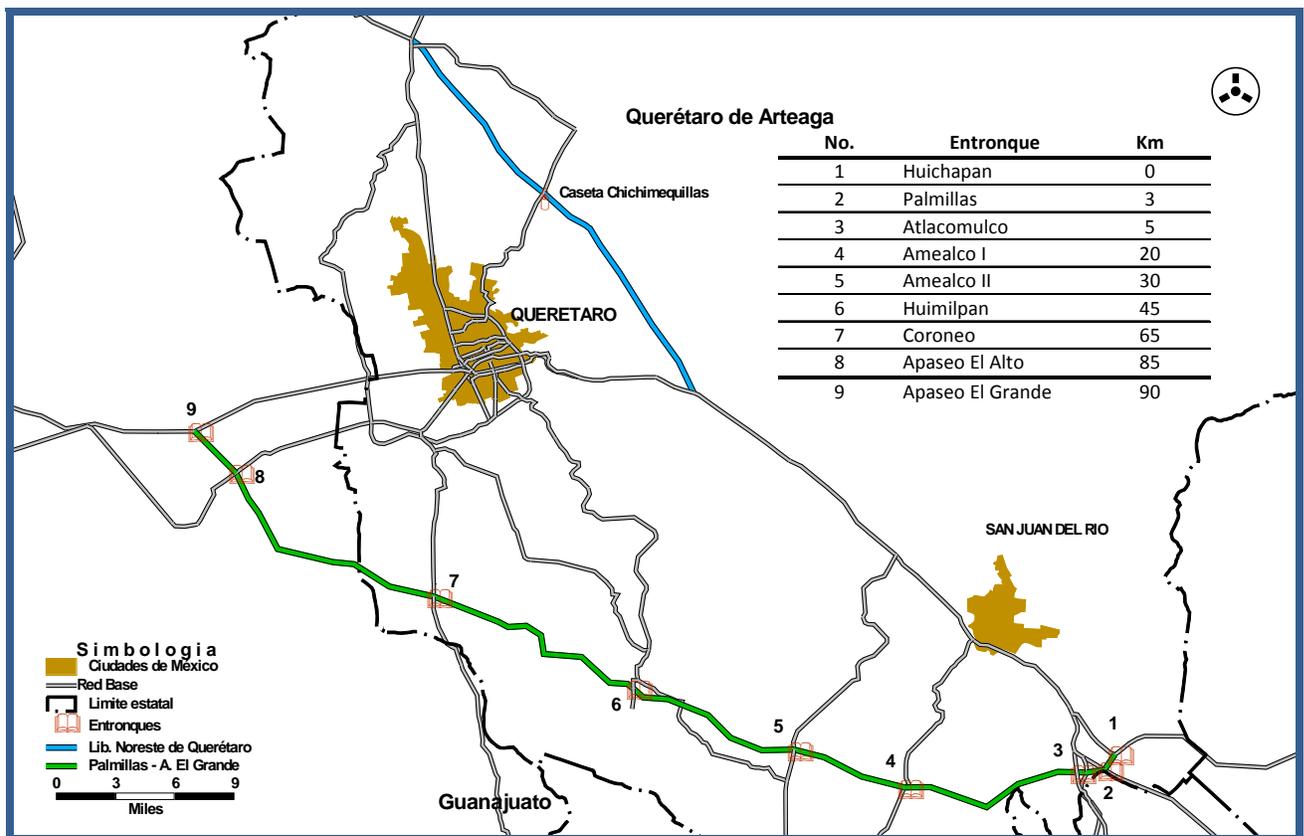
La zonificación se desarrolló con base a áreas geográficas compatibles con divisiones administrativas a nivel de poblaciones considerando las de mayor número de habitantes en la zona de influencia al estudio, dentro de la zona de influencia se delimito de la siguiente manera:

Zonas a nivel colonia y localidad (zonas urbanas localizadas en la ciudad de Querétaro):

- Parte del municipio de Querétaro
- Parte del municipio de Corregidora

La ciudad de Querétaro se zonificó a nivel colonia y localidad, debido a que el anteproyecto de la carretera de cuota Palmillas–Apaseo El Grande contempla 9 entronques como se muestra en la Figura 67, lo cual implica saber la demanda potencial que puede utilizar el proyecto en alguno de los entronques mostrados.

**Figura 67. Entronques del anteproyecto de la carretera Palmillas–Apaseo El Grande.**



Fuente: Elaboración con información de la Dirección General de Desarrollo Carretero, SCT.

Otro nivel de agregación corresponde a zonas regionales integradas por uno o más municipios, dentro de este nivel se consideró lo siguiente:

- Municipios restantes del estado de Querétaro
- Municipios restantes del estado de Guanajuato

Para el contorno nacional, la agregación de zonas está constituida por la delimitación de uno o más estados, así mismo se incluyen zonas que se encuentran fuera del territorio nacional.

Esta zonificación se definió tomando como criterio la accesibilidad que tiene la red carretera nacional a la zona de estudio.

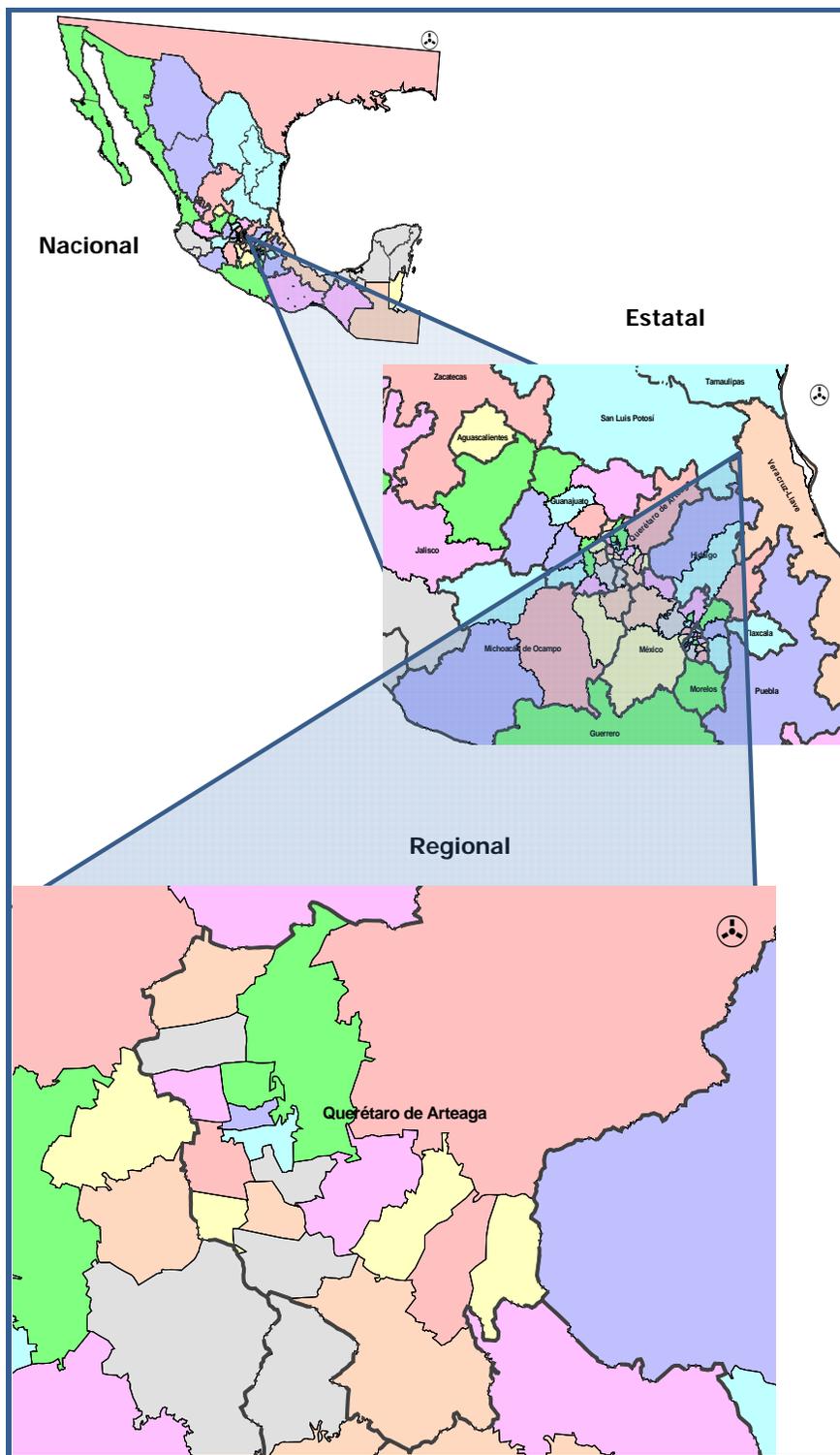
La zonificación para el estudio de demanda para la autopista de aprovechamiento de activos, denominada Libramiento Noreste de Querétaro, y de nueva infraestructura, denominada Palmillas–Apaseo El Grande, queda integrada de la siguiente manera.

**Tabla 29. Zonificación agregada.**

<b>Nivel</b>	<b>Num. Zonas</b>
Colonia	7
Localidad	11
Municipio	53
Estado	14
<b>Total</b>	<b>85</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 68. Zonificación.**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Pronóstico de variables socioeconómicas

Con base en la evidencia empírica, la generación de viajes se encuentra estrechamente vinculada al comportamiento de variables socioeconómicas<sup>2</sup> tales como el Producto Interno Bruto (PIB), el Empleo (EMP), la Población Total (POB), la Población Económicamente Activa (PEA)<sup>3</sup> y el Parque Vehicular (VEH).

El criterio para considerar tales variables se fundamenta en su proximidad cuantitativa con la actividad económica, principal causa de la generación de viajes. Los viajes motivados por recreación y educación son incorporados en las estimaciones a través de la variable poblacional.

Es por ello que el desarrollo del modelo econométrico que se utilizará para pronosticar la demanda de viajes estará basado, fundamentalmente, en la proyección de estas variables socioeconómicas a nivel nacional y de las zonas de estudio.

Los datos históricos y pronósticos a nivel estatal sobre Población Total y PEA se obtuvieron directamente del Consejo Nacional de Población (CONAPO), la serie histórica del parque vehicular fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y las series del PIB y empleo están basadas en información de SIREM<sup>4</sup>. Estas últimas, fueron linealizadas a partir de 2015 con la finalidad de presentar un escenario de largo plazo menos volátil.

A partir de la información histórica recopilada, se realizó los pronósticos para los siguientes 30 años siguiendo una metodología tendencial y cubriendo el periodo 2010-2040.

En los siguientes apartados se presenta el análisis de variables a nivel estatal, los pronósticos a nivel zonal se encuentran en el anexo correspondiente.

### 4.2.1 Producto Interno Bruto

El Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional sufrió una caída de -6.5% durante 2009 causada por la crisis financiera generada en Estados Unidos. No obstante, las estadísticas de múltiples organismos nacionales e internacionales<sup>5</sup> permiten estimar que el repunte del año 2010 será de 5% y de 4.2% para 2011 (Tabla 30).

---

<sup>2</sup> Sobre la relevancia de estos factores puede consultarse *Modelling Transport*, Juan de Dios Ortúzar y Luis G. Willumsen, 2002, Wiltshire, Inglaterra.

<sup>3</sup> Definida como la población de 14 años o más que tiene o está buscando empleo (INEGI).

<sup>4</sup> SIREM: Sistema de Información Regional de México, consultoría especializada en análisis económico.

<sup>5</sup> Fondo Monetario Internacional, *World Economic Outlook Update*, 07 julio 2010.

Banco de México, *Encuesta Sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado*, junio, 2010.

Banco de México, *Informe sobre la Inflación Enero-Marzo 2010*, abril, 2010.

Banco de México, *Informe sobre la Inflación Enero-Marzo 2010*, abril, 2010.

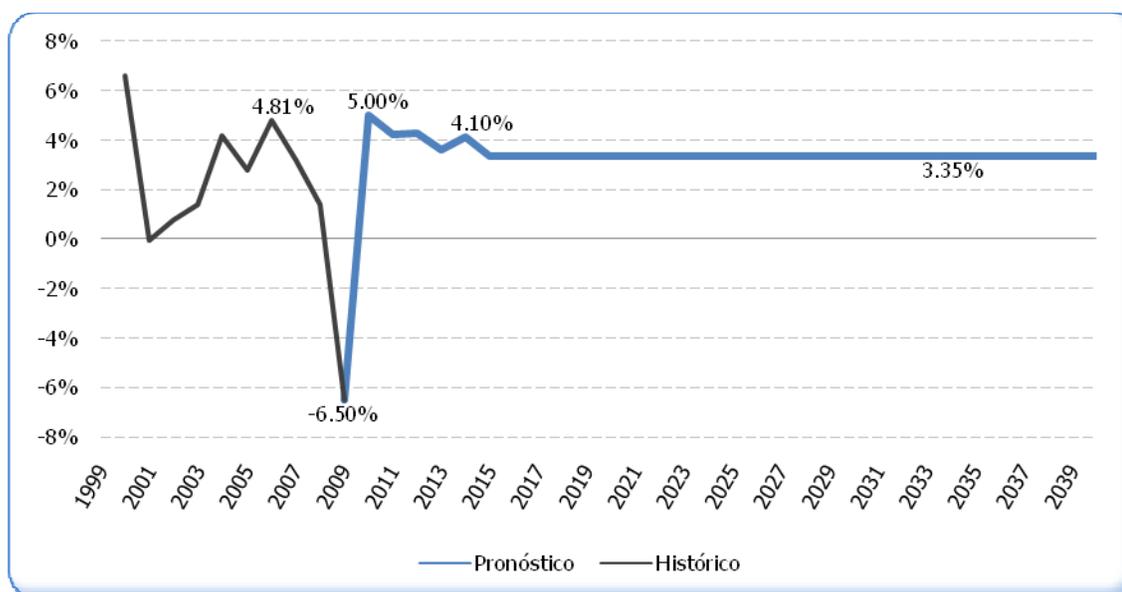
**Tabla 30. Tasas de crecimiento del PIB nacional**

<b>Año</b>	<b>Tasa porcentual anual</b>
2009	-6.50%
2010	5.00%
2011	4.20%
2012	4.30%
2013	3.60%
2014	4.10%
2015	3.35%

Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

En el largo plazo, sin embargo, se asume que la tasa de crecimiento de la economía nacional tenderá a oscilar alrededor de 3.3%, en concordancia con la tendencia histórica de esta serie (*Figura 69*).

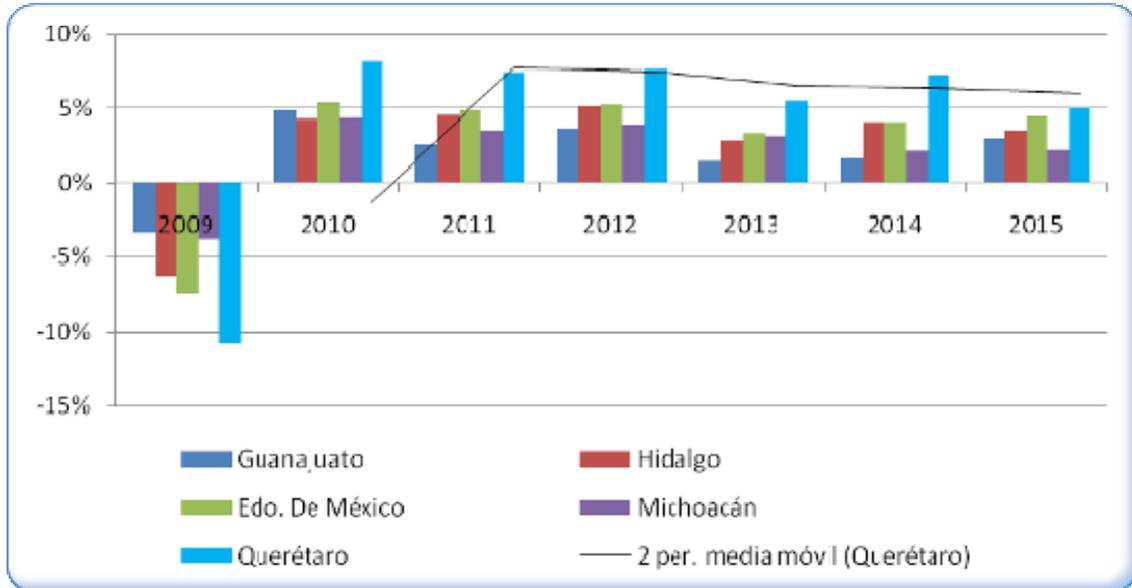
**Figura 69. Tasas de Crecimiento del PIB Nacional**



Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

De forma análoga, la dinámica de la actividad económica de la zona donde se implementará el proyecto ha mostrado un repunte posterior a la crisis de 2009, principalmente en estados donde la caída del PIB durante el periodo de crisis fue más aguda que el promedio nacional por ejemplo, Querétaro y el Estado de México, que además cuentan con un sector industrial sólido (*Figura 70*). A su vez, la tendiente concentración de este sector en la región ha generado certidumbre en las expectativas de crecimiento con tasas superiores a las del DF en por lo menos 2%.

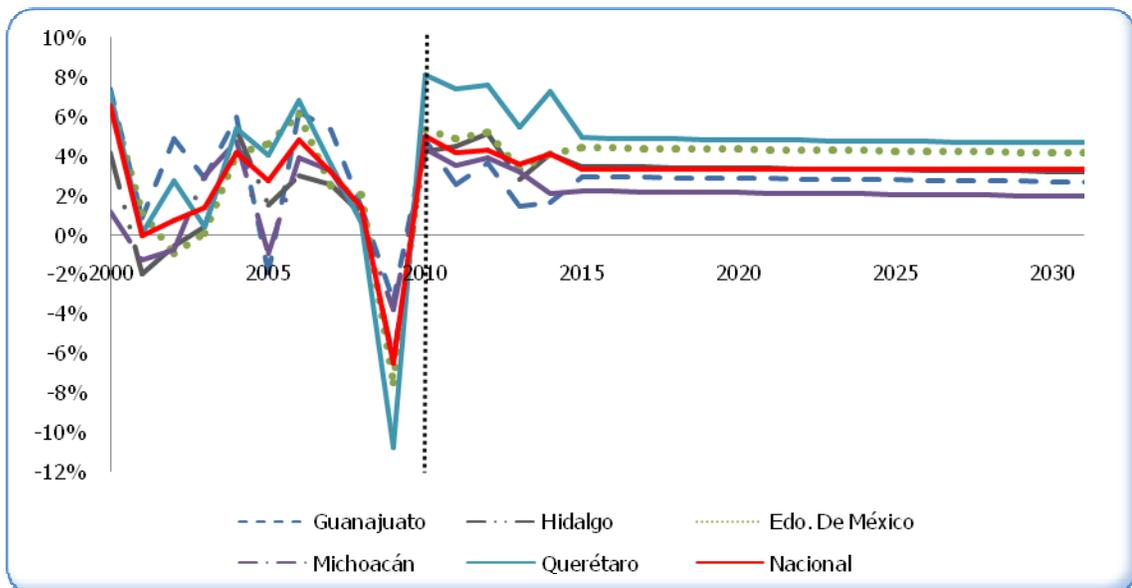
**Figura 70. Tasas de Crecimiento del PIB por Estado**



Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

Las expectativas de crecimiento para Guanajuato, Hidalgo y Michoacán son inferiores al crecimiento nacional esperado. Sin embargo, el crecimiento del PIB en Querétaro y el estado de México será mayor a la dinámica del país (*Figura 71 y Figura 72*).

**Figura 71. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del PIB por estados**



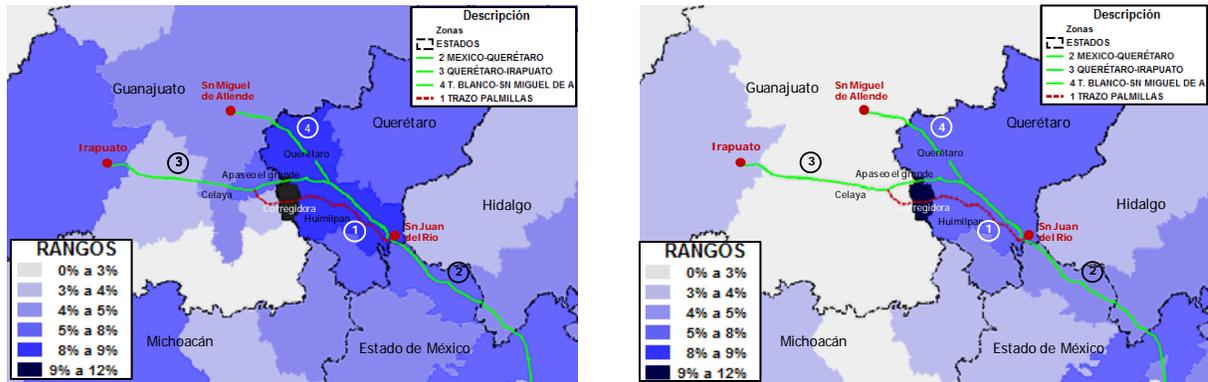
Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

En concreto, en los municipios como Corregidora, Huimilpan, Querétaro, San Juan del Río y El Marqués, con alta concentración de actividad económica de los sectores secundario y terciario, se estiman tasas de crecimiento entre 8 y 9 por ciento el año 2010 (*Figura 72*).

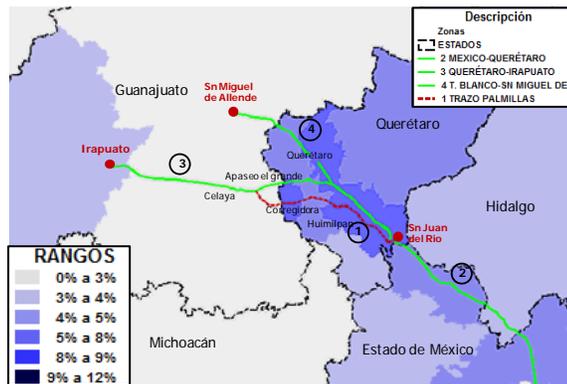
**Figura 72. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento del PIB en la región.**

**a) Tasa de crecimiento del PIB 2009-2010**

**b) Tasa media de crecimiento del PIB 2010-2015 (Mediano Plazo)**



**c) Tasa media de crecimiento del PIB 2010-2040 (Largo Plazo)**



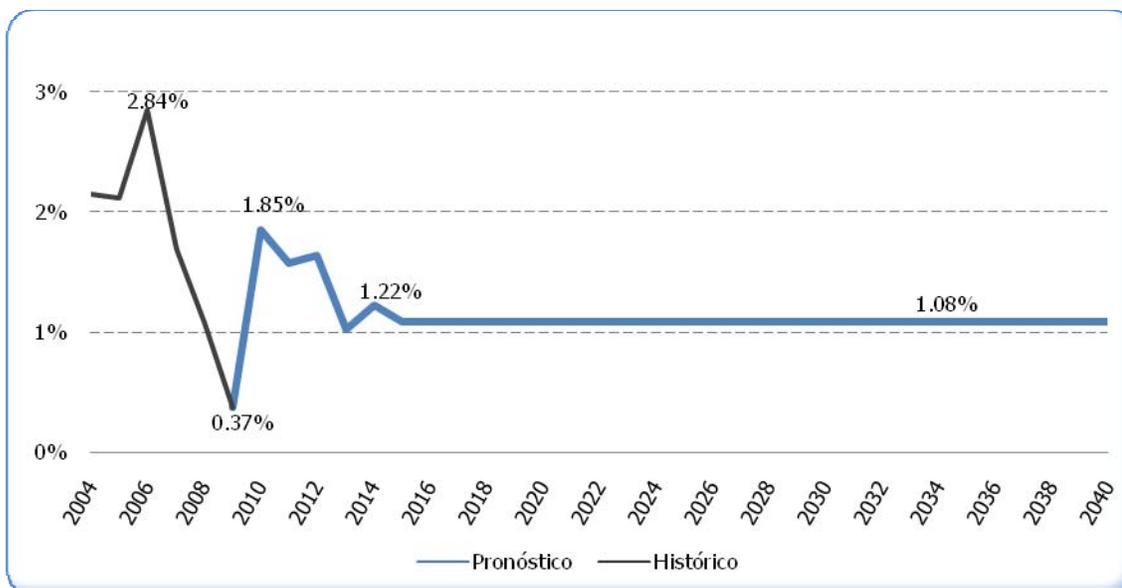
Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

Asimismo, las expectativas de crecimiento tanto en el mediano plazo (2010-2015) como en el largo plazo (2010-2040) son superiores en el Estado de México, Hidalgo y Querétaro (Figura 72).

#### 4.2.2 Empleo

El comportamiento de la dinámica de empleo es paralelo a la actividad productiva. La caída en la producción en 2009 redujo la tasa de crecimiento del empleo a nivel nacional a menos de medio punto porcentual anual. No obstante, el impacto de esta desaceleración fue menor a lo esperado debido a la rigidez de salarios y contratos que existe en la economía (Figura 73).

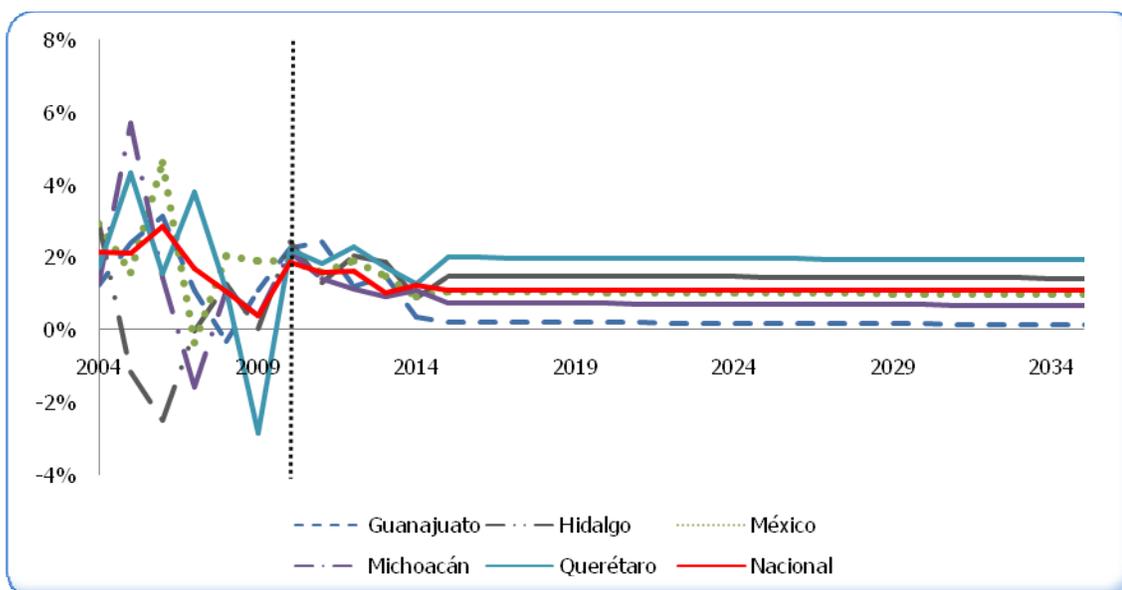
**Figura 73. Tasas de Crecimiento del Empleo a nivel nacional**



Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

Por otra parte, la localización de los grandes corredores industriales en el Estado de México y Querétaro proporcionan mayor certeza de empleo en la región dados los enormes costos por movilidad del capital, por lo que las expectativas de empleo para los próximos años son positivas en la principal zona de influencia (Figura 74). Querétaro, en particular, refleja expectativas superiores a las del Estado de México y el Distrito Federal en más de 1%.

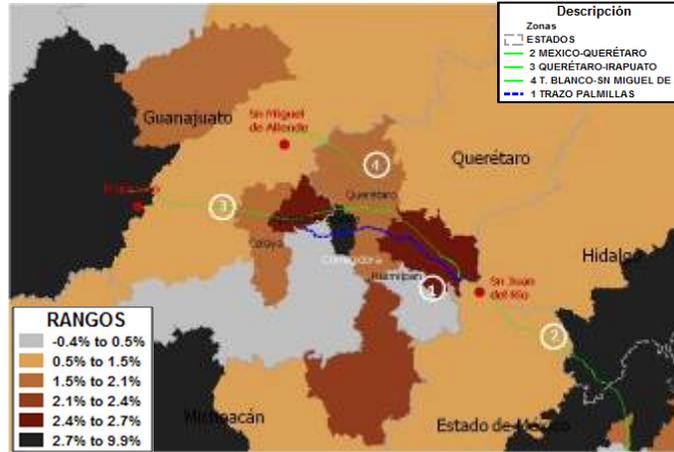
**Figura 74. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del Empleo por Estado**



Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

En regiones aledañas al proyecto como Apaseo el Grande y San Juan del Río, por ejemplo, se registran tasas de crecimiento del empleo cercanas a 2.5% en 2010 (Figura 75).

**Figura 75. Mapa temático. Crecimiento de la Tasa de Empleo 2009-2010**



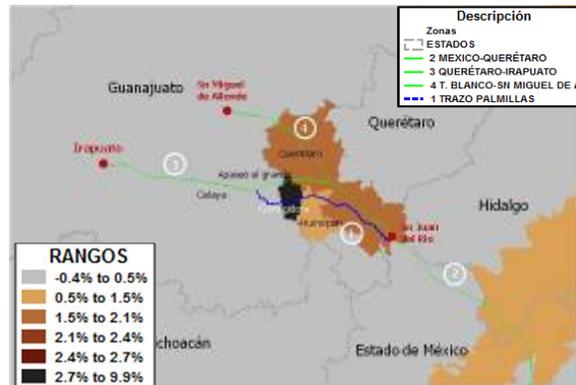
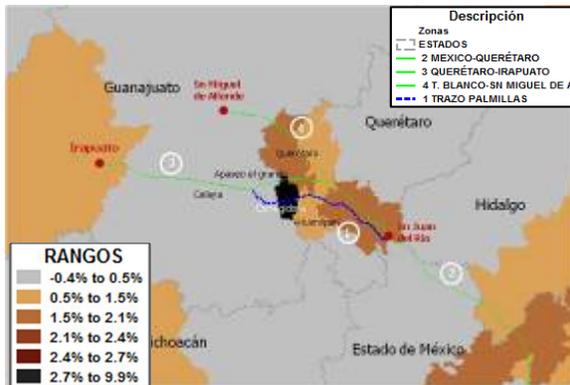
Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

Asimismo, aunado a las expectativas de crecimiento en la actividad económica de la región del Bajío, las expectativas respecto a las tasas de incremento del empleo, en el mediano y largo plazo, son superiores al crecimiento nacional esperado (Figura 76).

**Figura 76. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la Tasa de Empleo en la Región**

a) Tasa de crecimiento del Empleo 2010-2015 (Mediano Plazo)

b) Tasa de crecimiento del Empleo 2010-2040 (Largo Plazo)



Fuente: Elaboración con datos de SIREM.

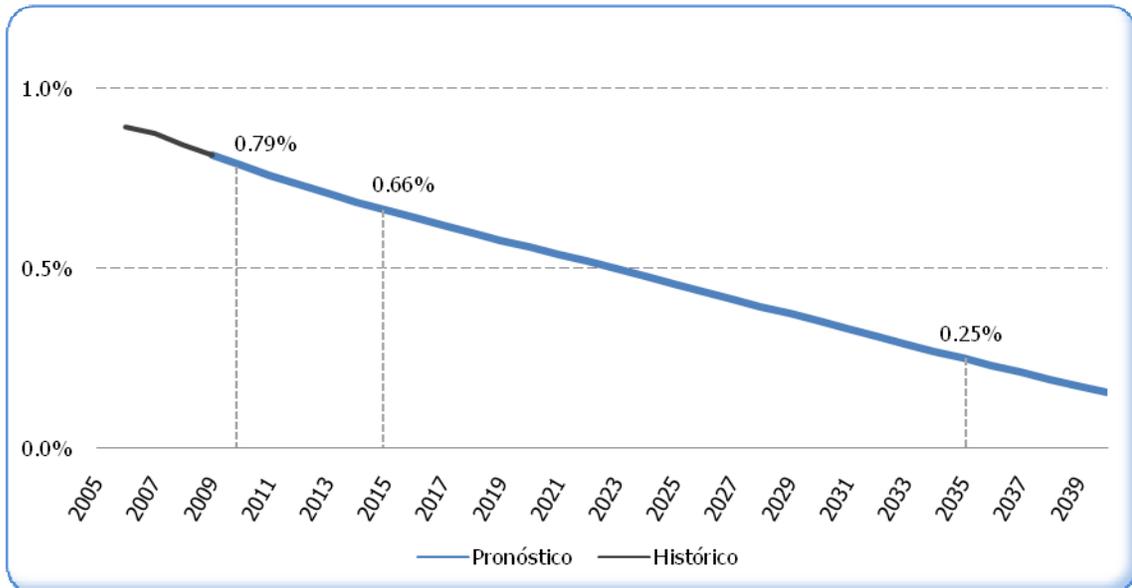
### 4.2.3 Población

A partir de los programas de planificación familiar implementados a finales de los años ochenta, de la incorporación más activa de la mujer en la economía, así como de la tendencia mundial a reducir el tamaño de las familias, las tasas de crecimiento poblacional han disminuido en los últimos años en el país.

De acuerdo a CONAPO, en 2005 había poco más de 103 millones de mexicanos y se estima un crecimiento de la población total de aproximadamente 20 millones en 30 años (.

Figura 77).

Figura 77. Tasas de Crecimiento de la Población a nivel nacional

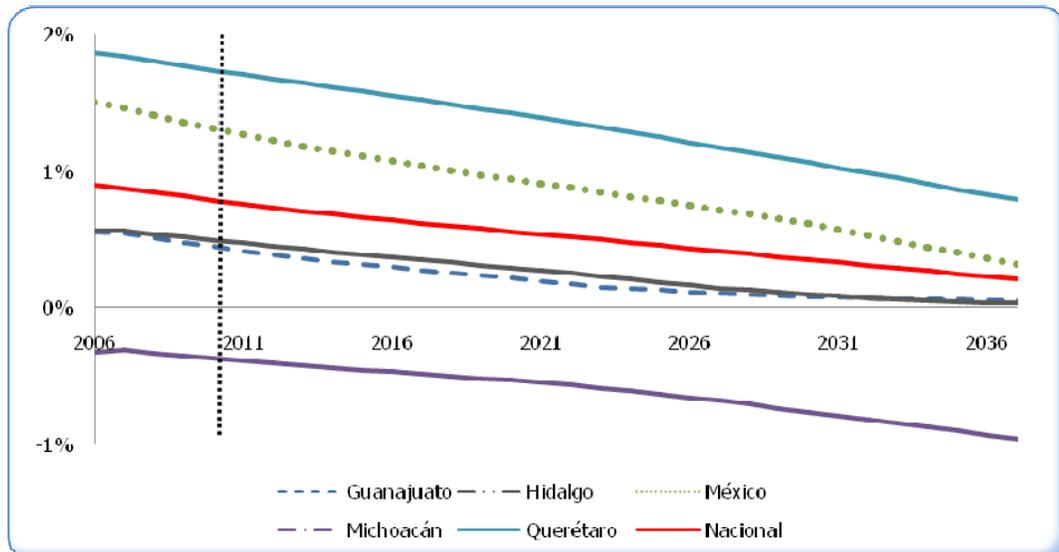


Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

A nivel estatal, la evolución poblacional ha sido a tasas decrecientes. Guanajuato e Hidalgo, particularmente, han registrado un crecimiento por debajo de la media nacional. Sin embargo, estados con actividad económica importante como Querétaro y el Estado de México son fuertes atractores de población migrante y se estiman tasas de crecimiento superiores al 1% en los próximos 10 años.

Por su parte, Michoacán presenta un fenómeno de despoblamiento ocasionado por flujos migratorios a Estados Unidos. En consecuencia, para el año 2040 se espera una tasa decreciente de casi -1% (Figura 78).

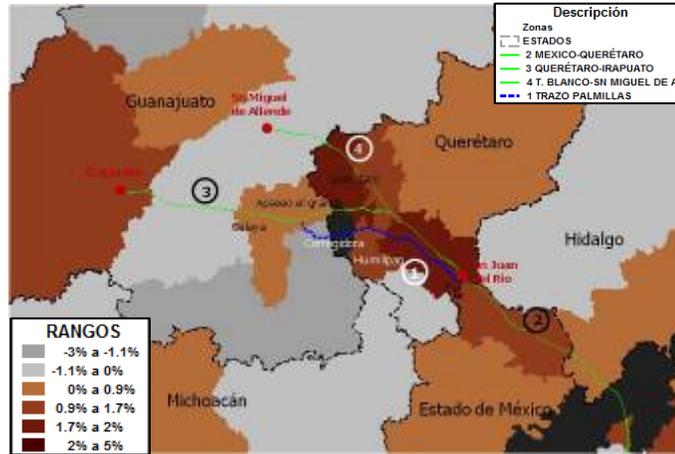
Figura 78. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento de la Población por estado



Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

A nivel local del proyecto, las tasas de crecimiento poblacional más importantes las registran municipios como San Juan del Río, Querétaro, Huimilpan y Corregidora, principal zona urbana de la región (Figura 79).

**Figura 79. Mapa temático. Crecimiento de la Tasa de Población 2009-2010**

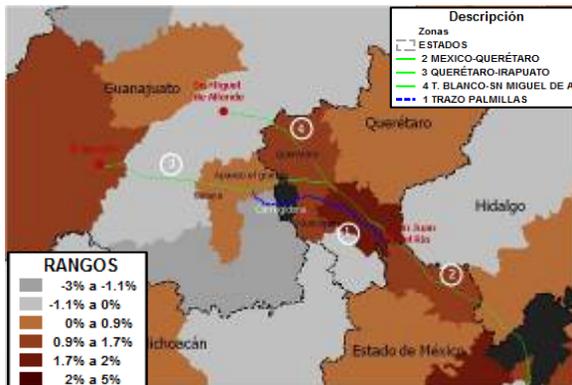


Fuente: Elaboración con datos de CONAPO.

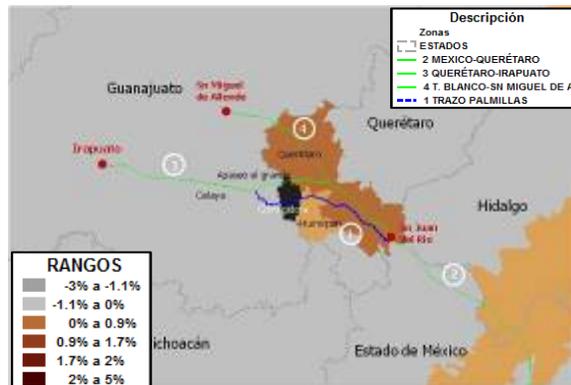
Dado el efecto de concentración poblacional en zonas urbanas, los pronósticos de crecimiento en el mediano y largo plazo no varían significativamente respecto a la situación actual. La expectativa de la tasa de crecimiento en los municipios al proyecto es superior a 1% para 2040.

**Figura 80. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la Tasa de Población en la región**

**a) Tasa de crecimiento de la Población 2010-2015 (Mediano Plazo)**



**b) Tasa de crecimiento de la Población 2010-2040 (Largo Plazo)**



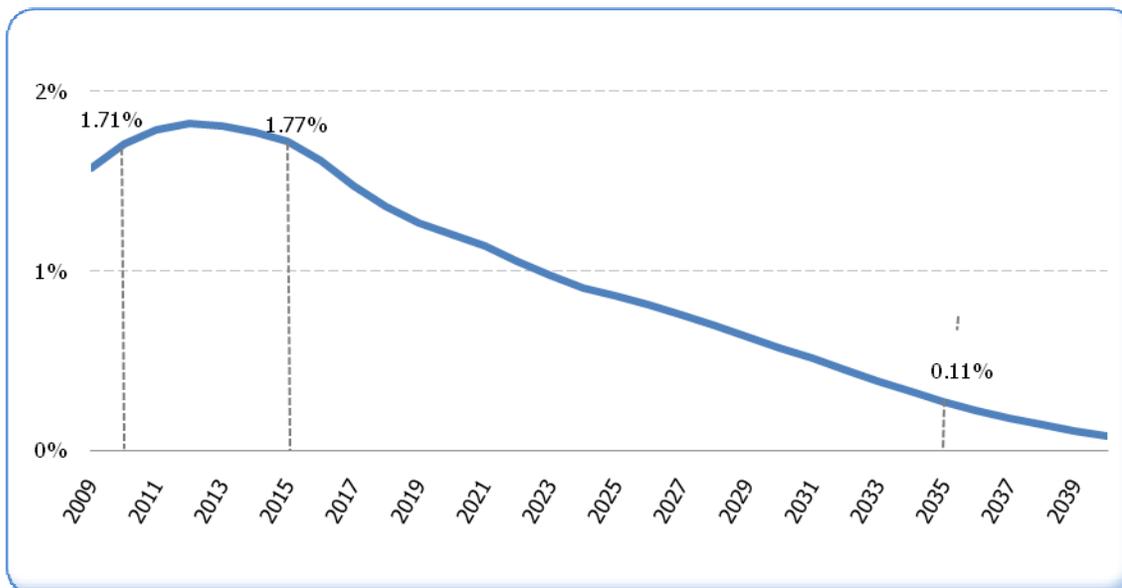
Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

#### 4.2.4 Población Económicamente Activa (PEA)

La dinámica de la proporción de población que tiene actualmente un trabajo o está en busca de uno (PEA) se ha incrementado en los últimos años como consecuencia del bono poblacional generado por la alteración de la pirámide poblacional. Las tasas superiores a la tasa de crecimiento poblacional de los años anteriores, así como de los próximos años, implica una proporción de población en edad de trabajar mayor a la proporción de la población dependiente. De tal manera, las crecientes tasas de crecimiento de la PEA de los próximos 5 años han generado un incremento importante

en las expectativas de crecimiento de la actividad económica en el corto plazo (2010-2015) (Figura 69 y Figura 81).

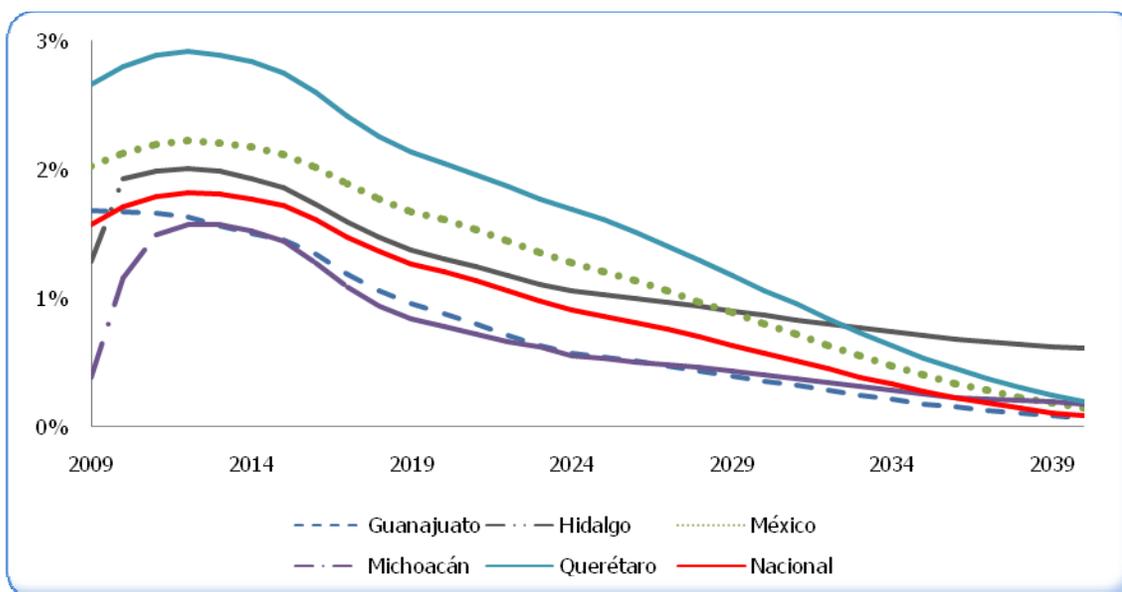
**Figura 81. Tasas de Crecimiento de la PEA a nivel nacional**



Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

De la misma forma, el comportamiento de la PEA en los estados es creciente en los próximos 5 años, sobretodo en estados con creciente recepción de migrantes como el Estado de México y Querétaro (Figura 82).

**Figura 82. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento de la PEA por estado**

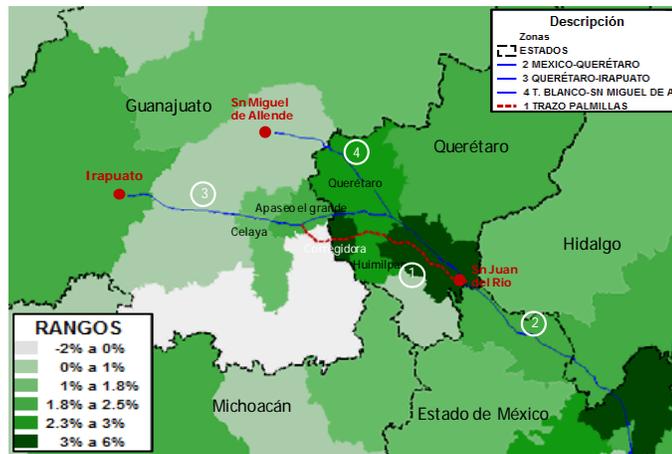


Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

A su vez, aunque las expectativas de Guanajuato y Michoacán son inferiores a la media nacional, éstas se mantienen por encima del 1% por los próximos diez años.

Asimismo, los municipios de Hidalgo, Querétaro y el Estado de México han registrado tasas superiores a 2%, principalmente en la región de influencia del proyecto (Figura 83).

**Figura 83. Mapa temático. Crecimiento de la PEA, 2009-2010**



Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

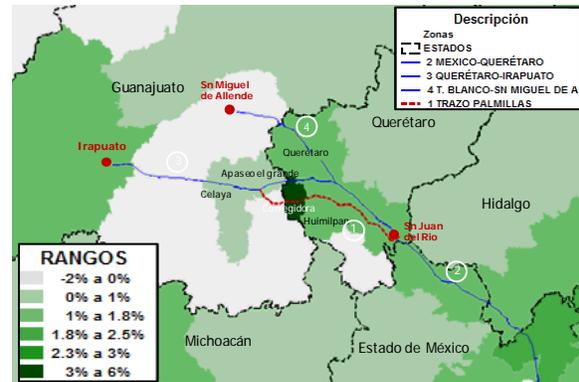
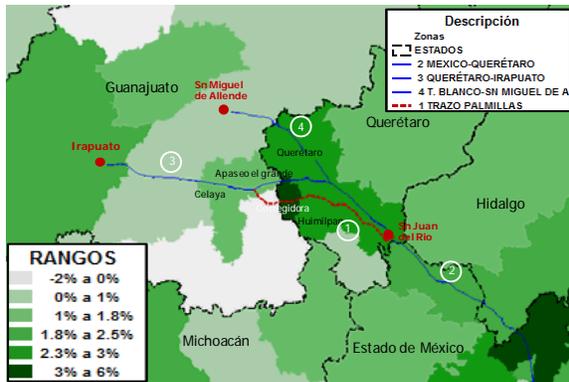
Las localidades de Celaya y Apaseo el Grande del estado de Guanajuato, próximas a la región del proyecto, muestran un crecimiento superior al de su estado.

Sin embargo, en concordancia con la dinámica poblacional, en el mediano y largo plazo, la PEA tenderá a disminuir. En las localidades en donde se ubica el proyecto, por ejemplo, se espera una tasa no superior a 1%, salvo en el municipio de Corregidora (Figura 84).

**Figura 84. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento de la PEA en la región.**

**a) Tasa de crecimiento de la PEA 2010-2015 (Mediano Plazo)**

**b) Tasa de crecimiento de la PEA 2010-2040 (Largo Plazo)**

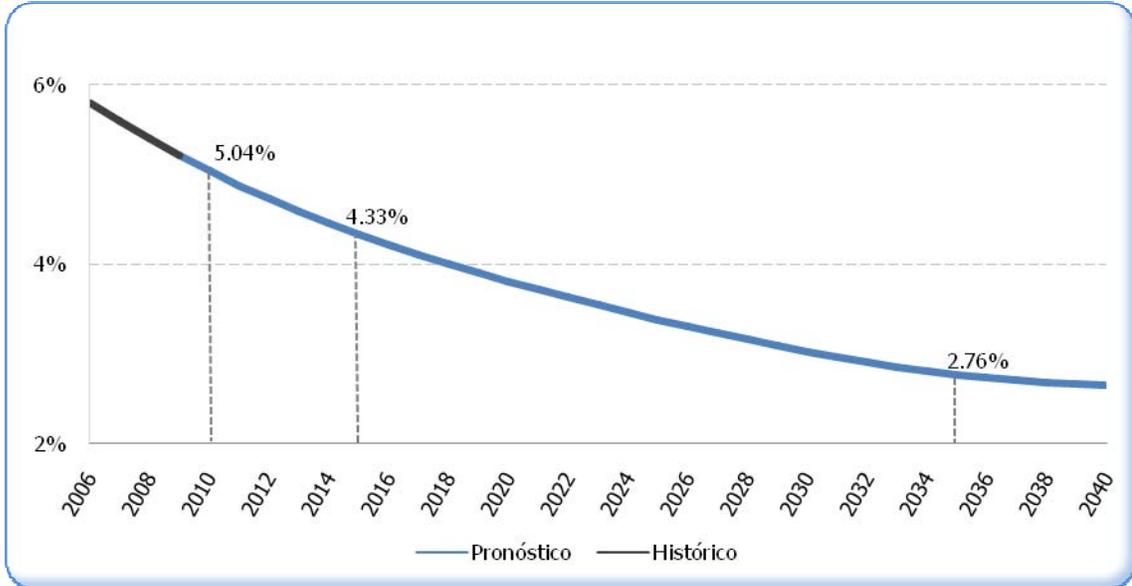


Fuente: Elaboración con datos de CONAPO

#### 4.2.5 Parque vehicular

En los últimos años, el creciente proceso de urbanización del país fue seguido de altas tasas de crecimiento del parque vehicular. De acuerdo a datos de INEGI, estas tasas han crecido por arriba de 5% en los últimos cinco años, por lo que se estima un crecimiento no menor a 2% del parque vehicular en los próximos 30 años (Figura 85).

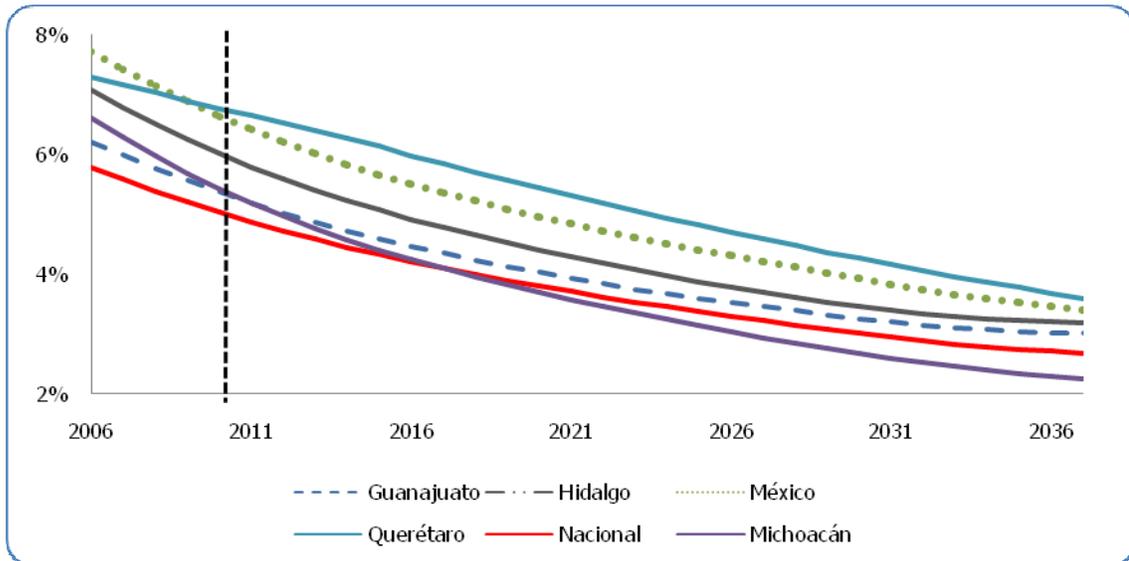
**Figura 85. Tasas de Crecimiento del Parque Vehicular a nivel nacional**



Fuente: Elaboración con datos de INEGI

El estado de Querétaro registra la tasa más alta de incremento del parque vehicular del país, mientras que el Distrito Federal representa el crecimiento más bajo con 2%. El estado de México, por su parte, aunque históricamente ha incrementado su parque vehicular aceleradamente debido a la conurbación con el DF, se estima que tenderá a estabilizarse en los próximos años (*Figura 86*).

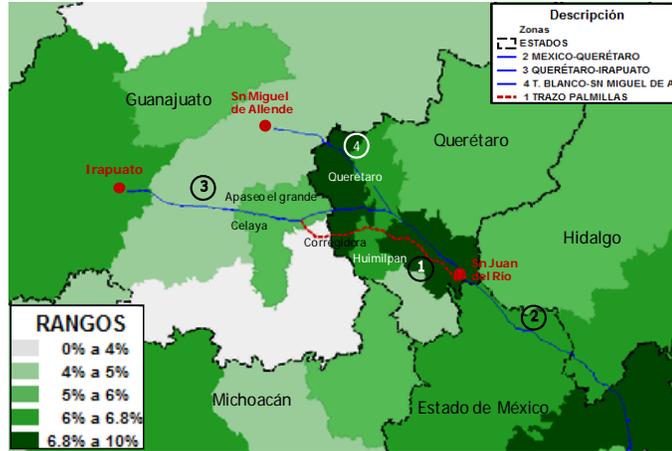
**Figura 86. Pronóstico de las Tasas de Crecimiento del Parque Vehicular por estado**



Fuente: Elaboración con datos de INEGI

De igual forma, las expectativas sobre Guanajuato, Hidalgo y Michoacán son superiores a la media nacional. En el largo plazo, a su vez, la tendencia general indica un crecimiento alrededor de 4% para toda la región (*Figura 87*).

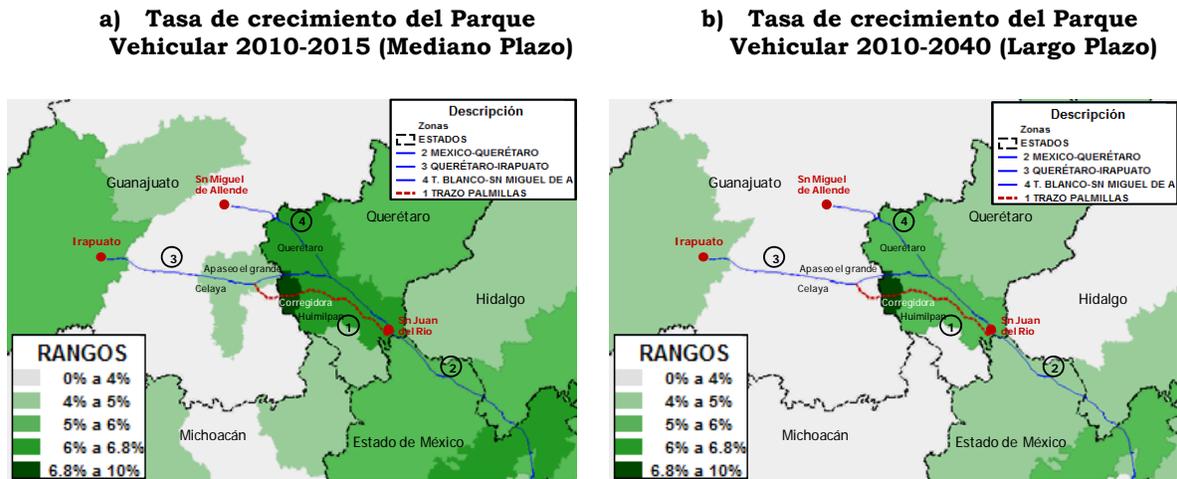
**Figura 87. Mapa temático. Crecimiento del Parque Vehicular 2009-2010**



Fuente: Elaboración con datos de INEGI

Particularmente, municipios como Irapuato, Querétaro, Corregidora y San Juan del Río indican un crecimiento superior a 4.5% en el largo plazo. Otras localidades de la región con menor incremento del parque vehicular son representativas de zonas con menor concentración urbana (Figura 88).

**Figura 88. Mapas temáticos. Expectativas de Crecimiento del Parque Vehicular en la región.**



Fuente: Elaboración con datos de INEGI

La relación entre el parque vehicular y la población se conoce como tasa de motorización, medida en número de vehículos por cada mil habitantes. La tasa de motorización es consecuencia del desarrollo económico y muestra del cambio de preferencias en el uso de los modos de transporte. Este indicador impacta directamente y de manera proporcional a la movilidad.

Las tasas de motorización a nivel nacional y de los estados de influencia se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 31. Tasas de motorización por estado**

<b>Año</b>	<b>Nacional</b>	<b>Hidalgo</b>	<b>Guanajuato</b>	<b>México</b>	<b>Michoacán</b>	<b>Querétaro</b>
2005	135	138	93	86	121	111
2010	169	185	120	113	164	142
2015	204	235	150	143	212	179
2020	241	291	182	175	264	219
2025	280	351	218	211	321	263
2030	321	416	256	249	383	309
2035	363	489	297	291	451	358
2040	411	570	344	339	529	410

Fuente: Elaboración con datos de INEGI

Se estima que la tasa de motorización del país no supere el límite de 450 vehículos por cada 1,000 habitantes. No obstante, en términos relativos, la tasa de motorización nacional se duplicará en 22 años, y llegará a 411 vehículos por cada 1,000 habitantes para el año 2040.

A nivel estatal, se estimó que Hidalgo y el Estado de México alcanzarán tasas de motorización de 570 y 529 respectivamente. De igual forma, el crecimiento de la tasa de motorización de los otros tres estados analizados, cercanos al proyecto, es mayor a la media nacional (Tabla 32).

**Tabla 32. Tasa media de crecimiento anual de la tasa de motorización**

<b>Año</b>	<b>Nacional</b>	<b>Hidalgo</b>	<b>Guanajuato</b>	<b>México</b>	<b>Michoacán</b>	<b>Querétaro</b>
2005-2010	4.52%	5.96%	5.25%	5.68%	6.36%	5.14%
2010-2015	3.86%	4.97%	4.50%	4.79%	5.22%	4.68%
2015-2020	3.38%	4.31%	3.98%	4.18%	4.49%	4.16%
2020-2025	3.03%	3.84%	3.59%	3.75%	3.97%	3.69%
2025-2030	2.75%	3.49%	3.29%	3.41%	3.59%	3.31%
2030-2035	2.55%	3.24%	3.05%	3.17%	3.34%	2.99%
2030-2040	2.47%	3.15%	2.96%	3.08%	3.25%	2.75%

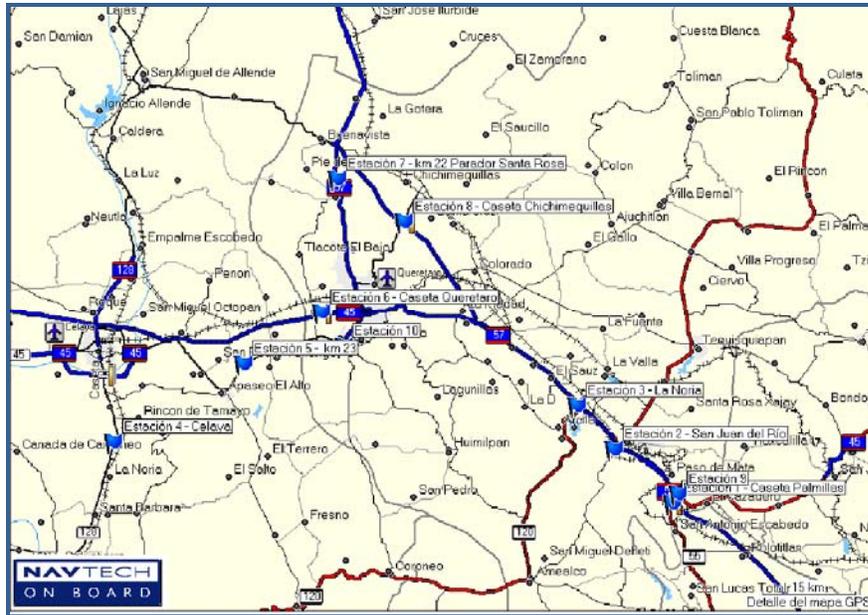
Fuente: Elaboración con datos de INEGI

### 4.3 Estudio Origen-Destino

El principal objetivo de la EOD, es identificar los polos generadores de la demanda que actualmente circulan por las diferentes carreteras de análisis, así como en otros puntos que permitan identificar viajes potenciales al proyecto.

La ubicación con GPS de las estaciones se observa en la Figura 89 y se enlistan en la Tabla 33.

**Figura 89. Ubicación con GPS de las estaciones para EOD.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33. Estaciones de EOD**

Estación	Carretera
1	Autopista Mexico - Querétaro Mex-057D
2	Carr. Est. libre Sn Juan del Río - Acambaro Qro.
3	Carr. Fed. libre La Noria - Acambaro Mex-120
4	Carr. Fed. libre Acambaro - Celaya Mex-051
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D
7	Carr. Fed. libre Qro. - San Luis Potosí Mex-057
8	Libramiento Noreste de Querétaro
9	Carretera Federal Portezuelo - Palmillas
10	Carretera Federal El Pueblito - Coroneo

Fuente: Elaboración propia.

La encuesta se aplicó siguiendo un proceso aleatorio sistemático, de tal forma que se garantizó la representatividad de la muestra a lo largo del día, durante los tres días por estación que fueron observados.

Para garantizar la adecuada representatividad en los resultados, el muestreo se hizo por estratos (muestreo estratificado), es decir, que se calcula un tamaño de muestra para cada tipo o grupo de vehículos, tomando en cuenta la siguiente clasificación:

- A.
- CU.
- CA I.
- CA II.

Para el cálculo de la muestra se utiliza la siguiente función:

$$n = \frac{p(1-p)}{(e/z)^2 + [p(1-p)/N]}$$

Donde:

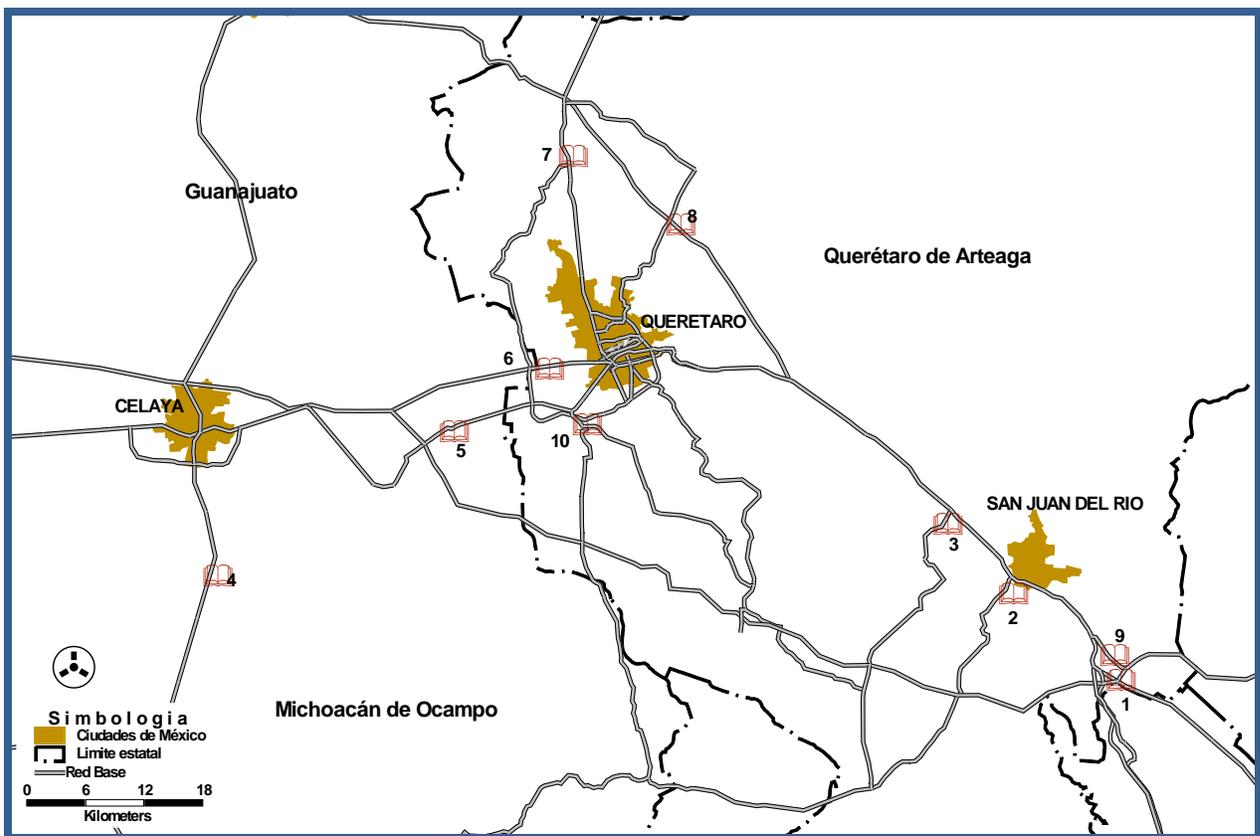
- p es la proporción de viajes de referencia
- z es la desviación normal, asociada al grado de confianza seleccionado
- e es el error máximo permisible que se tolerará
- N es el aforo observado (TDPA)

Cabe aclarar, que en la función anterior “n” alcanza su valor máximo cuando  $p=0.5$ , por lo que si no se cuenta con información previa sobre las características de los viajes que se realizan en los tramos de encuesta, es recomendable calcular el tamaño de la muestra con el valor máximo.

Para el cálculo del tamaño de muestra se tomó como referencia el número total de vehículos (aforo) que pasan por el punto donde se aplica la encuesta, con base en la información de la publicación DV, que publica la SCT.

La EOD se aplicó en 10 estaciones durante 24 horas continuas, para dos días entre semana y un día en fin de semana, en la Figura 90 se observa la ubicación de las 10 estaciones de EOD, se realizaron un total de 51,0120 encuestas, en la Tabla 34 se observa el total de encuestas obtenidas por estación y en la Figura 91 se observa el contexto fotográfico de cada estación de EOD.

**Figura 90. Ubicación de las estaciones de EOD.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34. Muestra obtenida por estación en la EOD, (24 horas).**

Estación	Carretera	A	CA I	CA II	CU	Total general
1	Autopista Mexico - Querétaro Mex-057D	2,317	1,687	630	983	5,617
2	Carr. Est. libre Sn Juan del Rio - Acambaro Qro.	4,722	34	10	231	4,997
3	Carr. Fed. libre La Noria - Acambaro Mex-120	5,483	220	39	476	6,218
4	Carr. Fed. libre Acambaro - Celaya Mex-051	4,208	410	113	682	5,413
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045	1,971	729	59	859	3,618
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D	3,175	659	383	614	4,831
7	Carr. Fed. libre Oro. - San Luis Potosí Mex-057	3,847	531	157	740	5,275
8	Libramiento Noreste de Querétaro	1,320	2,135	372	831	4,658
9	Carretera Federal Portezuelo - Palmillas	3,717	1,084	281	835	5,917
10	Carretera Federal El Pueblito - Coroneo	4,158	37	5	276	4,476
<b>Total general</b>		<b>34,918</b>	<b>7,526</b>	<b>2,049</b>	<b>6,527</b>	<b>51,020</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 91. Contexto fotográfico, levantamiento de información EOD, EPD y EPR.**





Est. 5 Carr. Fed. libre Querétaro-Irapuato, Mex-045



Est. 6 Carr. Fed. de cuota Querétaro-Irapuato, Mex-045D



Est. 7 Carr. Fed. libre Qro.-San Luis Potosí, Mex-057



Est. 8 Libramiento Noreste de Querétaro



Est. 9 Carretera Federal Portezuelo-Palmillas



Est. 10 Carretera Federal El Pueblito-Coroneo

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.1 Estudio de frecuencia de paso y ocupación visual.

Se realizó un estudio de frecuencia de paso y ocupación visual en las estaciones de aplicación de EOD, el cual consiste en levantar información de autobuses de viajes foráneos por estación, que consiste en recopilar nombre de la empresa transportista, el destino, hora de paso por la estación y número de pasajeros. En la estación 10 no se realizó levantamiento de esta información debido a que los autobuses que pasan por el lugar son de transporte colectivo urbano y suburbano. Las observaciones registradas se muestran en la Tabla 35.

**Tabla 35. Muestra obtenida de frecuencia de paso y ocupación visual para autobuses.**

Estación	Total
1	3,755
2	271
3	305
4	838
5	52
6	2,216
7	844
8	299
9	104
<b>Total general</b>	<b>8,684</b>

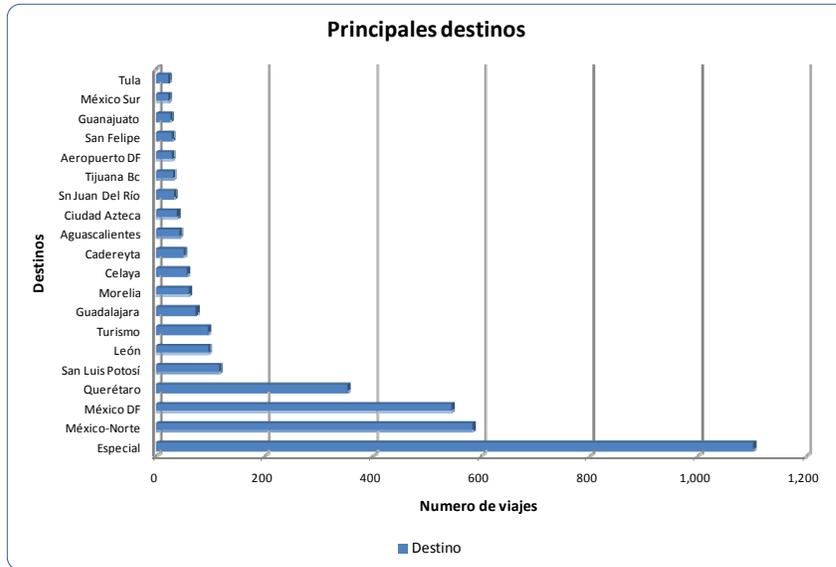
Fuente: Elaboración propia.

En la recopilación de información del estudio de frecuencia y ocupación visual, se observó que los autobuses en la parte del parabrisas llevan un letrero con la leyenda “Especial”, la cual se supone que son autobuses con las siguientes características:

- Autobuses vacíos.
- Autobuses rentados para servicio turístico.
- Autobuses de transporte de personal de empresas privadas.

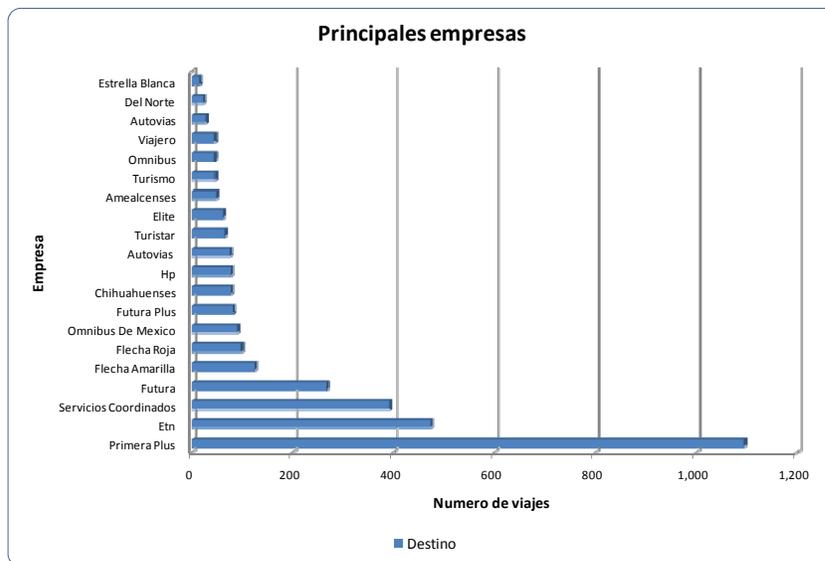
En la Figura 92 se observa los principales destinos observados y en la Figura 93 se observa las principales empresas transportistas en la estación 1.

**Figura 92. Principales destinos, estación 1.**



Fuente: Elaboración propia.

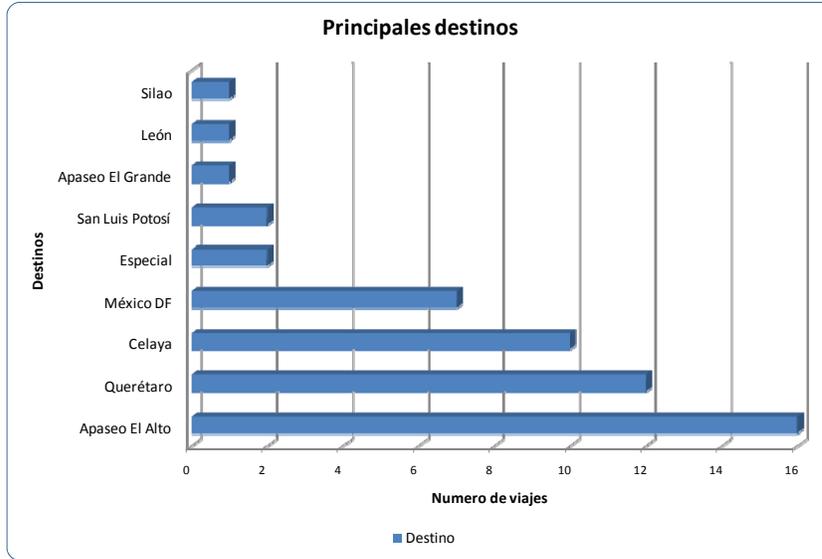
**Figura 93. Principales empresas transportistas de pasajeros, en la estación 1.**



Fuente: Elaboración propia.

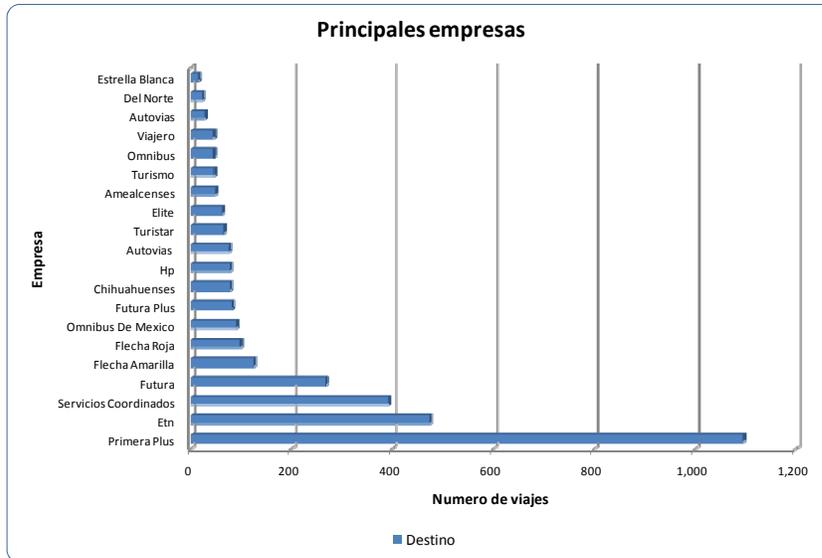
En la Figura 94 y Figura 95 se observa los principales destinos y empresas transportistas observadas en la estación 5.

**Figura 94. Principales destinos, estación 5.**



Fuente: Elaboración propia.

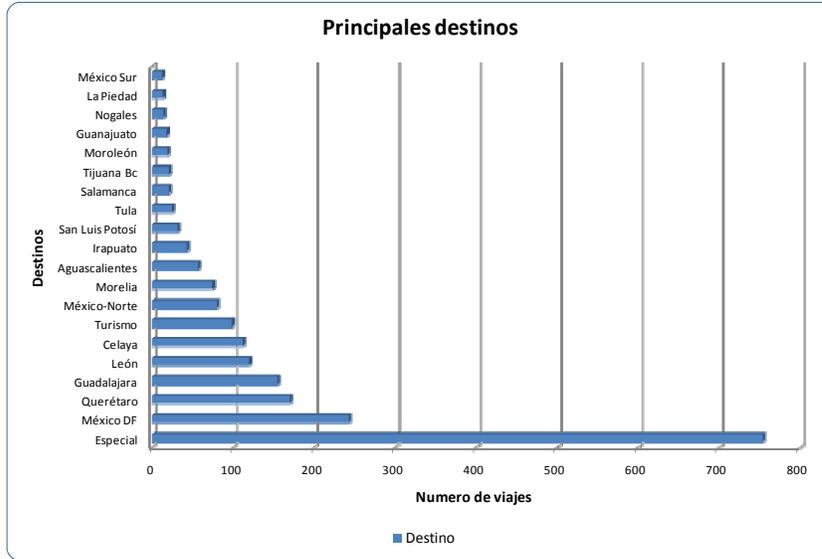
**Figura 95. Principales empresas transportistas de pasajeros, en la estación 5.**



Fuente: Elaboración propia.

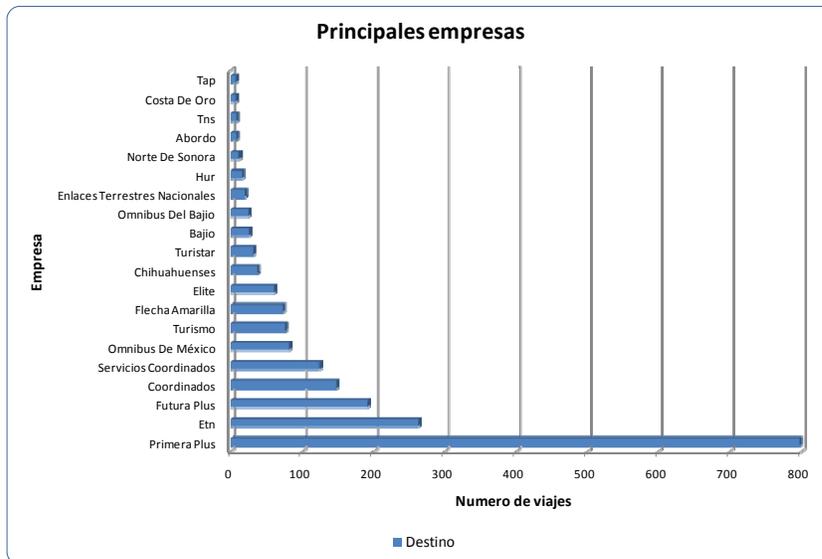
Los principales destinos y empresas transportistas de pasajeros observados en la estación 6, se muestran en la Figura 96 y en la Figura 97.

**Figura 96. Principales destinos, estación 6.**



Fuente: Elaboración propia.

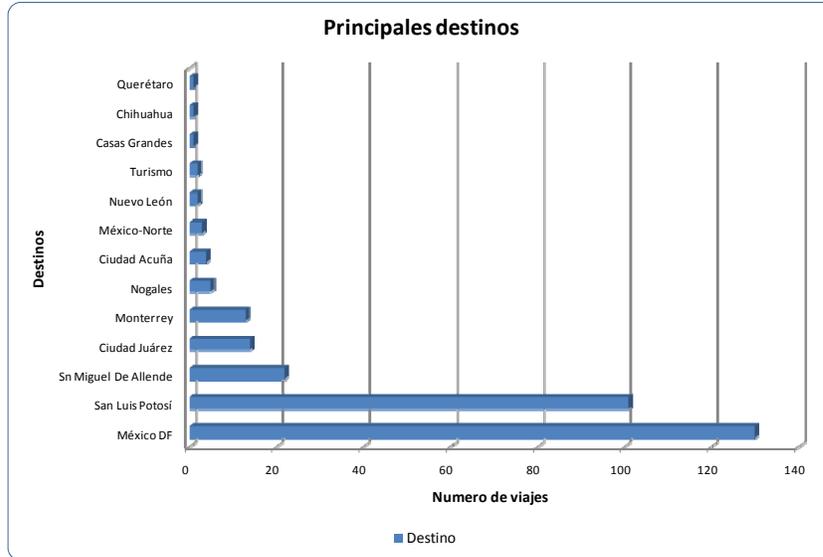
**Figura 97. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 6.**



Fuente: Elaboración propia.

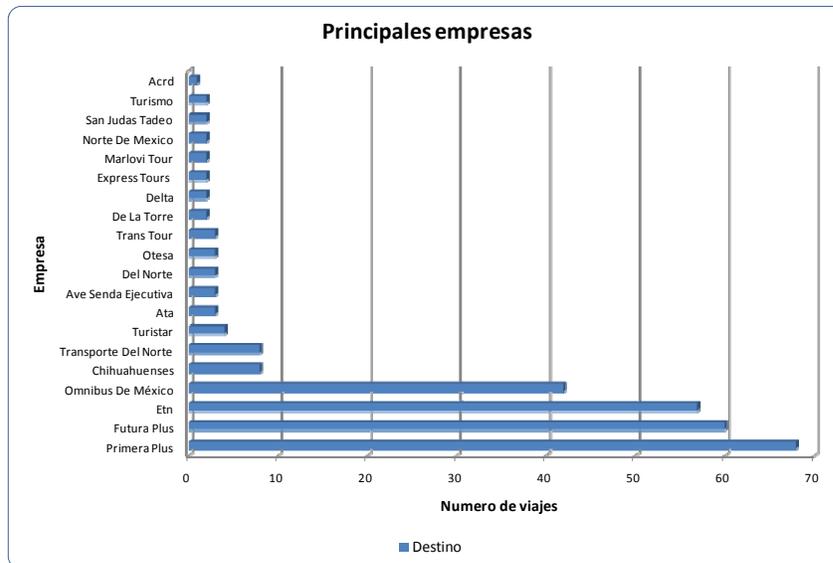
Finalmente se muestran en la Figura 98 y en la Figura 99 los principales destinos y las empresas transportistas de pasajeros observados en la estación 8.

**Figura 98. Principales destinos, estación 8.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 99. Principales empresas transportistas de pasajeros., en la estación 8.**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.4 Encuestas de preferencia declarada/revelada

### 4.4.1 EPD.

Las encuestas de preferencia declarada buscan estimar los coeficientes de tiempo y costo para la función de utilidad, esta función estima un “valor del tiempo” en pesos por minuto.

Para poder confeccionar las alternativas propuestas en las tarjetas de preferencia declarada se realizó una serie de recorridos de campo sobre la red carretera de

competencia directa al proyecto, donde se realizaron tiempos de recorrido mediante GPS. La velocidad y el tiempo son atributos importantes que nos ayudaron a ponderar las alternativas propuestas.

El diseño de la encuesta se realizó con validación del personal técnico de la AE y personal técnico de la SCT en una prueba piloto realizada en el área de influencia al estudio para su análisis y diseño final de la EPD. en la Tabla 36 se muestra un ejemplo del diseño final las tarjetas de preferencia declarada desarrolladas para la EPD aprobadas por la AE y la SCT.

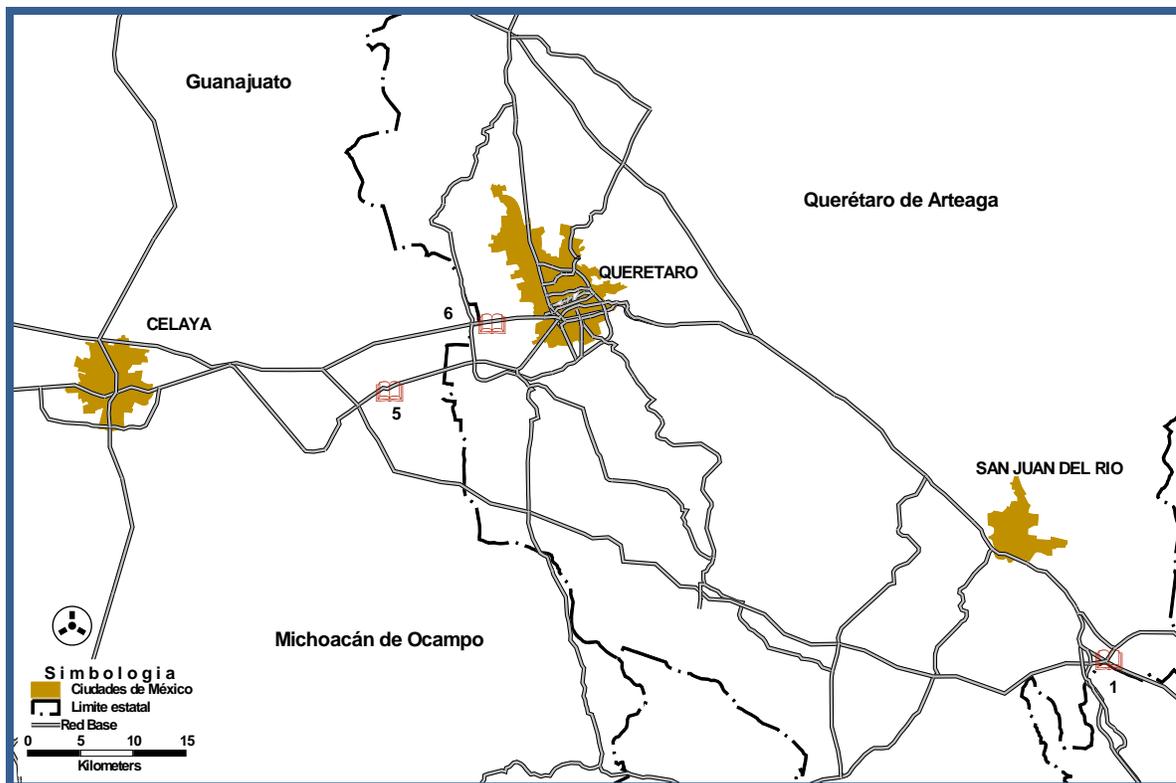
**Tabla 36. Ejemplo de tarjetas de preferencia declarada.**

<b>Autos</b>	<b>Actual (A)</b>		<b>Con Proyecto (B)</b>		<b>Ahorro</b>
<b>SITUACION</b>	Tiempo	Costo Peaje	Tiempo	Costo Peaje	Tiempo
1	80 min	\$ 23.00	50 min	\$ 125.00	30 min
2	80 min	\$ 23.00	60 min	\$ 50.00	20 min
3	80 min	\$ 23.00	50 min	\$ 100.00	30 min
4	80 min	\$ 23.00	40 min	\$ 50.00	40 min
5	80 min	\$ 23.00	60 min	\$ 100.00	20 min
6	80 min	\$ 23.00	50 min	\$ 85.00	30 min
7	80 min	\$ 23.00	60 min	\$ 125.00	20 min

Fuente: Elaboración propia.

Se recopiló información de EPD en 3 estaciones de aplicación de la EOD, la ubicación de las estaciones se muestra en la Figura 100, obteniendo una muestra global de 3,148 encuestas como se observa en la Tabla 37. Es importante mencionar que la encuesta de preferencia declarada fue aplicada a viajes que fueran potenciales al proyecto.

**Figura 100. Ubicación de estaciones de EPD.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 37. Muestra obtenida de EPD.**

Estación	Carretera	A	CA I	CA II	CU	Total general
1	Autopista Mexico - Querétaro Mex-057D	264	469	81	224	1,038
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045	486	229	28	231	974
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D	766	139	69	162	1,136
<b>Total general</b>		<b>1,516</b>	<b>837</b>	<b>178</b>	<b>617</b>	<b>3,148</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 EPR.

La preferencia revelada consiste en analizar el comportamiento de los usuarios de la zona de estudio en relación a la elección de vía, cuota o libre. Para este estudio no se realizó EPR debido a que de acuerdo a la experiencia de en campo indica que los resultados son inconsistentes, por tal motivo se plantea la siguiente metodología realizada.

El valor del tiempo se obtendrá tomando como muestra las estaciones 5, 6, 7 y 8 de la encuesta origen-destino, esta muestra representa la demanda actual por la vía de cuota (estación 6 y 8) y la libre (estación 5 y 7).

- Estación 5.- Querétaro-Irapuato (Libre)
- Estación 6.- Querétaro-Irapuato (Cuota)
- Estación 7.- Querétaro-San Luis Potosí (Libre)
- Estación 8.- Libramiento Noreste de Querétaro (Cuota)

A estas estaciones se les asignará un código de respuesta dependiendo la vía por la que se realicen el viaje; una vez hecha esta distinción se obtendrá:

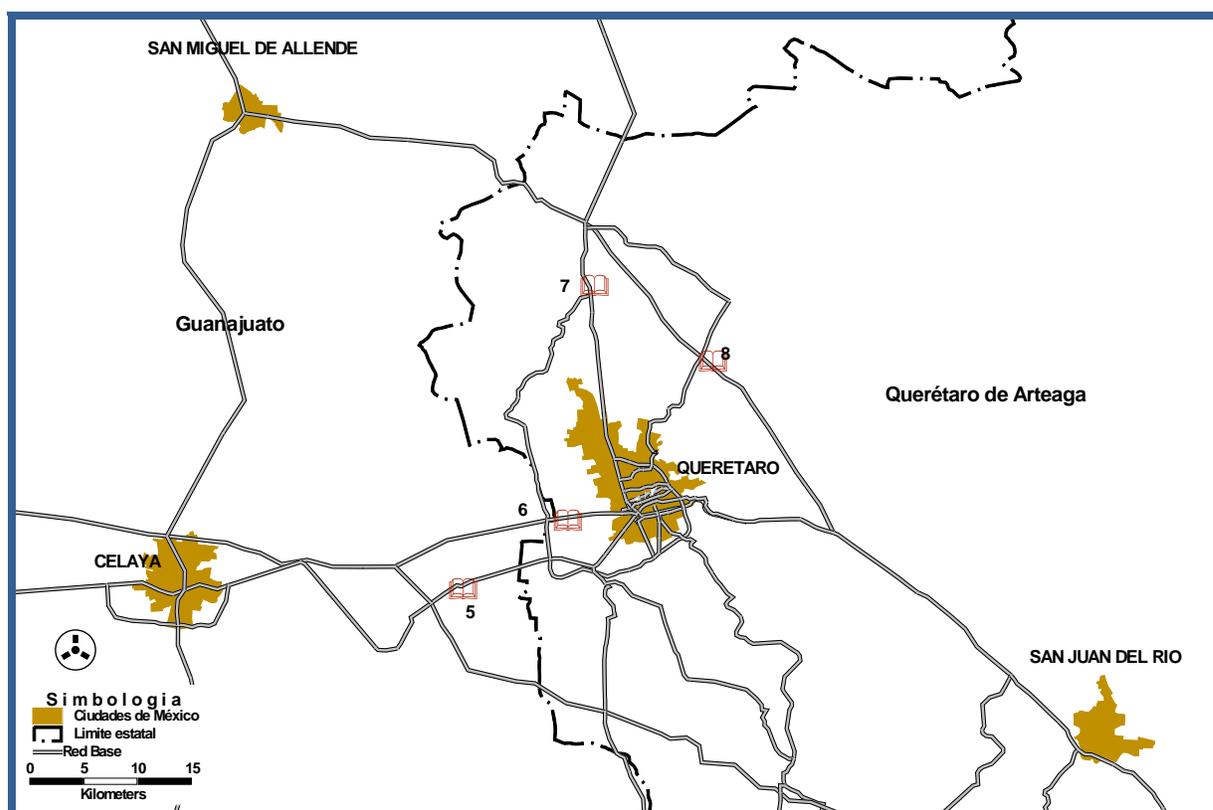
- El tiempo y costo por la vía de cuota
- El tiempo por la vía libre

De esa manera se determinará para cada par origen - destino el ahorro de tiempo en el caso del viaje por la cuota y su respectivo costo lo que permite determinar un Valor del Tiempo (VOT) en el corredor por longitud de viaje.

Finalmente, se modelará con un modelo Logit Binomial con el paquete de estadística Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Como se planteó anteriormente, la información se levantó en 4 estaciones de aplicación de EOD, en la Figura 101 se observa la ubicación de las estaciones y en la Tabla 38 se observa la muestra obtenida.

**Figura 101. Ubicación de EPR.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 38. Muestra obtenida de EPR.**

Estación	Carretera	A	CA I	CA II	CU	Total general
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045	1,971	729	59	859	3,618
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D	3,175	659	383	614	4,831
7	Carr. Fed. libre Qro. - San Luis Potosí Mex-057	3,847	531	157	740	5,275
8	Libramiento Noreste de Querétaro	1,320	2,135	372	831	4,658
<b>Total general</b>		<b>10,313</b>	<b>4,054</b>	<b>971</b>	<b>3,044</b>	<b>18,382</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Codificación y validación de la demanda

Por lo que corresponde a la codificación de la información referente a colonias se tomo como referencia la base de datos de Servicio Postal Mexicano (SEPOMEX) y para las localidades, municipios y estados se tomaron como referencia los códigos establecidos por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Para la codificación y captura tanto de la encuesta origen-destino como de la de preferencia declarada se desarrolló en una base de datos.

La información una vez almacenada, queda integrada para los posteriores análisis de expansión y zonificación necesarios para generar las matrices de viaje a ser incorporadas en el modelo.

- Colonia
- Localidad
- Municipio
- Estado

Los códigos asignados se incorporaron en una base de datos georeferenciada (TransCad), con la cual, se revisó la consistencia de la información obtenida.

Una vez integrada la base de datos, se procedió a la validación de la información sobre los orígenes y destinos mediante mapas temáticos de líneas de deseo y asignaciones por estación de encuesta, sentido de circulación y tipo de vehículo. La metodología consiste en detectar los pares de viaje origen y destino de cada vehículo que pasan por determinado arco vial, con lo cual se genera una matriz que es analizada y se determina que viajes son inconsistentes, es decir, los pares origen destino podrían contener el sentido inverso y no corresponder a la estación donde fueron captados, lo cual es generado por los siguientes motivos:

En campo al recopilar la información de la EOD:

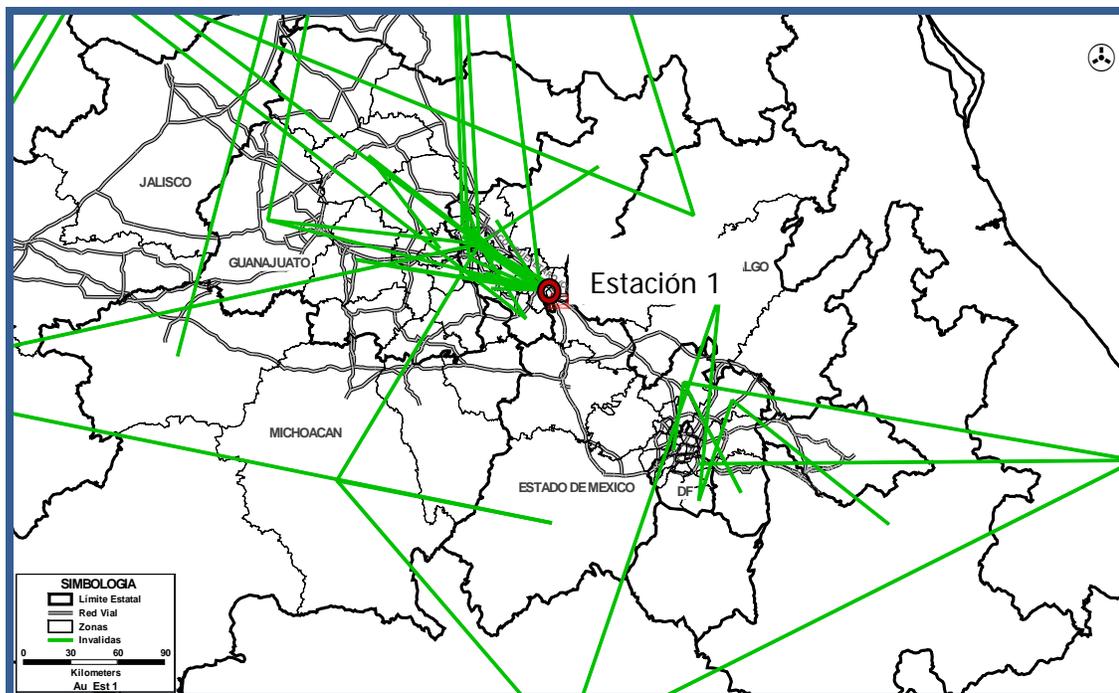
- El encuestador comprendió mal el objetivo de la encuesta.
- El entrevistado no entendió la pregunta.

En el proceso de captura y codificación:

- El equipo de captura pudo escribir erróneamente los datos.
- La persona encargada de codificar no comprendió el proceso de codificación

Y finalmente después de esta serie de actos, se debe analizar y detectar como se mencionó anteriormente pares origen-destino que no pasan por el punto de encuesta, a manera de ejemplo en la Figura 102 se muestra la estación 1 con las líneas de deseo inconsistentes identificadas.

**Figura 102. Líneas de deseo erróneas de la estación 1.**



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, como resultado de la validación se obtiene la Tabla 39 que muestra el número de las EOD validadas por estación que representa el 93 % en promedio de la muestra total obtenida en campo.

**Tabla 39. Muestra total validada de EOD**

Estación	Carretera	A	CA I	CA II	CU	Total general	% validado
1	Autopista Mexico - Querétaro Mex-057D	2,088	1,648	618	946	5,300	94%
2	Carr. Est. libre Sn Juan del Río - Acambaro Qro.	4,385	33	10	215	4,643	93%
3	Carr. Fed. libre La Noria - Acambaro Mex-120	5,165	210	37	460	5,872	94%
4	Carr. Fed. libre Acambaro - Celaya Mex-051	4,110	386	110	666	5,272	97%
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045	1,845	648	50	799	3,342	92%
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D	3,003	600	343	551	4,497	93%
7	Carr. Fed. libre Qro. - San Luis Potosí Mex-057	3,537	502	146	675	4,860	92%
8	Libramiento Noreste de Querétaro	1,041	2,054	356	781	4,232	91%
9	Carretera Federal Portezuelo - Palmillas	3,453	1,006	260	757	5,476	93%
10	Carretera Federal El Pueblito - Coroneo	3,708	37	5	265	4,015	90%
<b>Total general</b>		<b>32,335</b>	<b>7,124</b>	<b>1,935</b>	<b>6,115</b>	<b>47,509</b>	

Fuente: Elaboración propia.

## 4.5 conteos de tránsito y clasificación vehicular

### 4.5.1 Aforos automáticos.

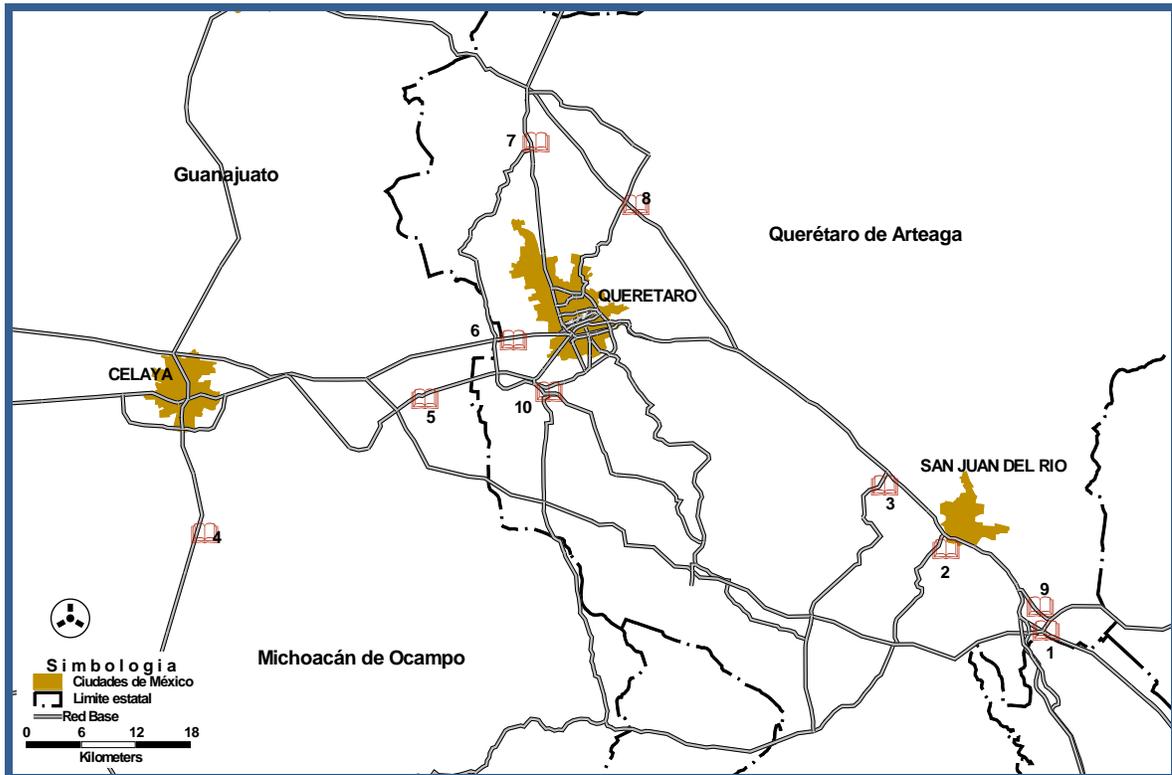
Los equipos de conteo automático se instalaron en las 10 estaciones de toma de datos de EOD por un periodo de 24 hrs durante 7 días consecutivos, con el objetivo de obtener la variación horaria y diaria del tránsito por tipo de vehículo en las estaciones de EOD mencionadas. Esta información permitirá analizar el comportamiento de la demanda actual, así como también expandir la muestra de EOD obtenida en campo a un TDPS. En la Tabla 40 se enlistan las estaciones de AA y en la Figura 103 se observa su ubicación.

**Tabla 40. Ubicación de los contadores automáticos.**

Estación	Carretera	Ubicación
1	Autopista Mexico - Querétaro Mex-057D	Km. 148+000 (Caseta de peaje Palmillas)
2	Carr. Est. libre Sn Juan del Río - Acambaro Qro.	Km. 1+000
3	Carr. Fed. libre La Noria - Acambaro Mex-120	Km. 1+000
4	Carr. Fed. libre Acambaro - Celaya Mex-051	Km. 112+000
5	Carr. Fed. libre Querétaro - Irapuato Mex-045	Km. 26+000
6	Carr. Fed. de cuota Querétaro - Irapuato Mex-045D	Km. 7+000 (Caseta Querétaro)
7	Carr. Fed. libre Qro. - San Luis Potosí Mex-057	Km. 21+500
8	Libramiento Noreste de Querétaro	Km. 20+320 (Caseta Chichimequillas)
9	Carretera Federal Portezuelo - Palmillas	km 76+800
10	Carretera Federal El Pueblito - Coroneo	Km. 2+000

Fuente: Elaboración propia

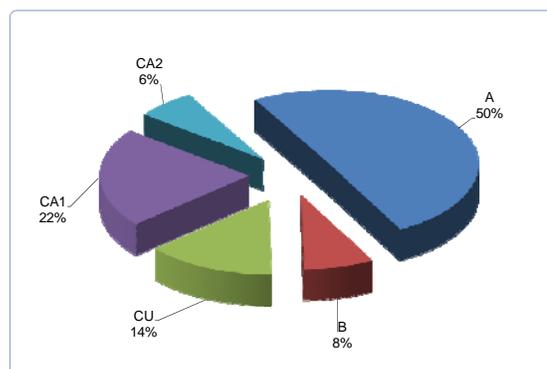
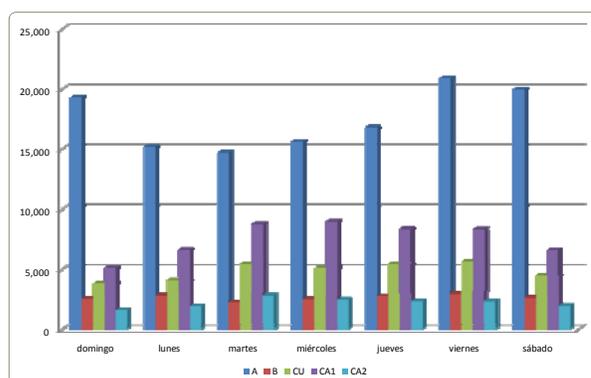
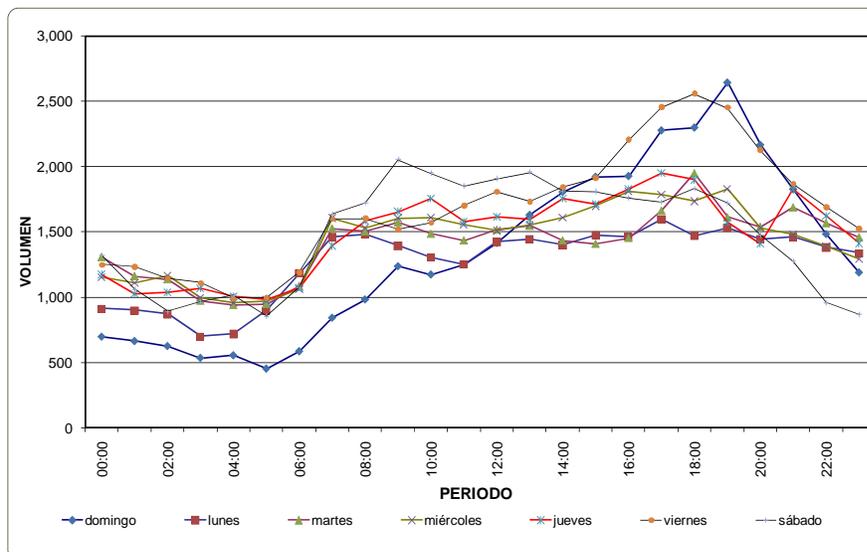
**Figura 103. Ubicación de equipos de conteo automático.**



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 104 a la Figura 107 se observa el comportamiento vehicular para los periodos de entre semana y fin de semana de las estaciones 1, 5, 6 y 8, que son las representativas para el proyecto y el libramiento.

**Figura 104. Comportamiento semanal de la estación 1, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia

La estación 1 corresponde a la caseta de peaje Palmillas, la cual presenta un TDPS de 34,629 vehículos en ambos sentidos, en la Tabla 41 se observa el TDPS por clasificación vehicular para ambos sentidos, se puede consultar los resultados obtenidos del levantamiento de conteo automático por hora, día, clasificación vehicular y sentido de esta estación.

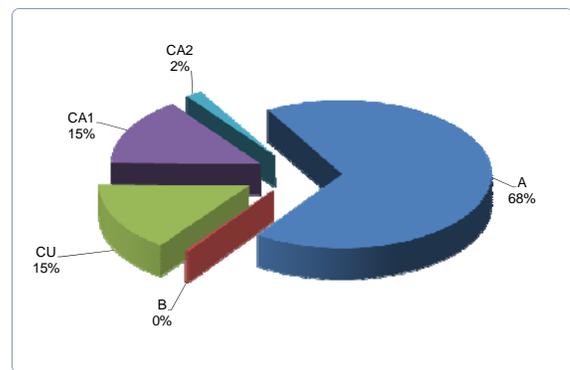
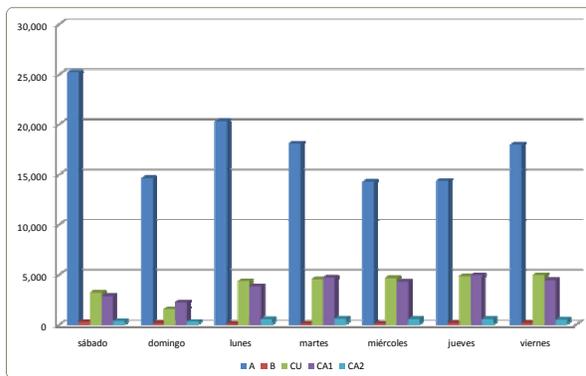
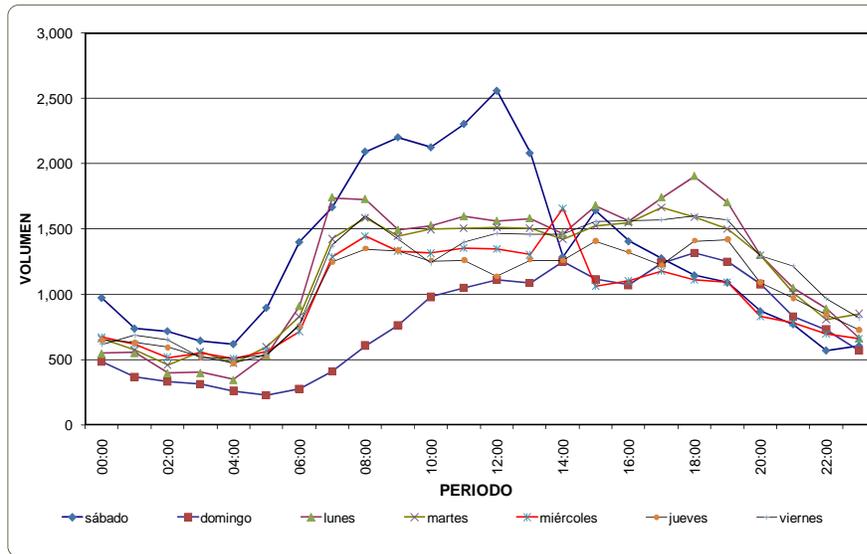
**Tabla 41. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 1, ambos sentidos.**

Día	A	B	CU	CA1	CA2	Total
domingo	19,273	2,516	3,790	5,074	1,586	32,239
lunes	15,174	2,796	4,071	6,582	1,898	30,521
martes	14,699	2,241	5,448	8,758	2,799	33,945
miércoles	15,628	2,494	5,049	8,944	2,445	34,560
jueves	16,797	2,724	5,383	8,320	2,335	35,559
viernes	20,862	2,952	5,633	8,312	2,325	40,084
sábado	19,921	2,634	4,430	6,563	1,949	35,497
<b>Total Semana</b>	<b>122,354</b>	<b>18,357</b>	<b>33,804</b>	<b>52,553</b>	<b>15,337</b>	<b>242,405</b>
<b>TDPS</b>	<b>17,479</b>	<b>2,622</b>	<b>4,829</b>	<b>7,508</b>	<b>2,191</b>	<b>34,629</b>
Total (Es)	83,160	13,207	25,584	40,916	11,802	174,669
<b>TDPEs</b>	<b>16,632</b>	<b>2,641</b>	<b>5,117</b>	<b>8,183</b>	<b>2,360</b>	<b>34,934</b>
Total (Fs)	39,194	5,150	8,220	11,637	3,535	67,736
<b>TDPFs</b>	<b>19,597</b>	<b>2,575</b>	<b>4,110</b>	<b>5,819</b>	<b>1,768</b>	<b>33,868</b>

Fuente: Elaboración propia

La Figura 105 presenta los resultados del levantamiento de AA de la estación 5.

**Figura 105. Comportamiento semanal de la estación 5, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

La estación 5 presenta un TDPS de 26,188 vehículos en ambos sentidos, en la Tabla 42 se observa el TDPS por clasificación vehicular para ambos sentidos, se puede consultar los resultados obtenidos del levantamiento de conteo automático por hora, día, clasificación vehicular y sentido de esta estación.

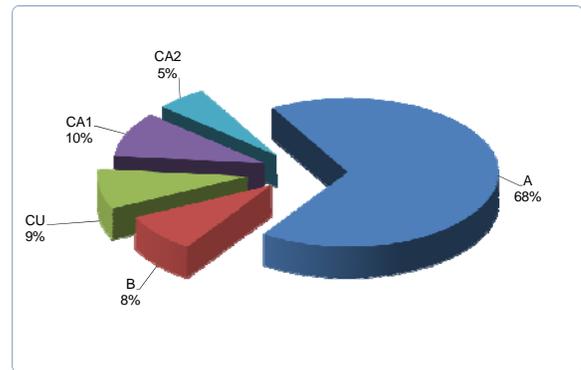
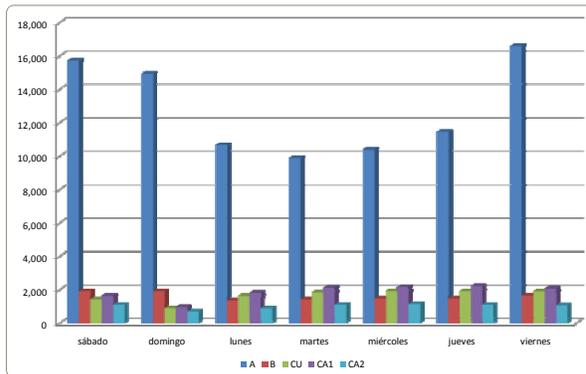
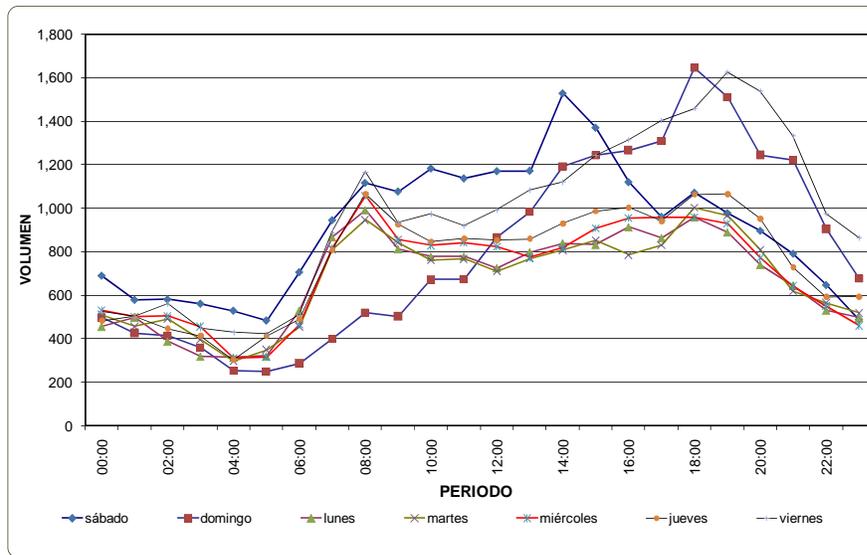
**Tabla 42. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 5, ambos sentidos.**

Día	A	B	CU	CA1	CA2	Total
sábado	25,157	217	3,159	2,827	322	31,682
domingo	14,578	124	1,520	2,208	255	18,685
lunes	20,265	45	4,296	3,781	504	28,891
martes	18,041	53	4,496	4,659	584	27,833
miércoles	14,225	60	4,617	4,245	536	23,683
jueves	14,326	132	4,799	4,886	534	24,677
viernes	17,936	133	4,924	4,404	469	27,866
<b>Total Semana</b>	<b>124,528</b>	<b>764</b>	<b>27,811</b>	<b>27,010</b>	<b>3,204</b>	<b>183,317</b>
<b>TDPS</b>	<b>17,790</b>	<b>109</b>	<b>3,973</b>	<b>3,859</b>	<b>458</b>	<b>26,188</b>
Total (Es)	84,793	423	23,132	21,975	2,627	132,950
<b>TDPES</b>	<b>16,959</b>	<b>85</b>	<b>4,626</b>	<b>4,395</b>	<b>525</b>	<b>26,590</b>
Total (Fs)	39,735	341	4,679	5,035	577	50,367
<b>TDPFS</b>	<b>19,868</b>	<b>171</b>	<b>2,340</b>	<b>2,518</b>	<b>289</b>	<b>25,184</b>

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente resultado observado de la información obtenida de los AA, corresponde a la estación 6 que se ubica en la caseta de peaje Querétaro, la cual registra un TDPS de 18,880 vehículos en ambos sentidos, el tránsito y el TDPS por clasificación vehicular se observa en la Tabla 43 y en la Figura 106 se observa el comportamiento vehicular de la estación 6.

**Figura 106. Comportamiento semanal de la estación 6, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

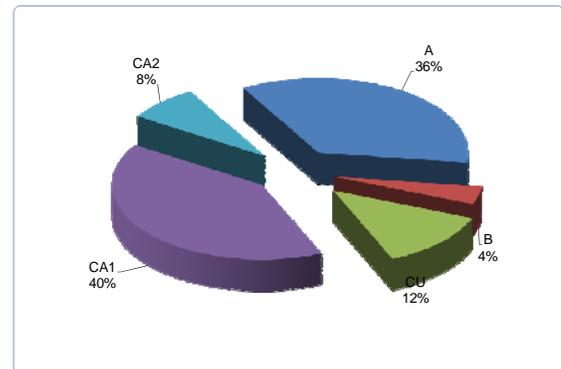
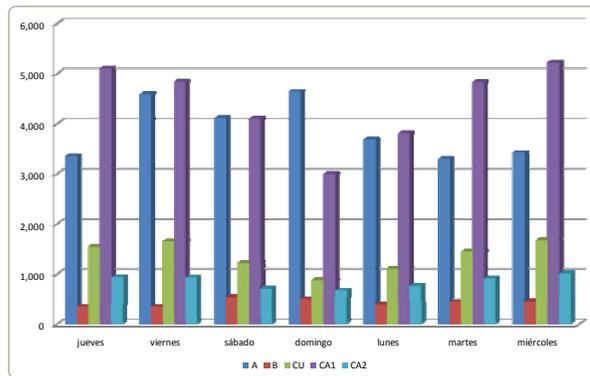
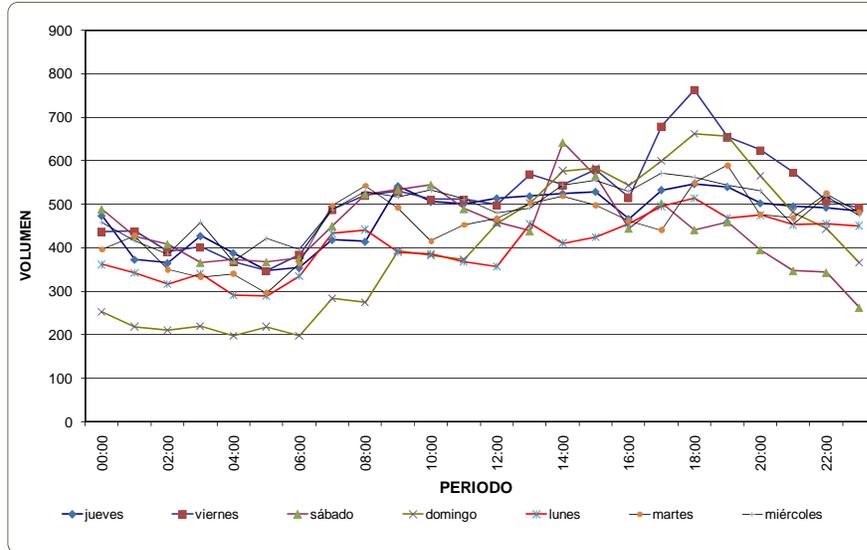
**Tabla 43. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 6, ambos sentidos.**

Día	A	B	CU	CA1	CA2	Total
sábado	15,715	1,896	1,410	1,643	1,090	21,754
domingo	14,920	1,901	878	957	691	19,347
lunes	10,637	1,336	1,632	1,801	873	16,279
martes	9,880	1,408	1,837	2,112	1,098	16,335
miércoles	10,390	1,474	1,917	2,151	1,134	17,066
jueves	11,443	1,474	1,901	2,214	1,097	18,129
viernes	16,589	1,655	1,882	2,066	1,055	23,247
<b>Total Semana</b>	<b>89,574</b>	<b>11,144</b>	<b>11,457</b>	<b>12,944</b>	<b>7,038</b>	<b>132,157</b>
<b>TDPS</b>	<b>12,796</b>	<b>1,592</b>	<b>1,637</b>	<b>1,849</b>	<b>1,005</b>	<b>18,880</b>
Total (Es)	58,939	7,347	9,169	10,344	5,257	91,056
<b>TDPEs</b>	<b>11,788</b>	<b>1,469</b>	<b>1,834</b>	<b>2,069</b>	<b>1,051</b>	<b>18,211</b>
Total (Fs)	30,635	3,797	2,288	2,600	1,781	41,101
<b>TDPFs</b>	<b>15,318</b>	<b>1,899</b>	<b>1,144</b>	<b>1,300</b>	<b>891</b>	<b>20,551</b>

Fuente: Elaboración propia.

El tránsito observado en los resultados del AA para la estación 8 en la caseta de peaje Chichimequillas se presenta en la Figura 107 y en la Tabla 44, donde el TDPS en ambos sentidos es de 10,887 vehículos, a diferencia de las demás estaciones, la caseta Chichimequillas presenta mayor tránsito de CA I, por la restricción de camiones que se presenta en la ciudad de Querétaro.

**Figura 107. Comportamiento semanal de la estación 8, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

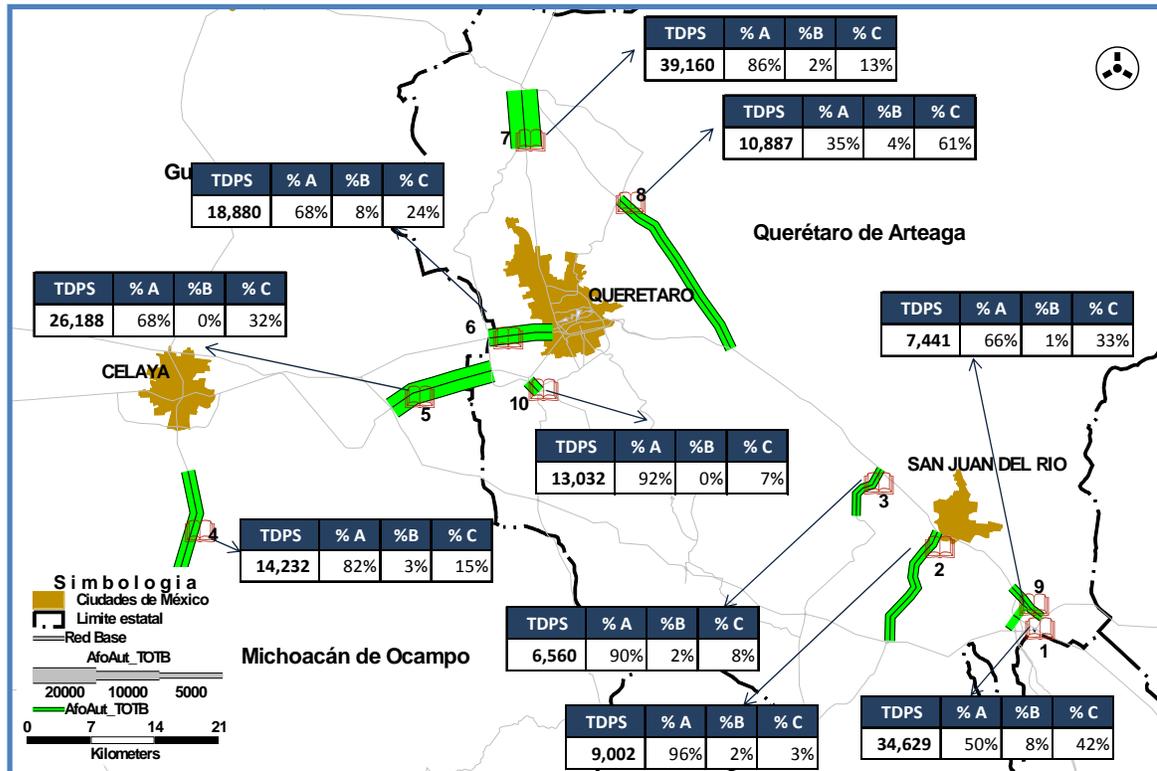
**Tabla 44. Resumen semanal por clasificación vehicular, estación 8, ambos sentidos.**

Día	A	B	CU	CA1	CA2	Total
jueves	3,343	341	1,538	5,094	929	11,245
viernes	4,583	339	1,644	4,833	925	12,324
sábado	4,100	530	1,214	4,093	702	10,639
domingo	4,636	495	877	2,988	665	9,661
lunes	3,677	387	1,100	3,798	753	9,715
martes	3,287	435	1,440	4,825	903	10,890
miércoles	3,414	443	1,664	5,213	1,004	11,738
<b>Total Semana</b>	<b>27,040</b>	<b>2,970</b>	<b>9,477</b>	<b>30,844</b>	<b>5,881</b>	<b>76,212</b>
<b>TDPS</b>	<b>3,863</b>	<b>424</b>	<b>1,354</b>	<b>4,406</b>	<b>840</b>	<b>10,887</b>
Total (Es)	18,304	1,945	7,386	23,763	4,514	55,912
<b>TDPEs</b>	<b>3,661</b>	<b>389</b>	<b>1,477</b>	<b>4,753</b>	<b>903</b>	<b>11,182</b>
Total (Fs)	8,736	1,025	2,091	7,081	1,367	20,300
<b>TDPFs</b>	<b>4,368</b>	<b>513</b>	<b>1,046</b>	<b>3,541</b>	<b>684</b>	<b>10,150</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente se presenta el TDPS y los porcentajes de composición vehicular de todas las estaciones a manera de resumen.

**Figura 108. TDPS y composición vehicular en porcentaje.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2 Aforos manuales.

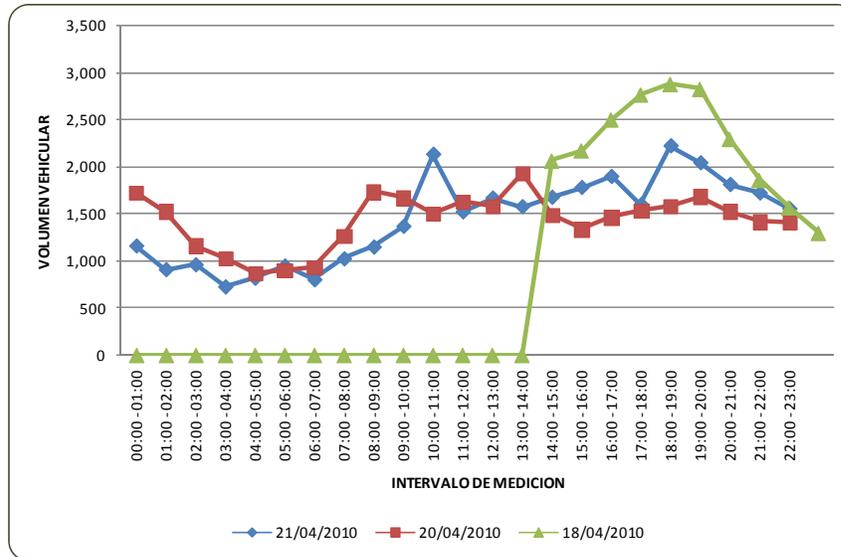
Los AM se realizaron de manera simultánea a los días y horario de la EOD y AA, el conteo se realizó con clasificación vehicular, con duración de 24 horas continuas, dando inicio a las 00:00 horas y finalizando a las 23:00 horas. Los conteos se realizaron en periodos de 15 minutos y registrando un resumen cada hora. En la Figura 109 y Tabla 45 se observan los resultados del AM de la estación 1.

**Tabla 45. Comportamiento vehicular de la estación 1, ambos sentidos.**

Estación	Fecha	A	B	CU	CA I	CA II	Total
1	18/04/2010	16,951	1,287	1,335	2,085	623	22,281
1	20/04/2010	14,665	2,324	5,404	8,826	2,910	34,129
1	21/04/2010	15,610	2,499	5,125	8,867	2,413	34,514

Fuente: Elaboración propia.

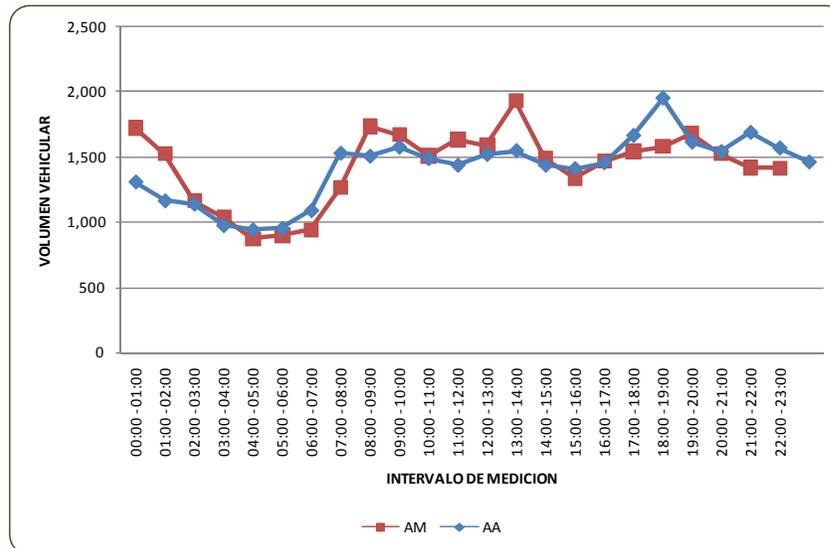
**Figura 109. Comportamiento vehicular de la estación 1, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

A manera de ejemplo se observa en la Figura 110 el comportamiento horario del AA y el AM de un día ES (martes 20 de abril del 2010) en la estación 1.

**Figura 110. Perfil horario AA y AM, estación 1.**



Fuente: Elaboración propia.

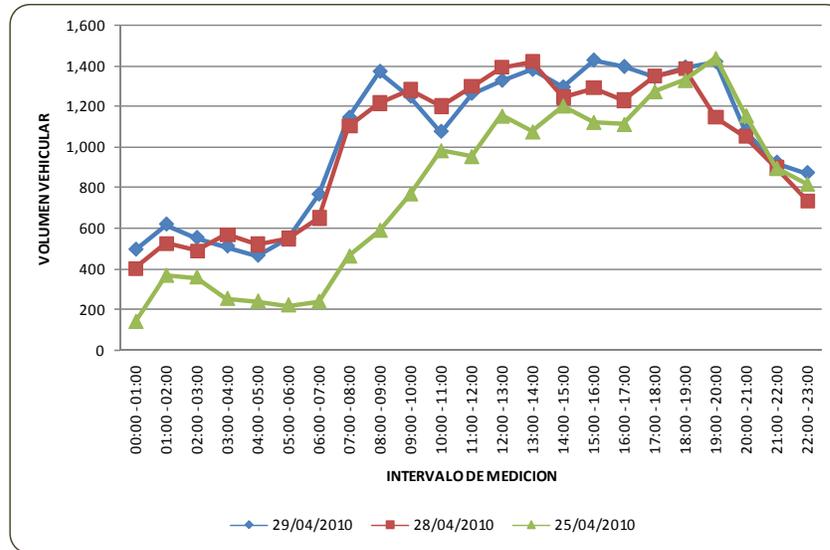
El siguiente resultado es referente a la estación 5, la cual muestra en tránsito en ambos sentidos para fin de semana de 18,742; para entre semana: miércoles de 23,628 vehículos y jueves de 24,617 vehículos.

**Tabla 46. Comportamiento vehicular de la estación 5, ambos sentidos.**

Estación	Fecha	A	B	CU	CA I	CA II	Total
5	25/04/2010	14,576	123	1,539	2,255	249	18,742
5	28/04/2010	14,218	59	4,611	4,208	532	23,628
5	29/04/2010	14,324	130	4,812	4,824	527	24,617

Fuente: Elaboración propia.

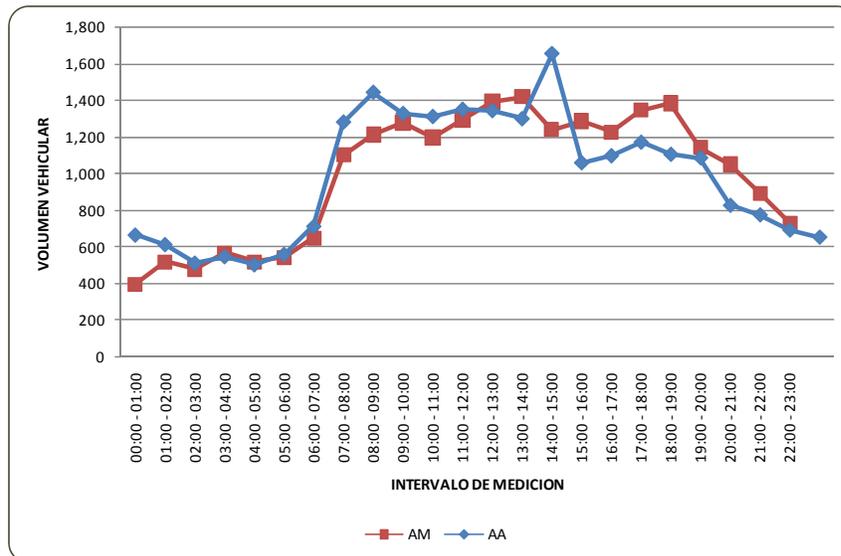
**Figura 111. Comportamiento vehicular de la estación 5, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

A manera de ejemplo se observa en la Figura 112 el comportamiento horario del AA y el AM de un día ES (miércoles 28 de abril del 2010), en la estación 5.

**Figura 112. Perfil horario AA y AM, estación 5.**



Fuente: Elaboración propia.

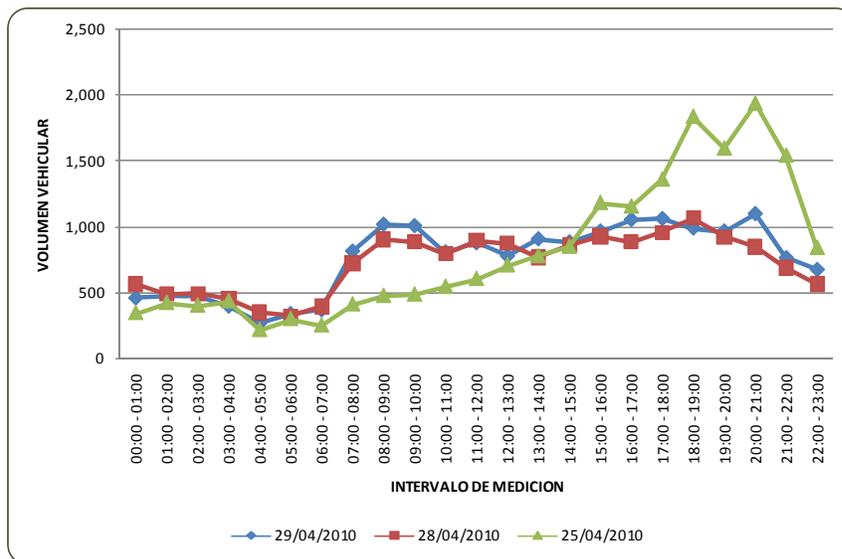
La siguiente estación donde se observan los resultados de los AM, es la estación 6 que corresponde a la caseta de peaje Querétaro, donde presenta un tránsito en ambos sentidos en un periodo de fin de semana de 19,316 vehículos, entre semana para el día miércoles de 17,067 vehículos en ambos sentidos y para el día jueves 18,128 vehículos en ambos sentidos, en la Figura 113 y en la Tabla 47 se observan los resultados en ambos sentidos de la estación de AM caseta de peaje Querétaro.

**Tabla 47. Comportamiento vehicular de la estación 6, ambos sentidos.**

Estación	Fecha	A	B	CU	CA I	CA II	Total
6	25/04/2010	14,912	1,891	874	959	680	19,316
6	28/04/2010	10,393	1,469	1,915	2,156	1,134	17,067
6	29/04/2010	11,428	1,467	1,935	2,206	1,092	18,128

Fuente: Elaboración propia.

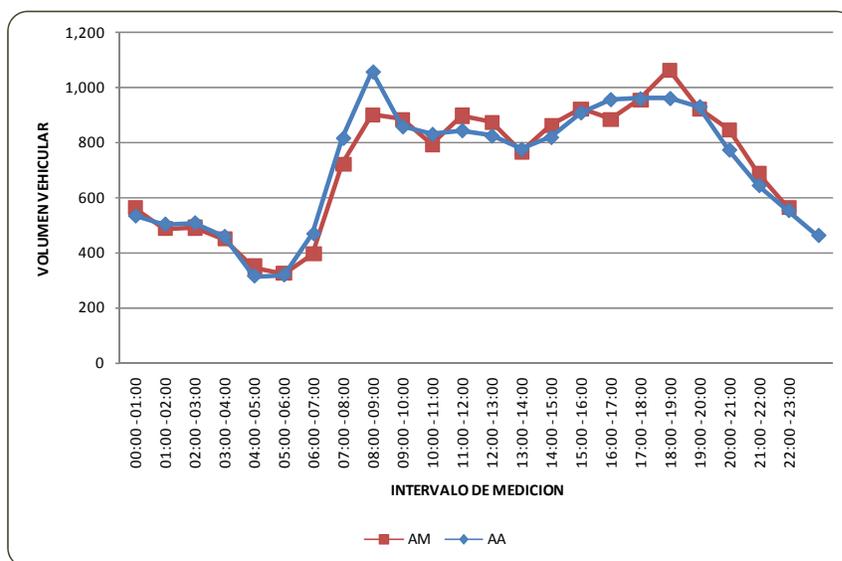
**Figura 113. Comportamiento vehicular de la estación 6, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 114, se observa el comportamiento del perfil horario del AA y del AM, de la estación 6 en un día ES (miércoles 28 de abril del 2010).

**Figura 114. Perfil horario AA y AM, estación 6.**



Fuente: Elaboración propia.

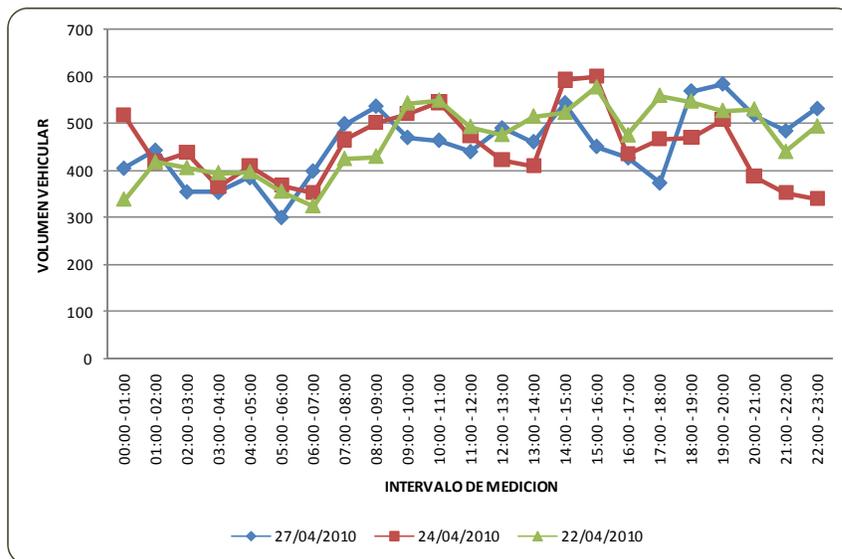
La estación 8 corresponde a la caseta de peaje Chichimequillas del Libramiento Noreste de Querétaro, presenta los siguientes resultados de AM.

**Tabla 48. Comportamiento vehicular de la estación 8, ambos sentidos.**

Estación	Fecha	A	B	CU	CA I	CA II	Total
8	22/04/2010	3,328	338	1,545	5,188	913	11,312
8	24/04/2010	4,050	513	1,198	3,965	687	10,413
8	27/04/2010	3,238	413	1,504	4,652	865	10,672

Fuente: Elaboración propia.

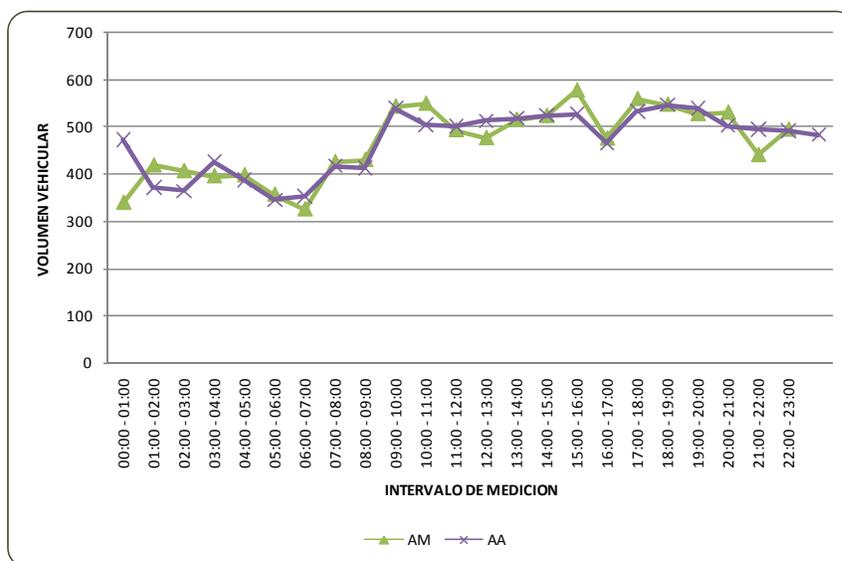
**Figura 115. Comportamiento vehicular de la estación 8, ambos sentidos.**



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 116, se observa el comportamiento horario del AA y el AM de la estación 8 en un día ES (jueves 22 de abril del 2010)

**Figura 116. Perfil horario AA y AM, estación 8.**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.6 Encuestas a empresas de autotransporte de carga y pasaje

Este apartado se describe en un informe completo anexo.

## 4.7 Tendencias del tránsito

Se analizó las series de tránsito de manera global de la estación 1 5 y 6 ya que estas tres estaciones son las que tienen injerencia directa con el proyecto de palmillas-Apaseo, las series históricas se presentan a continuación así como sus tasas de crecimiento.

Estación Ubicación

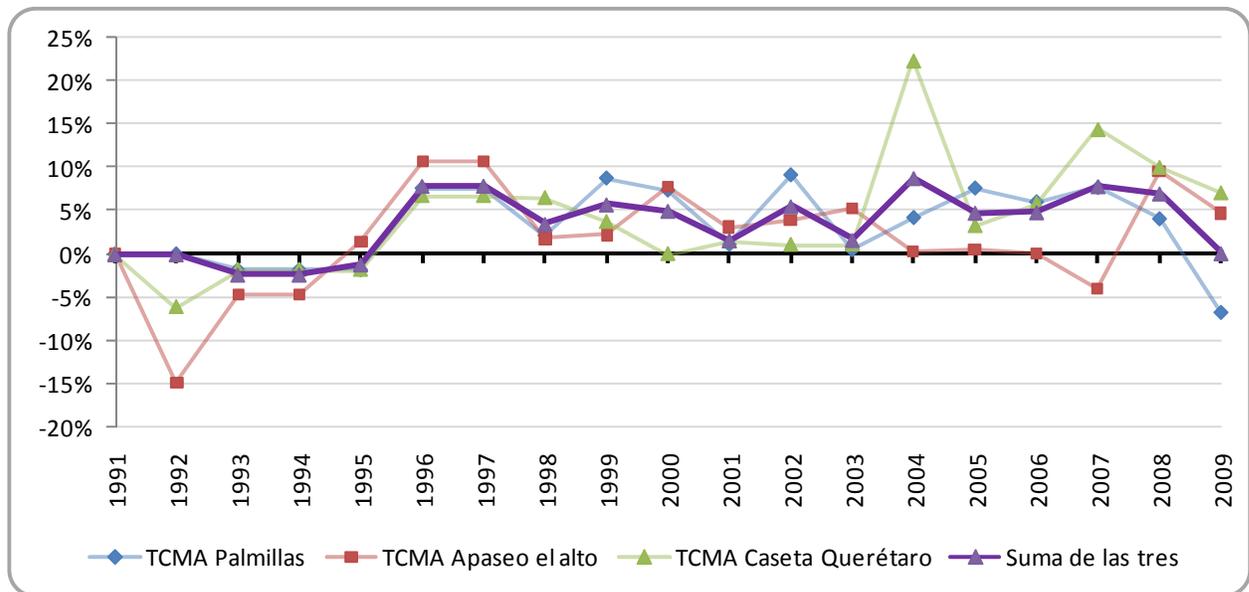
- Est 1 CASETA DE COBRO PALMILLAS
- Est 5 T. IZQ. APASEO EL ALTO
- Est 6 QUERETARO

**Tabla 49. Históricos México Querétaro (Est 1), Querétaro-Irapuato libre (Est 5) y Querétaro-Irapuato cuota (Esta6).**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Est 1	-	20,443	20,073	19,709	19,352	20,812	22,382	22,860	24,850	26,670	26,960	29,406	29,550	30,784	33,110	35,089	37,759	39,281	36,646
TCMA	-	-	-1.8%	-1.8%	-1.8%	7.5%	7.5%	2.1%	8.7%	7.3%	1.1%	9.1%	0.5%	4.2%	7.6%	6.0%	7.6%	4.0%	-6.7%
Est 5	10,045	8,560	8,167	7,791	7,910	8,756	9,692	9,866	10,090	10,875	11,215	11,653	12,277	12,315	12,386	12,390	11,898	13,049	13,666
TCMA	-	-14.8%	-4.6%	-4.6%	1.5%	10.7%	10.7%	1.8%	2.3%	7.8%	3.1%	3.9%	5.4%	0.3%	0.6%	0.0%	-4.0%	9.7%	4.7%
Est 6	15,259	14,320	14,059	13,803	13,552	14,469	15,447	16,454	17,069	17,071	17,323	17,511	17,707	21,672	22,381	23,692	27,109	29,827	31,936
TCMA	-	-6.2%	-1.8%	-1.8%	-1.8%	6.8%	6.8%	6.5%	3.7%	0.0%	1.5%	1.1%	1.1%	22.4%	3.3%	5.9%	14.4%	10.0%	7.1%
Total	25,305	43,323	42,299	41,303	40,814	44,036	47,521	49,180	52,009	54,616	55,498	58,570	59,534	64,771	67,877	71,171	76,766	82,157	82,248
TCMA	-	-	-2.4%	-2.4%	-1.2%	7.9%	7.9%	3.5%	5.8%	5.0%	1.6%	5.5%	1.6%	8.8%	4.8%	4.9%	7.9%	7.0%	0.1%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 117. Tasas de crecimiento.**



Fuente: Elaboración propia.

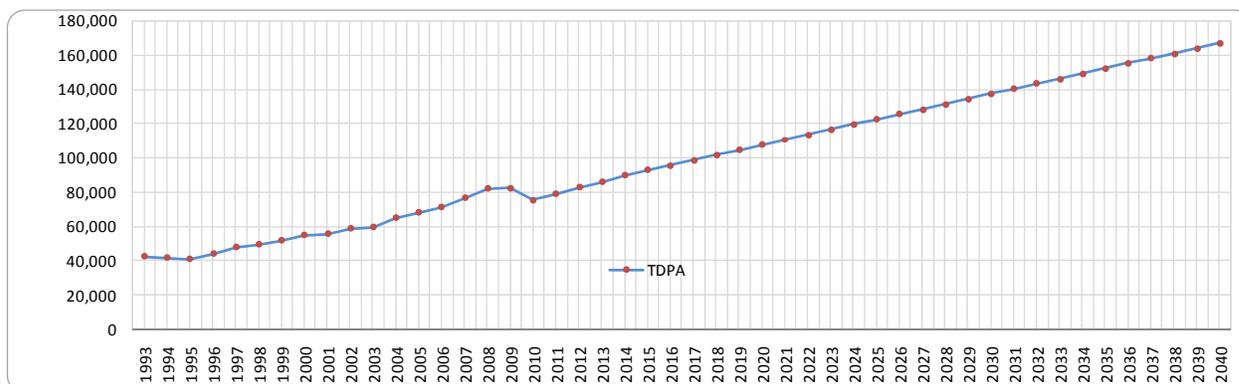
Los resultados que se obtuvieron se presentan a en la tabla y figura a continuación, pero hay que tener en cuenta que este es un primer ejercicio el cual nos da una idea de cómo está la tendencia al correlacionarlo con el PIB, en informes posteriores tendremos los ejercicios definitivos.

**Tabla 50. Tendencia del tránsito correlacionado con el PIB.**

Año	PIB Base	TDPA	tasa de crec PIB	tasa de crec Aforo
1991		25,305		
1992		43,323		
1993	1,155,132,189	42,299		
1994	1,206,135,039	41,303	4.4%	-2.4%
1995	1,131,752,762	40,814	-6.2%	-1.2%
1996	1,190,075,545	44,036	5.2%	7.9%
1997	1,270,744,066	47,521	6.8%	7.9%
1998	1,334,586,473	49,180	5.0%	3.5%
1999	1,384,674,487	52,009	3.8%	5.8%
2000	1,475,927,094	54,616	6.6%	5.0%
2001	1,475,438,953	55,498	0.0%	1.6%
2002	1,486,792,332	58,570	0.8%	5.5%
2003	1,507,449,990	59,534	1.4%	1.6%
2004	1,570,126,305	64,771	4.2%	8.8%
2005	1,613,526,997	67,877	2.8%	4.8%
2006	1,691,168,729	71,171	4.8%	4.9%
2007	1,744,772,151	76,766	3.2%	7.9%
2008	1,769,148,776	82,157	1.4%	7.0%
2009	1,654,154,045	82,248	-6.5%	0.1%
2010	1,736,853,930	75,363	5.0%	-8.4%
2011	1,809,872,780	79,069	4.2%	4.9%
2012	1,887,690,032	82,857	4.3%	4.8%
2013	1,955,642,383	86,039	3.6%	3.8%
2014	2,035,821,029	89,655	4.1%	4.2%
2015	2,104,120,408	92,625	3.4%	3.3%
2020	2,481,698,827	107,477	3.4%	2.8%
2025	2,927,290,342	122,337	3.4%	2.5%
2030	3,452,956,672	137,199	3.4%	2.2%
2035	4,072,129,346	152,042	3.4%	2.0%
2040	4,801,555,326	166,870	3.4%	1.8%

Elaboración propia con programa Datafit.

**Figura 118. Gráfica de pronóstico de aforo histórico.**



Elaboración propia con programa Datafit.

## **4.8 Expansión de la muestra**

El análisis de la generación y atracción de la demanda o de los viajes es de fundamental importancia ya que en esta etapa se define la demanda global que será atendida en los diferentes horizontes de estudio. El objetivo de los modelos de transporte es permitir una estimación para cada año horizonte considerado de las demandas totales producidas y atraídas por cada zona de tránsito del área de estudio y su entorno en un determinado periodo de tiempo.

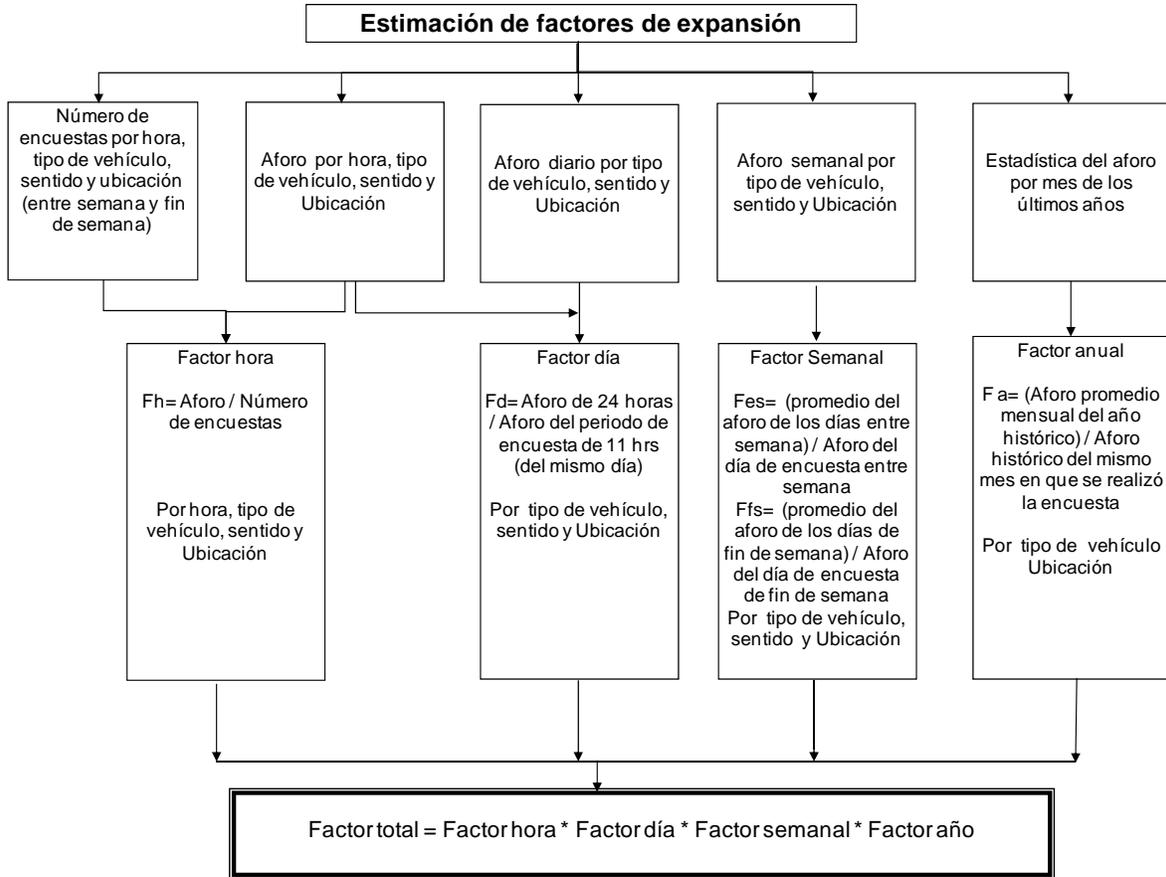
En el presente estudio, la generación y atracción de viajes para cada zona de tránsito para el escenario base es obtenida a través del procesamiento de las encuestas origen – destino realizadas sobre la vía. La realización de encuestas directas a los potenciales usuarios de la vía, permite elevar el grado de confiabilidad de los resultados del modelo.

Estas encuestas Origen-Destino levantadas en campo corresponden a una muestra del tránsito que utiliza las carreteras analizadas por lo que es necesario expandirla al total del día y a su vez, pasarla a TPDA; para ello se requieren los siguientes factores:

- Factor horario
- Factor diario
- Factor semanal
- Factor anual

La metodología empleada para obtener la demanda en un TDPA se muestra en la Figura 119.

**Figura 119. Factores de expansión.**



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de el factor semanal en el periodo de ES, como caso particular de las EOD que se recopilo información en dos días ES, para el cálculo de este factor se divide el promedio entre semana (de automáticos) entre el primer día de encuesta, sumando el promedio entre semana (de automáticos) entre el segundo día de encuesta el resultado de esta operación se divide entre dos. Como se muestra en la figura siguiente.

**Figura 120. Metodología factor ES, 2 días de EOD**

$$\frac{\text{Promedio entre semana}}{\text{1er. día de encuesta}} + \frac{\text{Promedio entre semana}}{\text{2do. día de encuesta}}$$


---


$$2$$

Fuente: Elaboración propia.

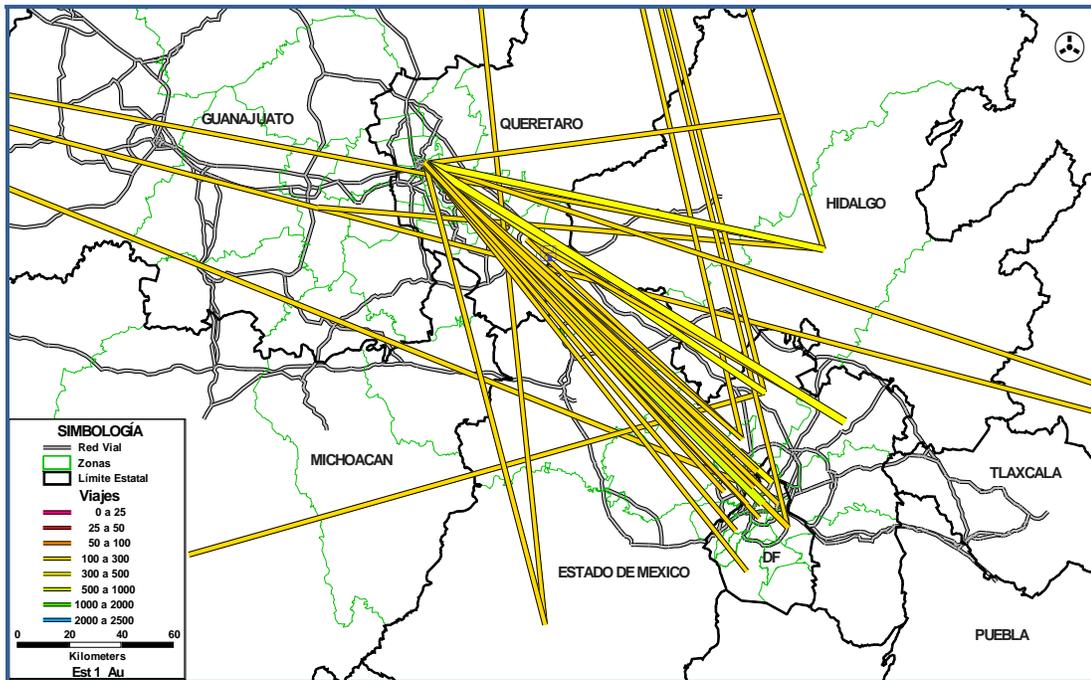
Para obtener el factor año se utilizó el aforo que proporciono la SCT (para el caso de este proyecto en particular), y se tomaron en cuenta las casetas de Palmillas, Querétaro y Chichimequillas, las cuales agrupamos y de manera ponderada obtuvimos un solo factor por grupo vehicular que se utiliza para todas las estaciones.

Las matrices estimadas a partir del proceso de expansión, presentan los viajes observados en cada uno de los puntos donde se realizó la encuesta origen-destino. Sin embargo, para objeto de la modelación se requiere contar con una sola matriz origen-

destino por cada uno de los estratos definidos que permita representar los viajes que se presentan en toda la red en estudio.

A manera de ejemplo se muestra en las siguientes figuras las líneas de deseo y principales pares de viaje de las estaciones representativas para el estudio, en la Figura 121 se observan las líneas de deseo para automóvil de la estación 1 y en la Tabla 51 se muestran los principales pares de viaje para la misma estación.

**Figura 121. Líneas de deseo de la estación 1.**



Fuente: Elaboración propia.

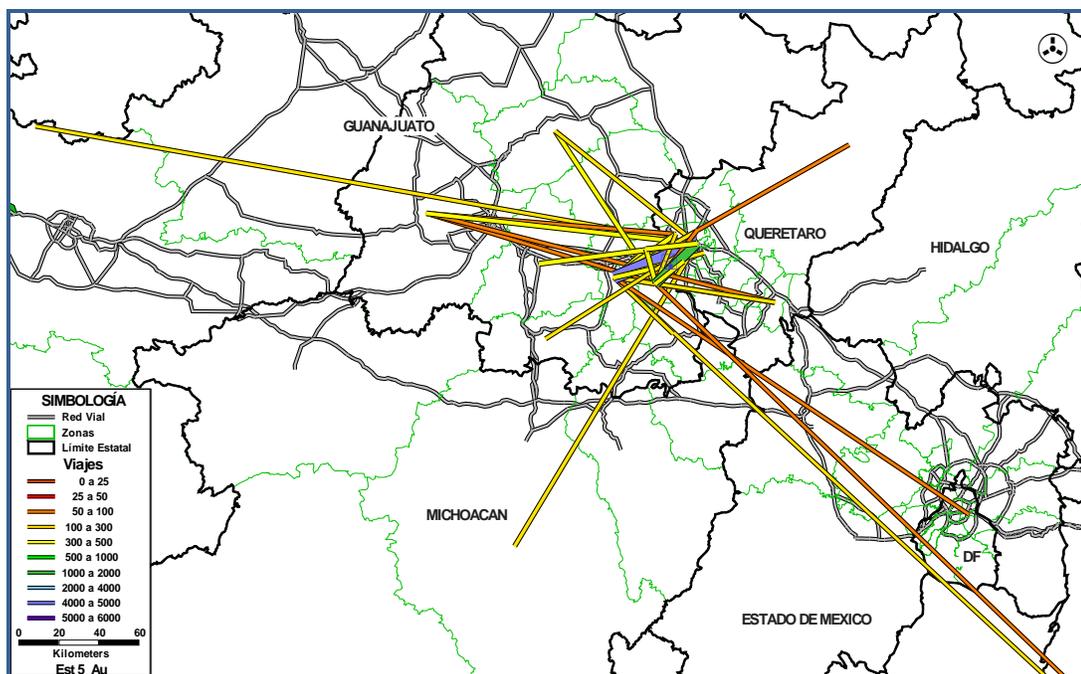
**Tabla 51. Principales pares de viaje de la estación 1.**

PRINCIPALES PARES DE VIAJES EN AMBOS SENTIDOS		Viajes	% Viajes	% Acumulado
Cuauhtemoc, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	539	3.1%	3%
EDO MEX, Zona Ote	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	478	2.7%	6%
HGO, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	367	2.1%	8%
EDO MEX, Zona Nte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	359	2.1%	10%
Gustavo A. Madero, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	309	1.8%	12%
EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	296	1.7%	13%
Iztapalapa, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	280	1.6%	15%
JAL, Zona Centro	Azcapotzalco, DF	214	1.2%	16%
EDO MEX, Zona Pte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	197	1.1%	17%
EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	187	1.1%	18%
Veracruz	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	186	1.1%	20%
Venustiano Carranza, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	183	1.0%	21%
MICH, Zona Centro	EDO MEX, Zona Nte	182	1.0%	22%
HGO, Zona NorPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	173	1.0%	23%
Alvaro Obregón, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	169	1.0%	24%
EDO MEX, Zona Ote	QRO, Zona SurOte	168	1.0%	25%
GTO, Zona SurPte	HGO, Zona Centro	167	1.0%	25%
Veracruz	JAL, Zona Centro	163	0.9%	26%
Benito Juárez, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	160	0.9%	27%
COAH, TAM, NL, SLP	HGO, Zona Centro	156	0.9%	28%
Tlalpan, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	156	0.9%	29%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Nte	155	0.9%	30%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	151	0.9%	31%
EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	142	0.8%	32%
QRO, Zona SurOte	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	141	0.8%	32%
COAH, TAM, NL, SLP	Iztapalapa, DF	140	0.8%	33%
Miguel Hidalgo, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	139	0.8%	34%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte	134	0.8%	35%
Azcapotzalco, DF	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	129	0.7%	36%
JAL, Zona Centro	HGO, Zona Centro	129	0.7%	36%
Otros Viajes		11,129	63.7%	100%
Total de Viajes		17,479		

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 122 y en la Tabla 52 se muestra las líneas de deseo y los principales pares de viaje de la estación 5.

**Figura 122. Líneas de deseo de la estación 5.**



Fuente: Elaboración propia.

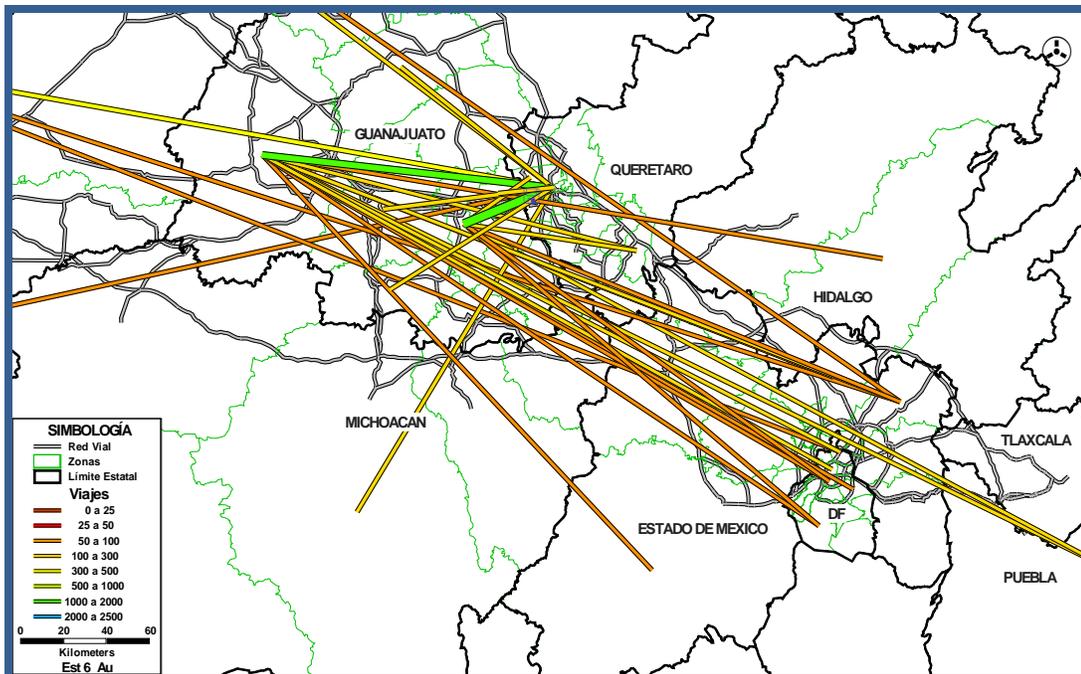
**Tabla 52. Principales pares de viaje de la estación 5.**

PRINCIPALES PARES DE VIAJES EN AMBOS SENTIDOS		Viajes	% Viajes	% Acumulado
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	4,157	25.0%	25%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	1,974	11.9%	37%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona NorPte (Zon Urb)	488	2.9%	40%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	481	2.9%	43%
GTO, Zona Sur	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	475	2.9%	46%
GTO, Zona SurPte	GTO, Zona SurPte	446	2.7%	48%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona SurPte (Zon Conurb)	433	2.6%	51%
GTO, Zona SurPte	GTO, Zona SurPte	418	2.5%	53%
GTO, Zona Pte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	369	2.2%	56%
GTO, Zona Centro	GTO, Zona SurPte	352	2.1%	58%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona SurPte (Zon Conurb)	336	2.0%	60%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona SurOte	271	1.6%	61%
MICH, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	222	1.3%	63%
GTO, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	210	1.3%	64%
Chiapas, Oaxaca	GTO, Zona SurPte	198	1.2%	65%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Sur (Zon Urb)	193	1.2%	66%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Norte (Zon Conurb)	168	1.0%	67%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona SurOte	162	1.0%	68%
GTO, Zona SurPte	GTO, Zona SurPte	161	1.0%	69%
GTO, Zona Sur	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	142	0.9%	70%
JAL, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	134	0.8%	71%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona NorPte (Zon Urb)	111	0.7%	72%
GTO, Zona SurPte	GTO, Zona SurPte	108	0.6%	72%
Chiapas, Oaxaca	GTO, Zona SurPte	99	0.6%	73%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Norte (Zon Conurb)	94	0.6%	73%
GTO, Zona Pte	GTO, Zona SurPte	88	0.5%	74%
GTO, Zona Pte	QRO, Zona SurOte	86	0.5%	74%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona NorOte	82	0.5%	75%
GTO, Zona Pte	QRO, Zona NorPte (Zon Urb)	82	0.5%	75%
GTO, Zona SurPte	Iztacalco, DF	74	0.4%	76%
Otros Viajes		4,016	24.1%	100%
<b>Total de Viajes</b>		<b>16,629</b>		

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 123 y en la Tabla 53 se muestra el tercer ejemplo que corresponde a la estación 6, donde se muestran las líneas de deseo y los principales pares de viaje para automóvil.

**Figura 123. Líneas de deseo de la estación 6.**



Fuente: Elaboración propia.

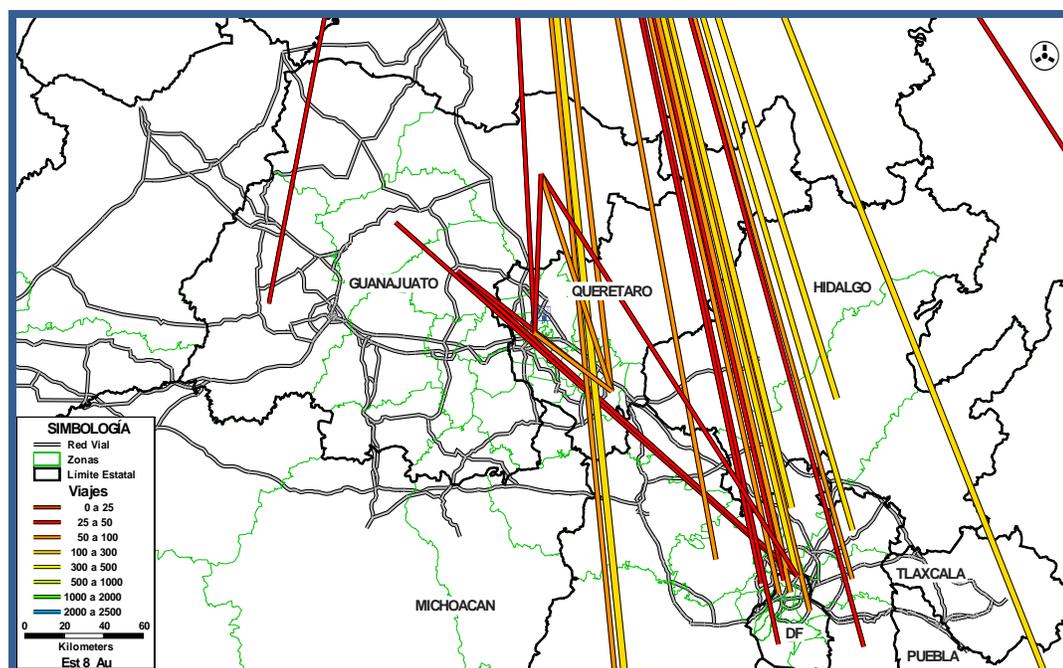
**Tabla 53. Principales pares de viaje de la estación 6.**

PRINCIPALES PARES DE VIAJES EN AMBOS SENTIDOS		Viajes	% Viajes	% Acumulado
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	1,772	15.5%	15%
GTO, Zona Pte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	1,106	9.7%	25%
JAL, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	316	2.8%	28%
GTO, Zona Sur	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	268	2.3%	30%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	256	2.2%	33%
GTO, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	227	2.0%	34%
GTO, Zona Pte	QRO, Zona SurOte	180	1.6%	36%
MICH, Zona Centro	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	174	1.5%	38%
Aguascalientes	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	150	1.3%	39%
GTO, Zona Pte	EDO MEX, Zona Ote	146	1.3%	40%
GTO, Zona Sur	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	145	1.3%	41%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona NorPte (Zon Urb)	129	1.1%	43%
GTO, Zona Pte	Gustavo A. Madero, DF	118	1.0%	44%
Puebla	GTO, Zona Pte	113	1.0%	45%
GTO, Zona Pte	Cuauhtemec, DF	112	1.0%	46%
GTO, Zona SurPte	QRO, Zona SurOte	111	1.0%	47%
Puebla	GTO, Zona SurPte	108	0.9%	47%
GTO, Zona Pte	HGO, Zona Centro	97	0.8%	48%
GTO, Zona Pte	EDO MEX, Zona Nte	96	0.8%	49%
JAL, Zona Centro	EDO MEX, Zona Ote	92	0.8%	50%
GTO, Zona SurPte	Tlalpan, DF	91	0.8%	51%
GTO, Zona Pte	Iztapalapa, DF	90	0.8%	52%
GTO, Zona Pte	Benito Juarez, DF	89	0.8%	52%
GTO, Zona Pte	EDO MEX, Zona Pte	89	0.8%	53%
JAL, Zona Centro	Gustavo A. Madero, DF	87	0.8%	54%
GTO, Zona SurPte	EDO MEX, Zona Ote	86	0.7%	55%
Aguascalientes	EDO MEX, Zona Ote	84	0.7%	55%
Colima. JAL, Zona SurPte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	81	0.7%	56%
GTO, Zona SurPte	Benito Juarez, DF	79	0.7%	57%
GTO, Zona Pte	Tlalpan, DF	76	0.7%	57%
Otros Viajes		4,870	42.6%	100%
<b>Total de Viajes</b>		<b>11,439</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la Figura 124 y en la Tabla 54 se observan las líneas de deseo y principales pares de viaje para automóvil de la estación 8.

**Figura 124. Líneas de deseo de la estación 8.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 54. Principales pares de viaje de la estación 8.**

PRINCIPALES PARES DE VIAJES EN AMBOS SENTIDOS	Viajes	% Viajes	% Acumulado	
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte	169	4.4%	4%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Nte	137	3.6%	8%
COAH, TAM, NL, SLP	Puebla	128	3.3%	11%
COAH, TAM, NL, SLP	HGO, Zona Centro	126	3.3%	15%
COAH, TAM, NL, SLP	Gustavo A. Madero, DF	111	2.9%	17%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Ote	101	2.6%	20%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	92	2.4%	22%
COAH, TAM, NL, SLP	Cuauhtemoc, DF	82	2.1%	25%
COAH, TAM, NL, SLP	QRO, Zona SurOte	79	2.1%	27%
COAH, TAM, NL, SLP	Miguel Hidalgo, DF	76	2.0%	29%
COAH, TAM, NL, SLP	Iztapalapa, DF	76	2.0%	31%
GTO, Zona NorOte	QRO, Zona SurOte	73	1.9%	32%
COAH, TAM, NL, SLP	Morelos, Guerrero	73	1.9%	34%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte	66	1.7%	36%
QRO, Zona SurOte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	59	1.5%	38%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Ote	53	1.4%	39%
GTO, Zona NorOte	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	47	1.2%	40%
COAH, TAM, NL, SLP	HGO, Zona NorPte	43	1.1%	41%
GTO, Zona NorOte	Gustavo A. Madero, DF	40	1.0%	42%
COAH, TAM, NL, SLP	Veracruz	39	1.0%	43%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Ote	38	1.0%	44%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	36	0.9%	45%
COAH, TAM, NL, SLP	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	36	0.9%	46%
COAH, TAM, NL, SLP	QRO, Zona Centro (Zon Urb)	36	0.9%	47%
COAH, TAM, NL, SLP	Azcapotzalco, DF	35	0.9%	48%
GTO, Zona Centro	EDO MEX, Zona Pte (Zon Conurb)	34	0.9%	49%
GTO, Zona Pte	COAH, TAM, NL, SLP	34	0.9%	50%
GTO, Zona Ote	QRO, Zona SurOte	34	0.9%	51%
GTO, Zona Ote	Gustavo A. Madero, DF	33	0.9%	52%
COAH, TAM, NL, SLP	Tlalpan, DF	33	0.8%	52%
	Otros Viajes	1,836	47.6%	100%
	<b>Total de Viajes</b>	<b>3,854</b>		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.9 Metodología de eliminación de dobles conteos.

Las matrices estimadas a partir del proceso de expansión (automóviles y camiones de carga) presentan los viajes observados en cada uno de los puntos donde se realizó la encuesta origen-destino. Sin embargo, para objeto de la modelación se requiere contar con una sola matriz origen-destino por cada uno de los estratos definidos que permita representar el deseo de viajes que se presentan en toda la red en estudio.

Por lo anterior, es requerido llevar a cabo una eliminación de dobles conteos de Origen-Destino que permita estimar dicha matriz global.

Este procedimiento consiste en la aplicación de un algoritmo que permita verificar la existencia de viajes en pares origen-destino que se hayan captado por medio de los estudios de campo en más de una estación y mediante algún criterio de selección escoger un valor final para ese par origen-destino.

A través del uso del modelo de simulación emme/3, se estructuró un procedimiento que determinó las proporciones correspondientes por cada par OD perteneciente a cada una de las matrices parciales de las estaciones de encuesta. El procedimiento es el siguiente

- Asignación por tipo vehicular y por sitios de encuesta de cada una de las matrices parciales.
- Acumulación de factores de ponderación para los pares OD que pasan por otro punto de encuesta.

- Estimación del factor de ponderación de cada par OD.
- Se genera una nueva matriz sin duplicidades para la estación en análisis (el proceso se ejecuta para la totalidad de las matrices parciales).
- Estimación de una matriz única equivalente para todas las estaciones de encuesta mediante la suma de todas las matrices parciales sin duplicidades.

Para este estudio se realizaron dos ejercicios de eliminación de dobles conteos utilizando diferentes factores de ponderación, los cuales fueron: la tasa de muestreo y el volumen vehicular de cada estación.

Utilizando como factor de ponderación a la tasa de muestreo se le da un mayor peso a los viajes que presenten un mayor margen de confianza en la muestra obtenida de los puntos de encuesta OD.

En el segundo caso, utilizando como factor de ponderación al volumen vehicular se le da un mayor peso a las estaciones que presenten un mayor flujo vehicular.

Las matrices finales obtenidas a través de la eliminación de dobles conteos con ambos métodos deben cumplir la condición de que al momento de su asignación a la red, los flujos observados deben ser similares a los flujos asignados por medio del modelo, con un porcentaje bajo de error.

Finalmente, se escogieron las matrices que, en el modelo de asignación, repliquen de una mejor manera los datos observados en campo; en este caso fue a través utilizando como ponderador el flujo vehicular.

#### **4.10 Matriz de autobuses**

La matriz de viajes de autobuses se obtuvo a partir de dos fuentes: un censo de autobuses obtenido directamente en campo y una matriz de viajes obtenida del programa de corridas presentado en los sitios web de las terminales de autobuses de la región.

El censo se llevó a cabo en todas las estaciones de aforo y se realizó durante 3 días (2 días entre semana y un día de fin de semana). Los viajes obtenidos del censo fueron posteriormente ajustados por estación de aforo de acuerdo al número aforado de viajes.

El destino de los viajes fue obtenido del letrero frontal de los autobuses, por lo que los autobuses con identificación “Especial”, “Ejecutivo” y “Turismo” fueron clasificados con destino desconocido. De tal forma, se decidió asignar estos viajes a destinos que, de acuerdo a la matriz de viajes en automóvil, atraen más de 15 viajes diarios<sup>6</sup>. La estructura de viajes también se obtuvo de la matriz de automóviles ya que no existe algún motivo de viaje que sea exclusivo para este tipo de usuarios de autobuses. Este procedimiento fue realizado individualmente para las estaciones 1,6 y 7, y la estructura de viajes de la matriz fue obtenida a través la aplicación de un *Select Link* en la ubicación de las estaciones. El resto de las estaciones no presentan un número representativo de viajes que justifique su incorporación (*ver Generación de Matrices Buses.xlsx > Especiales*).

---

<sup>6</sup> Se consideró que 15 viajes diarios en automóvil representan un número suficiente para justificar el uso de un transporte de tal capacidad.

Los viajes con destino identificado, por otra parte, fueron asignados siguiendo la estructura de viajes obtenida de la matriz de viajes de las terminales regionales. Sin embargo, cabe mencionar que dado el desconocimiento del origen de estos viajes, se aplicó el algoritmo de FRATAR de forma que se pudieran ajustar a la estructura de la matriz de terminales (*ver Generación de Matrices Buses.xlsx > NoEspeciales*).

Asimismo, los viajes identificados con destino Ciudad de México fueron distribuidos entre las zonas correspondientes a 3 de las principales terminales de autobuses de la Ciudad: Terminal Observatorio, Terminal Taxqueña y Terminal del Norte. La distribución fue proporcional a las corridas de las terminales a destinos de la región de estudio (*ver Generación de Matrices Buses.xlsx > ViajesEnTerminales*).

Terminal del norte	Observatorio	Taxqueña	TotalViajes
88.2%	8.5%	3.3%	100.0%

Análogo al procedimiento seguido con los viajes de destino desconocido, este proceso fue realizado individualmente para las estaciones 1,6 y 7, y la estructura de viajes de la matriz fue obtenida a través de la aplicación de un *Select Link* en la ubicación de las estaciones.

#### **4.11 Crecimiento de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación.**

Una vez realizados los pronósticos de las variables socioeconómicas que servirán como variables explicativas a los crecimientos futuros del tránsito por tipo de vehículo y motivo de viaje para el tramo carretero en estudio, se procedió a la obtención de los modelos econométricos para dichos tránsitos.

Los modelos econométricos permiten medir la correlación entre variables, identificando relaciones causa-efecto y midiendo las elasticidades entre las variables. Es decir, un modelo econométrico facilita la medición del cambio de la variable dependiente, en este caso el TDPA, en función de cambios en las variables explicativas.

Se realizaron varias pruebas para encontrar el mejor modelo que explicara el comportamiento del TDPA.

#### **4.12 Modelos de Corte Transversal**

En una primera etapa se buscaron modelos de corte transversal, estos buscan la relación entre el TDPA observado (2010) de una zona a otra a través de diferentes variables explicativas (PIB, población, PEA, empleo, autos) de cada zona en el mismo año.

Cada variable fue estimada conforme a la zonificación utilizada en el proyecto. Con esta información, se obtuvo una matriz que relaciona para cada par O-D las diferentes variables explicativas de la zona de origen y la zona de destino.

Se intentó identificar variables específicas que explicaran el comportamiento del TDPA por motivo de viaje. En este sentido, para el motivo trabajo se integraron al modelo las variables PIB, PEA y empleo. Para los viajes realizados por motivo paseo y otros se incluyó la población y el PIB.

Las diferentes pruebas realizadas incluyeron transformaciones logarítmicas, aditivas y multiplicativas de cada variable explicativa, obteniendo como resultado modelos que

no tenían buen ajuste con variables no significativas. Por lo que se incluyeron a estos modelos variables gravitacionales como el peso, la distancia y el costo.

- **Peso.-** es la proporción de cada par O-D con relación al TDPA. Su justificación es que el TPDA es solo una muestra, mientras que las variables explicativas están estimadas a nivel estatal. Esta variable se transformó en rangos debido a que se hicieron pruebas con los absolutos y se obtuvo una R cuadrada de 1.
- **Distancia.-** es la longitud entre cada O-D. Explica la relación entre la distancia y el TDPA, a mayor distancia menor TDPA.
- **Costo.-** es la relación entre VOT y el tiempo. Explica la relación entre la distancia y el TDPA, a mayor costo menor TDPA.

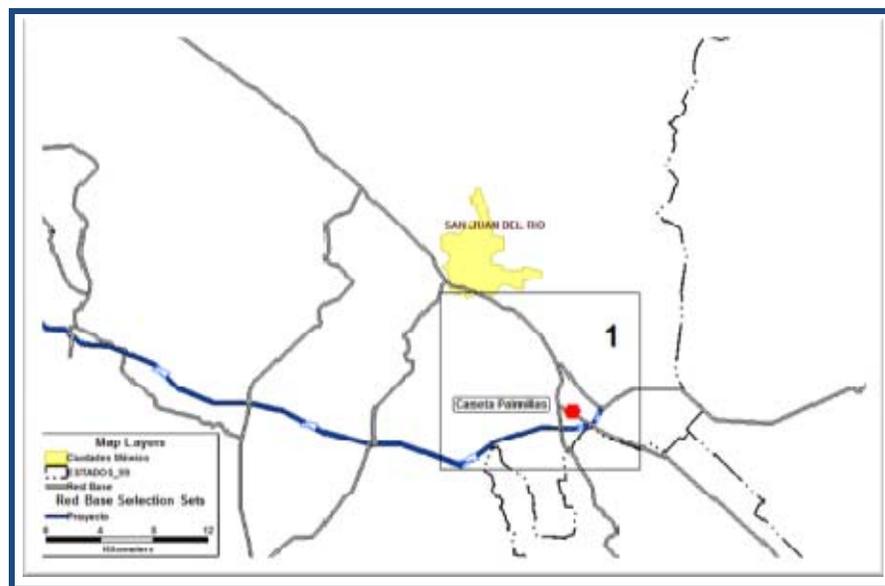
Una vez incluyendo estas variables se encontraron modelos con buen ajuste y variables significativas, sin embargo estas variables no explican en su totalidad el modelo ya que se obtiene tasas crecimientos inferiores al 1%. Por lo tanto se agruparon las 90 zonas en 50 zonas, obteniendo los mismos resultados.

#### 4.13 Modelos de Series de Tiempo

En una segunda etapa se buscaron modelos de series de tiempo, estos vinculan el comportamiento histórico del TDPA de cada año con el comportamiento del PIB.

Inicialmente, se tomó como punto de influencia al proyecto la Caseta Palmillas.

**Figura 125. Localización de la Caseta Palmillas**



Fuente: Elaboración propia.

Para este punto se obtuvo el TDPA histórico de datos viales publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) por tipo de vehículo: autos (A), Buses (B) y Camiones (C), Tabla 55.

**Tabla 55. TDPA histórico.**

<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>CU</b>	<b>CA1</b>	<b>CA2</b>	<b>TDPA</b>	<b>TC</b>
1993	11,482	923	2,991	3,633	843	19,872	
1994	11,274	907	2,937	3,567	828	19,513	-1.81%
1995	11,069	890	2,883	3,503	813	19,158	-1.82%
1996	11,904	957	3,101	3,767	874	20,603	7.54%
1997	12,803	1,030	3,335	4,051	940	22,159	7.55%
1998	13,076	1,052	3,406	4,138	960	22,632	2.13%
1999	14,214	1,143	3,703	4,498	1,044	24,602	8.71%
2000	15,255	1,227	3,974	4,827	1,120	26,403	7.32%
2001	15,421	1,240	4,017	4,880	1,132	26,690	1.09%
2002	16,820	1,353	4,381	5,322	1,235	29,111	9.07%
2003	16,903	1,359	4,403	5,349	1,241	29,255	0.49%
2004	17,608	1,416	4,587	5,572	1,293	30,476	4.17%
2005	18,939	1,523	4,933	5,993	1,391	32,779	7.56%
2006	20,071	1,614	5,228	6,351	1,474	34,738	5.98%
2007	21,598	1,737	5,626	6,834	1,586	37,381	7.61%
2008	22,469	1,807	5,853	7,110	1,650	38,889	4.03%
2009	21,328	1,796	5,314	6,450	1,576	36,464	-6.24%

Fuente: Datos viales, Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Posteriormente, se construyeron modelos de regresión lineal, vinculando el TDPA con el PIB histórico nacional para el periodo 1993 a 2009. Se obtuvieron tasas de crecimiento muy similares, debido a su similitud en la composición por tipo de vehículo para cada año.

Por lo tanto se realizó la correlación entre el TDPA histórico publicado por Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) y el PIB nacional

**Tabla 56. TDPA histórico.**

<b>AÑO</b>	<b>AUTO</b>	<b>BUS</b>	<b>CU</b>	<b>CA 1</b>	<b>CA 2</b>	<b>TDPA</b>	<b>TC</b>
1993	11,079	1,819	5,869	1,765	887	21,420	
1994	10,724	2,101	4,496	2,111	1,131	20,562	-4.00%
1995	10,052	2,018	3,908	1,934	1,029	18,940	-7.89%
1996	10,362	2,218	4,766	2,083	1,073	20,501	8.24%
1997	11,097	2,322	3,893	3,455	1,500	22,267	8.61%
1998	11,442	2,330	4,540	3,570	1,349	23,230	4.33%
1999	12,276	2,339	5,039	3,590	1,229	24,472	5.35%
2000	13,149	2,288	4,098	4,266	1,582	25,383	3.72%
2001	14,096	2,430	4,085	4,575	1,858	27,044	6.55%
2002	16,055	2,341	4,234	4,725	1,901	29,255	8.17%
2003	16,719	1,773	4,705	4,650	1,284	29,132	-0.42%
2004	17,986	1,686	4,996	4,864	1,521	31,053	6.59%
2005	19,172	1,797	5,325	5,184	1,622	33,100	6.59%
2006	20,436	1,915	5,677	5,526	1,729	35,283	6.59%
2007	21,389	1,895	5,412	6,486	1,537	36,718	4.07%
2008	21,947	1,830	5,824	6,871	1,711	38,182	3.99%
2009	21,833	1,806	5,600	6,650	1,663	37,551	-1.65%

Fuente: Caminos y Puentes Federales.

Con el fin de lograr un mejor ajuste en los modelos, se empleó para algunos modelos una corrección AR(1). Este método permite incorporar al modelo el error de pronóstico del periodo anterior.

De igual manera en algunos modelos para suavizar la serie observada, ambas variables fueron transformadas, aplicando logaritmo natural (ln) a los datos.

Los modelos obtenidos presentan un ajuste correcto en términos de R cuadrada y las variables empleadas fueron significativas.

**Tabla 57. Modelo para automóvil**

Dependent Variable: AUTO				
Method: Least Squares				
Date: 10/08/10 Time: 15:15				
Sample: 1993 2009				
Included observations: 17				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-14070.08	2333.699	-6.029090	0.0000
PIB	2.02E-05	1.59E-06	12.70056	0.0000
R-squared	0.914920	Mean dependent var		15283.14
Adjusted R-squared	0.909248	S.D. dependent var		4426.895
S.E. of regression	1333.607	Akaike info criterion		17.33929
Sum squared resid	26677613	Schwarz criterion		17.43732
Log likelihood	-145.3840	Hannan-Quinn criter.		17.34904
F-statistic	161.3042	Durbin-Watson stat		0.567048
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia con el software E-VIEWS.

Donde A es el total de viajes origen-destino de los autos, en función al PIB. El modelo se estimó con 17 observaciones. Los resultados muestran que los viajes de los autos se relacionan en una función positiva con el PIB de las zonas con una elasticidad menos que proporcional a los cambios que pueda tener la variable de la actividad económica PIB, con una R-squared 0.91, lo que confirma que el modelo ajusta adecuadamente.

**Tabla 58. Modelo para buses**

Dependent Variable: LNBUS  
Method: Least Squares  
Date: 10/05/10 Time: 13:24  
Sample (adjusted): 1994 2009  
Included observations: 16 after adjustments  
Convergence achieved after 4 iterations

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNPIB	0.358847	0.008730	41.10359	0.0000
AR(1)	0.866640	0.155171	5.585075	0.0001
R-squared	0.503136	Mean dependent var		7.627154
Adjusted R-squared	0.467646	S.D. dependent var		0.124165
S.E. of regression	0.090594	Akaike info criterion		-1.848393
Sum squared resid	0.114901	Schwarz criterion		-1.751819
Log likelihood	16.78714	Hannan-Quinn criter.		-1.843448
Durbin-Watson stat	1.393568			
Inverted AR Roots	.87			

Fuente: Elaboración propia con el software E-VIEWS.

Donde LNBUS es el logaritmo natural del total de viajes origen-destino de los buses, en función al logaritmo natural del PIB (LNPIB). El modelo se estimó con 16 observaciones. Los resultados muestran que los viajes de los buses se relacionan en una función positiva con el PIB de las zonas con una elasticidad menos que proporcional a los cambios que pueda tener la variable de la actividad económica PIB, con una R-squared 0.50.

**Tabla 59. Modelo para camiones unitarios**

Dependent Variable: CU  
Method: Least Squares  
Date: 10/15/10 Time: 18:27  
Sample (adjusted): 1994 2009  
Included observations: 16 after adjustments  
Convergence achieved after 8 iterations

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB	3.18E-06	1.14E-07	27.83698	0.0000
AR(1)	0.689388	0.106493	6.473531	0.0000
R-squared	0.867231	Mean dependent var		4818.164
Adjusted R-squared	0.857747	S.D. dependent var		556.6795
S.E. of regression	209.9595	Akaike info criterion		13.64817
Sum squared resid	617161.7	Schwarz criterion		13.74475
Log likelihood	-107.1854	Hannan-Quinn criter.		13.65312
Durbin-Watson stat	1.327210			
Inverted AR Roots	.69			

Fuente: Elaboración propia con el software E-VIEWS.

Donde CU es el total de viajes origen-destino de los camiones unitarios, en función al PIB. El modelo se estimó con 16 observaciones. Los resultados muestran que los viajes de los camiones unitarios se relacionan en una función positiva con el PIB de las zonas con una elasticidad menos que proporcional a los cambios que pueda tener la variable de la actividad económica PIB, con una R-squared 0.86, lo que confirma que el modelo ajusta adecuadamente.

**Tabla 60. Modelo para camiones articulados 1**

Dependent Variable: CA1  
Method: Least Squares  
Date: 10/05/10 Time: 13:18  
Sample (adjusted): 1994 2009  
Included observations: 16 after adjustments  
Convergence achieved after 16 iterations

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB	4.63E-06	1.49E-06	3.111222	0.0077
AR(1)	0.937366	0.074677	12.55235	0.0000
R-squared	0.956670	Mean dependent var		4408.678
Adjusted R-squared	0.953575	S.D. dependent var		1565.415
S.E. of regression	337.2914	Akaike info criterion		14.59624
Sum squared resid	1592716.	Schwarz criterion		14.69281
Log likelihood	-114.7699	Hannan-Quinn criter.		14.60119
Durbin-Watson stat	2.278644			
Inverted AR Roots	.94			

Fuente: Elaboración propia con el software E-VIEWS.

Donde CA1 es el total de viajes origen-destino de los camiones articulados 1, en función al PIB. El modelo se estimó con 16 observaciones. Los resultados muestran que los viajes de los camiones articulados 1 se relacionan en una función positiva con el PIB de las zonas con una elasticidad menos que proporcional a los cambios que pueda tener la variable de la actividad económica PIB, con una R-squared 0.95, lo que confirma que el modelo ajusta adecuadamente.

**Tabla 61. Modelo para camiones articulados 2**

Dependent Variable: LNCA2  
Method: Least Squares  
Date: 10/04/10 Time: 19:19  
Sample: 1993 2009  
Included observations: 17

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-18.30902	4.887699	-3.745937	0.0019
LNPIB	1.212429	0.231801	5.230467	0.0001
R-squared	0.645874	Mean dependent var		7.255349
Adjusted R-squared	0.622265	S.D. dependent var		0.221926
S.E. of regression	0.136396	Akaike info criterion		-1.036374
Sum squared resid	0.279059	Schwarz criterion		-0.938349
Log likelihood	10.80918	Hannan-Quinn criter.		-1.026630
F-statistic	27.35779	Durbin-Watson stat		1.516358
Prob(F-statistic)	0.000102			

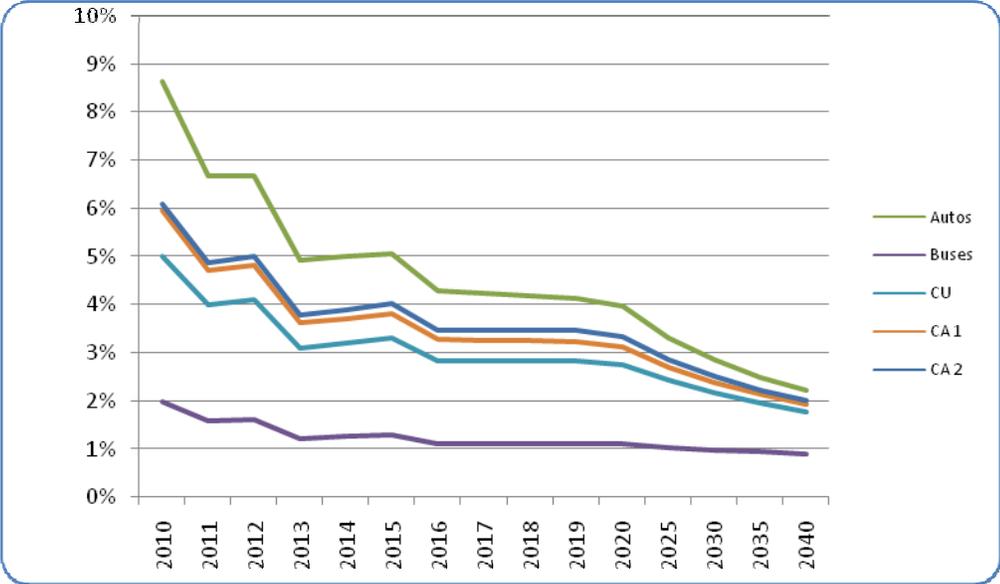
Fuente: Elaboración propia con el software E-VIEWS.

Donde LNCA2 es el logaritmo natural del total de viajes origen-destino de los camiones articulados 2, en función al logaritmo natural del PIB (LNPIB). El modelo se estimó con 17 observaciones. Los resultados muestran que los viajes de los camiones articulados 2 se relacionan en una función positiva con el PIB de las zonas con una elasticidad menos que proporcional a los cambios que pueda tener la variable de la actividad económica PIB, con una R-squared 0.64.

El fin de la construcción de los modelos es, además de medir correlación entre variables, pronosticar con cierto nivel de confianza el comportamiento futuro del TDPA. Estos modelos fueron utilizados para estimar a futuro los niveles de tránsito generados en la zona de estudio para cada tipo de vehículo, que es igual a estimar la demanda de la zona, y así el tránsito potencial para el proyecto.

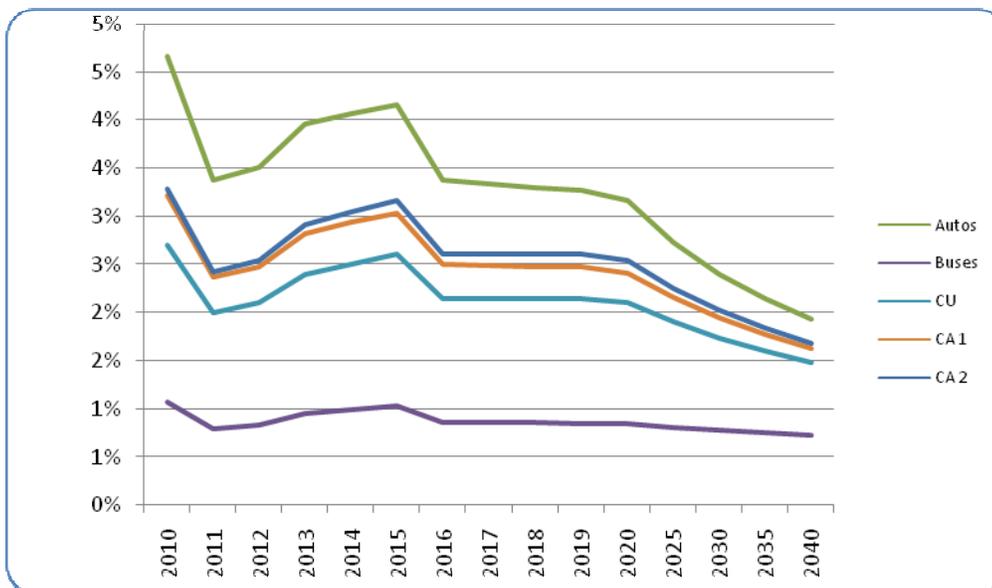
De esta forma se pronosticó el TDPA en la zona del proyecto, tal como se muestra a continuación:

**Figura 126. Escenario Base, Pronósticos TDPA.**



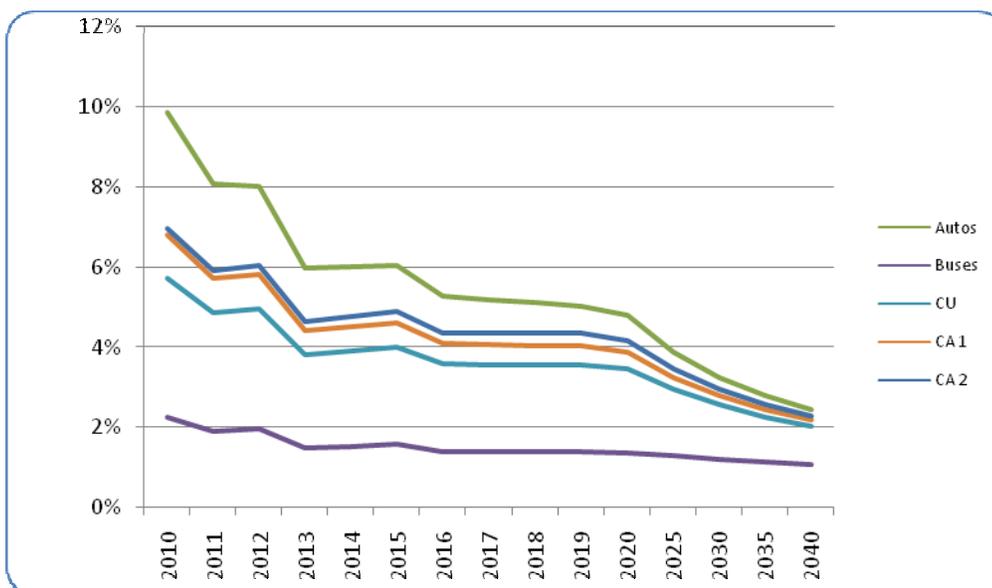
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 127. Escenario Conservador, Pronósticos TDPA.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 128. Escenario Optimista, Pronósticos TDPA.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.14 Crecimiento de la demanda.

Se elaboraron tres modelos de crecimiento de la demanda, el escenario base o crecimiento esperado, el crecimiento conservador y el crecimiento optimista.

#### 4.14.1 Crecimiento base o esperado.

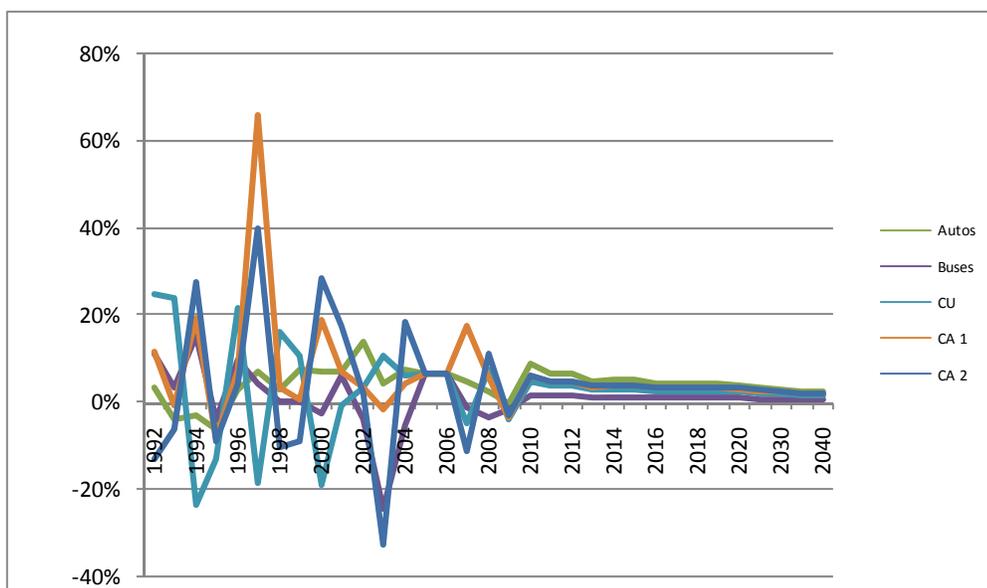
El modelo de crecimiento esperado tiene las siguientes tasas de crecimiento:

**Tabla 62. Crecimiento esperado.**

Año	Autos	Buses	CU	CA 1	CA 2	TDPA
2010	8.6%	2.0%	5.0%	6.0%	6.1%	7.2%
2011	6.7%	1.6%	4.0%	4.7%	4.9%	5.6%
2012	6.7%	1.6%	4.1%	4.8%	5.0%	5.7%
2013	4.9%	1.2%	3.1%	3.6%	3.8%	4.2%
2014	5.0%	1.3%	3.2%	3.7%	3.9%	4.3%
2015	5.1%	1.3%	3.3%	3.8%	4.0%	4.4%
2016	4.3%	1.1%	2.9%	3.3%	3.5%	3.8%
2017	4.2%	1.1%	2.9%	3.3%	3.5%	3.7%
2018	4.2%	1.1%	2.8%	3.2%	3.5%	3.7%
2019	4.1%	1.1%	2.8%	3.2%	3.5%	3.7%
2020	4.0%	1.1%	2.8%	3.1%	3.3%	3.5%
2025	3.3%	1.0%	2.4%	2.7%	2.9%	3.0%
2030	2.8%	1.0%	2.2%	2.4%	2.5%	2.6%
2035	2.5%	0.9%	2.0%	2.1%	2.2%	2.3%
2040	2.2%	0.9%	1.8%	1.9%	2.0%	2.1%

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 129. Crecimiento esperado.**



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.14.2 Crecimiento Conservador

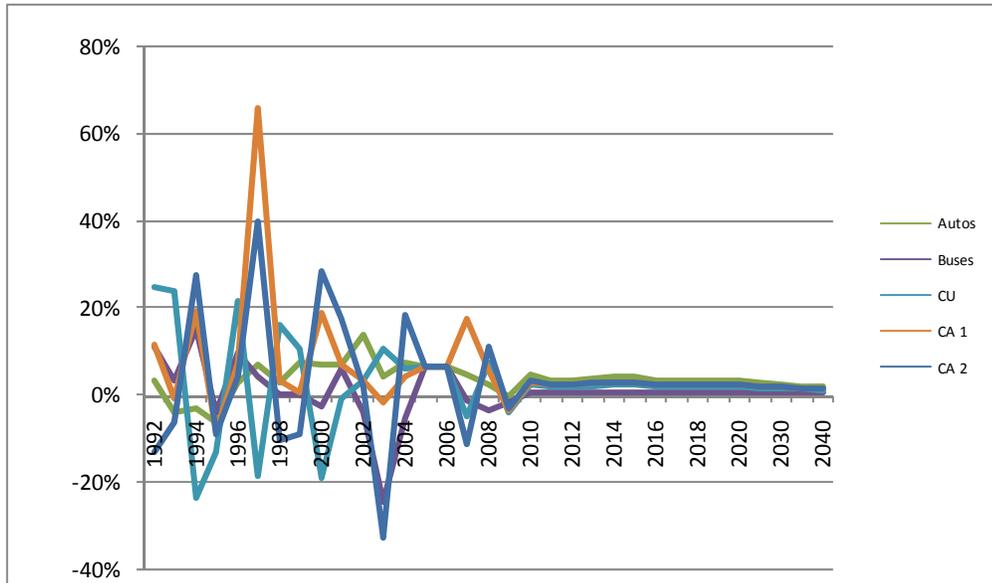
El modelo de crecimiento conservador tiene las siguientes tasas de crecimiento:

**Tabla 63. Crecimiento conservador.**

Año	Autos	Buses	CU	CA 1	CA 2	TDPA
2010	4.7%	1.1%	2.7%	3.2%	3.3%	3.9%
2011	3.4%	0.8%	2.0%	2.4%	2.4%	2.8%
2012	3.5%	0.8%	2.1%	2.5%	2.5%	3.0%
2013	4.0%	1.0%	2.4%	2.8%	2.9%	3.4%
2014	4.1%	1.0%	2.5%	2.9%	3.0%	3.5%
2015	4.2%	1.0%	2.6%	3.0%	3.2%	3.6%
2016	3.4%	0.9%	2.2%	2.5%	2.6%	2.9%
2017	3.3%	0.9%	2.2%	2.5%	2.6%	2.9%
2018	3.3%	0.9%	2.2%	2.5%	2.6%	2.9%
2019	3.3%	0.9%	2.2%	2.5%	2.6%	2.9%
2020	3.2%	0.8%	2.1%	2.4%	2.5%	2.8%
2025	2.7%	0.8%	1.9%	2.2%	2.3%	2.4%
2030	2.4%	0.8%	1.7%	1.9%	2.0%	2.2%
2035	2.1%	0.7%	1.6%	1.8%	1.8%	2.0%
2040	1.9%	0.7%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 130. Crecimiento conservador.**



Fuente: Elaboración Propia.

### 4.14.3 Crecimiento optimista

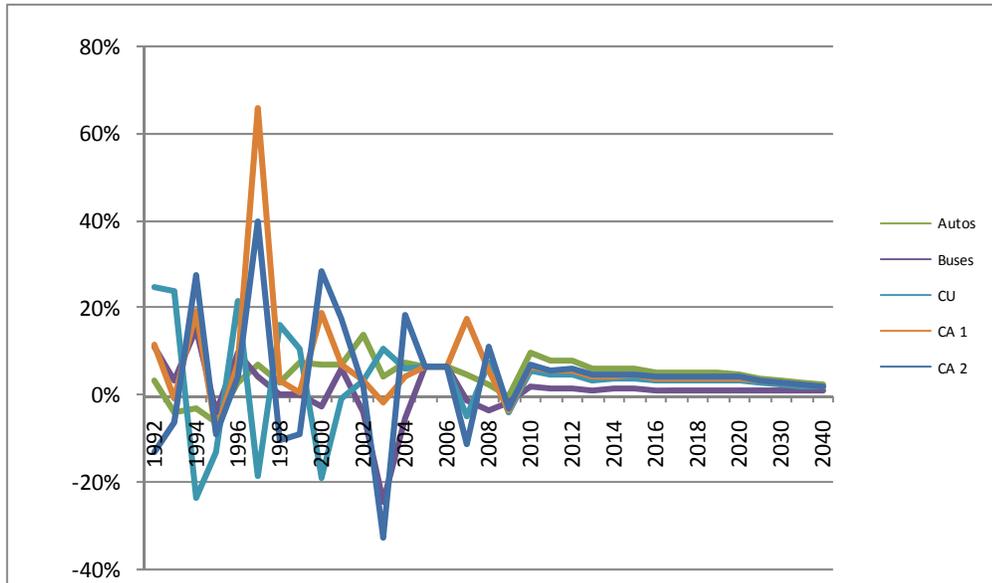
El modelo de crecimiento optimista tiene las siguientes tasas de crecimiento:

**Tabla 64. Crecimiento optimista.**

Año	Autos	Buses	CU	CA 1	CA 2	TDPA
2010	9.9%	2.3%	5.7%	6.8%	7.0%	8.2%
2011	8.1%	1.9%	4.9%	5.7%	5.9%	6.8%
2012	8.0%	2.0%	5.0%	5.8%	6.0%	6.8%
2013	6.0%	1.5%	3.8%	4.4%	4.6%	5.2%
2014	6.0%	1.5%	3.9%	4.5%	4.8%	5.2%
2015	6.0%	1.6%	4.0%	4.6%	4.9%	5.3%
2016	5.3%	1.4%	3.6%	4.1%	4.3%	4.7%
2017	5.2%	1.4%	3.6%	4.1%	4.3%	4.6%
2018	5.1%	1.4%	3.6%	4.0%	4.3%	4.6%
2019	5.0%	1.4%	3.6%	4.0%	4.3%	4.5%
2020	4.8%	1.4%	3.5%	3.9%	4.2%	4.3%
2025	3.9%	1.3%	2.9%	3.2%	3.4%	3.6%
2030	3.2%	1.2%	2.6%	2.8%	2.9%	3.0%
2035	2.8%	1.1%	2.3%	2.4%	2.6%	2.6%
2040	2.4%	1.1%	2.0%	2.2%	2.3%	2.3%

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 131. Crecimiento optimista.**



Fuente: Elaboración Propia.

## 5 Simulación de la demanda para el año base.

### 5.1 Escenarios analizados en el año base.

Una vez determinada la tarifa del proyecto (\$0.9/km) se procedió a asignar la demanda considerando como año base el 2010.

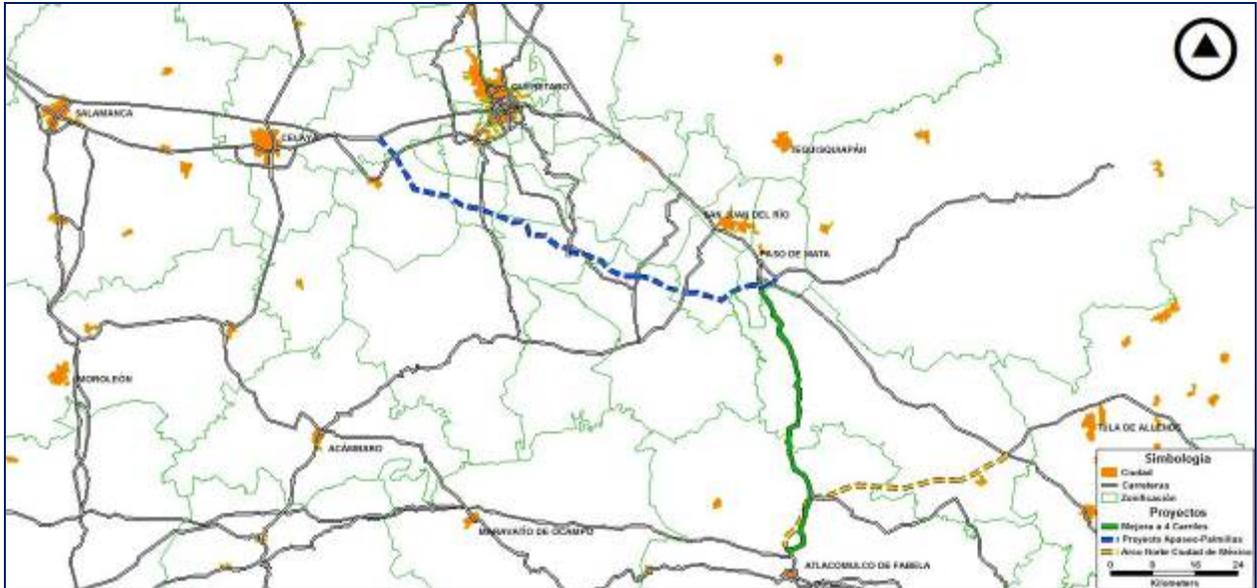
Para el caso de la asignación de la demanda en el año 2010 se han elaborado tres escenarios:

1. Red actual sin proyecto.
2. Red mejorada con proyecto.
3. Red mejorada sin proyecto.

La red actual sin proyecto se refiere al escenario de calibración, es decir, el escenario en donde la demanda de viajes asignada reproduce la demanda observada en campo tanto en volumen vehicular, proporciones de viajes entre libre y cuota, tiempos observados y patrones de viajes OD.

La red mejorada con proyecto es una proyección de la infraestructura hacia el año en que el proyecto de Apaseo–Palmillas entre en operación; dicha proyección, además del proyecto en estudio, contiene el mejoramiento a cuatro carriles de la carretera Atlacomulco–Palmillas y la terminación del último tramo del Arco Norte de la Ciudad de México; en la siguiente imagen se ubican tales mejoras.

**Figura 132. Red mejorada.**



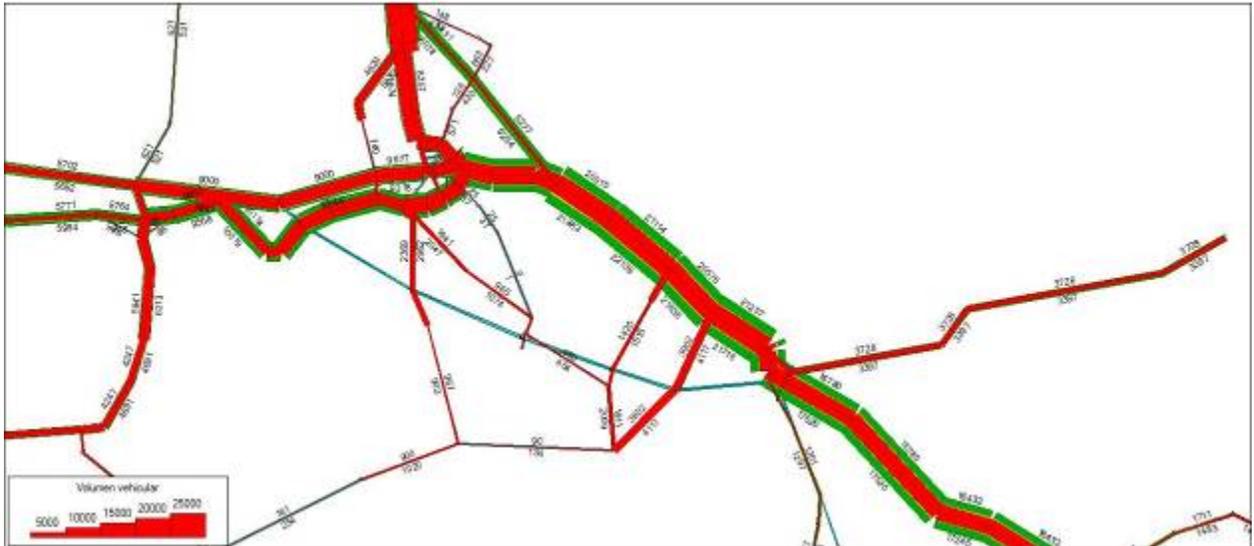
Fuente: Elaboración Propia.

La red mejorada sin proyecto es el escenario con las mejoras a la red carretera del escenario anterior pero sin el proyecto de Palmillas-Apaseo El Grande.

### 5.2 Red actual vs red mejorada.

En la siguiente imagen se muestra la asignación sobre la red actual.

**Figura 133. Asignación en la red actual.**



Fuente: Elaboración Propia.

En color rojo se observa la asignación de automóviles, en amarillo la asignación de autobuses y en color verde la asignación de camiones.

En la siguiente imagen se muestra la asignación sobre la red mejorada.

**Figura 134. Asignación en la red mejorada sin proyecto.**



Fuente: Elaboración Propia.

Para poder observar las diferencias en la asignación de vehículos entre la red actual y la red mejorada recurrimos a la comparación entre ambos escenarios, lo cual se muestra a continuación.



**Figura 136. Asignación de viajes potenciales en la red mejorada con proyecto.**



Fuente: Elaboración Propia.

Y la asignación de viajes captados por el proyecto a la tarifa definida por la SCT (\$0.9/km) es la siguiente.

**Figura 137. Asignación de viajes captados en la red mejorada con proyecto.**



Fuente: Elaboración Propia.

En las imágenes anteriores se puede apreciar que la mayoría de los viajes asignados al proyecto (potenciales y captados) son de largo recorrido, esto debido a que casi no hay variación de viajes entre cada uno de los tramos que componen al proyecto.

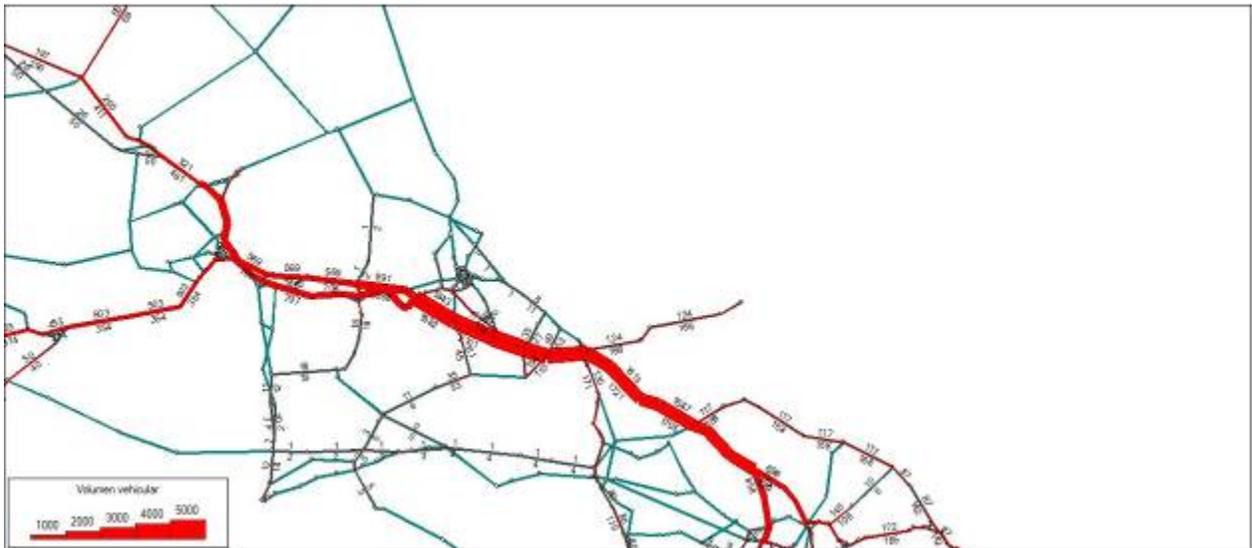
También, en las mismas imágenes podemos observar el comportamiento de camiones con la restricción de paso por Querétaro. Los viajes en camiones de carga que pasan por Palmillas y llegan a Querétaro es porque tienen su origen o destino en esa zona, no existe asignación de este grupo vehicular que pase por Palmillas y lleguen a Apaseo y Celaya (o viceversa) que utilicen la vía de competencia al proyecto (vía actual); estos viajes son obligados a utilizar el proyecto de Palmillas-Apaseo El Grande.

## 5.4 Select Link Analysis.

El Select Link Analysis es una herramienta muy útil en los modelos de asignación de viajes dado que permite analizar los caminos que utilizan los viajes asignados antes o después de pasar por el proyecto; es decir, nos permiten analizar la coherencia de los viajes y tener mayor seguridad de que los viajes captados tienen recorridos lógicos entre su origen y destino.

Otra utilidad de esta herramienta es con los viajes que se incorporan en algún punto de los tramos intermedios del proyecto ya que nos permite conocer cuáles son los entronques de mayor relevancia.

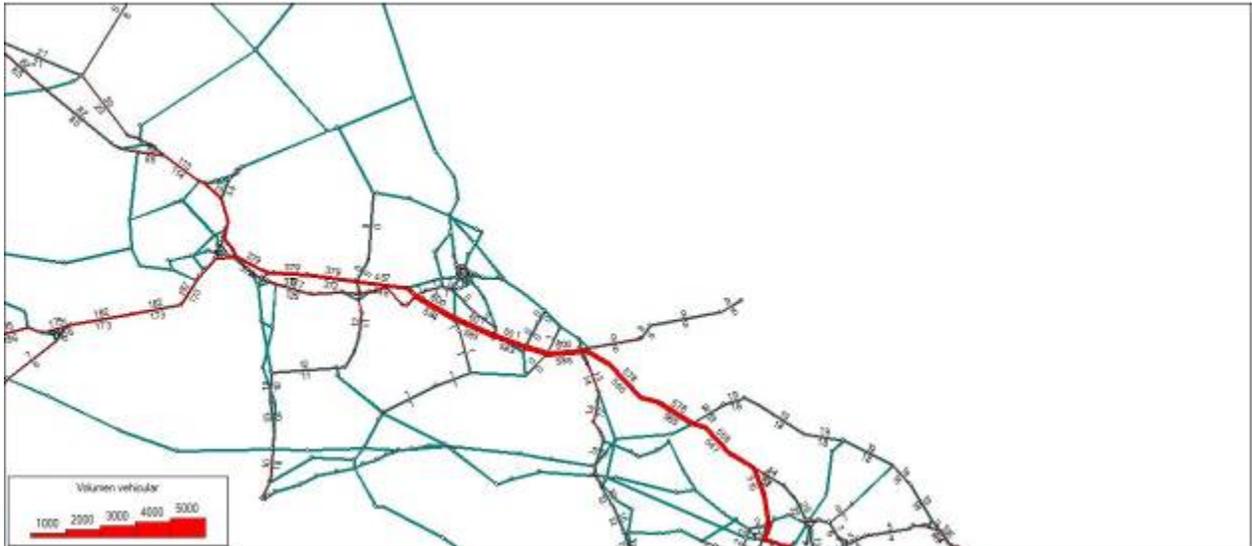
**Figura 138. Select Link Analysis de automóviles.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen anterior se observa que los viajes en automóvil captados por el proyecto utilizan la autopista México–Querétaro hasta palmillas y las carreteras libre y de cuota Querétaro–Irapuato desde Apaseo; por lo que se observan recorridos lógicos en la asignación de este grupo vehicular.

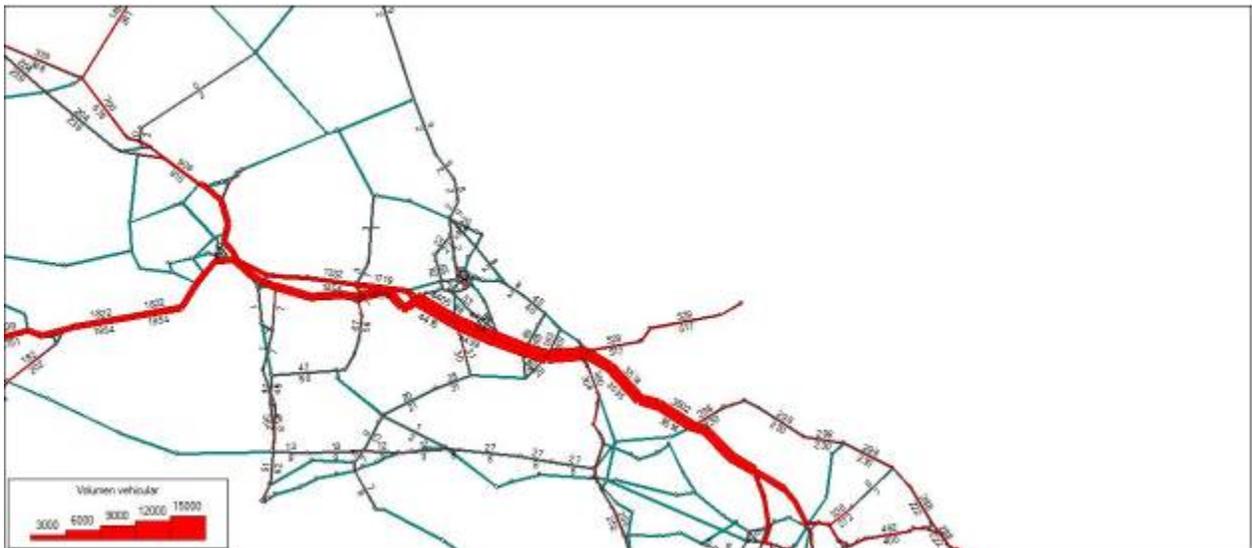
**Figura 139. Select Link Analysis de autobuses.**



Fuente: Elaboración Propia.

El caso de los autobuses es similar al de los automóviles, utilizan los mismos caminos antes y después de utilizar el proyecto.

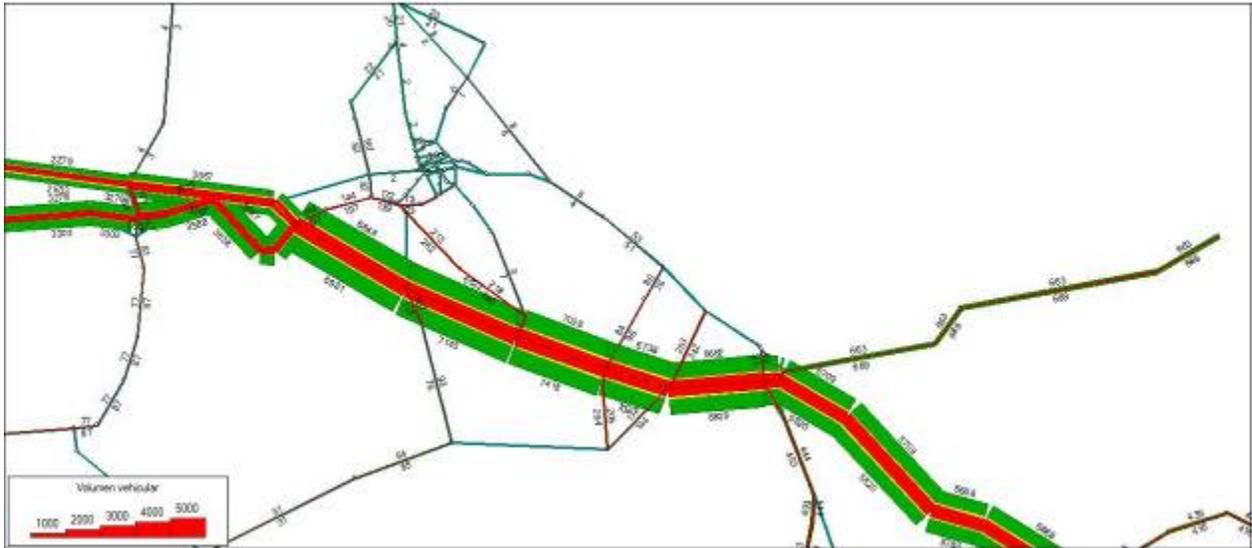
**Figura 140. Select Link Analysis de camiones.**



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de los camiones, aun a pesar de la restricción del paso por Querétaro se observa que no hay recorridos ilógicos en los viajes asignados al proyecto.

**Figura 141. Select Link Analysis TPDA.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la gráfica anterior se puede observar el select link analysis para los tres grupos vehiculares con un acercamiento a los tramos del proyecto; esta imagen permite concluir que los entronques intermedios no son relevantes y que la mayoría de los viajes son de largo recorrido.

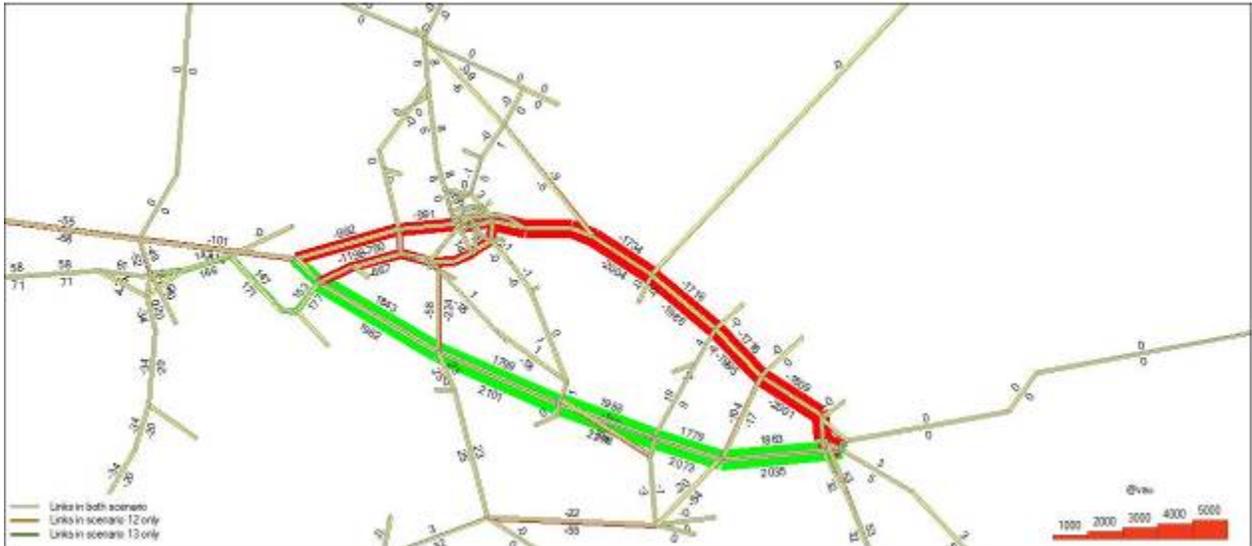
## **5.5 Comparación de escenarios.**

La comparación de escenarios es otra herramienta de los modelos de asignación de viajes y nos permite comparar las asignaciones entre diferentes redes de infraestructura; en este caso nos permite comparar la asignación de viajes de la red mejorada antes y después de que exista el proyecto.

Dado que los viajes asignados en ambos escenarios son los mismos, lo único que cambia son las vialidades sobre las cuales se asignan, al momento de comparar ambos escenarios se puede observar de que vialidades se están tomando los viajes que son asignados al proyecto.

En las siguientes imágenes se muestran las comparaciones de escenario entre la red vial con mejoras con y sin proyecto.

**Figura 142. Comparación de escenarios automóviles.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen anterior se puede observar que la mayoría de los viajes en automóvil asignados al proyecto provienen de la principal vía de competencia, es decir, de la autopista México-Querétaro, lo cual explica la consistencia de la asignación.

**Figura 143. Comparación de escenarios autobuses.**



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de los autobuses, al seguir el mismo patrón de viajes que los automóviles, presentan el mismo comportamiento durante la asignación al proyecto y los viajes son tomados de la misma vialidad.



**Figura 146. Comparación de escenarios camiones articulados 2.**



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de los camiones, también la mayoría de los viajes asignados al proyecto son tomados de la autopista México-Querétaro, con la diferencia de que en estas imágenes también se puede apreciar el efecto que tiene la restricción de paso de camiones por Querétaro.

## 5.6 Resultados de la asignación en el año base.

Los resultados de la asignación para el año base son los siguientes:

**Tabla 65. TDPA Año base.**

TDPA 2010	Potenciales	Captación	% de cap.
Autos	7,589	3,720	49.03%
Autobuses	1,140	1,139	99.97%
C. Unitarios	2,955	2,889	97.75%
C. Articulados 1	4,151	4,073	98.11%
C. Articulados 2	1,331	1,303	97.92%
Total	17,166	13,125	76.46%

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 66. Ingresos Año base.**

Ingresos 2010	Potenciales	Captación
Autos	\$ -	\$ 106.33
Autobuses	\$ -	\$ 65.01
C. Unitarios	\$ -	\$ 165.11
C. Articulados 1	\$ -	\$ 326.06
C. Articulados 2	\$ -	\$ 130.67
Total	\$ -	\$ 793.19

Fuente: Elaboración Propia.

## **6 Modelo de captación.**

Uno de los insumos importantes que considera el modelo de transporte desarrollado para el proyecto, es el relacionado con el valor del tiempo para cada tipo de usuario.

El valor del tiempo es un parámetro de fundamental importancia para estimar la disposición de los usuarios a pagar una tarifa, a cambio de ahorros en tiempo de viaje, mayor seguridad y comodidad al usuario de una ruta.

Este parámetro se estima generalmente a través de la aplicación de técnicas de Preferencia Declarada (PD) y Preferencia Revelada (PR), las cuales se basan en declaraciones de individuos acerca de cuáles son sus preferencias cuando se les presentan opciones que describen una serie de situaciones o escenarios hipotéticos.

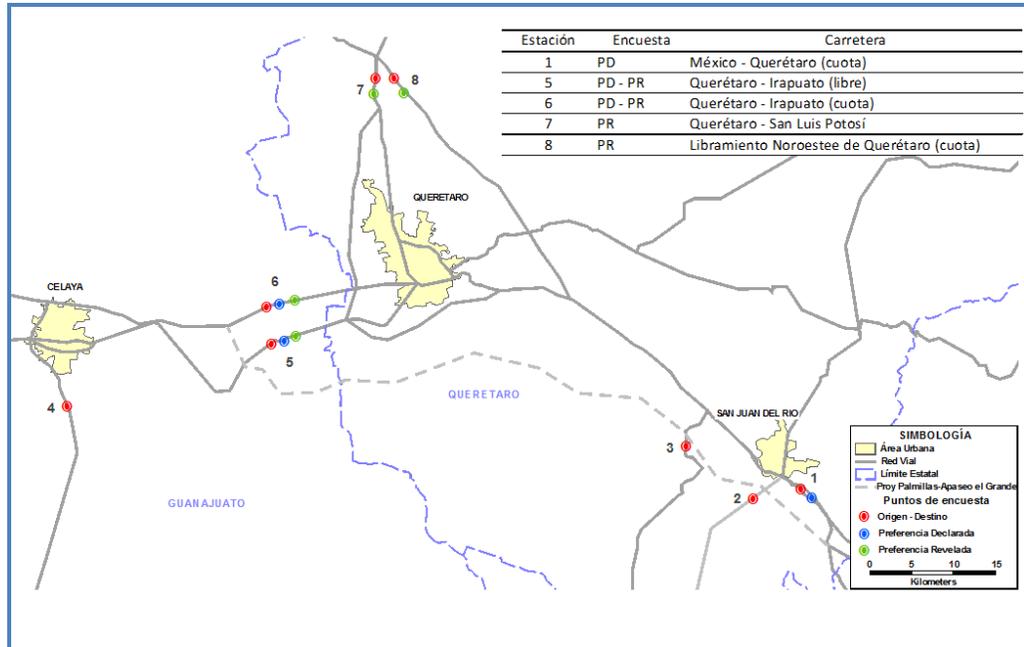
Para la caracterización del valor del tiempo y las funciones de utilidad de la demanda del transporte, se emplearon los resultados obtenidos de las encuestas de PD y PR realizadas. Con la aplicación de dichas encuestas se obtuvieron valores para los usuarios de autos estratificados según motivo de viaje (trabajo, paseo y otros) y para los camiones de carga, éstos fueron segmentados en camiones unitarios de 2, 3 y 4 ejes (Cu), camiones articulados de 5 y 6 ejes (Ca1) y camiones articulados de 7 o más ejes (Ca2).

### **6.1 Captura, validación y codificación de la encuesta de preferencia declarada**

Para determinar el valor subjetivo del tiempo por tipo de vehículo y longitud de viaje, se llevaron a cabo encuestas de preferencia declarada y revelada en 5 estaciones de aplicación de la EOD.

- México–Querétaro (cuota)
- Querétaro–Irapuato (cuota)
- Querétaro–Irapuato (libre)
- Querétaro–San Luis Potosí
- Libramiento Noroeste de Querétaro (cuota)

## Ubicación de las Encuesta de Preferencia Declarada y Revelada.



Fuente: Elaboración con información de recorridos realizados en campo.

Al igual que la EOD, se procedió a codificar, capturar y depurar cada una de ellas, conformando una base de datos que integró las preguntas tanto de origen-destino, motivo de viaje, nivel de ingreso y las respuestas a cada una de las diferentes alternativas planteadas en las tarjetas.

Con los resultados obtenidos en la encuesta de preferencia declarada, se estimaron los coeficientes de costo y tiempo por tipo de vehículo para el área de trabajo.

A continuación se describe la metodología de los resultados obtenidos después de modelar las diferentes respuestas de los usuarios, en todos los casos las respuestas se modelaron usando un modelo Logit Binomial, eliminando las respuestas de indiferencia, y no considerando aquellas respuestas lexicográficas. Producto del proceso de depuración de los datos, también se eliminaron aquellos juegos que presentaban inconsistencia en las respuestas.

### 6.2 Conformación de la base de datos para el modelo de captación

Se analizaron exhaustivamente un total de 3,148 encuestas de PD aplicadas a usuarios de automóvil y camiones, realizando un estudio estadístico descriptivo por grupo vehicular. Para automóvil se consideró el motivo de viaje, el ingreso, longitud de viaje y periodo del viaje; para camiones se revisaron los datos estadísticos de longitud y periodo del viaje. Así se logró detectar todas aquellas encuestas que estuvieran incompletas y aquellas situaciones con inconsistencias; posteriormente se prosiguió a revisar la clasificación de las respuestas (situación actual "A" y situación con proyecto "P") en donde se marcaron todas las encuestas que: respondieron "A" o "P" en todas sus respuestas, encuestas que contienen solo una respuesta diferente a las demás y encuestas donde las respuestas son inconsistentes.

Por otro lado se analizaron 18,382 encuestas para la elaboración de PR, teniendo así 10,313 encuestas para autos y 8,069 para camiones.

### 6.3 Estimación de los valores subjetivos del tiempo de Preferencia Declarada y Preferencia Revelada

Después de realizar la validación, eliminando las encuestas que eran incoherentes o incompletas, de las 3,148 encuestas de preferencia declarada aplicadas a usuarios de automóvil y camiones, se modelaron las diferentes respuestas de los usuarios. Considerando 994 encuestas para automóviles y 954 para camiones, sobre esta matriz se procedió a estimar los modelos de elección de ruta.

Mientras que para las encuestas de preferencia revelada, de las 18,382 encuestas, se modelaron 1,931 encuestas para automóviles y 2,336 para camiones, sobre esta matriz se procedió a realizar el análisis.

### 6.4 Análisis Estadístico

Después de haber realizado la validación y/o análisis de datos de la encuesta de PD y PR, se procede a realizar un análisis estadístico donde estudiamos y observamos el comportamiento de los usuarios encuestados, tales como tipo de vehículo, el motivo de viaje, ingresos, periodo de viaje, la longitud de viaje.

### 6.5 Estimación del VST

#### 6.5.1 Preferencia Declarada

A partir de las respuestas obtenidas de las encuestas de Preferencia Declarada se estiman modelos de elección discreta (en este caso fue un modelo tipo Logit Binomial) que involucran una función de utilidad que relaciona el tiempo de viaje y su costo, asociado con el nivel de satisfacción de cada usuario. De manera general, la función de utilidad se representa de la siguiente manera:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

Donde,  $U_{iq}$  es la utilidad que le proporciona la alternativa  $i$  al individuo  $q$ ;  $V_{iq}$  es la componente representativa en función de atributos observables (i.e. costo y tiempo) y  $\varepsilon_{iq}$  es el componente aleatorio o perturbación estocástica (i.e. errores de medición). De manera sencilla,  $V_{iq}$ , se puede escribir de la siguiente manera:

$$V_{iq} = \sum_k \beta_{ik} X_{ikq}$$

Donde  $\beta_{ik}$  son los parámetros a estimar para cada uno de los estratos considerados en el estudio y se suponen constantes entre los individuos pero no entre alternativas;  $X_{ikq}$  son los atributos observables, como costo y tiempo de viaje de cada opción (libre y cuota).

El individuo  $q$  escogerá la alternativa  $i$  siempre que  $U_{iq} > U_{jq}$ . Si se trata de dos opciones, como es el caso de este estudio, el usuario preferirá aquella alternativa que le genere una mayor utilidad o nivel de satisfacción entre la autopista y la vía libre.

Los parámetros  $\beta_{ik}$  se estiman de acuerdo a un modelo de tipo Logit Binomial como el que se muestra a continuación:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(V_i - V_j)}}$$

Donde  $P_i$  es la probabilidad de elegir la alternativa  $i$ . El modelo relaciona las respuestas de los usuarios en cuanto a su elección de ruta de acuerdo a variaciones en costo y tiempo en las dos alternativas que se le presentan (libre y cuota). La fase de estimación de estos parámetros es de suma importancia pues involucra un análisis de regresión no lineal complejo y requiere un profundo conocimiento del mercado en que será aplicado y una gran experiencia en el desarrollo de este tipo de modelos. Para este estudio se empleó un programa llamado Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), que es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado. Como programa estadístico es muy popular su uso debido a la capacidad de trabajar con bases de datos de gran tamaño, permite la recodificación de las variables y registros según las necesidades del usuario. El programa consiste en un módulo base y módulos anexos, que se van actualizando constantemente con nuevos procedimientos estadísticos.

El resultado de la aplicación del modelo Logit, es la obtención de las probabilidades de que un individuo (o grupo de ellos) utilicen una alternativa u otra. La probabilidad de utilizar cada alternativa depende de las desutilidades de cada alternativa. El valor subjetivo del tiempo está dado por la tasa marginal de sustitución del tiempo con respecto al costo, que equivale a dividir al parámetro asociado al tiempo entre el asociado al costo.

### 6.5.2 Preferencia Revelada

Para la obtención de la preferencia revelada la metodología consistió en analizar el comportamiento de los usuarios de la zona de estudio en relación a la elección de vía, cuota o libre.

El valor del tiempo se obtendrá tomando como muestra las estaciones 5 y 6 de la encuesta origen-destino, esta muestra representa la demanda actual por la vía de cuota (estación 6) y la libre (estación 5).

- Estación 5.- Querétaro-Irapuato (Libre)
- Estación 6.- Querétaro-Irapuato (Cuota)

A estas estaciones se les asignará un código de respuesta dependiendo la vía por la que se realicen el viaje; una vez hecha esta distinción se obtendrá:

- El tiempo y costo por la vía de cuota
- El tiempo por la vía libre

De esa manera se determinará para cada par Origen - Destino el ahorro de tiempo en el caso del viaje por la cuota y su respectivo costo lo que permite determinar un Valor del Tiempo (VOT) en el corredor por motivo de viaje.

Finalmente, se modelará con un modelo Logit Binomial con el paquete de estadística Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

### 6.5.3 Preferencia Declarada y Revelada

Con la finalidad de mejorar los resultados obtenidos anteriormente se mezclaron las encuestas de preferencia declarada y revelada, usando la siguiente metodología.

El modelo de demanda planteado se basa en el uso de datos mixtos PR/PD. En este caso, la estimación conjunta se ha realizado siguiendo el enfoque de escalamiento, que implica el cálculo de un factor de escala, dado por la relación entre las varianzas de cada conjunto de datos (Ben-Akiva & Morikawa, 1990).

Fueron estimados modelos tipo logit multinomial y logit mixto. Sin embargo, estos resultados no se utilizaron por no ajustarse al modelo, tal como se muestran en los anexos.

## 6.6 Resultados del VST de las Encuestas de Preferencia Declarada y Revelada

Para el caso de los automóviles, después de múltiples corridas con la finalidad de diferenciar las variables relacionadas con el modelo, se llega a un modelo que establezca el mejor ajuste con las variables dentro del mismo, estas variables se estratificaron en longitud y motivo de viaje, generando varios estratos de diferentes combinaciones, cada uno con su VST.

En el caso de camiones de igual manera con múltiples corridas se llega a un modelo con variables de longitud de viaje.

Las pruebas estadísticas de cálculo de ajuste son satisfactorias, los coeficientes resultan ser significativos a un nivel de confianza superior al 95%. El cálculo se hace con y sin tomar en cuenta la constante modal dependiendo si los resultados pueden ser estadísticamente representativos.

Las columnas coef\_Tmp y coef\_Costo tienen los coeficientes estimados para el cálculo del VST, la columna VOT contiene el Valor Subjetivo del Tiempo (VST).

**Preferencia Declarada. Tabla Valor subjetivo del tiempo (VST)**

<b>Gpo Veh</b>	<b>Motivo</b>	<b>coef_Tmp</b>	<b>coef_Costo</b>	<b>VOT</b>
Autos	Trabajo	-0.109	-0.064	1.700
Autos	Paseo	-0.143	-0.072	1.991
Autos	Otros	-0.053	-0.044	1.215
CU		-0.157	-0.047	3.343
CA I		-0.196	-0.029	6.717
CA II		-0.169	-0.026	6.507

Fuente: Elaboración propia.

**Preferencia Revelada. Tabla Valor subjetivo del tiempo (VST)**

<b>Gpo Veh</b>	<b>Motivo</b>	<b>coef Tmp</b>	<b>coef Costo</b>	<b>VOT</b>
Autos	Trabajo	-0.250	-0.065	3.829
Autos	Paseo	-0.311	-0.074	4.210
Autos	Otros	-0.311	-0.069	4.493
CU		-0.047	-0.009	5.135
CA I y CA II		-0.030	-0.004	7.471

Fuente: Elaboración propia.

## 6.7 Sensibilidad tarifaria

La sensibilidad tarifaria es el análisis de la demanda de viajes captados por el proyecto bajo diferentes tarifas; esto con la finalidad de observar el comportamiento de la demanda de viajes y obtener las tarifas que maximizan los ingresos del proyecto.

### 6.7.1 Consideraciones.

Las consideraciones para realizar la sensibilidad tarifaria son las siguientes:

- En el caso de los camiones existe la restricción de paso por Querétaro, por lo que no se estimará una tarifa óptima para ellos, sino que esta estará en función de la estructura tarifaria definida por la SCT la cual es la siguiente:
  - Autobuses: 2.0 veces la tarifa de autos.
  - C. Unitarios: 2.0 veces la tarifa de autos.
  - C. Articulados 1: 2.8 veces la tarifa de autos.
  - C. Articulados 2: 3.5 veces la tarifa de autos.
- En el caso de autobuses, se consideró que la demanda es constante independientemente de la tarifa aplicada.
- Dado los puntos anteriores, solo se optimizará la tarifa de automóviles.

### 6.7.2 Tarifa óptima.

Una vez tomadas en cuenta las consideraciones anteriores se procedió a variar la tarifa del proyecto para conocer el comportamiento de la demanda.

Los resultados son los siguientes:

**Tabla 67. Captación del proyecto con distintos niveles tarifarios.**

TPDA	\$0.6/km	\$0.7/km	\$0.8/km	\$0.9/km	\$1.0/km	\$1.1/km	\$1.2/km	\$1.3/km	\$1.4/km	\$1.5/km
Autos	5,727	5,116	4,436	3,723	3,026	2,388	1,839	1,391	1,044	780
Autobuses	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,138	1,139	1,139
C. Unitarios	2,912	2,904	2,897	2,890	2,882	2,875	2,868	2,859	2,857	2,850
C. Articulados 1	4,103	4,095	4,087	4,079	4,071	4,063	4,056	4,044	4,042	4,035
C. Articulados 2	1,317	1,314	1,311	1,308	1,305	1,302	1,300	1,295	1,294	1,292
Total	15,198	14,569	13,869	13,138	12,423	11,768	11,202	10,726	10,376	10,096

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 68. Ingresos del proyecto con distintos niveles tarifarios.**

Ingresos	\$0.6/km	\$0.7/km	\$0.8/km	\$0.9/km	\$1.0/km	\$1.1/km	\$1.2/km	\$1.3/km	\$1.4/km	\$1.5/km
Autos	\$109.02	\$113.64	\$112.60	\$106.33	\$96.03	\$83.38	\$70.10	\$57.44	\$46.45	\$37.24
Autobuses	\$43.34	\$50.56	\$57.79	\$65.01	\$72.23	\$79.46	\$86.68	\$93.80	\$101.13	\$108.35
C. Unitarios	\$110.91	\$129.07	\$147.13	\$165.11	\$183.00	\$200.81	\$218.53	\$235.93	\$253.92	\$271.43
C. Articulado 1	\$218.68	\$254.61	\$290.39	\$326.06	\$361.59	\$397.02	\$432.31	\$466.93	\$502.60	\$537.61
C. Articulado 2	\$87.73	\$102.10	\$116.42	\$130.67	\$144.86	\$159.00	\$173.08	\$186.89	\$201.10	\$215.04
Total	\$526.34	\$599.42	\$666.54	\$728.17	\$785.49	\$840.21	\$894.02	\$947.20	\$1,004.08	\$1,061.32

Ingresos en millones de pesos anuales.

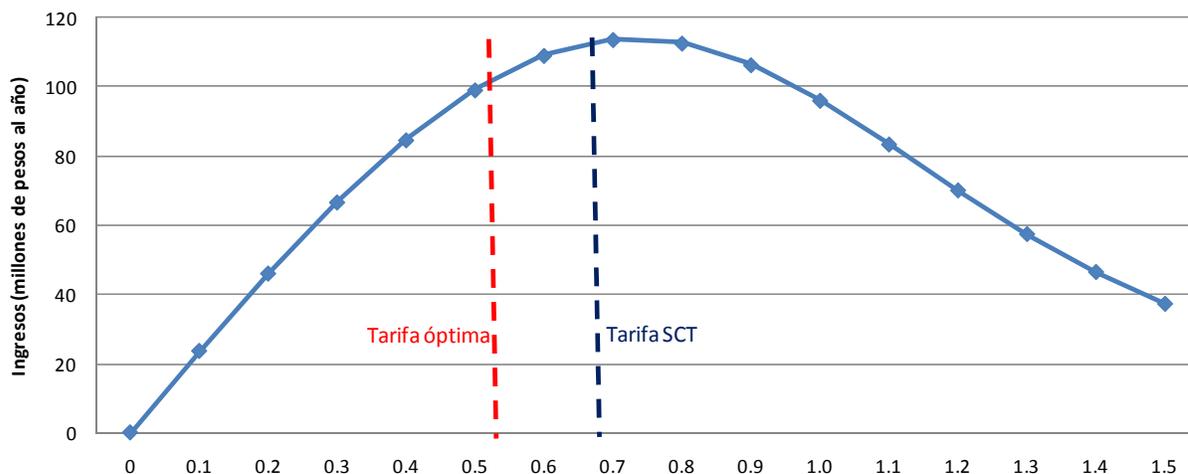
Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en las tablas anteriores, la tarifa óptima para autos es de \$0.7/km; sin embargo, la tarifa definida por la SCT para definir la captación del año base y los pronósticos es de \$0.9/km por lo que las tarifas del resto de vehículos son las siguientes:

- Tarifa de autobuses: \$1.8/km.
- Tarifa de C. unitarios: \$1.8/km.
- Tarifa de C. articulados 1: \$2.52/km.
- Tarifa de C. articulados 2: \$3.15/km.

En el gráfico siguiente se muestra el comportamiento de los ingresos con la variación tarifaria.

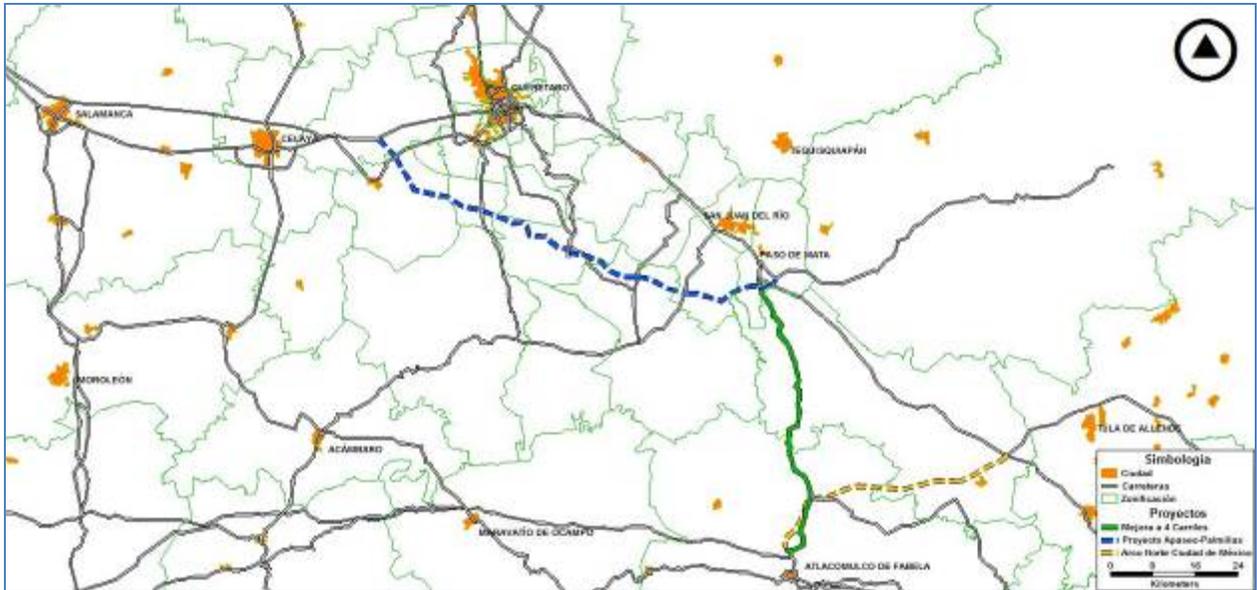
**Figura 147. Sensibilidad tarifaria.**



Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 149. Red mejorada con proyecto.**

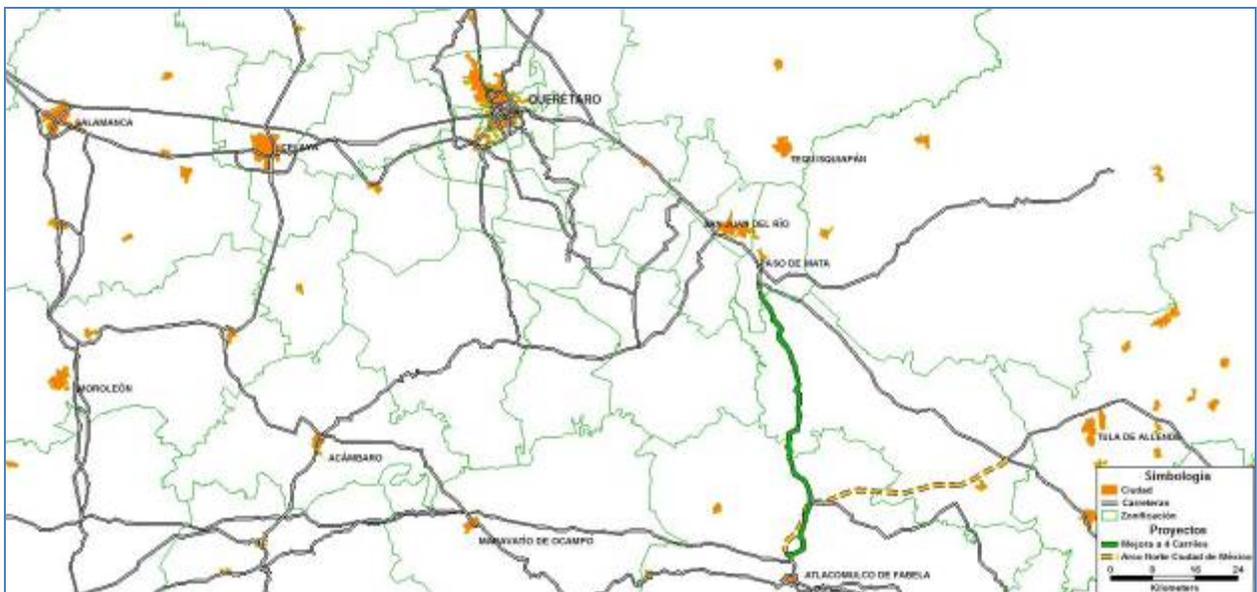


Fuente: Elaboración Propia.

### 7.3 Escenario 3. Red mejorada sin proyecto.

Este escenario contempla las mejoras a la red actual planteadas por la SCT y se modelará sin proyecto. La demanda se pronosticará con el crecimiento más probable.

**Figura 150. Red mejorada sin proyecto.**



Fuente: Elaboración Propia.

### 7.4 Escenario 4. Red mejorada con proyecto (crecimiento optimista).

En este escenario la red es igual a la del escenario 2 considerando el crecimiento optimista de la demanda de viajes.



## 8 Estimación de tránsito generado e inducido.

El modelo de generación de tránsito está basado en la frecuencia de viajes de automóviles; y dentro de los tres motivos analizados para este grupo vehicular, se considera que solo el motivo de paseo es susceptible de generar más viajes producto de que exista una mejora en la red vial.

Para la generación de este modelo se consideró el PIB de cada una de las zonas en que se ha dividido el área de estudio y el tiempo de viaje de cada uno de los pares origen-destino que utilizan el proyecto.

Los estadísticos del modelo son los siguientes:

**Tabla 69. Estadísticos del modelo de incremento de frecuencia.**

Dependent Variable: TPDA_AUT_PASEOIJ				
Method: Least Squares				
Date: 02/08/11 Time: 22:11				
Sample: 1 1932				
Included observations: 1932				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-6.48E+02	5.76E+00	-112.5249	0.0000000
PIBI	5.25E-05	2.51E-05	2.096021	0.0362000
PIBJ	8.66E-05	2.52E-05	3.437593	0.0006000
TPOIJ	-2.38E-02	4.23E-03	-5.641864	0.0000000
RPESO_AUT_TRA	6.70E+02	5.39E+00	124.2722	0.0000000
R-squared	0.890511	Mean dependent var		34.01612
Adjusted R-squared	0.890284	S.D. dependent var		139.5016
S.E. of regression	46.20768	Akaike info criterion		10.50675
Sum squared resid	4114433	Schwarz criterion		10.52116
Log likelihood	-10144.52	Hannan-Quinn criter.		10.51205
F-statistic	3918.246	Durbin-Watson stat		0.226213
Prob(F-statistic)	0			

Fuente: Elaboración Propia.

## 9 Pronóstico de la demanda año horizonte.

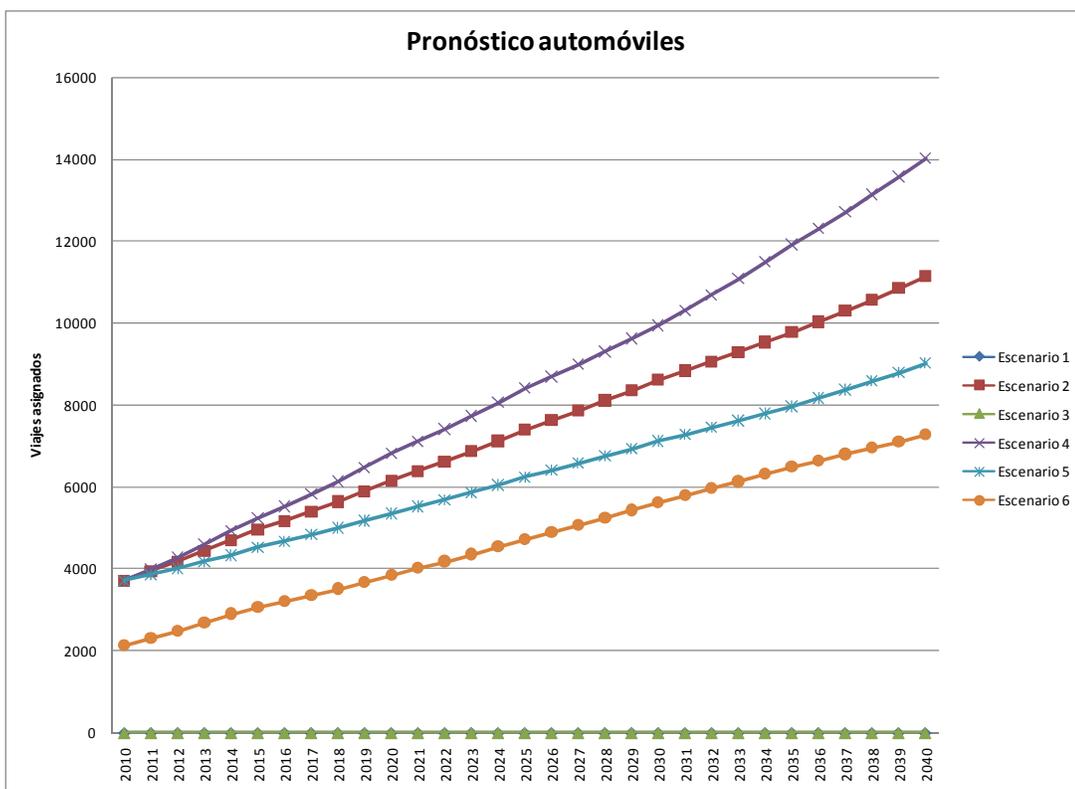
Se realizó el pronóstico de la demanda para cada uno de los escenarios definidos por la SCT.

**Tabla 70. Pronóstico de la demanda de automóviles.**

Autos	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
2010	0	3,720	0	3,720	3,720	2,133
2011	0	3,946	0	3,993	3,865	2,302
2012	0	4,186	0	4,285	4,016	2,485
2013	0	4,440	0	4,598	4,172	2,682
2014	0	4,709	0	4,934	4,335	2,895
2015	0	4,958	0	5,243	4,522	3,054
2016	0	5,177	0	5,527	4,678	3,198
2017	0	5,406	0	5,827	4,839	3,350
2018	0	5,644	0	6,144	5,006	3,509
2019	0	5,893	0	6,477	5,179	3,675
2020	0	6,154	0	6,829	5,358	3,849
2025	0	7,399	0	8,414	6,238	4,723
2030	0	8,623	0	9,951	7,121	5,625
2035	0	9,776	0	11,917	7,968	6,496
2040	0	11,145	0	14,023	9,017	7,272

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 152. Pronóstico de la demanda de automóviles.**



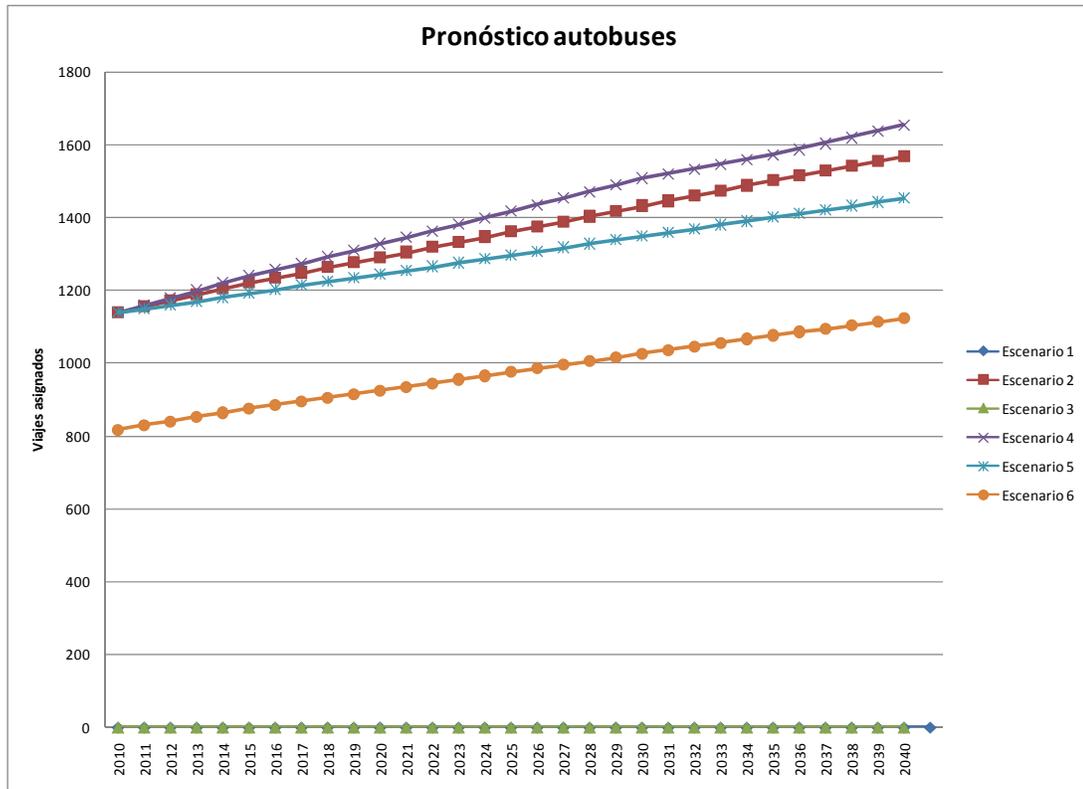
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 71. Pronóstico de la demanda de autobuses.**

Autobuses	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
2010	0	1,139	0	1,139	1,139	817
2011	0	1,155	0	1,159	1,149	828
2012	0	1,172	0	1,179	1,160	840
2013	0	1,188	0	1,199	1,170	852
2014	0	1,205	0	1,220	1,180	864
2015	0	1,221	0	1,239	1,193	876
2016	0	1,235	0	1,257	1,203	885
2017	0	1,248	0	1,274	1,213	895
2018	0	1,262	0	1,292	1,223	905
2019	0	1,276	0	1,309	1,233	915
2020	0	1,290	0	1,328	1,244	925
2025	0	1,361	0	1,418	1,296	976
2030	0	1,431	0	1,508	1,348	1,026
2035	0	1,501	0	1,571	1,399	1,076
2040	0	1,567	0	1,654	1,452	1,123

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 153. Pronóstico de la demanda de autobuses.**



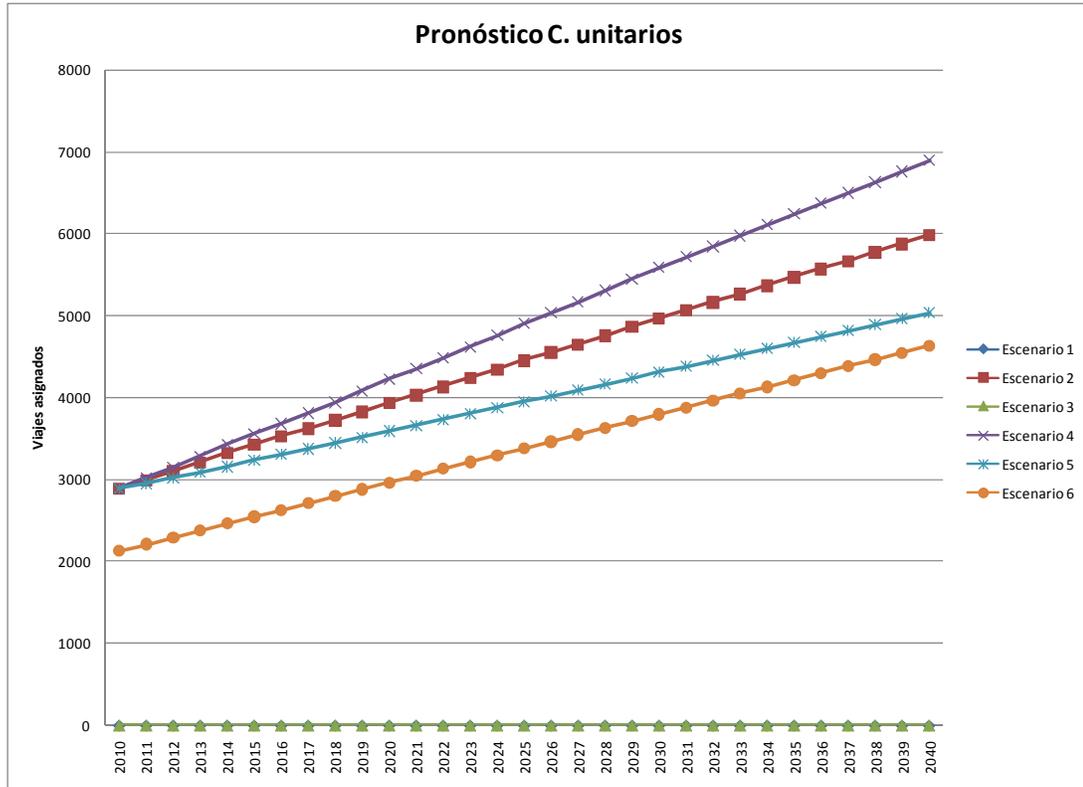
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 72. Pronóstico de la demanda de C. Unitarios.**

C. Unitarios	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
2010	0	2,889	0	2,889	2,889	2,129
2011	0	2,991	0	3,013	2,953	2,208
2012	0	3,098	0	3,143	3,018	2,290
2013	0	3,207	0	3,279	3,085	2,375
2014	0	3,321	0	3,421	3,154	2,463
2015	0	3,429	0	3,556	3,236	2,543
2016	0	3,524	0	3,680	3,304	2,627
2017	0	3,622	0	3,809	3,373	2,710
2018	0	3,722	0	3,942	3,444	2,794
2019	0	3,825	0	4,079	3,516	2,877
2020	0	3,931	0	4,221	3,590	2,961
2025	0	4,453	0	4,903	3,950	3,378
2030	0	4,969	0	5,590	4,314	3,796
2035	0	5,472	0	6,245	4,677	4,213
2040	0	5,985	0	6,894	5,036	4,631

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 154. Pronóstico de la demanda de C. unitarios.**



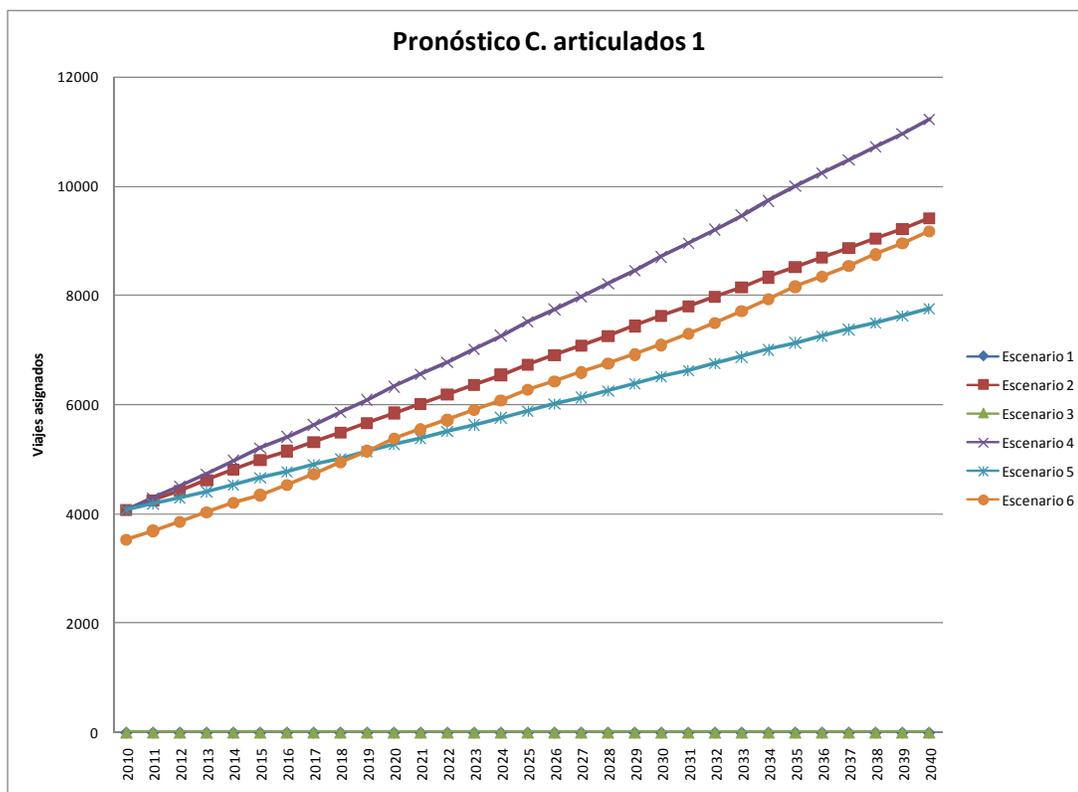
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 73. Pronóstico de la demanda de C. Articulados 1.**

C. Articulados 1	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
2010	0	4,073	0	4,073	4,073	3,526
2011	0	4,245	0	4,281	4,181	3,684
2012	0	4,425	0	4,500	4,291	3,848
2013	0	4,612	0	4,731	4,405	4,020
2014	0	4,807	0	4,973	4,522	4,200
2015	0	4,985	0	5,201	4,660	4,343
2016	0	5,147	0	5,409	4,775	4,532
2017	0	5,314	0	5,626	4,894	4,729
2018	0	5,486	0	5,852	5,015	4,935
2019	0	5,664	0	6,087	5,139	5,149
2020	0	5,848	0	6,331	5,266	5,373
2025	0	6,734	0	7,520	5,889	6,274
2030	0	7,630	0	8,707	6,510	7,090
2035	0	8,522	0	10,011	7,136	8,158
2040	0	9,414	0	11,223	7,757	9,171

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 155. Pronóstico de la demanda de C. articulados 1.**



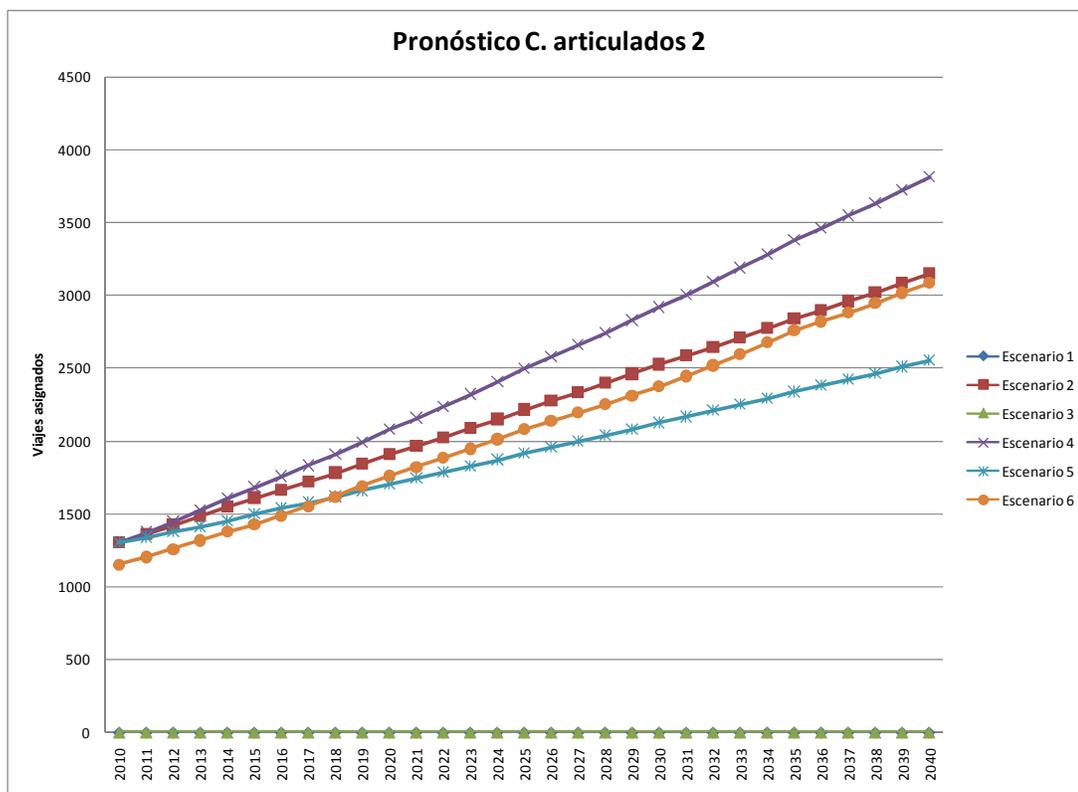
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 74. Pronóstico de la demanda de C. Articulados 2.**

C. Articulados 2	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
2010	0	1,303	0	1,303	1,303	1,150
2011	0	1,360	0	1,373	1,339	1,203
2012	0	1,420	0	1,446	1,375	1,258
2013	0	1,482	0	1,523	1,413	1,315
2014	0	1,547	0	1,604	1,452	1,375
2015	0	1,609	0	1,682	1,497	1,424
2016	0	1,665	0	1,755	1,536	1,486
2017	0	1,722	0	1,830	1,576	1,550
2018	0	1,781	0	1,909	1,617	1,618
2019	0	1,843	0	1,992	1,659	1,688
2020	0	1,906	0	2,078	1,702	1,761
2025	0	2,214	0	2,497	1,914	2,081
2030	0	2,526	0	2,918	2,124	2,373
2035	0	2,838	0	3,381	2,338	2,757
2040	0	3,151	0	3,812	2,552	3,085

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 156. Pronóstico de la demanda de C. articulados 2.**



Fuente: Elaboración Propia.

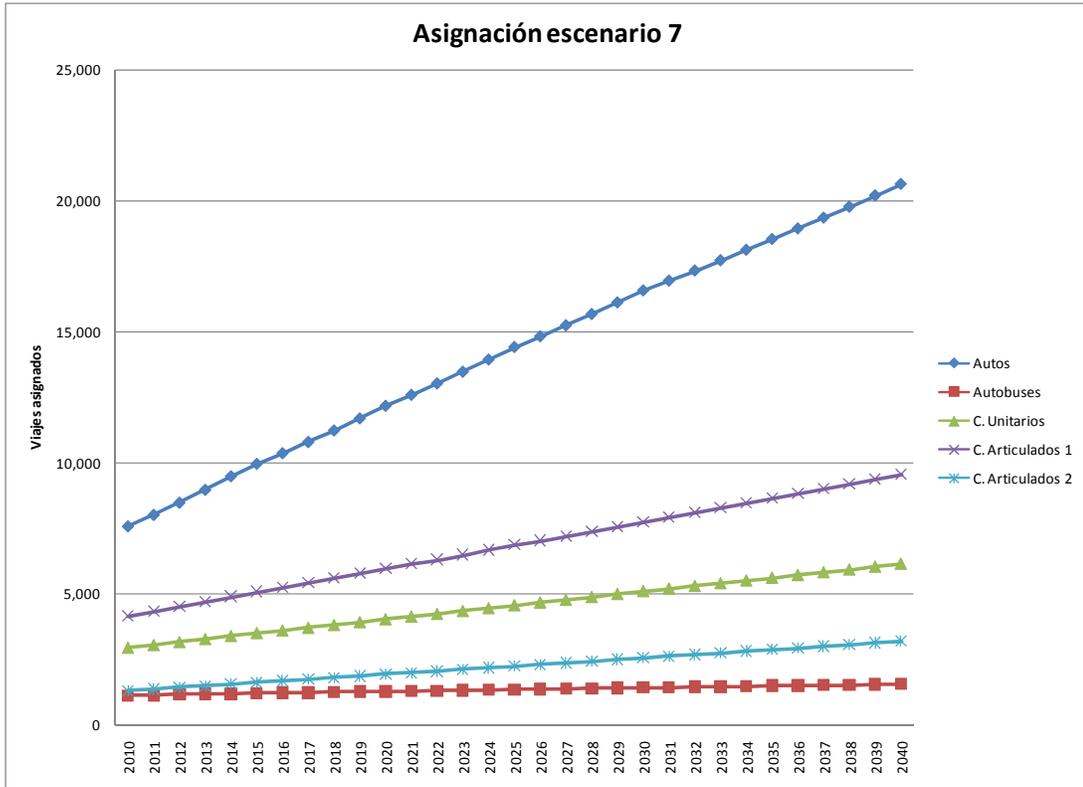
Para el escenario 7, el pronóstico de la demanda con tarifa de \$0.0/km y crecimiento más probable, los resultados son los siguientes.

**Tabla 75. Pronóstico de la demanda escenario 7.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 157. Pronóstico de la demanda escenario 7.**

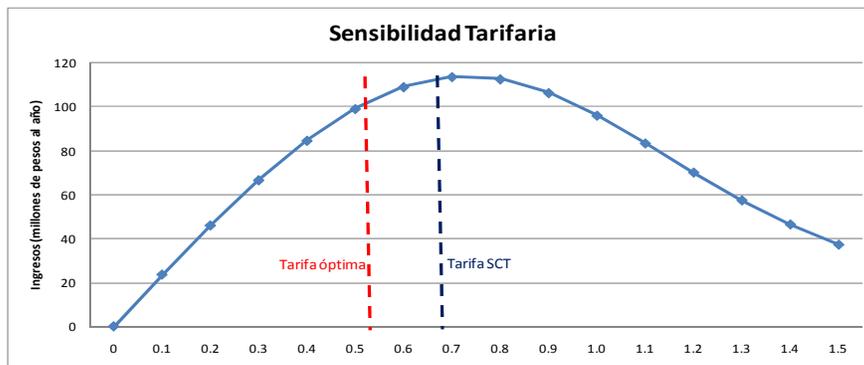


Fuente: Elaboración Propia.

## 10 Conclusiones

Las conclusiones del proyecto son las siguientes:

- La metodología de eliminación de dobles conteos es la adecuada para el proyecto y se logran calibraciones por grupo vehicular con  $R^2$  cercanas a 1.
- Se elaboraron tres proyecciones de crecimiento de la demanda de viajes las cuales al momento de ser asignadas en la red vial se comportan de acuerdo a lo esperado, sin picos o valles pronunciados.
- Se realizó la optimización tarifaria sólo para automóviles ya que los camiones contarán con restricción de paso por la ciudad de Querétaro.
- La tarifa óptima para automóviles es de \$0.7/km, sin embargo, por recomendación de la SCT la tarifa base del proyecto se definió en \$0.9/km.



- En el caso de los autobuses y camiones se utilizó la estructura tarifaria definida por la SCT, la cual es la siguiente:
  - Autobuses: 2.0 veces la tarifa de autos.
  - C. Unitarios: 2.0 veces la tarifa de autos.
  - C. Articulado 1: 2.8 veces la tarifa de autos.
  - C. Articulado 2: 3.5 veces la tarifa de autos.
- Los viajes potenciales para el año 2010 se estimaron en 17,171 viajes.
- La captación del proyecto en el caso de automóviles con la tarifa recomendada por la SCT es de 49.1% de los potenciales
- En el caso de autobuses y camiones se estima una captación superior al 98% de los viajes potenciales debido a la restricción de paso de camiones.
- Para el año base 2010 se espera un TDPA de 13,125 vehículos.
- Se definieron 7 escenarios para el análisis de la demanda de viajes de los cuales, se estima el escenario 2 como el más probable, es decir, el escenario de la red mejorada con proyecto y restricción de paso de camiones por la ciudad de Querétaro y la tarifa recomendada por la SCT.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Banco de México, Encuesta Sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado, Junio de 2010.
- CAPUFE: Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.
- CONAPO durante el año 2009
- Dirección General de Desarrollo Carretero. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- IMT: Instituto Mexicano del Transporte.
- Ingeniería de Tráfico. Valdés, Antonio. Dossat editores, S.A.; 1978
- Manual de Capacidad Vial. Dirección General de Servicios Técnicos y Concesiones. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- MAPTITUDE: Software de un Sistema de Información Geográfica.
- Marco Geo-estadístico 2005, INEGI.
- Publicación de Datos Viales. Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Querétaro y Guanajuato, Censo General de Población y Vivienda, INEGI.
- Querétaro y Guanajuato, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE); 1er. Trimestre 2008, INEGI
- SIREM: Sistema de Información Regional de México, consultoría especializada en análisis económico.
- Software Emme 3, Paquete Gráfico Interactivo Basado en el Método de Redes.
- Traffic Engineering; Theory and Practice. Pignataro, Louis J.. Prentice-Hall, Inc. 1980
- Transportation and Traffic Engineering handbook. Institute of Traffic Engineering, USA. Prentice-Hall, Inc. 1995