



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ

“Eficiencia energética del modelo Desarrollo Orientado al Transporte ante las externalidades ambientales producidas por la automovilidad en zonas suburbanas y dispersas del Área Metropolitana de Guadalajara”

Estudio de casos: Acervo (modelo DOT) y Natura (modelo suburbano)

Tesis para obtener el grado de:

MAESTRO

MAESTRÍA EN MOVILIDAD URBANA, TRANSPORTE Y TERRITORIO

Maestrante: Ing. Daniel Isaac Jiménez Sánchez

Director de tesis: Dr. José Juan Pablo Rojas Ramírez

Tonalá, Jalisco, México

Octubre del año 2020

Agradecimientos

Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría, Y que obtiene la inteligencia; Porque su ganancia es mejor que la ganancia de la plata, Y sus frutos más que el oro fino. Más preciosa es que las piedras preciosas; Y todo lo que puedes desear, no se puede comparar a ella. (Proverbios 3:13-15)

Agradezco a Dios por que, de Él, emana la vida, con la cual es posible todo; el conocimiento, la vocación, la paciencia, el entusiasmo, la dedicación, el esfuerzo y demás virtudes que salieron a relucir en este proceso, pero, ningún trabajo sin herramientas es posible y por ello reconozco esas herramientas que de alguna u otra forma contribuyeron en el proceso.

Mis más sinceros agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me brindó durante estos dos años, indudablemente sin este recurso nada hubiese sido posible. A mi alma mater, la Universidad de Guadalajara y al Centro Universitario de Tonalá cuyo personal académico contribuyó esencialmente en mi formación académica y, por si fuera poco, además, me brindaron de su apoyo financiero para realizar un intercambio académico.

Reconozco el apoyo y cátedra de todo el núcleo académico que conforma la Maestría en Movilidad Urbana Transporte y Territorio, dentro y fuera de las aulas siempre manifestaron su vocación en instruirme y guiarme en todo el proceso de investigación y en especial al Dr. José Juan Pablo Rojas Ramírez, mi director de tesis, le agradezco su tiempo invertido en asesorarme y guiarme, no solo en lo académico sino también en lo profesional.

A la Red de Macro Universidades de América Latina y el Caribe por darme la oportunidad de realizar una estadía a la ciudad de Santiago, Chile, mismo engloba, al Magister en Gestión y Planificación Ambiental de la Universidad de Chile por recibirme como uno de sus alumnos, a todos los profesores de la misma que contribuyeron en mi formación durante ese tiempo de quienes aprendí cosas nuevas que nutrieron mi acervo académico.

Claramente agradecer el apoyo de mi familia. A mi pareja y amiga de aventura, Sandra, sin tu amor, cariño, apoyo y motivación nada de lo realizado tendría sentido, ahora puedo decirte: ¡lo logramos! Con toda honra, a mis padres, ustedes siguen siendo

el cimiento donde he empezado a construir mi vida y en cada paso que doy siempre han estado apoyándome y sin sus consejos nada de lo construido hasta el día de hoy tendría un sustento firme. A mis hermanos, que siempre me motivaron a salir adelante.

A mis compañeros de aula, Ana, Verónica, Manuel, Erika y Donaldo que sin saberlo formamos un grupo interdisciplinario y lo más importante; una amistad sólida y sincera, que en todo momento nos solidarizamos los unos con los otros. Sin omitir que fortalecieron mi investigación desde sus disciplinas. Fueron dos años de compañerismo en todo el sentido de la palabra con momentos agradables, a todos gracias. A mi colega Ivan Álvarez, sin tu colaboración el trabajo de campo hubiese sido complicado, estoy en deuda contigo por dedicarme tiempo, compañía y sugerencias.

Reconozco a todas las personas que fidedignamente tuvieron a bien de contestar mis encuestas. A los administradores y guardias de seguridad de los diferentes cotos que gentilmente me recibieron y dispusieron de su tiempo para ser el medio de entrega y acogida de la información.

Índice de contenido

Índice de gráficos	6
Índice de tablas	8
Índice de figuras.....	10
Índice de ecuaciones	12
Índice de anexos.....	13
Introducción.....	14
Problematización	18
Justificación	23
Hipótesis	28
Objetivos.....	28
Pregunta de investigación	29
Capítulo 1 Movilidad urbana; el ciclo de vida de las ciudades, de lo moderno a lo sostenible	30
1.1. La urbanización, un nuevo tipo de organización socio-territorial	30
1.1.1. De la circulación urbana a la ciudad moderna, el ápice de la super-urbanización	32
1.2. La expansión urbana y la suburbanización	35
1.2.1 El modelo suburbano orientado al uso del automóvil.....	38
1.3 Las huellas de la automovilidad como agente de urbanización.....	40
1.3.1 El metabolismo del automóvil, energía, emisiones y huella de carbono	43
1.4 Desurbanización de la ciudad central y pérdida de habitabilidad por la expansión urbana (suburbana) y el aumento del parque vehicular	47
1.4.1 Segregación social a causa de la dispersión urbana y la alta automovilidad .	49
1.5 Reurbanización y desarrollo urbano sostenible	51
3.5.1 Ciudades Compactas Orientadas al Transporte.....	55

Capítulo 2 Movilidad urbana, ciclo de vida de Guadalajara, de lo moderno a lo sostenible	58
2.1 La modernización, industrialización y urbanización; Guadalajara 1900-1970	58
2.2 Suburbanización, conurbación y dispersión 1900-2015	64
2.2.1 Crecimiento del parque motorizado del AMG 1980–2015 ante la expansión urbana y los sistemas de transporte público	70
2.3 Desurbanización, segregación residencial y pérdida de habitabilidad en el AMG 1970-2015	81
2.4 Redensificación urbana y el desarrollo urbano sostenible de Guadalajara.....	86
Capítulo 3 Metodologías para el análisis energético y ambiental de las movilidades laborales, modelo disperso y compacto	93
3.1 El enfoque de la investigación	93
3.2 Selección del estudio de casos	94
3.3 Estudio de la movilidad	99
3.4 Técnicas utilizadas para la recolección de datos del modelo suburbano	100
3.4.1 Población, muestra y objeto de estudio	102
3.4.2 Diseño y aplicación de la encuesta.....	103
3.4.3 Aplicación del aforo vehicular y lista de cotejo.....	107
3.5 Determinación de las variables en función de las huellas	109
3.5.2 Cálculo de la huella de energía	112
3.5.3 El cálculo de la huella de carbono.....	121
3.6 Técnicas utilizadas para la recolección de datos del modelo compacto	125
3.6.1 Población y objeto de estudio.....	126
3.7 Determinación de las variables en función de las huellas	127
3.7.1 La huella de energía	128
3.7.2 La huella de carbono	130
3.8 Comparación costo beneficio Natura vs Acervo	131

Capítulo 4 Eficiencia energética del modelo DOT en materia de movilidad laboral ante el modelo disperso.....	134
4.1 Natura Bosque Residencial, modelo suburbano y disperso.....	134
4.1.1 Movilidad suburbana.....	141
4.1.2 El metabolismo de la movilidad.....	147
4.1.3 La huella de energía	150
4.1.4 La huella de carbono	155
4.2 Acervo Central Living, modelo de Desarrollo Orientado al Transporte	159
4.2.1 Movilidad y Desarrollo Urbano sostenible	162
4.2.2 El metabolismo de la movilidad.....	168
4.2.2 La huella de energía de Acervo.....	170
4.2.3 La huella de carbono Acervo	175
4.3 Comparación costo beneficio Natura vs Acervo	178
Capítulo 5 Conclusiones.....	183
5.1 El modelo disperso.....	183
5.2 El modelo DOT.....	186
Referencias	189
Anexos.....	204

Índice de gráficos

Gráfico 1. TCMA demográfica y territorial del AMG de 1980-2015.....	19
Gráfico 2. TCMA demográfica territorial y motorización del AMG de 1980-2015.....	22
Gráfico 3. Porcentajes de la producción mundial de energía primaria en MMtep.....	25
Gráfico 4. Consumo de energía del sector autotransporte 2018.....	26
Gráfico 5. TCMA demográfica y territorial del AMG de los periodos 1950-1970 y 1980-2015.....	66
Gráfico 6. Potencial de demanda de vivienda en el municipio de Guadalajara 2015	87
Gráfico 7. Porcentaje por municipio según la última residencia de los habitantes de Natura	135
Gráfico 8. Promedio de las calificaciones por cada categoría.....	139
Gráfico 9. Entradas y salidas de vehículos el horario vespertino de Natura	140
Gráfico 10. Porcentaje del número de vehículos por hogares en Natura	143
Gráfico 11. Porcentaje del número de vehículos que usan los hogares de Natura para la movilidad laboral.....	143
Gráfico 12. Distribución porcentual del destino laboral de los residentes de Natura .	144
Gráfico 13. Tiempo empleado para cada viaje al trabajo de los residentes de Natura .	145
Gráfico 14. Consumo de combustible para cada automóvil en Natura por año	151
Gráfico 15. Comparación entre consumos de combustible anual de cinco destinos laborales similares	152
Gráfico 16. Emisión de CO ₂ por cada automóvil usado para la movilidad laboral en Natura al año	155
Gráfico 17. Comparación entre emisiones de CO ₂ anual de cinco destinos laborales .	156
Gráfico 18. Aumento del número de viajes en el polígono central de MiBici.....	164
Gráfico 19. Porcentaje de los medios de transporte que usarían los habitantes de Acervo	165
Gráfico 20. Tiempos y distancias empleadas para cada viaje de los residentes de Acervo	166
Gráfico 21. Consumo de energía per cápita en litros para el transporte sostenible del AMG al día	170
Gráfico 22. Repartición modal según el número de viajes en cada sistema de transporte	171

Gráfico 23. Porcentaje de los consumos anuales de combustibles para cada sistema de transporte empleado en la movilidad laboral de Acervo.....	171
Gráfico 24. Consumos anuales de energía según los medios de transporte para la movilidad laboral de Acervo.....	172
Gráfico 25. Emisiones per cápita en tCO ₂ /año para los diferentes sistemas de transporte sostenibles	176
Gráfico 26. Emisiones de tCO ₂ /año según los medios de transporte para la movilidad laboral de Acervo	176

Índice de tablas

Tabla 1. Datos generales del AMG de 1980 - 2015	20
Tabla 2. Número de establecimientos industriales en Jalisco y demás estados que constituyen su mercado 1930-1945.....	62
Tabla 3. Área Metropolitana de Guadalajara, tasas de cambio demográfico anual 1970- 2015.....	69
Tabla 4. Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2015	71
Tabla 5. TCMA del parque vehicular en los municipios del AMG de 1980 - 2015	72
Tabla 6. Porcentajes del crecimiento vehicular en los municipios del AMG de 1980 - 2015.....	73
Tabla 7. Tasa de motorización por cada mil habitantes por municipios del AMG de 1980 - 2015.....	75
Tabla 8. Inversión en infraestructura urbana para el AMG en el año 2009	75
Tabla 9. Inversión aprobada por el consejo metropolitano del AMG en el año 2010....	77
Tabla 10. Piso compartido de las rutas del transporte público por municipio del AMG	79
Tabla 11. TCMA del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2015	80
Tabla 12. Datos generales del AMG de 1980 - 2015	80
Tabla 13. Descripción de las variables consideradas para la selección del caso suburbano	97
Tabla 14. Matriz multivariable para la selección del caso suburbano.....	98
Tabla 15. Variables consideradas para la recopilación de datos del modelo disperso .	101
Tabla 16. Aspectos considerados en la lista de cotejo.....	109
Tabla 17. Tipos de desplazamientos en condiciones reales y normales.....	118
Tabla 18. Tabla de coeficientes de ralentí	119
Tabla 19. Factores de emisión de gasolina y diésel para el AMG.....	123
Tabla 20. Variables consideradas para la recopilación de datos del modelo compacto	126
Tabla 21. Tipos de vehículos que usan los residentes de Natura para la movilidad laboral.....	147
Tabla 22. Clasificación del grado de salud de una ciudad por medio del ralentí	149
Tabla 23. Huella de energía para la movilidad de Natura con diferentes bases bio- energéticas.....	153

Tabla 24. Calificación de los diferentes sistemas de transporte público en el AMG...	163
Tabla 25. Huella de energía con diferentes bases bio-energéticas del transporte sostenible.....	173
Tabla 26. Huella de energía con diferentes bases bio-energéticas del transporte no sostenible.....	174
Tabla 27. Costo económico y social (tiempo) percápita de la movilidad laboral en Natura y Acervo	181
Tabla 28. Costo económico de la movilidad laboral en un periodo de 10 años en Natura y Acervo	182

Índice de figuras

Figura 1. Indicador de concentraciones atmosférica de CO ₂	24
Figura 2. Emisiones de co ₂ por el consumo de combustibles líquidos en el mundo (1960-2015).....	25
Figura 3. Fábrica de jabones y perfumes La Parisiense	60
Figura 4. A la izquierda tranvía jalado por mulas sobre la calle morelos (hoy día plaza Tapatía). A la derecha tranvía eléctrico en la colonia Moderna.....	61
Figura 5. A la izquierda centro histórico de Guadalajara antes de la construcción de la Cruz de Plazas. A la derecha centro histórico de Guadalajara después de la construcción de la Cruz de Plazas	63
Figura 6. Mapa de cobertura de transporte público en el AMG en base a 400 m de alcance	78
Figura 7 Mapa comparativo de la cobertura por donde circulan las rutas de la red de transporte público delimitadas por municipio	78
Figura 8. Asentamiento residencial aislado junto a suelo agrícola en el municipio de Tlajomulco	84
Figura 9. Vista del desarrollo Alto Horizonte desde avenida Colón.....	90
Figura 10. Proyección de la red de transporte masivo.....	91
Figura 11. Portal de indicadores de eficiencia energética y emisiones vehiculares del INECC.....	111
Figura 12. Ejemplo de simulación de los viajes laborales a través de Moovit.....	128
Figura 13. Mapa de ubicación de Natura en contraste con el centro de Guadalajara...	134
Figura 14. Mapa de ubicación de Natura con su cercanía al Bosque la Primavera.....	136
Figura 15. Mapa de la temperatura media anual de 2019 del AMG	137
Figura 16. Mapa de las principales arterias de la urbe que interceptan con av. Mariano Otero.....	138
Figura 17. Mapa de la zona de estudio y su conectividad a la avenida Mariano Otero	138
Figura 18. Vista del fraccionamiento Natura Bosque Residencial.....	141
Figura 19. Mapa de destinos laborales de los residentes de Natura	145
Figura 20. Comparación de la huella anual de energía por automóvil vs el área de una vivienda.....	154
Figura 21. Esquema de calificación del eco-etiquetado de vehículos	157

Figura 22. Posición promedio de los vehículos de natura dentro de la línea de eficiencia ambiental	157
Figura 23. Comparación de la huella anual de carbono por automóvil vs el área de una vivienda	158
Figura 24. Complejo DOT presentado por Marhnos Hábitat	159
Figura 25. Mapa de ubicación de Acervo Central Living	160
Figura 26. Mapa de la temperatura media anual de 2019 del AMG	161
Figura 27. Mapa del transporte masivo en el AMG y ubicación de Acervo	162
Figura 28. Red de los sistemas de transporte masivo y las líneas troncales del SITREN	163
Figura 29. Red de los sistemas de transporte sostenibles	164
Figura 30. Contraste de la cobertura del transporte sostenible vs destinos laborales... 165	
Figura 31. Congestión vial en el centro de Santiago de Chile.....	167
Figura 32. Comparación entre las huellas percápita de los sistemas de transporte para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento	174
Figura 33. Comparación entre la huella percápita para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento.....	175
Figura 34. Comparación entre las huellas de carbono de los sistemas de transporte para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento	177
Figura 35. Comparación percápita de la huella de carbono para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento	178
Figura 36. Comparación de las huellas de Acervo y Natura vs el área del CUT	179
Figura 37. Comparación de las huellas de Acervo y Natura en el mejor escenario de movilidad.....	180

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para determinar la muestra	103
Ecuación 2. Modelo para el consumo de combustible de An y Ross	113
Ecuación 3. Modelo para el consumo de combustible de Evans y Eerman	114
Ecuación 4. Fórmula para el consumo de combustible en ralentí	117
Ecuación 5. Fórmula de la potencia.....	118
Ecuación 6. Modelo para el consumo de combustible de Jiménez	119
Ecuación 7. Fórmula del consumo de combustible en ralentí por hora.....	120
Ecuación 8. Fórmula para el calcula del CO _{2e}	121
Ecuación 9. Modelo para el cálculo de CO ₂ del IPCC	122
Ecuación 10. Modelo para el cálculo de CO ₂ del IPCC	123
Ecuación 11. Modelo emisiones de CO ₂	124

Índice de anexos

Anexo 1. Diseño de la encuesta Origen-Destino para los habitantes de Natura	204
Anexo 2. Mapa de ubicación de ciclopuertos del sistema MiBici.....	206
Anexo 3. Ejemplo de simulación para viajes en bicicleta del modelo compacto.....	206
Anexo 4. Producción agrícola para el estado de Jalisco en 2019	207
Anexo 5. Tabla de depreciación de un automóvil promedio de Natura	207
Anexo 6. Etanol obtenido por hectárea según el tipo de cultivo	208
Anexo 7. Biodiésel obtenido por hectárea según el tipo de cultivo	208
Anexo 8. Mapa de ejemplo de las mediciones hechas por GoogleTraffic	209
Anexo 9. Eco-etiquetado de vehículos del INECC	209

Introducción

El Área Metropolitana de Guadalajara conocida por sus siglas como AMG, se encuentra dentro del estado de Jalisco y es la segunda ciudad más grande de México, por consiguiente, ha presentado un crecimiento urbano acelerado y poco planificado, de acuerdo con diferentes estudios, en los últimos 40 años la suma de competentes sociales, económicos, culturales y políticos ha dado como resultado una metrópoli dispersa, desconectada, distante y desigual por el territorio de 10 municipios, acorde a un contexto nacional y latinoamericano, guardando sus respectivas proporciones y escalas.

En primera instancia, para analizar la problemática urbana, se debe comprender que el AMG no es un solo ente político administrativo, sino una mesa-entidad dividida en 10 entidades independiente las unas de las otras, lo que ha generado que el crecimiento de la mancha urbana sea impredecible. En su tiempo conforme la conurbación llegó a territorios de los municipios colindantes de Guadalajara, estos autorizaron permisos de urbanización de acuerdo a diferentes intereses inmobiliarios, en su mayoría, los fraccionamientos se masificaron en torno a accesos carreteros en una estrategia de mercadeo que vendía “accesibilidad”.

Sin embargo, dicha accesibilidad estaba (y aún está) condicionada a medios de transporte privados, lo que, al paso de los años y gracias al ascenso de la clase media y de las facilidades económicas para adquirir un vehículo, la motorización en toda la ciudad no conoció decadencia, en este sentido, el automóvil fungió como un indicador de movilidad, conectividad y accesibilidad, incidiendo en la toma de decisiones públicas a fin de ampliar la infraestructura que beneficia a los usuarios de este medio, creando un círculo vicioso, pues diferentes estudiosos de la materia han concluido que la construcción de más carreteras significa más hábitats suburbanos y más vida suburbana es igual a más automóviles y mayor consumo de recursos.

Esta rápida urbanización fue alimentada por intereses, el primero de ellos, el deseo de los habitantes de tener una vivienda propia dio pauta para que la industria inmobiliaria especulara en municipios periféricos donde el valor de la tierra es más barata, lo que significa más utilidades para ellos y, por último, el interés de recaudar más impuestos por parte de los gobiernos municipales al otorgar permisos a las constructoras inmobiliarias, sin antes considerar la planificación del territorio y la dotación de servicios públicos.

Al paso de los años, la urbanización dispersa rebasó los límites de la cobertura del transporte público. La movilidad de los habitantes suburbanos se arraigó al uso del automóvil, no solo como el medio eficaz para satisfacer sus necesidades de movimiento, sino también por ser un sistema, seguro, confortable y lo mejor de todo, con privacidad. Dichas cualidades solo han implicado que el uso del mismo deje daños irreversibles a la salud de la ciudad y de los que habitamos en ella, desde la contaminación (ambiental, auditiva y visual), congestionamiento, daños sociales como la exclusión, segregación y pérdida de habitabilidad y la concentración del recurso público para la construcción de infraestructura que beneficia a usuarios del mismo, de esta forma la dotación de servicios de transporte público se ha debilitado.

En esta orden de ideas, el presente trabajo, estudia como problema ambiental la urbanización dispersa y motorización del AMG, desde el análisis de la movilidad con motivos laborales, partiendo del hecho que la energía del petróleo aún es la fuente primaria más usada para el transporte. En este sentido, Guadalajara como ciudad metropolitana continúa en plena etapa de dispersión y en constante aumento del parque vehicular, incidiendo en el acrecentamiento del metabolismo urbano, lo que implica mayor demanda de combustible no renovable y la producción de gases contaminantes.

A pesar de lo anterior, en los últimos 5 años a través de diferentes políticas de gobierno, han surgido planes para controlar tales comportamientos, entre ellos destaca el Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) que dentro de sus estrategias contempla la densificación en zonas privilegiadas por el transporte masivo y bien conectadas con bienes y servicios, con el fin de hacer más eficiente el uso de la energía destinada a la movilidad y por ende, reducir el metabolismo urbano, es decir, se plantea un modelo sostenible. Desde esta perspectiva, la investigación, estudia el DOT como alternativa de solución al actual modelo disperso y suburbano.

En base a lo anterior, el objetivo del estudio se centra en analizar la eficiencia energética de la redensificación y compactación como estrategias del modelo DOT en materia de movilidad laboral, ante las externalidades ambientales producidas por el automóvil a causa del modelo disperso del AMG. Y para dar respuesta a los planteamientos descritos, se utilizó el estudio de casos, con el fin de centrarse en la cuestión metodológica desde lo particular y así cuantificar el consumo energético para cada caso y que este a su vez, sea el ápice para aplicaciones futuras en donde coexistan las mismas variables.

El primero de ellos contempla el modelo disperso y orientado al transporte privado, mismo que ha sido estudiado desde una variable independiente, la vivienda entorno a su ubicación y una dependiente que se enlaza a la movilidad laboral y el grado de accesibilidad que corresponde a la alta motorización y sus efectos al medio ambiente. No obstante, lo que más destaca de este caso, es el andamiaje metodológico que se desarrolló para estimar el consumo de energía que demanda la movilidad laboral en el complejo, para ello, se concilió un modelo matemático que permite estimar el consumo de combustible partiendo de un coeficiente de ralentí, que en la mayoría de los modelos es olvidado y sin duda alguna es una variable determinante en el metabolismo de la movilidad de las ciudades modernas.

El segundo caso corresponde al modelo DOT. Se ha realizado una metodología basada en un modelo predictivo a razón que el mismo está en proceso de construcción y la recolección de datos no es posible, para el modelo predictivo se ha tomado en cuenta los mismos datos laborales obtenidos en el desarrollo disperso, de esta forma se permite mutar la variable independiente, es decir, la ubicación de la vivienda en el territorio metropolitano, la configuración de la variable dependiente impacta en las formas de movilidad y, por consiguiente, se reduce el consumo de energía y la emisión contaminantes (metabolismo). Sin embargo, es importante destacar que dicho modelo predictivo toma en cuenta el modelo ideal, el mejor escenario, no obstante, cuando el complejo este habitado, los comportamientos individuales para la movilidad laboral pueden representar una realidad distinta a la aquí expuesta.

Ante todo, este trabajo de investigación aporta y esboza hasta cierto punto una nueva forma de entender la sostenibilidad de las ciudades por medio de la movilidad, es decir, se retoman los conceptos de la circulación y del metabolismo para concluir que las ciudades y en particular la ciudad de Guadalajara, debe ser medida en un grado de salud que va desde la ciudad sana hasta la muerte de la ciudad como casos extremos, pero como punto intermedio, se propone entender a la ciudad con el sobrepeso y obesidad urbana, punto de coyuntura entre la sostenibilidad y la insostenibilidad urbana.

En adelante, la estructura del documento se compone por cinco capítulos, el primero de ellos lleva de la mano entender la problemática global a través de un marco teórico, seguido de un marco contextual que aterriza la problemática y la alternativa de solución en el AMG, para así llegar a un marco metodológico, en el cual se exponen las diferentes métodos y técnicas utilizadas para el cálculo de las respectivas huellas de energía y carbono. El capítulo cuatro presenta los resultados obtenidos de los diferentes

modelos aplicados para cada caso, así como también la descripción de cada uno, con el fin de comprender el contexto territorial, ambiental y de movilidad.

El último, el capítulo de conclusiones se divide en dos subapartados en el cual se reflexiona cada modelo planteado, para el primer caso, el disperso, se discuten las dificultades encontradas en el camino y en especial las del orden metodológico, así mismo, se analizan las futuras aplicaciones del modelo matemático para el cálculo del consumo de energía y emisiones de CO₂ respectivamente. En especial se presta atención en reflexionar el modelo predictivo del caso compacto, pues se asume que la realidad puede ser muy diferente a lo que aquí se ha analizado, en el entendido que los comportamientos humanos son difíciles de predecir. De igual modo se hace una reflexión final sobre la posible gentrificación que puede generarse en Guadalajara si la política de redensificación se deja en manos privada de los inmobiliarios y las consecuencias sociales ambientales y económicas que generaría.

Problematización

El Área Metropolitana de Guadalajara conocida por sus siglas como AMG, se integra por los municipios de Guadalajara, Zapopán, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Juanacatlán, Tlajomulco de Zúñiga, Zapotlanejo, Ixtlahuacán de los Membrillos y Acatlán de Juárez¹, y es la segunda ciudad más grande del país². De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018) alberga a más de 5 millones de habitantes repartidos en 3,453.5 km² según datos obtenidos del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED, 2018) en número de población solo se encuentra por debajo de la megalópolis Ciudad de México capital del país. La ubicación del AMG en la parte occidente del país y distante de la capital, le permitió ser un centro económico, social, cultural y político con una rápida urbanización.

El Área Metropolitana de Guadalajara es el claro ejemplo del desarrollo urbano acelerado y poco regulado, al no ser un solo ente político-administrativo, sino más bien, un conjunto de municipalidades inter-independientes, cada una en su tiempo permitió el crecimiento urbano de acuerdo a diferentes intereses, considerando en poco sus planes de ordenamiento territorial o planes de desarrollo urbano, en el caso de los municipios que cuentan con dicho instrumento.

La progresión dispersa de la ciudad se dio a partir de los años setenta, alcanzando el umbral en los ochenta, cuando el orden urbano se vio desbordado, por una parte, por los asentamientos irregulares que surgieron alrededor de la ciudad (Aceves et al., 2004, p.289) como respuesta a la falta de viviendas para familias en condiciones socioeconómicas paupérrimas, así como el surgimiento de los primeros desarrollos habitacionales de vivienda media e interés social como: Loma Dorada, Miravalle y El Sauz (Núñez, 2007, p. 112).

Por la otra parte, el modelo de suburbio americano volvió a germinar fuertemente hacia el poniente, para las clases élite de la urbe, con el surgimiento de los primeros fraccionamientos o cotos privados, de los cuales destacan Santa Anita, Rancho Contento,

¹ Acatlán de Juárez es un municipio de recién integración al AMG por lo tanto no será tomado en cuenta para el estudio.

² La ciudad de México se ubica en la categoría de megalópolis, razón por la cual Guadalajara debe ser la metrópolis más grande del país, pero este es un tema que aún no se conceptualiza.

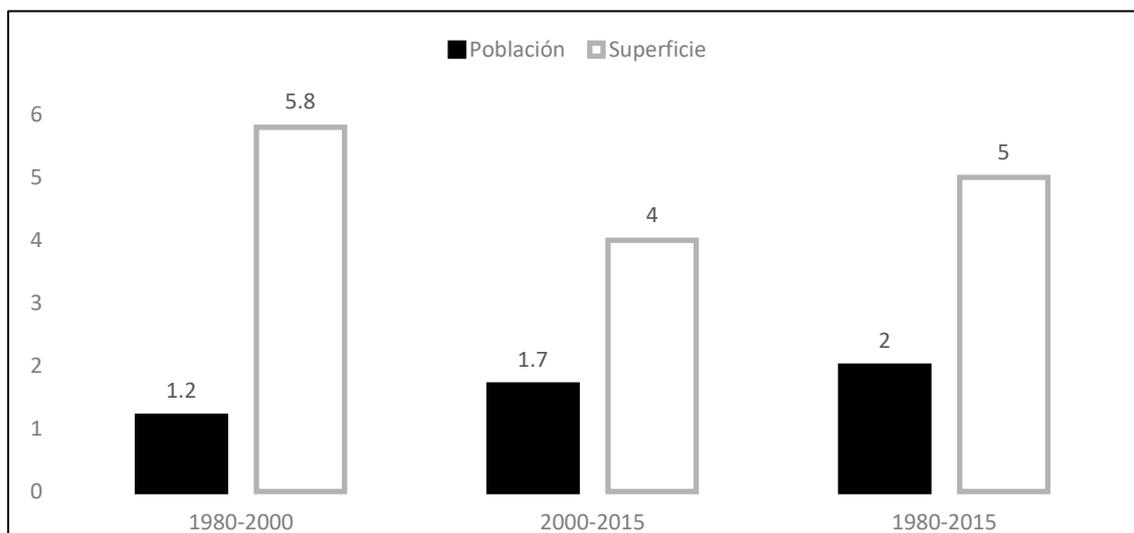
Bosques de San Isidro, El Palomar, Ciudad Bugambilias, Puerta de Hierro, Country Club entre otros (Aceves et al., 2004, p.29). Durante este periodo los modos de vida urbano empezaron a reconfigurarse, la ciudad central se veía como lugar para el trabajo, mientras la residencia o lugares dormitorios se establecieron en el territorio de municipios periféricos.

Entrados los años ochenta la dispersión ya era considerable, de acuerdo con datos de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2010) la urbe pasó de 12,736 hectáreas (ha) a 72,463 ha en 2015, a una tasa de cambio media anual (TCMA) de 5% datos que concuerdan con el Plan de Ordenamiento Territorial del AMG (IMEPLAN, 2016, p. 62) y el Atlas de la Expansión Urbana (ONU-HÁBITAT, 2016).

En contraste con la evolución demográfica se observa un crecimiento inferior, los datos censales e intercensal del INEGI (INEGI, 1980; 1990; 2000; 2010; 2015), muestran que para 1980 la ciudad contaba con 2,244,715 habitantes (habs) y en 2015 aumentó a 4,865,122 habs si comparamos las TCMA del crecimiento urbano y demográfico observamos que la población creció al 2%, mientras que el territorio lo hizo a más del doble (5%), es decir el crecimiento urbano superó con creces el desarrollo demográfico.

Gráfico 1.

TCMA demográfica y territorial del AMG de 1980-2015



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 1980; 1990; 2000; 2010; 2015 Y SEDESOL, 2010.

Tal escenario además de crear una ciudad dispersa, distante y desconectada, ha originado una urbe polarizada (desigual), por un tópico encontramos sectores de alta plusvalía que han migrado de Guadalajara hacia los límites con y en Zapopan, en busca

de mejores espacios y más seguros en base a una filosofía de exclusividad social (Cabrales y Canosa, 2001) y por el otro tópico un sector de menor plusvalía (clases populares) (Calonge, 2019) que se ha establecido en desarrollos habitacionales masificados de interés social por el valor de la vivienda (Núñez, 2007, p. 112).

También hay que considerar que la forma aleatoria y polarizada en cómo se ha urbanizado la metrópolis desde 1980 en el territorio, tiene correspondencia con los intereses inmobiliarios, los cuales han especulado con el valor del suelo, creando desarrollos habitacionales fuera del contiguo urbano, llevando a las clases bajas hacia donde los servicios son escasos, principalmente de transporte y a las clases altas a donde todo está “cerca” con automóvil (Calonge, 2019).

La dispersión entre tantos problemas sociales, económicos y ambientales, refleja una disminución en la tasa de densidad, esto no es más que una desconexión de las viviendas con el dinamismo económico, social y cultural de la urbe, que afecta directamente en tiempos y distancias empleados en viajes, en el entendido que la vivienda periférica (suburbana) es cada vez más distante de centros de trabajo, bienes y servicios, además que perturba las relaciones sociales entre familiares y amigos al separarse cada vez más, no solo en distancias, si no en desigualdades socio-territoriales al margen de la infraestructura urbana.

Tabla 1.

Datos generales del AMG de 1980 - 2015

Categoría	1980	1990	2000	2010	2015
Nº municipios	4	4	8	8	9
Población	2,244,715	2,870,417	3,709,136	4,434,252	4,865,122
Área (ha)	12,736	37,915	46,644	48,585	72,463
Parque vehicular	288,133	661,347	861,347	1,828,783	2,142,309
Densidad (habs/ha)	172	104	72	92	66
Tasa motorización	122	218	229	407	440

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI, 2018 y SEDESOL, 2010.

En materia de movilidad urbana, tal característica no conduce a efectos deseados. De acuerdo con la Encuesta de Percepción Ciudadana realizada por el Observatorio

Ciudadano de Calidad de Vida: Jalisco Cómo Vamos (2016), el 15% de los habitantes metropolitanos tardan más de tres horas en desplazarse, si este dato lo extrapolamos al día de hoy, sin considerar aumentos, tendríamos que 750 mil personas emplean más de tres horas diarias en desplazarse, consecuencia de la dispersión e incipiente cobertura del transporte público.

Bajo este contexto se vuelve financieramente oneroso para el gobierno la provisión del transporte público en zonas dispersas y poco densas, debido a los costos operativos, mismo implica que las clases bajas queden confinadas en sus colonias al no tener medios de transporte a lo que Calonge (2019) llama la inmovilidad de las clases populares. En cambio, para las clases altas, medias y medias bajas, entre otros factores la falta de cobertura de transporte público se ha vuelto aliciente para la adquisición y uso del automóvil (Medina y Patlán, 2016, p.27).

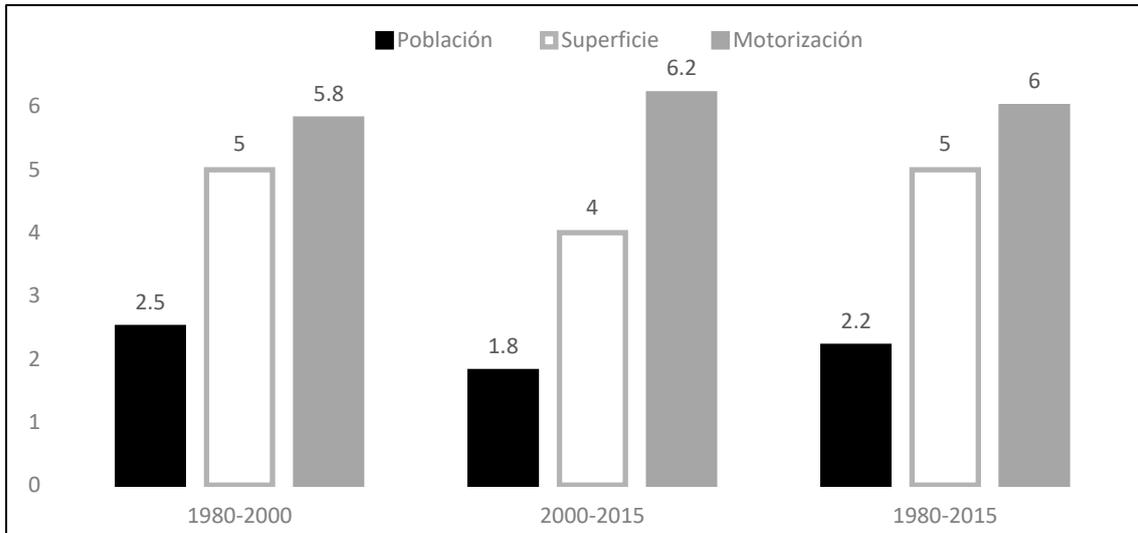
Desafortunadamente el automóvil ha ganado lugar como medio de transporte eficaz para satisfacer las necesidades de movilidad. La partición modal en 2015 del AMG señala que el automóvil es el segundo medio usado para los traslados al trabajo 32% de los viajes (Medina y Platlán, 2015, p.28). En términos de eficiencia energética y reducción de contaminantes con el fin de lograr una ciudad más sostenible, pareciera difícil de lograrse a medida que la urbe continúa dispersa.

Al tiempo que la ciudad se desconecta y polariza por la morfología expansiva, las clases altas encuentran mejores condiciones para que el automóvil por mucho sea el mejor medio de transporte, es decir, el entorno construido ha propiciado una mejor circulación para quienes usan el automóvil, por otra parte, las clases bajas en harás de aprovechar la infraestructura vial y conseguir una mayor accesibilidad que el transporte público no puede brindarles, están adquiriendo vehículos usados aunque a la larga no pueden solventar los costos que implica su uso (Calonge, 2019, p.97 y98).

Los datos muestran que el parque vehicular aumentó de manera sorprendente, hasta donde se obtienen cifras en 1980 circulaban 275,423 unidades y en 2015 aumentó a 2,141,791 (INEGI-vehículos de motor registrados en circulación, 2018). En donde la tasa actual de motorización para este último año equivale a 440 autos por cada mil habitantes, es decir existe un vehículo por cada 2.2 habitantes.

Gráfico 2.

TCMA demográfica territorial y motorización del AMG de 1980-2015



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 1980; 1990; 2000; 2010; 2015; 2018 Y SEDESOL, 2010.

Al realizar una comparativa con respecto al crecimiento demográfico y territorial de 1980-2015 (gráfico 2), se observa que la población creció al 2.2%, el territorio al 5%, y la motorización al 6%. Se denota que el crecimiento vehicular es elocuente al aumento del territorio, en donde ambas variables implican una relación de reciprocidad, a medida que la ciudad se expande por el territorio, la tasa de motorización lo ha hecho de igual manera.

El aumento del parque vehicular además de ser un indicador de dispersión, también es muestra de insostenibilidad en las urbes, por su grado de contaminación y exclusión social. En 2011 el Colectivo Ecologista de Jalisco (CEJ, 2013, p.173) estimó que el AMG consume más de 10,600,000 litros de combustible al día, para ese año existía un parque de 1,899,855 vehículos, en promedio cada uno consumió alrededor de 5.58 litros, lo que nos lleva a una relación proporcional con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Si consideramos que cada litro de combustible para el AMG emite 2.341 kgCO₂ (INECC, 2014, p.13). Entonces para ese año se emitieron 9,057,475 toneladas de bióxido de carbono (tCO₂), equivalente a sembrar 45,286,645 árboles³ para su absorción. Si el consumo promedio se extrapola al 2015, con un parque vehicular de 2,218,334 unidades, el consumo de combustible sería igual a 12,376,913 mil litros al día con una

³ Para el cálculo se consideró una máxima absorción de 200 kgCO₂/año por árbol (Domínguez, 2016, p.55).

contaminación aproximada de 10,575,638 tCO₂ al año, equivalente a sembrar 52,878,194 árboles para su mitigación.

Además de contribuir al calentamiento global hay que considerar que vivir en una ciudad contaminada, donde inhalar regularmente gases contaminantes generados por vehículos automotores como “el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, ozono y otros oxidantes fotoquímicos, plomo y en menor proporción, las partículas suspendidas totales de bióxido de azufre y los compuestos orgánicos volátiles” (Romero, Diego y Álvarez, 2006, p.8).

Producen problemas directos en la salud como, padecimientos respiratorios: bronquiales, bronquitis, asma, cáncer pulmonar, enfermedades cardiovasculares, engrandecimiento en las enfermedades alérgicas, conjuntivitis causado por la respiración de partículas de humo y otras moléculas mortíferas que vagan en el aire, problemas de visión; aumento del nivel de insolación y acrecentamiento en el daño en la piel facilitando el cáncer en la misma, así como el incremento de la mortalidad como consecuencia directa del uso excesivo del automóvil (Bustamante, 2014).

No es de extrañarse que la mala calidad del aire en el AMG este repercutiendo sobre la salud de los habitantes, tal y como lo ha señalado el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) al año más de 650 muertes prematuras pueden estar ligadas a la mala calidad del aire (González, 2015).

Aunado a esto, el gasto público (al menos antes del 2015) se ha centrado en infraestructura que favorece al uso del automóvil, desfavoreciendo a los usuarios del sistema de transporte público y no motorizado, quienes lidian con un sistema poco atractivo, seguro y eficaz, cuyo tema abordaremos más adelante.

Justificación

De acuerdo a las tendencias de asentamiento, resultado del proceso más significativo en la era contemporánea, conocida como industrialización o modernización de las urbes, la ciudad se ha convertido en la principal zona geográfica de estudio, debido a las altas interacciones sociales, económicas y ambientales, que se reproducen en todas las escalas urbanas del mundo a medida que estas presentan cambios demográficos.

Según cifras de 2014 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) más del 50% de la población mundial habita en zonas urbanas. Para las regiones altamente

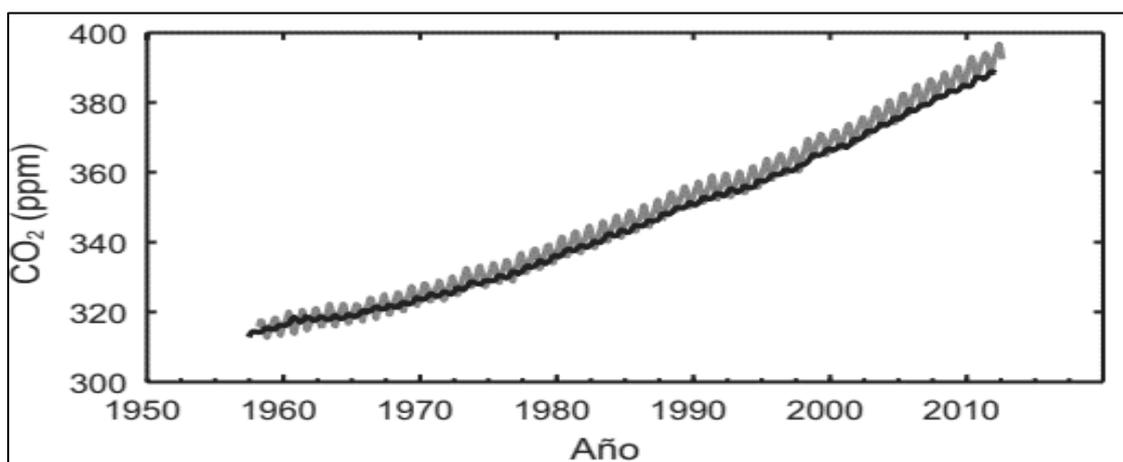
pobladas de América del Norte, América Latina y el Caribe, Oceanía y Europa la cifra supera el 80%. La tendencia de vivir en ciudades seguirá aumentando con el paso de los años, tanto así que, para mediados de este siglo, el 66% de la población mundial vivirá en zonas urbanas (ONU-HABITAT, 2012).

Paradójicamente las zonas urbanas solo ocupan el 3% de la superficie de la tierra, pero su consumo de energía representa entre el 60 y 80% del consumo total de energía del mundo y son responsables del 75% de las emisiones de carbono, tanto así, que desde 2016 el 90% de los habitantes de las ciudades respira aire contaminado, lo que ha provocado un total de 4.2 millones de muertes (ONU, 2019).

La contaminación no es un problema actual, desde 1987 se ha reconocido una necesidad apremiante para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Brundtland, 1987), mismos que han provocado el cambio climático, de los cuales se ha reconocido al Bióxido de Carbono (CO_2) como el de mayor producción a nivel mundial. El cambio climático amenaza nuestra supervivencia como especie, las pautas meteorológicas cambiantes, pone en riesgo la producción de alimentos y aumento en el número de desastres naturales (ONU, 2020).

Figura 1.

Indicador de concentraciones atmosférica de CO_2



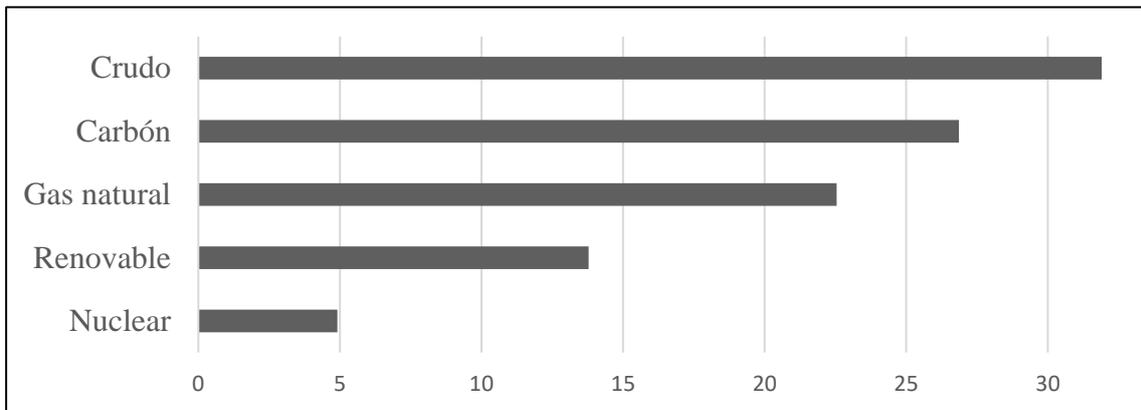
Fuente: IPCC, 2013, p.12

La emisión de CO_2 está relacionada indudablemente con la producción de energía, en su gran mayoría por fuentes no renovables como el petróleo, carbón y gas. De acuerdo con las cifras del Word Energy Balance de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) la producción de energía primaria en millones de toneladas

equivalentes de petróleo (MMtep) de 2017 aumentó un 2.2% con respecto al año anterior, de la cual, el crudo (petróleo) fue el de mayor participación con un 31.9%.

Gráfico 4.

Porcentajes de la producción mundial de energía primaria en MMtep



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2019, p.15

Por su parte, el Banco Mundial (2019) muestra que la emisión de CO₂ en el mundo por el consumo de combustibles líquidos (en su mayoría derivados del petróleo) ha aumentado de 3 millones en 1960 a 12 millones en 2015. Es aquí en donde el sector residencial y transporte cobran un papel importante dentro del consumo de la energía líquida.

Figura 4.

Emisiones de CO₂ por el consumo de combustibles líquidos en el mundo (1960-2015)



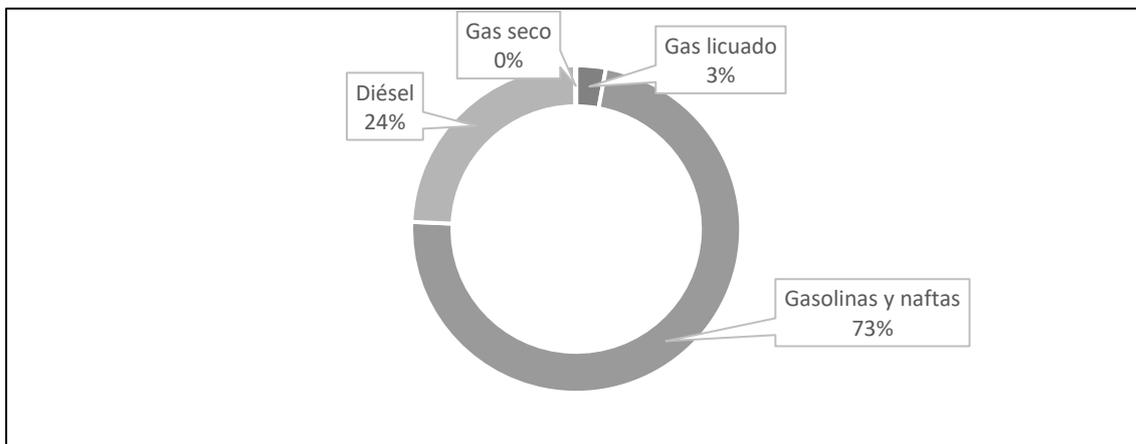
Fuente: Banco Mundial, 2019

Alarcón (2011) señala que en las últimas décadas el consumo de energía que se satisface con combustible no renovable se ha incrementado y el sector residencial ha jugado un papel detonante, principalmente por el uso del automóvil y dicho comportamiento se hace notorio cada vez más en economías en vías de desarrollo.

En el caso mexicano, de acuerdo al último Balance Nacional de Energía 2018, el mayor consumo de combustibles en el sector transporte, lo tiene el autotransporte con el 89.83% y el principal combustible se atribuye a la gasolina y nafta con un 72.84% (SENER, 2019). A pesar que no se especifican las subcategorías, sin embargo, por el tipo de combustible más demandado, se puede inferir que la mayoría está relacionadas a los vehículos particulares, que día a día ganan mayor demanda.

Gráfico 7.

Consumo de energía del sector autotransporte 2018



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENER, 2019, p.36

Guadalajara la ciudad de estudio no ha sido la excepción en lo que refiere al aumento de su parque motorizado. De acuerdo con diferentes investigadores e instituciones estadísticas, expuestas en el apartado anterior, la expansión del AMG se ha producido de forma dispersa, carente de planificación y en bajas densidades la cual está directamente relacionada al uso del automóvil y a estilos de vida autodependientes, principalmente en clases altas.

Que en gran medida contribuyen a la contaminación ambiental, daños a la salud y al cambio climático, poniendo en evidencia la necesidad por cambiar la forma en cómo se planea la ciudad a una escala metropolitana para que la movilidad, el transporte y el territorio se sincronicen de manera que reduzcan las emisiones contaminantes.

En este sentido y con la rápida necesidad de dar respuesta para revertir o retrasar la tendencia actual de urbanización y movilidad. El estudio comprende un nuevo

paradigma de desarrollo sostenible, denominado Desarrollo Orientado al Transporte, reconocido a nivel mundial como una política de vivienda amigable con el medio ambiente y al menos en las ciudades donde se ha implementado ha logrado una eficiencia energética al brindar a los habitantes medios de transportes sostenibles.

Guadalajara se encuentra en una etapa temprana de reurbanización en la cual ha contemplado el DOT dentro de sus instrumentos de rehabitar la ciudad, y el primer DOT está por culminarse, sin embargo, los intereses inmobiliarios ejercen presión sobre las políticas urbanas, queriendo gentrificar el centro de la ciudad, de esta manera, los problemas que busca revertir la política DOT solo se empeorarán los ya existentes.

El estudio presenta evidencia a la implementación del DOT en Guadalajara con sus respectivas restricciones en cuanto a la eficiencia energética en materia de movilidad urbana, por ende, justifica las políticas públicas de redensificación que contempla el Plan de Desarrollo Urbano⁴ que avalan la creación de corredores DOT aprovechando el potencial de las tres líneas existentes del transporte masivo en la ciudad y dos más en proceso de construcción.

En esta orden de ideas, una aportación valiosa de la investigación es el desarrollo de un modelo metodológico para cuantificar el consumo de energía y contaminantes para el complejo DOT por medio de las huellas de energía y/o carbono. Al tratarse de un nuevo sistema de planeación urbana en Guadalajara, aun no existen investigaciones relacionadas al tema y pocas a nivel internacional, por tanto, la metodología es pionera en el tema.

Por lo tanto, cuando se desarrollen más DOT, la investigación servirá como antecedente metodológico para el cálculo de huellas. Así mismo la investigación es el ápice para diferentes estudios que seguramente surgirán en torno al DOT en Guadalajara y puede ser utilizado como punto de cotejo entre los que ya se han implementado en otras ciudades, guardando las diferencias y proporciones acorde a cada caso.

Por último, enmarca una crítica objetiva en cuanto a los alcances sociales del DOT en un escenario de plenas desigualdades sociales que vive actualmente la población tapatía y sus respectivas consecuencias positivas y negativas en un futuro.

⁴ El objetivo del Plan Parcial de Desarrollo Urbano de Guadalajara está alineado con el objetivo del Programa Municipal de Desarrollo Urbano Visión: Quinto Centenario, así como del Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población Visión: Quinto Centenario, que es impulsar el repoblamiento ordenado del municipio, particularmente en zonas de alta centralidad y corredores de transporte público, para contribuir con el eje de desarrollo 5 Guadalajara ordenada y sustentable del Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno de Guadalajara, 2018, p.9).

Hipótesis

La tendencia actual de urbanización en el AMG corresponde al modelo suburbano y disperso, orientado al uso del automóvil, en este sentido el Desarrollo Orientado al Transporte como instrumento de planeación urbana puede retardar dicha expansión por su cualidad compacta, en este sentido, la vivienda vertical tiene el potencial de reducir la huella de carbono al hacer más eficiente el uso de la energía en materia de movilidad laboral en el entendido que es un viaje que se realiza por lo regular todos los días de la semana y sobre el cual actualmente el automóvil tiene mayor dependencia, de esta manera al conectar a personas con medios de transporte masivo y activos, logra desincentivar el uso del automóvil y da lugar a una ciudad menos contaminada, sin embargo no toda verticalidad es benéfica, de los edificios habitacionales que se han desarrollado en Guadalajara muchos de ellos siguen orientados al uso del automóvil.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la eficiencia energética de la redensificación y compactación como estrategias del modelo DOT en materia de movilidad laboral, ante las externalidades ambientales producidas por el automóvil a causa del modelo disperso del AMG.

Objetivos específicos

- Conocer la movilidad laboral de habitantes suburbanos y dispersos y calcular sus respectivas huellas de energía y carbono.
- Modelar la movilidad laboral de futuros habitantes del modelo DOT y calcular sus respectivas huellas de energía y carbono.
- Comparar ambos modelos por medio de un análisis costo-beneficio y comprobar la eficiencia energética y ambiental del DOT.

Pregunta de investigación

¿Qué tan eficiente energética y ambientalmente es el modelo DOT en materia de movilidad laboral como alternativa para desacelerar la dispersión urbana y así lograr el desarrollo sostenible de Guadalajara?

Capítulo 1

Movilidad urbana; el ciclo de vida de las ciudades, de lo moderno a lo sostenible

1.1. La urbanización, un nuevo tipo de organización socio-territorial

La evolución de los asentamientos humanos a lo largo de la historia ha dado como resultado la multiplicación territorial y demográfica, en ritmos diferentes de acuerdo a los contextos sociales, económicos, tecnológicos y culturales, es decir, los crecimientos urbanos no son paulatinos a través del tiempo, estos están condicionados por factores externos e internos que propician o retardan un mayor crecimiento.

Dicho cambio a través del tiempo-espacio no necesariamente implica un crecimiento poblacional y territorial de un asentamiento, aunque, en el último siglo ha sido una característica permanente en el tópico de las urbes, como resultado de un contexto socio-económico relacionado a la industrialización⁵, lo que implicó una forma de crecimiento socio-territorial denominado urbanización. Zeller (1995) ha rastreado los orígenes del concepto, definido desde 1940 como un fenómeno de crecimiento de las poblaciones, basado en la multiplicación y expansión demográfica, cuyo fenómeno se aprecia mejor en las ciudades.

Por su parte, Castells (1978, p.14-16) define la urbanización como la concentración espacial de poblaciones humanas, dentro del proceso de organización y desarrollo a partir de la relación entre fuerzas productivas de las clases sociales y formas culturales, para dicho autor, la urbanización hasta el siglo pasado se componía por un determinado tipo de producción a escala industrial en un sistema de valores, “el modernismo” y en una forma particular de asentamiento, “la ciudad”.

Bruegmann (2005) coincide con dichos pronunciamientos, él asegura que la urbanización ha sido una característica permanente en la historia de las ciudades del mundo a medida que estas se han vuelto económicamente maduras y próspera. Hasta este punto se manifiesta claramente una variable, el desarrollo económico y es que, en el

⁵ La industrialización es el proceso económico—tecnológico, mediante el cual las actividades productivas se transforman a gran escala por medio de máquinas impulsadas por fuentes de energía externas al ser humano o de origen animal (Fajnzylber, 1983, p. 19).

último siglo se ha demostrado que industrialización ha beneficiado plenamente al crecimiento económico de las urbes, por consiguiente, la urbanización no ha conocido decadencia, las ciudades siguen creciendo, colonizando territorios vírgenes y expandiendo su oferta a nuevas oleadas de poblamiento.

Entonces, la industrialización está enmarcada en un proceso de cambios⁶, primero el económico, seguido del social, mismo que no se detiene a través del tiempo e históricamente se relaciona con el espacio, entiéndase que el cambio social está condicionado a la relación tiempo-espacio, que son las dimensiones fundamentales por los cuales la humanidad afecta sus condiciones territoriales, dicho de otra forma, los cambios sociales apegados a la industrialización continúan influyendo en la producción de ciudades y por lo tanto son la fuente más importante en el surgimiento de un nuevo tipo de proceso espacial y de organización territorial (Castells, 1989, p.197) conocido como la modernidad.

De esta manera se comprende la relación la industrialización y modernidad, la primera resultado de la otra, y sin ambas es imposible imaginar las ciudades del presente. En este sentido la modernización trajo consigo un cambio en las actividades productivas, con la implementación de la industria, misma que atrae mano de obra, urbaniza y modifica la infraestructura urbana (transporte, redes y comunicaciones), lo que a su vez retroalimenta la expansión industrial (Fajnzylber, 1983, p.19). Es decir, la modernización implicó una nueva forma de producción que genera empleo, el empleo a su vez atrae población, el crecimiento demográfico urbaniza y la urbanización consume territorio, por esta razón el territorio se convirtió en un mero artículo de consumo, por tanto, la ciudad vista desde este criterio podría extenderse tanto como el consumo lo requiera (Antequera, 2005, p.118) y el consumo a vez depende de la modernización.

Pero el existo de la urbanización no se da solo por el consumo del territorio, esta misma implica una serie de modificaciones paisajísticas y ambientales, lo que involucra que al territorio se le agreguen elementos que aseguren una adecuada urbanización y en este sentido, la ciudad moderna se caracterizó por reconfigurar el territorio a tal grado que la urbanización pudiese subsistir. Pero antes de comprender cómo la ciudad moderna fue capaz de soportar la urbanización, es importante considerar los orígenes de la misma, con el fin de entender las bases urbanísticas implícitas en la industrialización y modernización de las urbes, desde la circulación e higienismo.

⁶ Implica una serie de cambios: tecnológicos, económicos, sociales, culturales y territoriales.

1.1.1. De la circulación urbana a la ciudad moderna, el ápice de la super-urbanización

La idea de la circulación sobre lo urbano nace durante la época de la ilustración del siglo XVIII, los planificadores (ilustrados) empezaron a aplicar el conocimiento del cuerpo humano sobre el diseño de las ciudades, dicha doctrina se basó en hacer una analogía del cuerpo humano con la ciudad, así como el cuerpo tiene venas y arterias por donde circula la sangre, la ciudad debe tener avenidas y arterias por donde fluyan personas y mercancías libremente, de igual forma que el pulmón oxigena el cuerpo, la ciudad necesita de parques y jardines para producir aire (Sennett, 1997, p.280).

Es evidente que los planificadores encontraron la analogía perfecta para cambiar formas urbanas y hábitos sociales, pues de alguna o otra manera, las personas pudieron asimilar que la ciudad necesitaba elementos que ayudaran a mantenerla viva, de lo contrario la muerte sería el resultado final, y es que la idea concepción de muerte crea preocupación y ocupa a los habitantes a corregir sus prácticas urbanas.

Sin embargo, no solo consistía en mantener viva la ciudad, sino sana y limpia, de la misma forma que el cuerpo se asea para desechar la suciedad, la ciudad necesita de redes de agua y alcantarillado para limpiar y posteriormente desechar la inmundicia, de acuerdo a los avances médicos de la época, se entendía que la suciedad en el cuerpo afectaba la circulación de la sangre y aire, e impedía que el mismo desechara las secreciones (Sennett, 1997, p.280).

Es evidente que los nuevos hábitos de higiene personal que permitía la circulación fueron puestos en práctica en el ámbito urbano⁷. Desde ese entonces las ciudades empezaron a limpiar la basura de las calles, a drenar los hoyos y las depresiones encenagadas con orina y heces, trasladando la suciedad hacia cloacas que discurrían por debajo de las calles, dicho de paso, la superficie de la calle cambió a consecuencia de estas innovaciones (Sennett, 1997, p.282).

En este sentido, la circulación se convirtió en el eje de la planificación urbana arraigándose en la forma de diseñar ciudades, tal y como pasó en el siglo XIX en París, Francia. Después de la revolución, con una ciudad prácticamente destruida por la guerra civil y con una nueva forma de gobierno (el Imperio de Napoleón), inició la

⁷ Las ciudades fueron las entidades en donde se aplicaron los conocimientos sobre el higienismo y circulación porque en ellas habitaban médicos y demás personas estudiadas que llevaron los nuevos hábitos a lo urbano y entre las primeras ciudades en hacerlo destacan las europeas.

reconstrucción de la ciudad devastada (Harvey, 2008, p.15). Esta noble tarea fue encomendada a Haussmann uno de los planificadores de mayor confianza del emperador. El diseño de la ciudad planteado por el equipo de Haussmann contempló nuevas formas de organización, flujo e interacción, es decir, aplicó los conceptos de la circulación urbana (Harvey, 2008, p.131).

En pocas palabras el esquema o arquetipo de Haussmann se centró en la construcción de avenidas amplias y bien conectadas entre sí con el fin de facilitar el movimiento, redes de agua para dotar de vida, alcantarillado para drenar los desechos, parques y jardines para producir aire limpio y obras monumentales que dieran belleza e imagen a la ciudad (Graham y Marvin, 2002, p.56).

Haussmann diseñó una ciudad con elevados parámetros de comprensión urbana, de igual forma demostró una obsesión por los detalles y simetría, para él, no existían proyectos individuales, el proyecto era la ciudad en su totalidad, incluyendo zonas periféricas (Harvey, 2008, p.131). De tal forma que llevó a la reconstrucción de un nuevo concepto de ciudad, a lo que autores como Harvey (2008), Graham y Marvin (2002), Castells (1978) y Swyngedouw (2006) señalan como la antesala de la ciudad moderna.

Dicha temporalidad socio-territorial sin las prácticas de la circulación urbana, no hubiese sido posible conceptualizar a la ciudad moderna (Castells, 1978; Hall, 1996; Wackernagel y Rees, 2001) o ciudad contemporánea (Hall, 1996) que surge durante un periodo paradigmático, conocido como revolución industrial, razón misma por lo que también se le denominó ciudad industrial (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000).

Dicha ciudad destaca después de la segunda revolución industrial (1850) por la implementación de innovaciones industriales y tecnológicas como el uso de la electricidad, acero, químicos, petróleo y el motor de combustión interna, dichas innovaciones marcaron el inicio de una etapa más fértil en los procesos, productos, intercambios y formas de vida en las ciudades (Equipo Académico, 2009). Autores como Castells, (1978, p.14-16) y Harvey (2008, p.5) lo describen como el génesis del modernismo.

Desde este periodo la población mundial se multiplicó sin precedente alguno (Antequera, 2005, p. 116). Las ciudades se volvieron focos para las poblaciones rurales provocando un éxodo y una super-urbanización hacia los centros urbanos o ciudades

capitales⁸, como respuesta a la demanda de fuerza laboral para la industria. La ciudad, la población (mano de obra) y la industria crearon un círculo recíproco, en donde la ciudad atrae a la industria por la oferta de mano de obra y a la vez la industria atrae mano de obra y, por último, la mano de obra coloniza e incentiva la urbanización (Castells, 1978, p. 21 y 22).

De tal modo que la ciudad se ha caracterizado por el aumento en la productividad y diversidad de bienes y servicios. Las personas seducidas por la concentración económica, desde una mayor oferta laboral, educativa y de salud, se mudaron a las urbes industrializadas para emplearse como obreros en las fábricas (Quigley, 1998, p.134).

Las nuevas viviendas para albergar a la población creciente y migrante, empezó a situarse en espacios sobrantes entre las fábricas, cobertizos de las estaciones del ferrocarril y en las orillas de la urbe, la demanda habitacional abrió un espacio comercial para la compra y venta de lotes en las afueras de los centros urbanos (Antequera, 2005, p.118) o mejor dicho, la tierra se volvió un artículo de consumo (Mumford, 1961, p.694). Este modelo de urbanización no respetó los usos históricos, topográficos o las necesidades sociales, la población demandante adquirió sus propiedades a pesar de la precariedad urbana (Antequera, 2005, p.118).

El nuevo modelo económico permitió ponerle precio y competitividad a la tierra (Hannerz, 1986, p.38), tal y como lo señala Mumford (1961) “Los intereses monetarios se impusieron progresivamente a los intereses de la tierra en el trazo y la edificación de los nuevos barrios de la ciudad” (p.693). Con ello, la producción a gran escala no conoció límites, los centros urbanos se multiplicaron, las aldeas llegaron a ser ciudades y las ciudades se convirtieron en megalópolis (urbes con un millón de habitantes) y la vivienda y todo lo urbano se masificó (Antequera, 2005, p.122).

La rápida urbanización configuró la morfología de las ciudades, el crecimiento se dio tanto en las alturas como en los horizontes (Antequera, 2005, p.124). El territorio entró en competencia, los habitantes más fuertes (económicamente) ocuparon los espacios más ventajosos y que mejor se adaptaban a sus demandas (Hannerz, 1986, p.39), desde esta perspectiva, los espacios con redes de agua, desagüe, gas, electricidad y transporte eran los más atractivos y propicios para su urbanización.

⁸ Durante esta época, las formas de asentamiento humano han evolucionado, las economías en las ciudades han crecido a un ritmo sorprendente. En los últimos 70 años la población mundial se ha triplicado y más de 2 mil millones de personas se han mudado a vivir a las urbes (Amar y Byambajargal, 2009).

Es aquí en donde las redes como las comunicaciones, el transporte, los sistemas de agua, energía y alcantarillado han propiciado una mayor urbanización y crecimiento de las ciudades industriales (Castells, 1978; Capel, 2002). Pero en particular el transporte desde su invención ha evolucionado para compartir una relación bilateral con la urbanización, que hasta el momento parece ser interminable, puesto que este último permitió al habitante urbano vivir más lejos de las zonas de trabajo (Hannerz, 1986, p.39).

En resumen, el modernismo es el resultado de la industrialización y la superurbanización y su mayor esplendor solo puede ser comprendido en las urbes, es por ello que el mismo tiene una implicación intrínseca con la ciudad, para Mumford (2009, p.210) la ciudad moderna es la comercial en la que todo es capital y lucro, para Wackernagel y Rees (2001) “la ciudad es la cúspide del logro humano” (p.25) y sobre el modernismo Harvey (2008) lo describe como “la reina de las ciudades” (p.34). Por su parte Gorelik (2003, p.1) expresa que debatir lo moderno es debatir la ciudad. En este sentido la ciudad moderna representa un conjunto de cambios (problemas), sociales, espaciales, económicos, culturales y últimamente ambientales.

El problema de la super urbanización en si no es su crecimiento como tal, más bien es en la forma como se ha dado, como bien lo ha dicho Gehl (2014) en estos momentos y en adelante, el debate de la ciudad moderna se centra en su falta de planificación que ahora solo se acelerará más, tanto en ciudades nuevas como las ya existentes, conforme se expanden.

1.2. La expansión urbana y la suburbanización

Las ciudades modernas crearon un nuevo tipo de reorganización territorial como respuesta al incremento poblacional, a medida que estas se modernizaron, expandieron su superficie y disminuyeron sus densidades, es decir, cuando la urbe se desarrolla, los nuevos asentamientos que se construyen en la periferia disminuyen el número de habitantes por superficie al alejarse del centro urbano (Bruegmann, 2005), concepto reconocido en la literatura anglosajona como “urban sprawl” (expansión urbana) (Burchell, et al. 1998; Ewing, Pendall y Chen, 2002; Bruegmann, 2005; Nechyba y Walsh, 2004).

Ewing et al. (2002) definen la expansión urbana como “el proceso en el que la expansión del desarrollo en el paisaje supera con creces el crecimiento de la población” (p.3) y se da de forma casi homogénea en cuatro dimensiones:

- Una población ampliamente dispersa en el desarrollo de baja densidad; casas, tiendas y lugares de trabajo rígidamente separados.
- Una red de caminos marcados por grandes bloques y acceso deficientes.
- La falta de centros de actividad bien definidos y prósperos, como centros de la ciudad y centros urbanos.
- La falta de opciones de transporte, la relativa uniformidad de las opciones de vivienda y la dificultad de caminar.

La baja densidad, es una de las características capitales de la expansión (Burchell, et al., 1998, p.6) comprendido en términos económicos, asociadas al empleo, valores de suelo e inversiones (Barton, 2006, p.29). El cual puede tomar diferentes formas por medio de desarrollos urbanos⁹ (habitacionales, comerciales y comunicaciones) (Nechyba y Walsh, 2004, p.178) y se da de forma ilimitada y no contigua hacia fuera desde el núcleo sólido de una ciudad (Burchell, et al. 1998, p.6).

La expansión se manifiesta comúnmente a través del crecimiento urbano morfológico, en espacios anteriormente rurales (Barton, 2006, p.29) bajo una demanda habitacional. En un proceso de urbanización en el cual se incorporan tierras adicionales al perímetro urbano (periurbanización), de igual forma la expansión puede rebasar los límites territoriales, abrazando ciudades vecinas (conurbación), ambos procesos cambian el uso de suelo, transforman el paisaje rural y expanden el territorio de la ciudad (Aguilar y Escamilla, 2011, p.5; Aguilar, 2009, p.21).

La preferencia de vivir alejado del centro urbano tiene relación con la sobrepoblación, congestionamiento, ruido y contaminación que surgió durante la superurbanización, resultado de la urbe industrial (Hall, 1996, p.58) no solo en los centros urbanos, sino en la misma periferia. Los habitantes económicamente aptos, establecieron sus viviendas fuera del conurbado, entre lo rural y lo urbano, en los denominados suburbios, “edge cities” (ciudades periféricas) (Nechyba y Walsh, 2004), ciudades satélites o ciudades dormitorios (Barton, 2006). Tanto fue así que el crecimiento de las

⁹ En la mayoría de los casos la expansión se da bajo una lógica de demanda urbana que suele ser desarrollos residenciales tanto para clases de alto nivel socio-económico como unidades habitacionales de interés social de gran extensión para sectores pobres, acompañados de desarrollos comerciales y corporativos y de grandes obras de infraestructura como redes de carreteras (Aguilar y Escamilla, 2011, p.5; Aguilar, 2009, p.21).

ciudades ya no se podía dimensionar de avenida por avenida o de manzana por manzana, sino de suburbio por suburbio (Mumford, 1961, p.715).

En este sentido, la suburbanización es uno de los productos de la expansión urbana, consiguiente a la industrialización. Dicho modelo se apropia de los espacios rurales conservando elementos del paisaje natural; arbolado, jardines y parques existentes (Dematteis, 1996, p.10). El suburbio vio su florecimiento gracias al territorio y la movilidad tal y como lo refiere Brindle (2003, p.70) él subraya que la movilidad, dispersión y heterogeneidad se habían convertido en el sello distintivo de las ciudades suburbanas.

El territorio es el primer elemento de suburbanización en las urbes, al menos se sabe que ciudades limitadas de espacio (propicio para la urbanización), mantienen características más densas y compactas, en cambio ciudades abiertas ofrecen más libertades de crecimiento, porque el precio de la tierra periférica es más bajo, es decir existe una oferta mayor de tierra (Li et al, 2009, p.424).

También hay que considerar la movilidad, ya lo decía Sennett (1994) “el individuo moderno, es por encima de todo un ser en movimiento” (p.274). Desde esta mirada el movimiento es el elemento vertebral del modelo suburbano. Porque a medida que el territorio se expande, de igual modo se incrementan las distancias, por ende, la movilidad debe garantizar la reducción en tiempo de las distancias.

Sin la posibilidad de movimiento la suburbanización hubiese fracasado desde sus inicios (siglo XX), por ejemplo, en New York, el primer sistema de transporte en satisfacer la movilidad de los habitantes suburbanos fue el tranvía (Hall, 1996, p.67). Londres planteaba la construcción de un sistema de transporte interurbano (metro, tren y tranvía) para satisfacer las necesidades de movimiento de los habitantes de distritos del casco urbano londinense, tanto para traslados cortos como largos (Hall, 1996, p.58).

A medida que el modelo suburbano prevalecía en el diseño de las ciudades, el movimiento ganó mayor demanda, en este escenario, los habitantes necesitaban trasladarse de la manera más autónoma y rápida posible. Después de años de desarrollo y perfección de diferentes tecnologías, el carro de combustión interna había llegado al mercado, este sistema de transporte tenía reputación de ser más rápido, seguro y confiable y a pesar que aún no existían las condiciones para su uso (infraestructura) no implicó que su aplicación al uso privado fuera un éxito (Ladd, 2008, p.13-15).

Con este nuevo sistema de transporte, desde los años veinte del siglo pasado, los tranvías y ferrocarriles perdieron clientes en favor del automóvil, las zonas que

abandonaron fueron ocupadas por las nuevas autopistas (Hall, 1996, p.294) y a partir de dicha invención es difícil imaginar una ciudad sin este tipo de transporte (Jaffe y Koning, 2016, p.45).

1.2.1 El modelo suburbano orientado al uso del automóvil

La vida suburbana al fin había encontrado un aliado para facilitar el crecimiento de las urbes como nunca antes, Castells (1978) expresa que “el automóvil habría formado la megalópolis, después del tranvía, que fundamentaría las grandes aglomeraciones industriales” (p.230).

El ciclo de crecimiento de las urbes sugiere, que primero se dio la “expansión suburbana y después la posesión masiva de vehículos, pero éste, a su vez originó que los barrios residenciales suburbanos se extendieran con mayor facilidad, y más lejos de lo que el transporte del momento hubiera permitido” (Hall, 1996, p.326).

Sheller (2011, p.294) refiere al uso del automóvil como una etapa de suburbanización masiva, recalcando el rol que este medio de transporte tiene como agente de expansión de las urbes contemporáneas. Frumkin, Frank y Jackson (2004) aseguran que esta configuración urbana obliga al automóvil como único medio para acceder por la forma en que los individuos de la ciudad se desplazan de un lugar para otro.

Por ejemplo, la posesión de un automóvil en la década de 1920 le permitía al trabajador normal y corriente estadounidense vivir más lejos de su lugar de trabajo (Hall, 1996, p.288), pero además le satisfacía otros tipos de movilidad por la autonomía e individualismo (Ladd, 2008, p.16).

Existe un antes y un después del automóvil en la suburbanización de las ciudades. El antes, una vida suburbana en función de la red de transporte masivo (tren y tranvía), con crecimientos dentro de los límites urbanos y orientados al transporte (Hall, 1996, p.286). El después, una vida suburbana con acceso al automóvil, una rápida expansión y dispersión a través del modelo suburbano, al cual resulta difícil de proporcionarle servicios de transporte público (Brindle, 2003, p.68) por su baja densidad.

O como bien lo ha señalado Jacobs (2011) la dispersión de los usos de suelo demanda una mayor necesidad de usar coches, y “una mayor accesibilidad en automóviles privados se acompaña inexorablemente de una menor comodidad y eficacia del transporte público” (p.390). y a medida que el automóvil estuvo disponible económicamente para las masas, gracias a la producción en serie de Henry Ford (Hall, 1996, p.286) ganó terreno como un sistema de transporte confiable, veloz, seguro y flexible que

generalmente exceden los ofrecidos por el transporte público (Woldeamanuel et al., 2009, p.372).

Lo que implicó una restructuración de la morfología urbana con la construcción de grandes redes de carreteras y autopistas que dominan el paisaje construido (Sheller 2011, p. 291). Es decir, la automovilidad dio como resultado un entorno construido que favoreció al modelo suburbano. Cervero (1998, p.50) recalca que, desde la aparición del automóvil, la mayoría de las intervenciones que se generan en la infraestructura urbana son para reducir las distancias y congestión a los usuarios, especialmente a los habitantes más dispersos o suburbanos.

Es por esta razón por la que el automóvil tiene una relación bilateral con el modelo de suburbio, especialmente se relaciona con la morfología de las ciudades estadounidenses desde los años veinte del siglo pasado, con sus altibajos en la crisis de los treinta, pero retornando con mayor esplendor después de la segunda guerra mundial, en Europa el uso masificado del automóvil llegó cuarenta años tarde, entre 1945 a 1975 fungiendo como el principal agente de suburbanización (Hall, 1996, p.326).

En América Latina el modelo suburbano se impregnó en la morfología de las ciudades después de los años setenta, pero, fue más como agente de segregación social, por la inseguridad que se vive en las urbes, que curiosamente empalmó al mismo tiempo que el uso del automóvil se masificó (Sabatini, 2003, p.6).

El uso del automóvil desde su llegada al consumidor, sigue siendo el modo de transporte dominante para la mayoría de las personas en las economías avanzadas del mundo y su relación con el modelo de suburbio disperso es innegable, y se está expandiendo rápidamente a países de economías en vías de desarrollo (Sheller, 2011, p.291). Mumford (1961) considera que “el automóvil constituye una condición obligatoria e inaudible de la existencia suburbana” (p.821) incluso lo llama “*el alma de la casa suburbana*” (p.843).

Existe un debate hoy en día que cuestiona, si la suburbanización influye en la motorización de las ciudades o viceversa, si la motorización origina una mayor suburbanización, es como el dilema: qué fue primero “el huevo o la gallina” y hasta el momento es difícil poder aclarar la interrogante. Al menos se reconoce la relación recíproca que existe entre ambos. Como bien lo refirió Hall (1996, p.326) de forma metafórica, la residencia suburbana es la gallina y el huevo es el automóvil, entre más vida suburbana, mayor será la propiedad y uso del automóvil.

Al respecto, Ewing et al., (2002) decía que a medida que las ciudades sigan dispersándose dará como resultado que las personas tiendan a “conducir distancias más grandes, poseer más automóviles, respirar más aire contaminado, se enfrenten a un mayor riesgo de muerte por siniestros viales, tiendan a caminar menos y a no usar el transporte público” (p.5).

1.3 Las huellas de la automovilidad como agente de urbanización

Una de las características capitales de la ciudad moderna fue el uso del automóvil como medio de transporte privado, o como bien lo ha escrito Mumford (1961, p.837) nos encontramos en la “era del automóvil”. Sin esta tecnología de transporte las ciudades distarían mucho de lo que ahora observamos, sin olvidar que la expansión y el modelo suburbano se relacionan intrínsecamente con el uso del automóvil.

Dicho medio de transporte conllevó consigo mismo un entorno construido que dio identidad a la ciudad moderna, con la construcción de amplias avenidas, destinada principalmente a facilitar la circulación de vehículos (Mumford, 1961, p.714). Puesto que la ciudad moderna desde su función fue diseñada en red, al existir interacción entre todos los puntos de la misma (de acuerdo al modelo económico) era necesario la existencia de conductos, es decir, vías de movimiento, de acuerdo a los principios de la circulación urbana, entre “más rápido sea el flujo, mayor será la riqueza, la salud y la higiene de la ciudad” (Swyngedouw, 2006, p.30).

Bajo esta línea de pensamiento y con una creciente motorización en las urbes, el urbanismo moderno sembró sus bases principalmente en la construcción de redes carreteras, con el fin de brindar mejores condiciones de movimiento a los habitantes cada vez más dispersos y autodependientes (Gehl, 2014). La planificación de las ciudades estuvo dominada por una generación de analistas de tráfico, sus estudios parecían demostrar que inexorablemente había que construir grandes tramas de autopistas urbanas para así poder absorber el creciente tráfico (Hall, 1996, p.326).

Estados Unidos fue el precursor de esta doctrina de planificación urbana enfocada al automóvil porque fue el primer país en motorizarse¹⁰ (Hall, 1996, p.326) pero rápidamente se transmitió al resto del mundo (Mumford, 1961, p.716) conforme se

¹⁰ Gracias a la revolución de Ford, los Estados Unidos fue el primer país del mundo que pudo poseer el mayor número de automóviles, para 1927 se construyó el 85% de los coches del mundo y se tenía un vehículo por cada 5 habitantes (Hall, 1996, p.287).

democratizó el uso del vehículo como medio de transporte privado y a medida que las urbes se industrializaron y expandieron.

Es así como desde la aparición del automóvil, la mayoría de las intervenciones que se generan en la infraestructura urbana son a favor de los usuarios del mismo (Cervero, 1998, p.50). Las calles antiguas de las ciudades que eran incapaces de soportar la invasión motorizada tuvieron que ser ensanchadas y mejoradas (Hall, 1996, p.288). De igual forma, cuando el tranvía perdió terreno a favor del automóvil los espacios que abandonaron fueron sustituidos por carreteras y autopistas (Hall, 1996, p.294).

El propósito de hacerle frente al intensivo y cada vez más difundido uso del automóvil era muy simple, incluso lógico, destinar el mayor número de espacio libre para el tránsito y el estacionamiento, de acuerdo a la planificación de la circulación urbana; cuando una arteria se satura, la solución es ampliar la misma o construir otras (alternas) para dar mayor circulación, pero dicha solución solo es momentánea, más bien, sucedía exactamente lo contrario, más vías y más espacio para estacionar resultaban en más automóviles (Gehl, 2014, p.9).

Además, la oferta inmobiliaria creció en torno a los principales accesos carreteros (Delgado, 2012, p.132) y nuevamente se tenían que construir más vías, que resultaba en una mayor urbanización, no solo de áreas habitacionales y carreteras, sino también centros comerciales, centrales eléctricas, terminales de autobuses y aeropuertos (Aguilar y Escamilla, 2011, p.5; Aguilar, 2009, p.21). Dicha infraestructura urbana elimina del paisaje el arbolado y demás elementos naturales (Gehl, 2014, p.180).

En sí, la urbanización significa sustituir usos y coberturas de suelo natural y agrícola por superficies urbanas, que afecta el equilibrio natural y la salud de la ciudad, dicho de otra manera, se reemplaza el suelo natural por superficies impermeables que reduce la cantidad de agua caída que es retenida por la copa de los árboles hasta llegar al suelo, la cual afecta la evapotranspiración y altera los tiempos y volúmenes de recarga de los mantos acuíferos (Romero y Vázquez, 2004, p.101 y 102).

Desde esta perspectiva el suelo impermeable altera los balances de energía. Implica que aumente la reflexión de la radiación solar, en vez de ser absorbida por el suelo permeable, mismo que provoca áreas con mayores temperaturas e islas de calor (Romero y Vázquez, 2004, p.101 y 102).

Además, se tiene que considerar que la urbanización (expansión urbana) “implica (...) aumentar la contaminación atmosférica como consecuencia de los más largos recorridos entre los hogares dispersos y los lugares centrales de servicios, estudio y

trabajo” (Romero y Vázquez, 2004, p.2). En donde el automóvil funge como principal medio de transporte el cual libera una gran cantidad de bióxido de carbono (CO₂) principal causante del cambio climático (Rascón, 2012, p.67).

También hay que considerar que la industria automovilística requiere de grandes cantidades de energía directa o indirectamente, la producción de una unidad requiere de dos toneladas equivalentes de petróleo y numerosas cantidades de productos industriales como acero, aluminio, caucho, pintura, vidrio y plástico que de igual forma para su fabricación requieren de energía y por ende contaminan, es un costo que el medio ambiente debe adsorber (Santamarta, 2002, p.106).

Durante la vida útil del automóvil genera residuos de aceites y gasolinas responsables de la contaminación del suelo y agua y cuando llega a su fin se necesita nuevamente de superficie donde estará guardado esperando algún día ser reutilizado, mientras esto sucede los materiales¹¹ que usa para su construcción seguirán contaminando el suelo y agua, y por si fuera poco se estima que las deposiciones ácidas de cada auto causan la muerte de tres árboles y dañan seriamente a otros treinta (Santamarta, 2002, p.106).

No se puede negar que la motorización modifica los balances de energía, el resultado de estos componentes ha dejado una huella ecológica en las urbes, que todos debemos pagar sin importar si somos o no usuarios del “anhelado automóvil” por toda la urbanización que dominan el paisaje construido (Sheller 2011, p. 291) en donde, al parecer todo gira alrededor del uso del vehículo. Es decir, la automovilidad da como resultado un entorno construido que afecta la estructura ambiental del ecosistema urbano.

Para Hall (1996, p.135) el automóvil es una “*bendición disfrazada*” y para Mumford (1961, p.716) este modelo de planificación urbana ha sido un error, además de modificar la morfología urbana y expandir la ciudad, el uso del automóvil se ha concentrado en suprimir estructuras sociales como la escala pedestre¹² y aumentar los problemas de salud relacionados con el sedentarismo (Gehl, 2014, p.7). Se ha calculado que el coche acorta en promedio la vida en 820 horas, debido a accidentes mortales de tráfico; según las estadísticas uno de cada cien conductores morirá en accidentes de tránsito (Santamarta, 2002, p.106).

¹¹ Los materiales son: cadmio, plomo, cobre, cromo, níquel, zinc y PCBs (Santamarta, 2002, p.106).

¹² La escala pedestre o también conocida como escala barrial se refiere a la morfología urbana que permite al habitante caminar para acceder a cualquier bien o servicio.

En resumen y de acuerdo con Cervero (1998) él menciona de manera muy clara una lista de problemas locales y globales que los críticos han señalado como culpable a la cultura automovilística que se repite de manera homogénea en las diferentes escalas urbanas:

La expansión urbana (...) las muertes prematuras por accidentes, la contaminación del aire, el desarraigo de los barrios urbanos, el aislamiento social y la segregación de clases, el agotamiento de los combustibles fósiles, el cambio climático, la contaminación acústica y la explotación de las economías del Tercer Mundo (para satisfacer el consumo del Primer Mundo y las demandas energéticas). (p.26)

1.3.1 El metabolismo del automóvil, energía, emisiones y huella de carbono

La energía o mejor dicho, la transformación de la energía tiene un vínculo estrecho con el movimiento, desde la antigüedad se ha luchado por usar la energía disponible en la naturaleza como medio de movimiento, desde la fuerza animal¹³ (Braudel, 1983, p.349) hasta la fuerza de las corrientes de viento o agua¹⁴ (Mumford, 1971, p.127), pero cuyas desventajas espaciales y temporales¹⁵ han orillado al ser humano a buscar otras formas de energía más dóciles y manejables.

No fue hasta 1859 cuando el petróleo fue extraído por pozos perforados¹⁶, para posteriormente ser explotado (Mumford, 1971, p.255) como la principal base energética del mundo¹⁷. Gracias a sus características químicas, enlaces de moléculas de hidrógeno y carbono principales elementos de combustión (Ortuño, 2009, p.37-45), además, por ser liviano (Mumford, 1971, p.255) almacenable y transportable, ganó mayor utilidad y versatilidad. Sus primeras aplicaciones estaban más relacionadas con sus propiedades caloríficas y lumínicas, pero a medida que su transformación permitió ser empleada en otros medios de transformación energética no conoció decadencia.

¹³ El caballo fue uno de los animales más usado como medio de fuerza para el transporte, a finales del siglo XVII solo en Alemania el número de equinos utilizados para el transporte se estima en 40,000 (Braudel, 1983, p.349).

¹⁴ La rueda hidráulica había sido usada por los egipcios para elevar agua y quizás por los sumerios para otros fines, seguramente durante la era cristiana los molinos de agua se habían hecho bastante comunes en roma. El molino de viento por su parte es proveniente de Persia en el siglo VIII (Mumford, 1971, p.127).

¹⁵ La energía directa de la naturaleza ya sea a través del sol, viento o agua no está presente en todas las latitudes del planeta y también puede variar en el tiempo, es decir, es temporal.

¹⁶ El petróleo ya era conocido y utilizado por las antiguas civilizaciones para usos medicinales y prácticos como lubricante, pero no fue hasta 1859 que se extrajo por pozos perforados para su uso a gran escala (Mumford, 1971, p.255)

¹⁷ Se estima que los productos del petróleo y del gas natural representan más del 65% del suministro de energía del mundo (Ortuño, 2009, p.46).

Después de años de desarrollo y perfección de diferentes tecnologías, el motor de combustión interna y específicamente su adaptación al automóvil había encontrado en los combustibles derivados del petróleo una fuente de energía inmejorable (Ladd, 2008, p.13-15). Para ese entonces el motor a vapor, cuyo combustible era el carbón, fungía como la principal fuente de movimiento y su aplicación a carros estaba madurando¹⁸ pero no pudo competir con esta nueva fuente de energía que no necesitaba suministro constante y cuya construcción era posible en aplicaciones más pequeñas (Mumford, 1971, p.256).

Los combustibles del petróleo crearon una alianza energética con el automóvil que desplazó otros medios de transporte y otras fuentes de energía. Mumford (1971) describe: “el automóvil, la energía y el movimiento ya no estaban encadenados a las vías del ferrocarril: con un vehículo se podía viajar tan rápido como un tren” (p.256). Gracias a la energía del petróleo y al vehículo, el movimiento ahora puede ser privado y estar disponible cuando se necesite.

En este sentido, el automóvil (el medio) con el que es posible el movimiento se puede definir como una máquina de intercambio de energía, enmarcada dentro de la primera ley de la termodinámica que establece: la energía no se crea ni se destruye solo se transforma, entonces, el beneficio del movimiento adquirido por el automóvil requiere transformar energía para entregar trabajo o fuerza motriz (Barbosa et al., 2010, p.34 y 35).

Desde esta postura, el movimiento es parte esencial de las relaciones socio-económicas de la urbe, donde claramente se necesita de medios de transporte para el desarrollo de las diferentes actividades productivas. Dichas actividades consumen recursos y desechan emisiones y residuos, conocido como metabolismo urbano¹⁹ (Díaz, 2014, p.54). Sin olvidar que las actividades económicas requieren de sistemas de transporte debido a la morfología expansiva de las ciudades industriales, en donde la ciudad (o bien el transporte) consume recursos (alimento), lo transforma en energía (digestión) y emite residuos (desechos).

En este contexto, la ciudad entendida como un sistema dinámico funciona gracias a los flujos de energía (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000, p.22) y a los medios de

¹⁸ El primer automóvil se construyó alrededor de 1771 y fue fabricado por el ingeniero francés Cugnot, consistía en un triciclo con un motor a vapor con dos cilindros (Cernuschi, 2005, p.14).

¹⁹ Entiéndase el metabolismo urbano o socioeconómico como el intercambio continuo de materiales y energía necesario para el funcionamiento, crecimiento y reproducción económica de la ciudad, es decir, los sistemas sociales convierten las materias primas en productos manufacturados, servicios y finalmente en desechos (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000, p. 21 y 22).

transporte configurados en estructura de red (Delgado, 2012, p.130), mismos que representan un eslabón esencial para el funcionamiento urbano moderno. Desde esta perspectiva el metabolismo urbano engloba el ambiente urbano en su totalidad, es un concepto general, pero de manera particular cada actividad dentro del ambiente urbano representa un metabolismo, en este sentido, el transporte por si solo representa un intercambio de materia con el ambiente, por consiguiente, debemos entre a este mismo como un metabolismo de la movilidad.

Por su parte, Fischer-Kowalski y Haberl (2000, p.22) refieren que el consumo de energía de una sociedad, incluido el transporte, no corresponden en su totalidad a la satisfacción de las necesidades biológicas, el insumo de energía (o materiales) está determinado por la producción y estilo de vida de cada sociedad a lo que ellos llaman “perfil metabólico característico” el cual depende del desarrollo económico y tamaño de población de cada sociedad. No obstante, el metabolismo de la movilidad también tiene un perfil metabólico, y este a su vez también varía de persona en persona y de sus capacidades económicas, sociales, físicas y culturales.

Esto quiere decir, que cuando las personas alcanzan el umbral económico (Brindle 2003, p.71) se apropian del vehículo como único medio para acceder. De acuerdo con Brindle (2003) este tipo de conducta crea un “estilo de vida o cuyas necesidades imponen exigencias de movilidad que solo un automóvil puede satisfacer, es decir, es alguien que no puede imaginar viajar de otra manera que no sea en automóvil, incluso si pudiera hacerlo de otra forma” (p.71).

La exageración del patrón de consumo y movilidad no es más que el aumento del metabolismo de la movilidad que se traduce en un aumento de la contaminación. A nivel mundial se estima que el metabolismo del transporte contribuye con el 22% de las emisiones de bióxido de carbón (CO₂) principal gas de efecto invernadero a nivel mundial y aproximadamente el 75% corresponde a vehículos en circulación en las vías (Delgado, 2012, p.130).

Como se ha señalado anteriormente, la expansión urbana y el modelo de barrio suburbano tienen una relación intrínseca con el uso del automóvil, porque la vida de las personas en las ciudades no es estacionaria, gran parte de las actividades implica movimiento (Jaffe y Koning, 2016, p.41). En esta orden de ideas, la expansión urbana tiende a incrementar las distancias de los desplazamientos, donde, el automóvil funge como un buen medio, es decir, a medida que la ciudad crece, implica que el metabolismo

de la movilidad demande más recursos energéticos, cuya fuente de energía se obtiene por la quema de combustibles de origen fósil (Gonzalez, 2009).

Además, el parque vehicular sigue en aumento constante, lo que implica un alza en la demanda de combustibles y como proceso final una mayor contaminación a pesar de la eficiencia energética lograda por la industria automotriz, que solo crea falsas esperanzas de resolución a los problemas ambientales porque no reduce el uso del mismo (Santamarta, 2002, p.106).

Hasta este punto la crisis ambiental es prácticamente irreversible, sin embargo, lo que se haga hoy ayudará a cambiar el futuro, pero no se puede cambiar nada sin saber a lo que se enfrenta realmente, es decir, se debe cuantificar el daño que se ocasiona, afortunadamente desde finales de la década pasada, científicos han desarrollado indicadores para medir la carga que nuestro planeta puede soportar con nuestro actual sistema de consumo, como lo es la huella ecológica.

La huella ecológica fue propuesta en 1996 por Wackernagel y Rees (2001). La huella ecológica representa el área de tierra necesaria para sostener el actual nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una población dada (aldea, pueblo, ciudad, país o planeta) (Wackernagel y Rees, 2001, p.20) es decir, es un indicador del metabolismo urbano en base a la sostenibilidad y toma en cuenta las siguientes categorías:

1. Cultivos: área para producir los vegetales que se consumen.
2. Pastos: área dedicada al pastoreo de ganado.
3. Bosques: área en explotación para producir la madera y el papel.
4. Mar productivo: área para producir pescado y marisco.
5. Terreno construido: áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras.
6. Área de absorción de CO₂: superficie de bosque necesaria para la absorción de la emisión de CO₂ debido al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía. Se contabilizan consumos en la producción de bienes, gastos en vivienda y transportes, entre otros (Moreno, 2005, p.1).

En base a lo anterior, la huella de carbono²⁰ es una subcategoría de la huella ecológica y se puede concebir como una categoría metabólica de la huella ecológica. Wiedmann y Minx²¹ (2007, p.2) refieren que la palabra empezó a utilizarse en la academia

²⁰ La huella de carbono como indicador ambiental, toma en cuenta el CO₂ a pesar que existe otros GEI, sin embargo, muchos de ellos no están basados en carbono o son más difíciles de cuantificar debido a la disponibilidad de datos (Wiedmann y Minx, 2007, p.5).

²¹ Estos autores ofrecen un repertorio amplio de la definición de huella de carbono.

anglosajona después del 2005 bajo el nombre de “*carbon footprint*” y la definen como “una medida de la cantidad total exclusiva de emisiones de bióxido de carbón que es causada directa o indirectamente por una actividad o se acumula durante las etapas de vida de un producto” (p.3).

Para Pandey, Agrawal y Pandey (2011) la huella de carbono se define como el área de tierra requerida para asimilar el CO₂ producido por la humanidad, durante su vida, pero, además, se debe considerar como un indicador potencial de provocar el calentamiento global, considerado el CO₂ como uno de los principales GEI.

Carballo y García (2008, p.10) añaden que la huella de carbono se puede calcular en cantidades de CO₂ o bien, en hectáreas de bosques necesarias para absorber el contaminante. De esta última forma, es posible dimensionar su impacto (huella) sobre la tierra a causa de las actividades de origen antropogénicas.

La huella de carbono tiene una relación directa con el consumo de energía (metabolismo) para la alimentación, hogar, transporte, bienes de consumo y servicios en relación al consumo de combustibles fósiles (Carballo y García, 2008, p.10). Desde esta perspectiva cada actividad humana genera una huella de carbono específica a diferentes escalas.

Wiedmann y Minx (2007, p.4) precisan que la huella de carbono debe ser concreta, tomando en cuenta toda actividad de los individuos, poblaciones, gobiernos, empresas, procesos, sectores industriales, productos, bienes y servicios. Obviamente el transporte en sus diferentes formas, tiene una huella de carbono específica por su relación con los combustibles de origen fósil.

Como se ha visto anteriormente el uso del automóvil en las ciudades, a medida que se intensifica, incrementa las emisiones de CO₂, desde esta mirada la huella de carbono es un indicador adecuado para dimensionar las afectaciones al medio ambiente provocado por el uso del vehículo privado.

1.4 Desurbanización de la ciudad central y pérdida de habitabilidad por la expansión urbana (suburbana) y el aumento del parque vehicular

La expansión urbana tiene muchas formas o a la que Ewing et al. (2002) llama “la naturaleza multifacética de la expansión” (p.9) como se ha señalado anteriormente, el

crecimiento urbano ha dado origen a diversos problemas socio-económicos y ambientales hablando netamente del proceso de urbanización.

Pero, además, el crecimiento urbano disperso y suburbano conlleva una desurbanización o despoblamiento del centro urbano de una ciudad, en donde las personas migran de la ciudad central, hacia las orillas en búsqueda de mejores condiciones habitacionales, esto mismo conlleva una pobreza social en el centro de la ciudad y una degradación del espacio público (Ewing et al., 2002, p.7).

Los sectores medios y altos de la sociedad tienden a aislarse en los suburbios de la ciudad, dejando el espacio público de la ciudad central a sectores pobres o de bajos ingresos, que comúnmente se asocian como peligrosos para dichas clases, de esta forma el espacio público pierde gradualmente su función convivencial (Borja, 2012, p.343).

Borja (2003, p.60) describe que a causa del aislamiento de ciertas clases sociales y otros problemas más, el espacio público ya no brinda las comodidades y libertades que las personas solían tener, el espacio ya no es protector ni protegido, más bien en él se evidencian los miedos de unos, la marginación de otros y la violencia que todos sufren.

La ciudad central tiende a verse como un sitio peligroso, poco atractivo para la vivienda y convivencia social, se evita por los obstáculos urbanos, el ruido, la polución, la poca cantidad de espacio y el riesgo de accidente, desde esta mirada el espacio público que tradicionalmente se ocupa como encuentro social y foro espacial se ha ido reduciendo e incluso se ha eliminado (Gehl, 2014, p.3).

Y en gran parte se debe a que la administración pública se ha centrado en la construcción de grandes tramas de carreteras y de todo un entorno construido a favor de los habitantes dispersos y autodependientes, lo cual ha llevado a otorgar menor prioridad al espacio público y al rol de la ciudad como lugar de encuentro para sus habitantes (Gehl, 2014, p.3).

Borja (2003) ha descrito tal escenario como “la crisis de la ciudad” (p.61 y 62) además del centro urbano, la crisis se ha hecho presente en los alrededores, con la imposición de un modelo de desarrollo urbano, económico y social, que se observa a creces en la forma de hacer ciudad y de cómo sus habitantes usan el territorio gracias a las infraestructuras de comunicación.

Conforme el automóvil ganó mayores prestaciones, las ciudades se vieron invadidas de forma masiva por el vehículo, dicho medio de transporte dio inicio a un proceso de erosión para la vida urbana, la competencia por el espacio siempre tuvo un

ganador (el automóvil) debido a que la dimensión humana no ha sido una prioridad en el diseño urbano de la ciudad moderna (Gehl, 2014, p.5 y 6).

Jacobs (2011, p.377) también menciona que el automóvil se volvió un fastidio en las ciudades, además de los problemas de tráfico, el vehículo se tornó en un instrumento poderoso de destrucción urbana, porque para albergarlos, las calles de las urbes se han degradado, lo cual afecta al peatón. A lo que algunos llamaron “una guerra entre automóviles y peatones” (Jacobs, 2011, p.382).

A medida que el automóvil desplazó la vida peatonal, se perdió gran parte de actividad social de la ciudad. Gehl (2014, p.22) describe la importancia de la vida y actividad social, por medio de ellas hay numerosos intercambios sociales, porque si las calles están vacías y desoladas, simplemente no ocurre nada. Para él, las actividades sociales incluyen todas las formas de comunicación que se dan entre las personas, y que requieren la presencia de otra persona.

Sin embargo, el automóvil como objeto, no es el problema, Jacobs (2011, p.387) dice que el objetivo no debe ser la segregación total del automóvil, más bien es como reducir en absoluto, el número de vehículos privados y conseguir que los que queden (transporte público y de carga) trabajen mejor y con más eficiencia.

1.4.1 Segregación social a causa de la dispersión urbana y la alta automovilidad

La forma en cómo se hecho la ciudad, se caracteriza por la fragmentación y segmentación del territorio (Borja, 2003, p.62). Por una parte, los residentes urbanos de alto ingreso, en busca de mejores espacios para vivir o por miedo al crimen que a menudo lo asocian con grupos étnicos de bajos ingresos, construyen espacios defendibles que brinden seguridad y estatus (Jaffe y Koning, 2016, p.36).

Además, el desplazamiento puede ocurrir a través del mercado inmobiliario, de una manera menos violenta (Jaffe y Koning, 2016, p.37). Estos grupos se apropian de espacios retirados del resto urbano, a pesar de las distancias y tiempo de traslados, el cual no es problema para ellos, por su alta capacidad económica pueden adquirir o utilizar el automóvil.

Por la otra parte, las personas de menores ingresos quedan confinadas en barrios centrales o bien se mudan a vivir a las periferias, en viviendas sociales o de bajo precio, en un escenario carente de servicios de transporte, al no contar con automóvil y la escasez del transporte público, se ven afectados en satisfacer sus necesidades básicas de

movilidad, como resultado, muchas personas quedan excluidas, apartadas o aisladas de las oportunidades urbanas (Lucas, 2013).

Y a medida que el espacio continúa aumentando, la expansión aumenta la polaridad con los nodos centrales, los grupos sociales menos rentables tienden a desconectarse cada vez más al margen de la infraestructura y la inversión sociocultural (Manderscheid, 2011). En gran medida, la infraestructura favorece a los habitantes con automóvil.

En este sentido, poseer un automóvil facilita la movilidad y quienes tienen la capacidad financiera que demanda su uso, pueden incrementar su rango de accesibilidad, pero de aquellos que no, se convierte en un factor de exclusión social, en el entendido que la exclusión social implica la negación del acceso a todo tipo de oportunidades, bienes y servicios (Lizarraga, 2012, p.102).

Cervero (1998, p.50) menciona que el aislamiento significa una incapacidad para alcanzar o incluso averiguar sobre oportunidades de trabajo y argumenta, que los hogares de bajos ingresos gastan hasta una cuarta parte de sus ingresos en transporte, y los que viven en la periferia pueden pasar más de tres a cuatro horas al día para ir y venir del trabajo (Cervero, 1998).

La exclusión social gira en torno a la accesibilidad, el no tenerla implica que las personas no puedan participar en la vida económica, política y social de la comunidad debido a la menor accesibilidad a oportunidades, servicios y redes sociales, donde forzosamente se necesitan recursos para acceder, como: tiempo, dinero, automóviles y combustibles (Cass, Shove y Urry, 2005).

Se puede argumentar que las sociedades dependientes del automóvil no son benéficas para la integración social, al contrario, aumenta la injusticia social, que resultan del aislamiento físico y social de segmentos de la sociedad, como aquellos que son económicamente pobres, discapacitados, jóvenes o ancianos para poseer o conducir un automóvil, todos ellos son excluidos de muchas de las ofertas de la sociedad (Cervero, 1998, p.49).

Con el fin de mejorar sus condiciones socio-económicas, las familias de bajos ingresos están adquiriendo automóviles (en su mayoría usados) como respuesta a la baja accesibilidad que el transporte público les brinda, lo cual implica que sus ingresos se destinen a un fin diferente de sus necesidades básicas, incluso llegando a endeudarse, como consecuencia de la lejanía que existe entre los mercados laborales y la vivienda que cada vez es más periférica (Hine, 2011).

1.5 Reurbanización y desarrollo urbano sostenible

Ewing et al. (2002, p.6) refiere que la expansión tiene implicaciones reales para la vida de las personas tal y como se ha mencionado en los temas anteriores. Ante ello, ha surgido una doctrina de la planificación urbana, con el fin de revertir el modelo disperso y suburbano, característica de las ciudades modernas a nivel mundial.

Nos referimos a la reurbanización, proceso en el que se busca recuperar la población de la ciudad central (López-Gay, 2011, p.165). Pero con una visión de integración urbana, habitacional y socio-económica (Motta y Almasi, 2017, p.162). No es un proceso urbano nuevo, es volver a una de las etapas (ciudad compacta) en la historia de las urbes contemporáneas.

Dicho de otra forma, la reurbanización desde la planificación urbana, busca objetivamente recuperar los espacios que históricamente estuvieron poblados y que al paso de los años perdieron habitantes, es decir, se trata de volver a densificar y compactar los barrios urbanos, por medio de edificaciones verticales, pero con una renovación paisajística de las áreas degradadas (Montenegro, 2018, p.2).

Pero no toda la densificación (ya se a través de la reurbanización) obedece a las dinámicas sociales, desafortunadamente los intereses inmobiliarios, siguen estando presente dentro de la planificación urbana. Para ellos (las inmobiliarias), el mercado debe dar la mayor rentabilidad, por eso han desarrollado edificaciones con diversos grados de densidad y precios (Jaramillo, 2011, p.7) sin tomar en cuenta las complicaciones urbanas que ello pueda generar.

Ewing et al. (2002, p.6) al comparar áreas metropolitanas en Estados Unidos encontró que tanto ciudades más compactas como las más dispersas presentaban los mismos niveles de congestionamiento vial, es decir, la densidad no es garantía de mejores condiciones viales.

Argumentando lo anterior, Jaramillo (2011) expresa que la densidad sin normatividad y a expensas del sector inmobiliario, puede dar resultados negativos, del cual el modelo disperso ha sido objeto de críticas:

La congestión se vuelve temible, los espacios públicos se tornan insuficientes, la provisión de infraestructura aumenta sus costos, y surgen inconvenientes de asoleamiento, paisajísticos, de ruido, etcétera que producen desasosiego y tensiones en el uso de la ciudad y dificultan su operación. (p.3)

Al considerar el inconveniente de la densificación, Ewing et al. (2002, p.6) refieren que las ciudades que deseen mejorar las condiciones para sus habitantes, deben considerar reducir la expansión y promover un crecimiento inteligente con base a 6 principios:

1. Reinvertir en comunidades desatendidas y proporcionar más oportunidades de vivienda.
2. Rehabilitar propiedades abandonadas.
3. Fomentar nuevos desarrollos o reurbanizaciones en áreas ya construidas.
4. Crear y fomentar centros de actividad prósperos y de uso mixto.
5. Apoyar estrategias de gestión del crecimiento.
6. Políticas de transporte sostenible que complementen un crecimiento más inteligente.

Bajo esta línea de pensamiento, ha surgido un concepto clave para la planificación urbana, se trata de un proceso que conlleva cambios profundos en la manera de diseñar y proyectar el crecimiento, regeneración y planeación de las ciudades, desde el ámbito social, económico y ambiental, a lo que conocemos por desarrollo urbano sostenible²² (Velásquez, 2012, p.82).

El desarrollo urbano sostenible impulsa un proceso de mejora integral y continua del bienestar en la calidad de vida de los habitantes, para ello, los entornos urbanos deben considerar cuatro aspectos fundamentales: 1) la gestión y planificación urbana sostenible, 2) el transporte urbano sostenible, 3) la construcción sostenible, y 4) el urbanismo sostenible (Velásquez, 2012, p.82 y 84).

Para llegar a la sustentabilidad, Swyngedouw (1997, p.142) argumenta que además de las formas sociales, económicas y ambientales, se debe considerar el ámbito político, pues, estos factores continuamente deben articularse de acuerdo a las complejidades espaciales, históricas y jurídicas. Por su parte, Cervero (1999) considera la sostenibilidad urbana como:

La administración de los recursos naturales y los creados por el hombre para que la calidad de vida y la salud de nuestras ciudades, campos y espacios abiertos no se deterioren de una generación a otra, pero además considera la salud y el

²² El desarrollo sostenible se define de manera general como “aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987).

bienestar económico, la preservación del significado histórico de las ciudades y las mejoras en las condiciones sociales en generales. (p.39)

Queda claro, el desarrollo urbano sostenible tiene un marco conceptual muy elocuente con las necesidades actuales, pero como toda teoría, dista mucho de la realidad, por los multifactores que lo componen. Ibarra y Moreno (2014, p.174) lo describen como un discurso dentro del imaginario urbano, porque en gran medida, más allá de la planeación, el individuo o los grupos son quienes construyen su verdadera sostenibilidad.

Esto último quiere decir, que la sostenibilidad depende de los patrones de deseos y consumos (influido hasta cierto punto por el mercado) así como la capacidad económica de cada persona, porque si los niveles de vida van más allá de las necesidades básicas, simplemente los recursos no serían capaces de soportar la demanda y por ende, no existiría la sostenibilidad.

Sin embargo, gran parte de la literatura (incluso políticas públicas) sobre el desarrollo y/o planificación urbana sostenible tienen como meta, cambiar (o al menos tratan de cambiar) esos patrones de consumo y estilos de vida, tal y como lo ha referido Naess (2001, p.506):

- Reducir el uso de energía y emisiones per cápita en el área (ciudad, municipio o región) a un nivel compatible con los criterios ecológicos y distributivos para el desarrollo sostenible a nivel mundial.
- Minimizar la conversión y las invasiones en áreas naturales, ecosistemas y recursos del suelo para la producción de alimentos.
- Una minimización del consumo de materiales de construcción perjudiciales para el medio ambiente.
- Un reemplazo de los derechos de propiedad abierta, donde los recursos naturales se transforman en desechos, con ciclos cerrados que dependen en mayor medida de los recursos locales.
- Un ambiente sano para los habitantes de la ciudad, sin contaminación y ruido que dañe la salud de los habitantes, y con áreas verdes suficientes para dar oportunidades a la población de experimentar y relacionarse emocionalmente con la naturaleza.

Bajo estos parámetros, es evidente que el modelo disperso no es para nada una muestra de sostenibilidad, en resumen²³: este tipo de urbanización invade los espacios naturales, consume mayor energía por el tipo de vivienda espaciosa, las cuales necesitan mayores electrodomésticos, se incrementa el consumo de energía de origen fósil debido a la demanda de automóviles y, por ende, generan mayor contaminación (Gonzalez, 2009).

Por lo tanto, este tipo de urbanización con densidades llanas, no debe consentirse, o como lo ha dicho Jacobs (2011, p.243) las ciudades han mostrado señales claras del fracaso de las densidades bajas. Y con ello el fin de la ciudad moderna (modernidad) para migrar a un nuevo tipo de organización social, la ciudad sostenible (Miralles-Guasch y Cebollada, 2009, p.196). En donde la gestión y la planificación ahora nos demanda buscar un modelo urbano que mejore la calidad del entorno, para así, mejorar nuestra calidad de vida.

En gran medida, las ideas predominantes de una ciudad sostenible parecen coincidir en el ideal de la ciudad compacta, por su alta densidad de población, la cual implica que las distancias sean más cortas entre funciones y de fácil acceso a los medios de transporte público y no motorizados, lo que contribuye a un menor gasto de energía y emisiones contaminantes (metabolismo) (Naess, 2001, p.508). Es decir, se eficiente el uso de la energía.

Jacobs (2011, p.236) afirma que la buena relación que existe entre densidad y concentración de los centros urbanos, permite que exista una gran masa de población, una diversidad de bienes y servicios y uso del espacio para la vivienda, el trabajo y otras actividades de ocio. Que en gran medida contribuye a un menor consumo de espacio, recursos, tiempo y energía.

Al respecto Jones y Ley (2016, p.11) describen que el desarrollo sostenible, hablando plenamente de la reurbanización a través de la compacidad, busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad del aire, promover estilos de vida más saludables y revitalizar áreas urbanas en declive.

Entonces, para revertir la urbanización dispersa y crear una ciudad sostenible, la reurbanización debe centrarse en el modelo de ciudad compacta, pero con estrictos

²³ Para mayor información véase el apartado 3.3 Las huellas de la automovilidad como agente de urbanización

reglamentos en donde se asegure un crecimiento inteligente, con un uso mixto del suelo y oportunidades de usar medios de transporte público y no motorizados.

Porque no todas las densidades son óptimas, Jacobs (2011, p.242) plantea que “estas deben parar hasta que la diversidad estimule la vida en vez de obstaculizarla, pero, no es fácil reconciliar una densidad alta con una gran variedad de edificios” (p.243). Y añade: “el equilibrio radica en tener suficientes personas en suficientes viviendas, para generar una diversidad, donde las personas desarrollen cohesión en su dinamismo vecinal con condiciones tolerables de vida” (p.243).

Bajo este orden teórico, ha surgido un nuevo paradigma de la planificación urbana, que, en gran parte, busca reconciliar la compacidad con el desarrollo sostenible, al cual se le ha denominado Desarrollo Orientado al Transporte (o *Transit Oriented Development* en inglés) cuyo objetivo es crear una ciudad compacta, habitable y sostenible.

3.5.1 Ciudades Compactas Orientadas al Transporte

El Desarrollo Orientado al Transporte (en adelante DOT) es una herramienta de planificación urbana sostenible, que surge de manera prometedora para romper el ciclo vicioso de la expansión y la dependencia del automóvil, al remplazarlo por un ciclo virtuoso basado en un mayor uso del transporte público y un desarrollo compacto (Cervero y Sullivan, 2011, p.27).

El DOT se basa en los principios de la movilidad sostenible, en el cual se reconoce una necesidad primordial en planificar ciudades más orientadas al transporte colectivo (Lund, et al., 2006, p.247) o como bien lo han descrito Miralles-Guasch y Cebollada (2009, p.196) en este nuevo concepto se debe considerar a toda la población móvil en un contexto de colectividad, inclusión y eficiencia.

Jones y Ley (2016, p.11) lo definen como una nueva visión de la planificación urbana, la cual se basa en crear grupos de edificios relativamente densos y de usos múltiples a poca distancia de una estación de transporte masivo, con el fin de mitigar la necesidad de usar automóviles, respaldada por un diseño amigable para los peatones.

El DOT, entre tantas metas, busca crear barrios alrededor de una estación del transporte masivo (Cervero y Sullivan, 2011, p.27) a una distancia no mayor a 800 m o 10 min caminables y que estos sean compactos, densos y con una variedad de suelo mixto, para así asegurar que se generen empleos y vivienda, además de ofrecer bienes y servicios accesibles ya sea caminando o en bicicleta (Medina y Patlán, 2016).

Brindle (2003, p. 69) nombra al concepto del DOT como "pueblos urbanos", que entre otras cosas busca evitar la necesidad de conducir para acceder, este planteamiento urbano trata de asegurar que al menos bienes y servicios estén al alcance de cualquier hogar en un perímetro caminable o pedaleable. Gehl (2014, p.12) asegura que el uso de la bicicleta en la ciudad se ha convertido en la mejor forma de circular, es una manera de movilidad más rápida y más barata que cualquier otra opción, además de ser buena para la salud y para el medioambiente.

Dicho concepto de pueblos urbanos ayuda a ilustrar uno de los principios fundamentales del DOT, el cual no busca crear una ciudad mono-céntrica o ciudad central, más bien, fundar una centralidad de centralidades en cada barrio o vecindario, es por ello, la importancia de la densidad para facilitar los servicios locales y de transporte público (Naess, 2001, p.510).

Naess (2001, p.508) menciona que el desarrollo urbano sostenible, como lo es el DOT, es importante que se reduzca o evite el aumento del uso del automóvil, el cual puede lograrse al reducir la capacidad vial y de estacionamiento. En este escenario, el uso del automóvil pierde protagonismo a través de las infraestructuras urbanas²⁴. Cervero (1998, p.4) concuerda con Naess, al postular que una metrópolis orientada al transporte se vuelve esencial crear condiciones en la que los viajeros opten por viajar en transporte masivo en vez de usar sus propios vehículos, se trata de crear un contexto de armonía entre los diferentes medios de transporte y la ciudad.

Para lograr dicho objetivo se requiere una planificación desde lo local, se deben crear lugares basados en acceso fácil y agradables a una gama de servicios y actividades, ya sea caminando o pedaleando (Brindle, 2003, p.70). Y al mismo tiempo que se emancipa el uso del automóvil se debe mejorar el transporte público (Naess, 2001, p.511) el transporte masivo y los no motorizados. Es decir, se busca en todos los sentidos crear ciudades vitales, sostenibles, sanas y seguras, y para ello, el requisito es que existan oportunidades para caminar y pedalear (Gehl, 2014, p.19).

Pero las oportunidades de caminar no solo se tratan de ofrecer infraestructura, como bien lo señaló Gehl (2014, p.6) además de lo anterior, se deben ofrecer espacios con una variedad de servicios disponibles y espacios públicos atractivos, es decir la combinación entre la movilidad pedestre y el uso de la tierra mixta, no solo atrae los

²⁴ E ciudades con una gran red de carreteras, la elección del modo de transporte depende de la facilidad en la que los viajeros viajan relativamente más rápidos que el transporte público y pueden encontrar un lugar de estacionamiento (Naess, 2001, p.508).

destinos, sino que también crea una vida activa y vibrante en la calle, lo que genera una sensación de seguridad y protección (Cervero y Sullivan, 2011, p.27).

En resumen, el DOT provee un número de oportunidades para lograr la reurbanización de manera sostenible²⁵. En torno a la movilidad busca que las personas vivan más cerca de los servicios urbanos, como el empleo, incrementen su accesibilidad a espacios y servicios básicos y en consecuencia brinde más tiempo para el desarrollo personal y económico, así como la movilidad social (Burchard, 2017).

Gehl (2014) enfatiza que “viajar utilizando el sistema de transporte público, o bien caminar o usar una bicicleta, es el modo más eficiente de lograr una ciudad sostenible” (p.7). En esta orden de ideas, el DOT se basa en los principios de la movilidad sostenible por sus “marcados beneficios a la economía y al medio ambiente, ya que reduce el consumo de recursos, limitan las emisiones de carbono y disminuyen los niveles de ruido” (Gehl, 2014, p.7).

²⁵ Naess 2006 (citado en Hine, 2011) comparó datos de viaje para el Área Metropolitana de Copenhague y descubrió que vivir en una zona densa cerca del centro contribuye a menos viajes en automóviles y a más viajes en bicicleta o a pie. De igual modo Naess (2001, p.510) comprobó que el transporte motorizado promedio semanal dentro de la región de Oslo tiene una relación con la distancia, en este sentido, vivir más alejado del centro urbano implica un mayor uso del automóvil.

Capítulo 2

Movilidad urbana, ciclo de vida de Guadalajara, de lo moderno a lo sostenible

2.1 La modernización, industrialización y urbanización; Guadalajara 1900-1970

Guadalajara la capital del estado de Jalisco, México, ha jugado un papel importante dentro de los procesos socio-económicos del país o como lo describe Cabrales (2018) históricamente ha desarrollado una función de nodo regional del centro-occidente del país. Hoy en día es la metrópoli más grande de México²⁶ y la segunda área metropolitana más poblada del país (INEGI, 2018), con una población de más de 5 millones de habitantes (IMEPLAN, 2019) solo por debajo de la megaciudad de México.

Este último título de segunda ciudad más grande del país ha sido una constante desde finales del siglo XIX (1877) periodo en que la modernidad tuvo sus primeros frutos dentro del entramado urbano, con una serie de obras públicas como las redes de agua potable, electricidad, telégrafo, teléfono local y transporte urbano (el tranvía de mulas) (Arias, 1979, p.13).

Alviso (2017, p.173), Vázquez (2014, p.1) y Cabrales y Canosa (2001, p.226) relatan que a finales del siglo XIX y principios del XX se crearon nuevas colonias hacia el poniente de la ciudad con el ideal higienista, tomando a Francia y Estados Unidos como referente urbano, de las cuales surgen las colonias: Moderna, Francesa y Americana promovidas por industriales y comerciantes de origen francés, español y estadounidense denominada: Compañía Jalisciense de Construcciones, S.A.

Tal y como lo relatan Aceves et al. (2004) “al poniente de la Calzada se edificaron las avenidas arboladas, con sus elegantes mansiones, los monumentos históricos, y se asentaron los antiguos habitantes y los prósperos inmigrantes europeos: la burguesía y las clases acomodadas” (p.287).

²⁶ La ciudad de México se ubica en la categoría de megalópolis o megaciudad por ser capital del país, sus dimensiones solo pueden ser comparada con ciudades de la envergadura de New York, Tokio, Londres, entre otras. Guadalajara se puede describir o entender mejor como una metrópoli y se puede comparar a nivel nacional con Monterrey o Puebla.

El proceso de modernización inició desde el régimen de Porfirio Días (1876) en el cual claramente se denotó un interés por promover la urbanización de las principales ciudades del país, y Guadalajara no fue la excepción. Además de la dotación de servicios, se dio inicio a la construcción de mercados, escuelas y pavimentación de calles (Arias, 1979, p.13), se entubo el río de San Juan de Dios y se ocultó bajo la Calzada Independencia (Aceves et al., 2004, p.286), todas estas obras tuvieron como fin engrandecer, embellecer y modernizar la ciudad (Vázquez, 2014, p.2).

Lo que en gran parte contribuyó a que más personas, principalmente del estado de Jalisco, vieran en la urbe una oportunidad de desarrollo personal por la oferta de servicios (Arias, 1979, p.13) y muchos de ellos, hasta cierto punto novedosos, que solo eran posibles de ver en la ciudad de Guadalajara, como el tranvía o la misma iluminación por medio de la electricidad.

Detrás de las migraciones poblacionales del siglo XX, se produjo un desplazamiento de capitales industriales de diferentes ciudades del país, que percibieron en la urbe un mercado local más amplio para la producción y una oportunidad de abrir sus productos al mercado regional y nacional (Arias, 1979, p.14) gracias al ferrocarril que comunicó a Guadalajara con las principales ciudades del centro y occidente de México desde finales del siglo XIX (1888) (Cabral, 2018, p.2).

Desde este periodo Guadalajara se diferenció del resto de los municipios del estado, incluso de estados vecinos, por el crecimiento constante de actividades artesanales y manufactureras, lo que impactó nuevamente en una mayor migración de poblaciones, principalmente rurales, que al paso de los años acumuló una población potencial para la industria que seguía en aumento (Arias, 1979, p.14). Rojas (2005, p.66) coincide con estos planteamientos al señalar que desde finales siglo XIX se produjo una gran migración de personas a la ciudad por las fuentes de empleo y por la mejora en las condiciones de vida. Para que a principios del siglo XX la ciudad contara con una población de alrededor de 100,000 habitantes (Arias, 1979, p.13).

Es evidente que la ubicación de la urbe en el territorio nacional le permitió crecer y convertirse en un centro industrial (pero, además: económico, laboral, social, cultural, educativo y político) de la región occidente del país. Este proceso de industrialización corresponde al régimen de Porfirio Días (1876-1911) mejor conocido en la historia como el porfiriato (Cabral, 2018, p.2).

El crecimiento urbano en este periodo es prudente, las unidades productivas proliferaron en coexistencia con unidades vecinales, en espacios pequeños, donde es

posible disponer de mano de obra familiar y asalariada, por su parte la industria no se dispersó, más bien aprovechó las ventajas urbanas promovidas por el gobierno, a través del ideal modernista, como la electricidad, agua, alcantarillado y transporte (Arias, 1979, p.19).

Tal y como lo describe Cabrales (2018, p.4-6) con la fábrica de jabones y perfumes La Parisiense²⁷, que se instaló en un espacio interior de la ciudad (barrio Mexicaltzingo) a 13 calles de la catedral, en un espacio relativamente pequeño; cada uno de sus dos edificios cubría un área de no mayor de 990 m² que representaba casi el 20% de la superficie de la manzana. Su construcción se mezclaba muy bien con el resto de la arquitectura doméstica y su ubicación le permitía aprovechar los servicios urbanos como la electricidad y el transporte de tranvía.

Figura 7.

Fábrica de jabones y perfumes La Parisiense



Fuente: Cabrales, 2018, p.7

Los sistemas de transporte urbano también fueron parte del proceso de modernización, en 1907 los tranvías jalados por mulas, fueron sustituidos por modernos tranvías eléctricos que transportaban más pasajeros y de forma más rápida que sus antecesores. Con el paso del tiempo, el tranvía articuló una red de transporte que conectó a los diferentes sectores de la ciudad con las fábricas, e incluso con ciudades vecinas como Zapopan y Tlaquepaque (Alviso, 2017, p.173 y 174).

²⁷ La fábrica de jabones y perfumes La Parisiense fue fundada en 1892 por Manuel Robles Gil Tolsá (1861-1921) (véase Cabrales, 2018).

Figura 10.

*A la izquierda tranvía jalado por mulas sobre la calle Morelos (hoy día Plaza Tapatía).
A la derecha tranvía eléctrico en la colonia Moderna*



Fuente: Morrison²⁸, 2020

La llegada de los sistemas de transporte implicó que la ciudad se viera forzada a transformar la morfología urbana, para garantizar la continuidad de las vías y el ensanchamiento las mismas con el fin de permitir un mayor flujo de vehículos, principalmente tranvías y automóviles (los primeros) para así facilitar la movilidad de los habitantes de los barrios periféricos con el centro de la ciudad (Vázquez, 2014, p.2).

Sin embargo, el tranvía no duró tanto como se pudo pensar en su momento, desde 1928 empezó a perder fuerza ante otros sistemas de transportes “más modernos” como el automóvil y los camiones de servicio público, poco a poco perdió credibilidad como un transporte eficiente y cómodo, lo que llevó a su desaparición en 1944 ante una serie de problemas políticos (Alvizo, 2013) y por la presión social de mejores sistemas de transporte.

Al parecer el tranvía satisfizo la movilidad de los habitantes tapatíos durante el periodo de la revolución hasta la guerra cristera, momento en que la industrialización no presentó incrementos. Pero cuando resurge entrados los años treinta del siglo pasado con la industria tradicional²⁹ y de bienes de consumo³⁰ (Arias, 1979, p.10 y 11) y con una creciente urbanización, el sistema fue insuficiente.

²⁸ Para más imágenes véase en <http://dacomedores.tripod.com/gdl/>

²⁹ El calzado, la ropa y el tejido de punto.

³⁰ Fabricación de productos de alimento y bebidas: frutas en conserva, cajetas, yogurts, aceites, harinas, crema, chocolate de mesa, curtido de piel entre otros (Arias, 1979, p.10 y 11).

Tabla 2.

Número de establecimientos industriales en Jalisco y demás estados que constituyen su mercado 1930-1945

Entidad federativa	1930	1935	1940	1945
Jalisco	4,197	584	1,000	1,971
B.C. Norte	94	51	117	221
B.C. Sur	86	27	20	59
Colima	230	41	111	178
Nayarit	479	48	111	332
Sinaloa	624	135	194	480
Sonora	608	120	198	554
Zacatecas	1,187	34	262	451

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Arias, 1979, p.15

El crecimiento de la industria después de 1930 demandó una mayor especialización de mano de obra, ahora la migración fue de personas calificadas que ya habitaban en ciudades del país y del extranjero, con ello, la industria de la capital tapatía se consolidó como un mercado regional de amplios y diversificados productos industriales, manteniendo su hegemonía de ciudad regional, moderna e industrial, con una urbanización ascendiente (Arias, 1979, p.15).

Para 1940 la urbanización llegó a tal grado que la mancha urbana incorporó a Zapopan y Tlaquepaque, y, por consiguiente, la urbanización tomó una escala metropolitana, tal proceso, trajo consigo una especulación del suelo, en donde, los espacios susceptibles a urbanizarse tomaron un mayor valor económico (Rojas, 2005, p.62). La ciudad se extendía sobre un área de 2,620 hectáreas (Vázquez, 2014, p.2), en donde ya no solo Guadalajara era el territorio para la industria y la vivienda.

El hábitat también se vio influido por los procesos de modernización, al incorporarse Zapopan³¹ al conurbado, dio pauta para que algunos sectores de la sociedad, valiéndose de su poder adquisitivo, se iniciaran en el mercado inmobiliario, fraccionaron predios para la construcción de colonias y fraccionamientos, de acuerdo a los estándares modernos de la época (el modelo suburbano) (Rojas, 2005, p.62).

³¹ Los predios en Zapopan se caracterizaron en esa época por su bajo valor en comparación de Guadalajara en donde los precios de los lotes eran más elevados debido a su carácter urbano, privilegiados por la prestación de servicios.

La etapa comprendida entre finales de 1940 y principios de 1950, marcó a Guadalajara como una ciudad de “vanguardia” consolidada con industrias y fábricas, lo que implicó que la urbe entrará a una etapa cultural con el embellecimiento de los espacios públicos, la creación de centros comerciales, educativos y de entretenimiento. Mientras los municipios de Tlaquepaque y Tonalá se entremetían a las dinámicas socio-económicas de la urbe.

El centro histórico de Guadalajara fue parte de un proceso de modernización (renovación), con el fin de crear una identidad a partir de la belleza urbana con la constante intervención del espacio público, como las ampliaciones de las actuales avenidas 16 de septiembre-Andador Alcalde y Juárez³² y la construcción de la Cruz de Plazas, cada una de estas intervenciones implicó la demolición de antiguos e históricos portales, fincas y templos (Vázquez, 2014, p.5).

Figura 13.

A la izquierda centro histórico de Guadalajara antes de la construcción de la Cruz de Plazas. A la derecha centro histórico de Guadalajara después de la construcción de la Cruz de Plazas



Fuente: Sánchez, 2008, p.82 y 83

La década de 1960 se caracterizó por la continuidad del ambiente modernizador, ahora con la construcción de grandes centros comerciales como: Plaza del Sol, que en su momento ostentó como el centro comercial más grande de América Latina, Plaza México (Sánchez, 2008, p.12) Centro Magno y el Mercado de Abastos, mismo involucró que durante esa década el desarrollo de la infraestructura vial no se detuviera, la expansión de

³² La ampliación de esta avenida implicó la demolición de antiguos portales, pero en ello, destaca el desplazamiento del edificio TELMEX como una proeza de la ingeniería mexicana a cargo del ingeniero jalisciense Jorge Matute Remus (véase Sánchez, 2008, p.55-58).

calles y avenidas continuara, mientras los sistemas de transporte privado ganaban usuarios (Venegas et al., 2016, p.7).

Aceves et al. (2004, p.294) describe que en este periodo la obra pública se centró en el aumento de la vialidad y de la disección espacial para lograr que el automóvil fungiera como el principal medio de transporte, entre las obras destacan: libramientos, túneles, expropiaciones y avenidismos, entre ellas; Federalismo, Patria, Circunvalación y Lázaro Cárdenas que fue nombrada como “primera vía rápida” de Guadalajara (Mora, 2016, p.20).

Es más que evidente que la “modernización” de la urbe, favorecía en todos los sentidos al automóvil, principalmente a los conductores de los municipios de Guadalajara y Zapopan que conformaban la zona más pudiente de la ciudad y por su puesto presentaban altas tasas de crecimiento demográfico y vehicular. De tal forma que la circulación tenía un peso dentro de la planificación y para los tomadores de decisiones era clave para el desarrollo económico.

Hasta este punto Guadalajara se enmarcaba como una ciudad cosmopolita, ordenada e higiénica, pero, además metropolitana, por las relaciones socio-económicas estrechadas entre diferentes urbes de la esfera tapatía, en donde las dinámicas de movilidad exigían un contexto de más y mejores medios de transporte por las distancias originadas con la ya creciente suburbanización.

2.2 Suburbanización, conurbación y dispersión 1900-2015

Los inicios de la suburbanización en Guadalajara datan de 1908 con la colonia Seattle³³ en Zapopan, esta suburbanización fue posible gracias a la red de tranvías que un año antes comenzaron a dar servicio, el transporte y las redes carreteras permitieron una nueva forma de hábitat hacia la periferia, de la misma manera que Ciudad Granja y Chapalita lo hicieron al ubicarse en los principales accesos carreteros (Rojas, 2005, p.66 y 67).

De acuerdo con Rojas (2005, p.77) la apertura del fraccionamiento Chapalita³⁴ en la década de 1940 inauguró el fenómeno metropolitano de Guadalajara, al ubicarse en los

³³ No es coincidencia que esta colonia llevara el nombre de una ciudad de Estados Unidos de América, ello, refleja la influencia del modelo de suburbio del país vecino del norte.

³⁴ El fundador y promotor de la colonia fue el señor José Aguilar Figueroa, mismo que bautizó a la colonia bajo ese nombre, por el recuerdo de una finca que tenía en el Lago de Chapala (véase Cabrales y Canosa, 2001, p.227).

límites territoriales con Zapopan, dicho fraccionamiento correspondía al modelo de ciudad jardín, el cual buscaba crear una simbiosis entre la urbanización y la naturaleza. Cabrales y Canosa, (2001, p.226 y 227) lo describen como la versión tapatía del “*garde city*” estadounidense, en donde se evocaba el lema de “un jardín en cada casa y cada casa en un jardín”.

Ciudad granja apareció en el mismo periodo evocando el mismo concepto, pero más centrado en el ideal de ciudad campestre (Rojas, 2005, p.77). Dichos conceptos evocaban una necesidad de construir un nuevo tipo de espacio urbano de alta calidad, intentando escapar de los males que implica vivir en la ciudad céntrica y convencional como el caos, ruido e inseguridad (Cabrales y Canosa, 2001, p.226).

A medida que la ciudad creció, los primeros suburbios pasaron a ser parte del conurbado perdiendo su característica lejana. El crecimiento urbano de Guadalajara no conoció límites territoriales, a partir de esa fecha y hasta los años setenta el crecimiento llegó plenamente a Tlaquepaque y Tonalá, en el cual se reconoce por primera vez que la planeación urbana no se estaba gestando a escala metropolitana (Núñez, 2007, p.112).

Los cuatro municipios conformaron la primera zona metropolitana, es decir, Guadalajara pasaba a ser una metrópoli, una ciudad de flujo y movimiento (Aceves et al., 2004, p.279), compuesta por el núcleo central: Guadalajara con una hegemonía económica y una población de 1.1 millones de habitantes (M/habs) y un primer anillo: Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá con alrededor de 280,000 habs es decir la metrópolis albergaba a 1.38 M/habs distribuidos en un área de 9,047 hectáreas (ha) (Núñez, 2007, p.116).

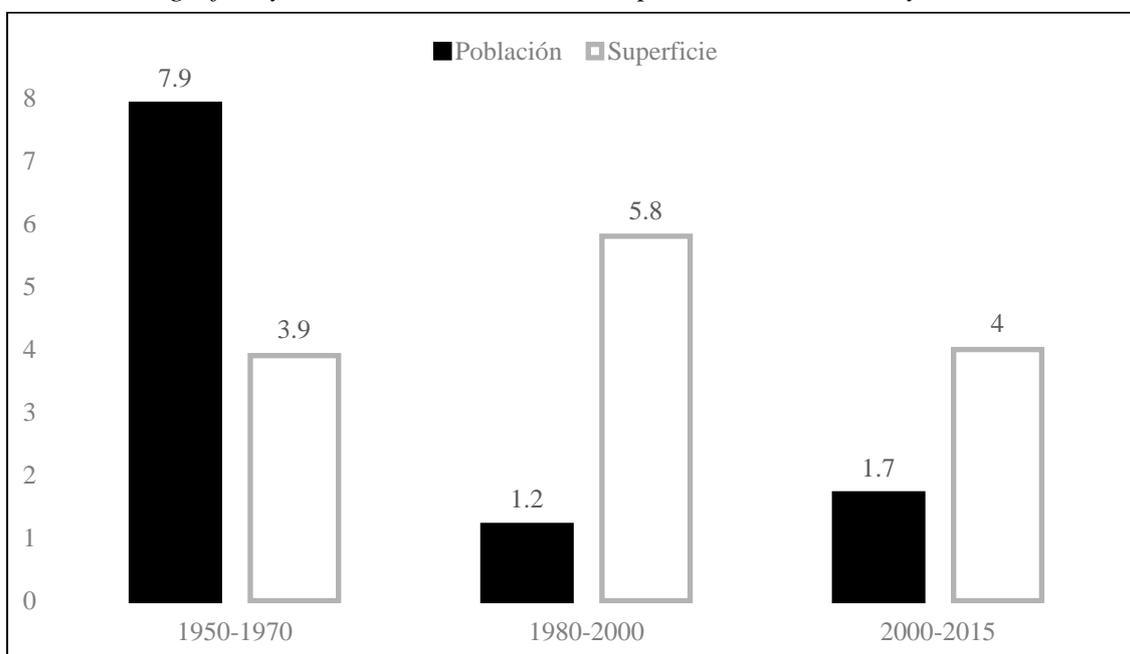
La dispersión de la ciudad inició a finales de los años setenta, cuando el orden urbano se desbordó por los asentamientos irregulares que surgieron alrededor de la urbe (Aceves et al., 2004, p.289) como respuesta a la falta de viviendas para familias con condiciones socioeconómicas paupérrimas, así como el surgimiento de los primeros desarrollos habitacionales de vivienda media e interés social (Núñez, 2007, p.112).

Por la otra parte, el modelo de suburbio americano volvió a germinar fuertemente, con el surgimiento de los primeros fraccionamientos o cotos privados, de los cuales destacan Santa Anita, Rancho Contento, Bosques de San Isidro, El Palomar, Ciudad Bugambilias, entre otros (Aceves et al., 2004, p.29). Este tipo de fraccionamientos evocó los modelos suburbanos estadounidenses de ciudad jardín, además de estar a las afueras

de la urbe, ofrecen una serie de servicios y equipamiento como campo de golf (Cabrales y Canosa, 2001, p.230).

Gráfico 10.

TCMA demográfica y territorial del AMG de los periodos 1950-1970 y 1980-2015



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 1980 y 2015; SEDESOL, 2010, Sánchez, 2008 y Vázquez, 2014

Desde la década de 1980 es cuando la metrópoli empieza a dispersarse, como se observa en el gráfico 5, desde la mitad del siglo pasado y hasta 1970 las TCMA demográfica es mayor al del área urbana, es decir, la ciudad era más densa, en cambio, el periodo de 1980 a 2015 sucedió lo contrario, la superficie urbana supera con creces el crecimiento demográfico, la ciudad perdió su densidad.

De 1970 a 1980 Guadalajara, el núcleo central tiene su último gran crecimiento, la población llega a 1.6 M/habs. a una tasa del 3.09%. Los municipios aledaños, es decir el primer anillo; presentan crecimientos altos, Zapopan crece al 9.6%, Tlaquepaque al 5.8% y Tonalá al 7.7%, todos ellos suman una población de 0.62 M/habs. En total la metrópoli contaba con 2.2 M/habs y comprendía 12,726 ha (SEDESOL, 2010).

Durante este periodo Guadalajara estaba llegando a su límite de crecimiento y los modos de vida urbano estaban cambiando, la ciudad central se veía más como un lugar para el trabajo, mientras que la residencia o lugares dormitorio se estaban estableciendo en territorios de municipios aledaños, como el caso de Zapopan quien figura como el lugar de mayor crecimiento dentro del primer anillo y parte de ello se debe a que las clases altas se estaban estableciendo en el municipio antes mencionado.

De 1980 a 1990 el núcleo central presentó un crecimiento decreciente con respecto a la década pasada, creció 0.14% llegando a una población de 1.65 M/habs. a partir de este periodo Guadalajara no aumentará más su población. En cambio, el primer anillo creció al 7.02% alcanzando 1.2 M/habs. Tonalá destaca al tener una alta tasa de crecimiento de 12.45%, Zapopan creció al 6.22% y Tlaquepaque al 6.71%. A pesar que Tonalá presentó la tasa más alta, Zapopan aún sigue siendo el municipio con mayor crecimiento demográfico superando al doble a los demás municipios periféricos.

En esta década las propiedades en Zapopan se elevaron aún más de precio y solo es asequible para clases medias y altas que migraron de Guadalajara hacia estas zonas en búsqueda de espacios más seguros, exclusivos, cómodo, privados y de mayor plusvalía de los cuales surgen Valle real, Puerta de Hierro, Royal Country entre otros (Aceves et al., 2004, p29). En sentido contrario, Tonalá y Tlaquepaque se vuelven el lugar para las clases medias-bajas y bajas. Con inversión pública se crean fraccionamientos de tipo abierto como el caso de Loma Dorada, Miravalle y El Sauz. El AMG superaba los 2.8 millones de habitantes con un área de 37,915 ha y una densidad de 104 habs/ha (ONU-HÁBITAT, 2016).

El periodo comprendido entre 1990 y 2000, Guadalajara entró en una etapa de desurbanización, la población se redujo a una tasa negativa de -0.02%, con 1.64 M/habs. En esta etapa la emigración interurbana rebasó la tasa de natalidad. Zapopan llegó al millón de habitantes, Tlaquepaque con 0.4 M/habs y Tonalá con 0.3 M/habs en suma, la primera corona supera en población a la ciudad central con 1.8 M/ha. con esto, la metrópolis llega a los 3.4 millones de habitantes y una superficie de 46,644 ha y una densidad de 72 habs/ha (ONU-HÁBITAT, 2016).

Es importante recalcar que durante esta década la conurbación se hace notoria en los municipios de El Salto y Tlajomulco de Zúñiga, aunque su anexión al AMG no es políticamente oficial, no se puede negar que el fenómeno de conurbación esté presente, por ejemplo, El Salto creció a una tasa del 8.11% y Tlajomulco al 6.09%, sembrando el antecedente del surgimiento de un nuevo anillo metropolitano.

Calonge (2019, p.50-53) relata que la urbanización hacia El Salto y Tlajomulco se dio durante la década de 1990, las familias pobres de recién formación provenientes de colonias consolidadas del Área Metropolitana de Guadalajara, en búsqueda de establecer su propio patrimonio, encontraron en la periferia una oportunidad de adquirir un lote y construir su propia casa, o bien, comprar una ya construida a un precio menor que el resto de la oferta inmobiliaria de la metrópoli.

En el caso de El Salto, gran parte de las personas que llegaron a vivir al municipio se dio gracias a una serie de contactos y conocidos que recomendaban a sus familiares y amigos las oportunidades de establecer sus viviendas en el municipio a un precio más asequible, de esta manera la urbanización hacia los ejidos como El Quince, Las Pintas o El Verde se dio a través de las redes familiares y vecinales, provocando que las personas que habitan las localidades sean de una misma clase socio-cultural (baja) (Calonge, 2019, p.54).

Desde el año 2000 hasta el 2015 la dinámica de conurbación se vuelve heterogénea e impredecible, Guadalajara continuó desurbanizándose, con una tasa de crecimiento negativa (-0.7%) y una población de 1.4 M/habs. Los municipios del primer anillo disminuyen en sus tasas de crecimiento, Zapopan 1.85%, Tlaquepaque 2.2% y Tonalá 3.14%, pero al ser positivas, indican que aún siguen urbanizándose y muestra de ello es que su población en conjunto supera los 2.3 M/habs. a una tasa de 2.54%.

La suburbanización de las clases populares se estableció en los municipios del sur-oriental de la urbe, el mercado inmobiliario fungió como el principal mecanismo de distribución del suelo periurbano, en donde no necesariamente se establecieron en zonas propicias para el hábitat, además de estar en la lejanía, eran espacios insalubres³⁵ (Calonge, 2019, p.59 y 60). Lo que con el tiempo llevó que oficialmente en 2005 los municipios de El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos se anexaran al conurbado (Núñez, 2007, p.112).

Posteriormente en 2015 se integra al conurbado el municipio de Zapotlanejo, aunque no existe una conurbación física, se le reconoce como parte del AMG por cuestiones de políticas urbanas (Osorio y Blanco, 2016, p.98). Con lo que ahora, estos últimos cinco municipios han conformado un segundo anillo en plena etapa de suburbanización, su crecimiento ha sido de 8.9% y una población de 0.8 M/habs.

De entre todos los municipios del segundo anillo, el que más destaca en crecimiento es Tlajomulco, congruente con su número de población de 0.54 M/habs. superando a la población de Tonalá con una población de 0.53 M/habs. El Salto mantiene una tasa alta de crecimiento con el 5.3%, pero en este periodo Ixtlahuacán resalta de él, con una tasa del 6.1%, Juanacatlán presenta un incremento medio a una tasa de 2.8% y Zapotlanejo crece al 7.5%. Para entonces todo el conurbado de Guadalajara alcanza los

³⁵ Toda la periferia sur del AMG presenta casos extremos de contaminación por las ladrilleras que se encuentran a los alrededores, además de la contaminación al agua que produce la zona industrial.

4.8 M/habs. con una extensión territorial de 72,463 ha (IMEPLAN, 2016, p. 62) y una densidad de 85 habs/ha.

En resumen, desde 1970 año en que la dispersión se hace notoria en la urbe y hasta 2015, la metrópolis ha expandido su territorio al 4.73%, mientras que la población solo lo hizo al 2.53% poco más de la mitad. Los números muestran los procesos de conurbación y suburbanización que la ciudad ha experimentado en los últimos 45 años.

En cambio, de forma interna la ciudad central solo creció el 0.43% mientras que el primer anillo lo hizo al 5.01% y el segundo anillo al 5.03% es claro que el crecimiento demográfico en este periodo se dio con mayor fuerza en los anillos metropolitanos y estos son quienes han soportado la expansión derivada del incremento demográfico. No olvidemos que el AMG aún sigue en constante evolución y muestra de ello es que en 2019 Acatlán de Juárez fue incorporada a la metrópolis, convirtiéndose en el décimo municipio.

Tabla 3.

Área Metropolitana de Guadalajara, tasas de cambio demográfico anual 1970-2015

Municipio	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2015	1970-2015
Guadalajara CC ³⁶	3.09	0.14	-0.02	-0.79	0.43
Zapopan	9.60	6.22	3.57	1.85	4.88
Tlaquepaque	5.80	6.71	3.39	2.27	4.28
Tonalá	7.78	12.45	7.18	3.14	7.08
Primer anillo	8.20	7.02	4.03	2.21	5.01
El Salto	4.86	6.77	8.11	5.39	6.17
Juanacatlán	3.92	2.22	1.59	2.84	2.66
Tlajomulco	3.75	3.04	6.09	10.45	6.30
Ixtlahuacán	1.46	3.08	2.62	6.17	3.63
Zapotlanejo	3.63	3.91	6.07	9.75	1.70
Segundo anillo	1.12	1.15	2.96	1.66	5.03
Total	4.22	2.54	2.10	1.82	2.53

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI; X Censo General de Población y Vivienda 1980, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Censo de Población y Vivienda 2010, Encuesta Intercensal 2015.

³⁶ Ciudad central

2.2.1 Crecimiento del parque motorizado del AMG 1980–2015 ante la expansión urbana y los sistemas de transporte público

La motorización en el AMG corresponde a la etapa tardía (Covarrubias, 2013) después de los años setenta del siglo pasado, antes de este periodo, la motorización se dio bajo un crecimiento paulatino y con mayor carga hacia el municipio de Guadalajara, que para 1980 albergaba el 93% de la flota vehicular del conurbado, es decir, tenía 270 mil automotores, cantidad muy por arriba del resto de los municipios (ver tabla 4). Una parte considerable de estas unidades correspondían al sistema de transporte de carga y pasajeros.

También se debe que hasta esa década el municipio mantenía una hegemonía al alza en cuanto a los crecimientos, industriales, demográficos y urbanos. Como se mencionó en el apartado anterior, la obra pública se centró en el aumento de las vialidades y de la disección espacial para lograr que el automóvil fungiera como el principal medio de transporte, con la construcción de libramientos, túneles, expropiaciones y avenidismos (Aceves et al., 2001, p.294).

Durante este periodo los modos de vida urbano empezaron a reconfigurarse, la residencia o lugares dormitorio se seguían estableciendo en territorio de municipios aledaños, como el caso de Zapopan, quien soportó el crecimiento de los modelos de suburbio para clases altas. Con el incremento de las distancias, los habitantes no veían más que en el automóvil el único medio para acceder.

Además, se reconoce que en esta década el transporte público del AMG comenzó en una etapa de decadencia por la dispersión que estaba aumentando año tras año. Como respuesta al problema urbano, surge el Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara, conformado por proyectos, planes y propuestas para controlar el uso del suelo y con ello mejorar la movilidad de los habitantes metropolitanos (Arellano 2018, p.15; Malacon, 2015; Vázquez, 2015, p.13).

Dentro de estas propuestas la más notable e importante intervención de la década fue el reordenamiento del sistema de transporte que impulsó en 1985 el Ing. Jorge Matute Remus, el cual pretendía aprovechar el trazado ortogonal de la ciudad, mediante una lógica matemática (plano cartesiano) para facilitar la movilidad, el proyecto fue conocido como Sistema Ortogonal de Transporte Público, pero su implementación no tuvo éxito y solo duró unos cuantos días (Arellano 2018, p.17).

Hasta 1980 la metrópoli estaba conformada por 4 municipios y su territorio se conformaba por 12,736 ha y una población de 2.2 millones de habitantes, es decir, la densidad era de 172 habs/ha y un parque vehicular de 288 mil unidades y una tasa de motorización de 122 vehículos por cada mil habitantes.

Tabla 4.

Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2015

Municipio	1980	1990	2000	2010	2015
Guadalajara CC	270,513	436,995	475,897	834,032	888,803
Zapopan	8,275	192,070	227,768	555,413	672,210
Tlaquepaque	4,142	12,579	78,695	224,489	287,073
Tonalá	1,839	5,584	35,803	112,104	145,921
1° anillo	14,256	210,233	342,266	892,006	1,105,204
Tlajomulco	1,112	2,842	12,680	42,375	73,538
El salto	5.95	3,033	12,053	18,721	17,307
Ixtlahuacán	120	1,016	3,372	6,615	10,885
Juanacatlán	173	882	2,265	5,607	6,782
Zapotlanejo	1,364	6,346	12,814	29,427	39,790
2° anillo	3,364	14,119	43,184	102,745	14,8302

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2018.

En tabla 4 se observa que después de 1980 Guadalajara mantiene un crecimiento constante de su parque motorizado, pero de alguna manera, el segundo anillo que en el mismo año contaba con un parque motorizado inferior a la ciudad central, despegó a tal grado que para el 2010 ya había rebasado en número de vehículos a Guadalajara, pero para mayor claridad, dicho crecimiento se puede comprender mejor con las TCMA.

De 1980 a 1990 el crecimiento medio anual en la motorización para Guadalajara fue de 4.9% llegando a un total de 436 mil unidades, es decir, el 66% del total (ver tabla 4 y 5). La inversión en la infraestructura, es decir, el entorno construido y bien orientado a esta forma de transporte y el poco o nulo subsidio en aras del transporte público, explica hasta cierto punto, la relación existente con el crecimiento del parque vehicular en toda el AMG.

Tabla 5.

TCMA del parque vehicular en los municipios del AMG de 1980 - 2015

Municipio	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2015
Guadalajara CC	4.91	0.85	5.77	1.28
Zapopan	36.95	1.71	9.32	3.89
Tlaquepaque	11.74	20.12	11.05	5.04
Tonalá	11.74	20.41	12.09	5.41
1° anillo	30.87	4.99	10.05	4.37
Tlajomulco	9.83	16.13	12.82	11.65
El salto	17.68	14.79	4.50	-1.55
Ixtlahuacán	23.81	12.74	6.97	10.47
Juanacatlán	17.69	9.89	9.48	3.87
Zapotlanejo	16.61	7.27	8.66	6.21
2° anillo	15.42	11.82	9.05	7.61

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2018.

Mientras que Zapopan sorprendentemente aumentó su flota con un crecimiento del 36.9% rebasando las 192 mil unidades (29% del total). Su crecimiento vehicular es elocuente a su característica suburbana, en su gran mayoría se compone de clases medias y altas que pueden solventar los costos del automóvil.

Tlaquepaque y Tonalá tuvieron crecimientos pobres en comparación a los municipios anteriores a una tasa de 11.7% con 12 mil y 5 mil unidades respectivamente. El resto de los municipios metropolitanos (segundo anillo) no son reconocidos oficialmente como parte del AMG, sin embargo, se denota en este mismo periodo una tasa de crecimiento del parque vehicular representativa, Tlajomulco crece al 9.8% con 2.8 mil unidades, El Salto y Juanacatlán al 17.6% con 3 mil y 1 mil unidades respectivamente, Ixtlahuacán al 23.8% con mil unidades y Zapotlanejo al 16.6% con 6 mil unidades.

Para este entonces el AMG seguía conformada por 4 municipios con un área de 37,915 ha y una población de 2.8 millones de habitantes a una densidad de 104 habs/ha (ONU-HÁBITAT, 2016). El parque vehicular asciende a las 661,347 unidades, equivalente a una tasa de motorización de 218 vehículos por cada mil habitantes.

Tabla 6.

Porcentajes del crecimiento vehicular en los municipios del AMG de 1980 - 2015

Municipio	1980	1990	2000	2010	2015
Guadalajara CC	93.8	66.0	55.2	45.6	41.4
Zapopan	2.8	29.0	26.4	30.3	31.3
Tlaquepaque	1.4	1.9	9.1	12.2	13.4
Tonalá	0.6	0.8	4.1	6.1	6.8
1° anillo	4.9	31	39.7	48.7	51.5
Tlajomulco	0.3	0.4	1.4	2.3	3.4
El salto	0.2	0.4	1.3	1.0	0.8
Ixtlahuacán	0.04	0.1	0.3	0.3	0.5
Juanacatlán	0.06	0.1	0.2	0.3	0.3
Zapotlanejo	0.4	0.9	1.4	1.6	1.8
2° anillo	1.1	2.1	5.0	5.6	6.9

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2018.

La década de 1990 a 2000 no representó grandes cambios en cuanto a la TCMA de motorización para Guadalajara y Zapopan, el municipio central creció al 0.8% y Zapopan al 1.7% con 475 y 227 mil vehículos respectivamente. El bajo crecimiento motorizado en Guadalajara es elocuente a la desurbanización que empieza a sufrir el municipio, además debemos considerar la crisis económica de 1994 y si a esto le sumamos la implementación del transporte masivo, línea 1 a finales de 1989 y línea 2 en 1994 (Córdova, 2010, p.172).

La dotación de servicios de transporte público en este periodo alentó el crecimiento vehicular, debido a que, en gran parte cubrió demandas de movimiento de los habitantes de Guadalajara. De manera contraria, la no oferta de este medio de transporte, con mucha seguridad hubiese implicado un aumento en el parque vehicular, tal como quedó manifestado en el resto de los municipios metropolitanos quienes presentaron tasas altas de crecimiento y no fueron tan beneficiados del transporte masivo (ver tabla 5).

Tlaquepaque y Tonalá en donde el transporte masivo no tuvo cobertura, crecieron a más del 20% llegando a los 78 y 35 mil vehículos respectivamente. Tonalá, en este periodo tuvo un crecimiento demográfico del 7.1% el mayor de toda el AMG pasando de

168 a 337 mil habitantes, que coincide perfectamente con el aumento de la tasa de su parque vehicular, es decir, el municipio entró en una etapa de suburbanización.

Los municipios del segundo anillo aún siguen sin integrarse políticamente al conurbado de Guadalajara, sin embargo, las relaciones socio-territoriales continúan aumentando, en cuanto a su parque vehicular, Tlajomulco crece al 16% con 12 mil unidades, El Salto al 14% con 12 mil, Ixtlahuacán al 12% con 3 mil, Juanacatlán al 9% con 2 mil y Zapotlanejo al 7% con 12 mil.

Cabe destacar que, en este periodo el primer anillo supera en población a la ciudad central con 1.8 millones versus los 1.6 millones de Guadalajara, nuevamente muestra de la suburbanización en la metrópolis. En suma, la urbe alcanzó los 3.7 millones de habitantes distribuidos en una superficie de 46,644 ha y una densidad de 72 habs/ha (ONU-HÁBITAT, 2016). El parque vehicular asciende a las 861,347 unidades, equivalente a una tasa de motorización de 229 vehículos por cada mil habitantes.

El periodo entre 2000 y 2010 a pesar de la desurbanización en Guadalajara, su motorización vuelve a incrementar con una TCMA del 5.7%, ascendiendo a las 834 mil unidades, en cambio, los municipios del primer anillo metropolitano superan el parque vehicular de la ciudad central, Zapopan crece a una TCMA del 9.3% superando el medio millón de vehículos, Tlaquepaque crece al 11% con 224 mil y Tonalá crece al 12% con 112 mil unidades.

Pareciera que en este periodo el transporte pasó desapercibido, pero no fue así, en cambio, este llamó la atención mediática y repudio social, porque además de mal servicio, fue responsable de una cantidad de muertes (Aceves et al., 2004, p.299). Hubo pocas respuestas en favor de mejorar el sistema de transporte público, con una metrópolis creciente y demandante de movilidad, las transformaciones urbanas seguían siendo a favor del transporte privado, con la pavimentación o repavimentación de las principales avenidas.

Oficialmente en 2005 los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán se anexan al AMG (Núñez, 2007, p.112). Sus TCMA vehicular son parecidas al primer anillo, en el mismo orden mencionados crecen al 12, 4, 6.9 y 8.6% respectivamente, la suma de su flota vehicular llega a las 102 mil unidades aún por debajo del resto de los municipios, pero si, se observa en relación a su número de habitantes, es decir, las tasas de motorización por cada mil habitantes (ver tabla 7) son similares al resto de los municipios más motorizados.

Tabla 7.

Tasa de motorización por cada mil habitantes por municipios del AMG de 1980 - 2015

Municipio	1980	1990	2000	2010	2015
Guadalajara CC	166	265	289	558	609
Zapopan	21	270	225	447	505
Tlaquepaque	23	37	166	369	432
Tonalá	35	33	106	234	272
1° anillo	23	172	188	383	436
Tlajomulco	22	42	103	102	134
El salto	30	79	144	135	94
Ixtlahuacán	10	76	156	161	205
Juanacatlán	21	88	192	424	378
Zapotlanejo	38	159	240	462	581
2° anillo	27	83	147	153	170

Fuente: Elaboración propia con datos de vehículos registrados por entidad federativa del INEGI, 2018.

Para el último año de la década, se crea una nueva red de transporte masivo, autobuses con carriles exclusivos, El Macrobus (BRT: Bus de Tránsito Rápido, por sus siglas en inglés), integrado a la ya existente red de tren ligero, cuyo corredor de movilidad cubría la Calzada Independencia-Avenida Gobernador Curiel en el municipio de Guadalajara (Arellano, 2018, p.18). Sin embargo, el presupuesto para la inversión de la infraestructura urbana del AMG en ese año, destinó el 51% del recurso a la infraestructura que beneficia al entorno del automóvil (CEJ, 2013, p14).

Tabla 8.

Inversión en infraestructura urbana para el AMG en el año 2009

Inversión	Monto (pesos)	Porcentaje
Automóvil	2,321,326,283	51%
Otras obras	2,230,270,287	49%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CEJ, 2013, p.14.

A pesar de la implementación del Macrobus, el sistema de transporte público no fue capaz de retardar el crecimiento vehicular, al menos no, cuando el recurso público se enfocó con mayor fuerza en beneficio del transporte privado, además que la mayor

cobertura del mismo, se centró en Guadalajara, olvidando a los municipios que recién se habían integrado al conurbado.

Las personas, a medida que alcanzaban el umbral económico, veían en el automóvil una respuesta a sus demandas de movimiento y la tardía réplica por parte del gobierno para implementar un sistema de transporte masivo no dio resultado en cuanto a la disminución en la motorización, en lo general la TCMA pasó de 2.6 a 7.8% en comparación con la década pasada, en lo particular los diferentes municipios presentaron tasas muy altas de motorización, se evidenció nuevamente que la falta de transporte público reflejó un incremento de la flota vehicular.

Al término de la década, el AMG se componía por 8 municipios con un área de 48,585 ha y una población de 4.4 millones de habitantes a una densidad de 92 habs/ha El parque vehicular llegó a 1.8 millones de unidades, equivalente a una tasa de motorización de 407 vehículos por cada mil habitantes.

Los últimos 5 años (2010-2015) la ciudad central aumentó su flota vehicular a un 1.2% llegando a un total de 888 mil vehículos, equivalente a una tasa de motorización por cada mil habitantes de 609. Zapopan creció al 3.8% con 672 mil unidades, Tlaquepaque y Tonalá al 5% con 287 y 145 mil vehículos respectivamente, la suma del parque vehicular correspondiente al primer anillo superó los 1.1 millones de vehículos.

En 2015 se integra al AMG, el municipio de Zapotlanejo. Con ello, el segundo anillo queda conformado por 5 municipios en plena etapa de suburbanización, su tasa de crecimiento vehicular es mayor a la del primer anillo (4.3%) con un 7.6% y una flota total de 148 mil vehículos. Estos municipios (excepto por El Salto que tuvo una tasa decreciente de -1.5%) presentaron las TCMA más altas del AMG en el periodo.

Tlajomulco creció al 11.6%, Ixtlahuacán al 10.4%, Juanacatlán al 3.8% y Zapotlanejo al 6.8%. Entre los mismos destacan Zapotlanejo, Juanacatlán e Ixtlahuacán por tener tasas de motorización altas, con 581, 378 y 205 vehículos por cada mil habitantes respectivamente, similares a los municipios del primer anillo (ver tabla 7).

Nuevamente la mayor parte del presupuesto se destinó a infraestructura vial, de los mil 540 millones de pesos presupuestados para 2010, el 29.3% se asignó al concepto de movilidad metropolitana, en donde se consideraron obras que beneficiaron básicamente al automóvil, como lo son Periférico y Lázaro Cárdenas con una inversión conjunta del 48.8% del total (Gutiérrez et al., 2011, p.236).

En contraste, bajo el concepto de sistema de corredores y parques metropolitanos se asignó una inversión de 105 millones de pesos, equivalentes al 6.8% del presupuesto

del fondo metropolitano de Guadalajara, rubro que integraba la realización de parques lineales y ciclovías (Gutiérrez et al., 2011, p.236).

Tabla 9.

Inversión aprobada por el Consejo Metropolitano del AMG en el año 2010

Obras	Monto (Millones de pesos)	Porcentaje
Movilidad metropolitana	451	29.3%
Sistema Periférico	427	27.7%
Sistema Lázaro Cárdenas	325	21.1%
Equipamiento e imagen urbana	151	9.8%
Sistemas de Corredores y Parques Metropolitanos	105	6.8%
Obras hidráulicas y saneamiento	81	5.3%

Fuente: Elaboración propia en base a IIEG-Gobierno de Jalisco, 2010, p.236.

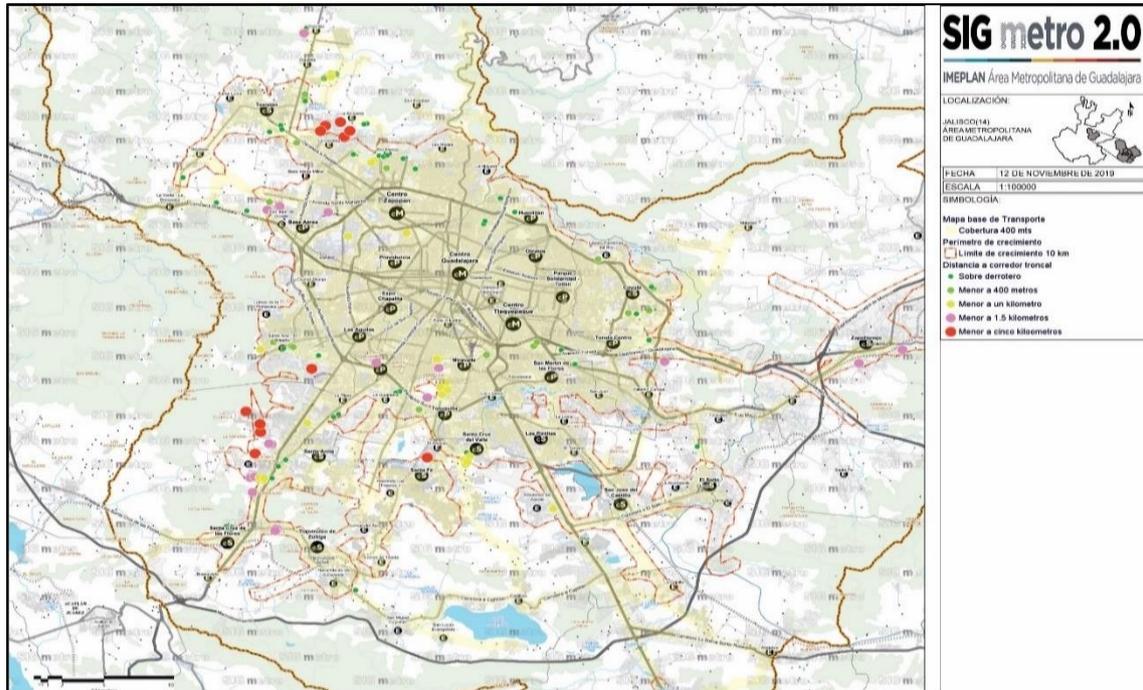
En cuanto a los sistemas de transporte público, es difícil mencionar antecedente alguno que realmente impactara sobre la movilidad de la ciudad a acepción del sistema de bicicletas públicas (MiBici) que entró en funciones a finales del año 2014 en el municipio de Guadalajara y Zapopan (MiBici, 2020).

De forma general, encontramos que hasta finales del periodo la red de transporte del AMG estaba compuesta por 12,482.86 kilómetros, 277 rutas, 5,179 unidades de autobuses (IMTJ, 2016, p.7), además de las líneas 1 y 2 del tren ligero con 49 estaciones y 48 trenes y 1 línea del Macrobús con 45 unidades (Arellano, 2018, p.18) y la red del sistema MiBici con 1,160 bicicletas y 116 estaciones o quiosco (Gordillo, 2016, p.35).

El análisis espacial (figura 6 y 7 y tabla 10) muestran la cobertura del transporte público en cada municipio del AMG, se denota que Guadalajara presenta una cobertura superior al resto de los municipios, pero a medida que la ciudad se ha dispersado, la cobertura del mismo se vuelve menos homogénea, los puntos amarillos, morados y rojos que tienen más presencia en la periferia, muestran una distancia entre 1 y 5 kilómetros hacia la ruta más cercana.

Figura 16.

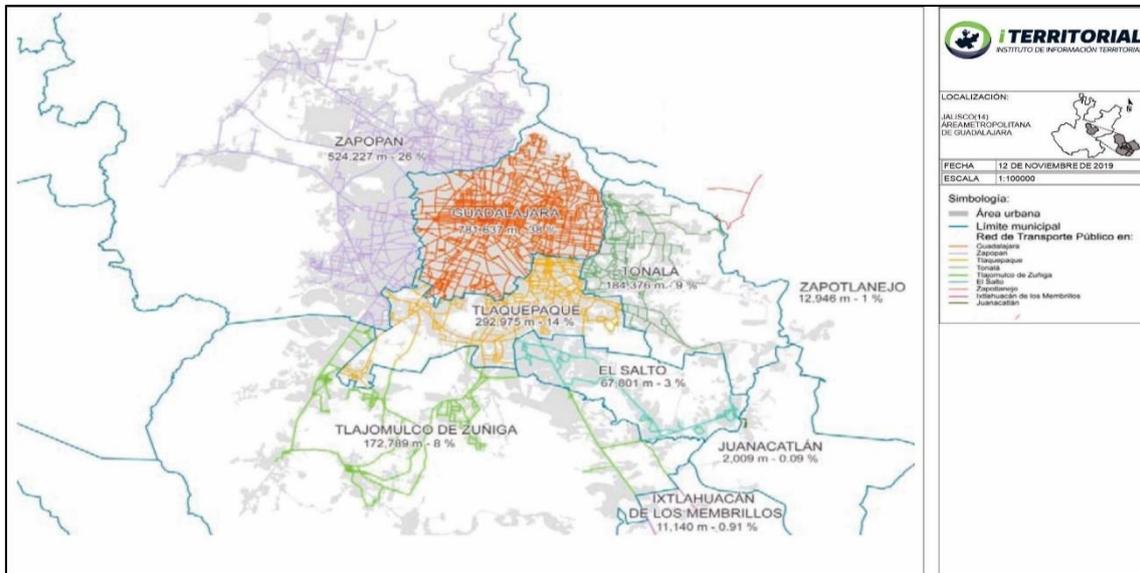
Mapa de cobertura de transporte público en el AMG en base a 400 m de alcance



Fuente: IMEPLAN-SIGMETRO, 2019

Figura 19.

Mapa comparativo de la cobertura por donde circulan las rutas de la Red de Transporte Público delimitadas por municipio



Fuente: Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2013.

Tabla 10.

Piso compartido de las rutas del transporte público por municipio del AMG

Municipio	Longitud (km)	Porcentaje
Guadalajara CC	781	38.9
Zapopan	524	26.1
Tlaquepaque	292	14.6
Tonalá	184	9.2
1° anillo	1,000	49.9
Tlajomulco	127	6.3
El salto	67	3.3
Ixtlahuacán	11	0.5
Juanacatlán	2	0.1
Zapotlanejo	12	0.6
2° anillo	219	10.8

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2013.

Para este último año el AMG se componía por 9 municipios con un área de 72,463 ha y una población de 4.8 millones de habitantes a una densidad de 66 habs/ha. El parque vehicular ascendió a los 2.1 millones de unidades, equivalente a una tasa de motorización de 440 vehículos por cada mil habitantes.

En resumen, desde 1980 a 2015 los municipios con la mayor TCMA fueron Zapopan, Tonalá e Ixtlahuacán con un incremento por encima del 13%, seguidos de Tlaquepaque, Tlajomulco y Juanacatlán con el 12% y 11% respectivamente, mientras que El Salto y Zapotlanejo crecieron al 10% y por último Guadalajara a pesar de poseer el parque vehicular más grande del conurbado, solo creció al 3%.

Visto desde la perspectiva de anillos, el segundo creció al 46% muy por encima del primero, que mantuvo características similares a los municipios que lo conforman, es decir, creció al 13% (ver tabla 11). De manera general el parque vehicular de la metrópolis creció al 5.8% y el territorio se expandió al 5.09%, mientras que la población solo lo hizo al 2.23%, muy por debajo del parque automotor, mismo que llegó a tener una tasa de 440 autos por cada mil habitantes (ver tabla 12).

Tabla 11.

TCMA del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2015

Municipio	TCMA del parque vehicular
Guadalajara CC	3.45
Zapopan	13.38
Tlaquepaque	12.87
Tonalá	13.31
1° anillo	13.23
Tlajomulco	12.72
El salto	10.10
Ixtlahuacán	13.74
Juanacatlán	11.05
Zapotlanejo	10.11
2° anillo	46.02

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI vehículos de motor registrados en circulación, 2018.

Tabla 12.

Datos generales del AMG de 1980 - 2015

Categoría	1980	1990	2000	2010	2015
N° municipios	4	4	8	8	9
Población	2,244,715	2,870,417	3,709,136	4,434,252	4,865,122
Área (ha)	12,736	37,915	46,644	48,585	72,463
Parque vehicular	288,133	661,347	861,347	1,828,783	2,142,309
Densidad (habs/ha)	172	104	72	92	66
Tasa de motorización	122	218	229	407	440

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI vehículos de motor registrados en circulación, 2018 y SEDESOL, 2010.

Hasta este punto se muestra que existe una relación entre la dispersión y suburbanización de la ciudad con el crecimiento en la propiedad del automóvil, si bien es

cierto que el comportamiento no fue homogéneo y en gran parte se debe a los flujos migratorios que se han desarrollado en la urbe.

Es aventurado negar que la iniquidad de los recursos públicos en materia de movilidad, han favorecido la infraestructura urbana a favor del automóvil, que también ha contribuido como un factor para el crecimiento significativo en la propiedad y uso del automóvil. El transporte público al no recibir recurso, pierde usuarios por la falta de cobertura, calidad, eficiencia y eficacia.

2.3 Desurbanización, segregación residencial y pérdida de habitabilidad en el AMG 1970-2015

Como se ha mencionado anteriormente, Guadalajara a lo largo de su historia ha sido una de las ciudades más prósperas de México y por ende su crecimiento urbano obedeció a diferentes factores; económicos, sociales, culturales y políticos que han logrado un crecimiento prácticamente homogéneo hasta 1970 con ciertos altibajos (Cabrales y Canosa, 2001).

El primero de ellos se dio durante la industrialización. La ciudad empezó a fragmentarse por el establecimiento de diferentes clases sociales, por una parte, empresarios nacionales y extranjeros que llegaron a la urbe para establecer sus industrias, necesitaron hábitats que se adaptaran a sus necesidades urbanas, pues la arquitectura colonial no cumplía con sus demandas, para ello crearon nuevas colonias: Francesa y Americana hacia el oriente de la ciudad con residencias más amplias y un entorno (colonia) más ostentoso y limpio, acorde a los ideales modernistas de la época (Cabrales y Canosa, 2001, p.225).

Por la otra parte oleadas de poblaciones rurales, que llegaron a la urbe en búsqueda de un mejor empleo y forma de vida, su hábitat se dio junto a las fábricas, en sitios vecinales, donde varias familias podían compartir la misma construcción y cuyas áreas abiertas eran comunes, en dichos entornos abundaba el caos, el ruido y la inmundicia industrial (Arias, 1979, p.19).

Lo anterior se dio bajo un contexto nacional de grandes desigualdades sociales, a pesar que las clases altas en la ciudad representaban la minoría, destacaban del tronco común, debido a su alto poder económico podían vivir a la semejanza de ciudades europeas (sobre todo, París) gracias al entorno político de la época que les favorecía, pero

cuyo esplendor terminó con la llegada de la Revolución Mexicana (Cabrales y Canosa, 2001, p.228).

Después de la Revolución y en un proceso de estabilidad política la ciudad creció sin grandes cambios en materia de segregación residencial. Entre 1940 1970 con una democracia consolidada y una etapa acelerada de industrialización y crecimiento económico, la clase media ascendió y en conjunto con la clase alta, buscaron nuevos espacios donde cohabitar, del cual surgen los fraccionamientos Chapalita, Ciudad Granja, Santa Anita, Rancho Contento, y Bosques de San Isidro, al oriente de la ciudad en los límites con Zapopan y en este último, todos ellos se caracterizaron por el ideal de ciudad jardín del modelo americano (Cabrales y Canosa, 2001, p.228 y 229).

Hasta 1970 se reconoce que el AMG se condujo en base a un esquema de gestión urbanística que funcionó con eficacia en el financiamiento del desarrollo de la ciudad y en la toma de decisiones, a pesar que existían casos de segregación residencial, estos residentes sabían gestionar sus propios hábitats, mediante un sistema de participación de la comunidad y un sistema mixto de decisiones, en base a ello, la ciudad creció más de la mitad, que trajo consigo un cierto equilibrio y pocos conflictos (López, 1996, p.367 y 368).

A partir de 1980 el AMG se vio desbordada en la planificación, con la consolidación de una ciudad metropolitana, Guadalajara llegó al agotamiento de su territorio, por consiguiente, los municipios colindantes absorbieron el crecimiento urbano. Para 1990 el AMG se caracterizó por presentar la misma tendencia al igual que otras ciudades Latinoamericanas: al mismo tiempo que la periferia crece, la ciudad central tiende a decrecer (Cruz, Jiménez, Palomar y Corona, 2008, p.224). Misma reconfiguración urbana dio cobijo a una segmentación de clases económicas (Cabrales y Canosa, 2001).

Guadalajara, en materia de hábitat se descentralizó y la periferia urbana se dividió por grupos sociales en contextos urbanos desiguales, es decir, la ciudad se polarizó. Por un tópico (hacia el poniente) se congregaron sectores de alta plusvalía que migraron de la ciudad central hacia la periferia en busca de mejores y más seguros espacios en base a una filosofía de exclusividad social (Cabrales y Canosa, 2001, p.236) y por el otro (hacia el sur-oriente), un sector de menor plusvalía que se estableció en desarrollos habitacionales masificados de interés social por el valor de la vivienda (Núñez, 2007, p.112).

Mientras el centro de la ciudad volvió un entorno deshabitado, Aceves et., (2004) lo describe “el centro se convirtió en un refugio de la otredad. Esto provocó localizar los miedos en las zonas pobres y decadentes. El centro, poco a poco, en la medida en que se iba vaciando, fue siendo percibido como un lugar inseguro, peligroso, y que atenta contra el orden moral” (p.289).

En este sentido, la dispersión del territorio metropolitano ha girado en torno a la vivienda, en donde el suelo constituye el elemento indispensable, por consiguiente, el espacio con mejores condiciones adquiere un valor más alto por su susceptibilidad a urbanizarse. Por ejemplo, el precio promedio del metro cuadrado de terreno en 2015 para Guadalajara y Zapopan varió entre los 5,000 y 20,000 pesos, mientras que en la periferia del resto de los municipios metropolitanos el precio osciló entre los 1,000 y 5,000 pesos (Medina y Patlán, 2016, p.57).

Esta disimilitud de precios tiene que ver con las garantías urbanas altamente desarrolladas en ciertos sectores de la metrópoli, es decir, el entorno construido que favorece una mejor cobertura de bienes y servicios se ha centrado hacia el poniente de la ciudad. Calonge (2019, p.80) explica como la clase política territorial ha estado encabezada por las clases altas que buscan favorecer dichos entornos suburbanos y no es de extrañarse que gran parte de las universidades privadas, centros de negocios, plazas comerciales y centros de entretenimiento estén situados al poniente de la urbe, sobre amplios accesos carreteros.

Desde esta perspectiva el precio del espacio tiene una relación con el nivel de acceso y las desarrolladoras inmobiliarias saben que estas zonas privilegiadas como las antes mencionados tienen una mayor demanda por parte de las clases altas y medias que buscan este tipo de entorno y que mejor se adaptan a sus condiciones socio-económicas. Mientras, las clases sociales de bajos ingresos son excluidos de vivir en estas áreas privilegiadas, y la única manera de acceder a estos lugares es trabajar para las clases pudientes en las labores de limpieza, jardinería, mantenimiento o guardias de seguridad (Calonge, 2019, p. 77).

Desde 1970 y hasta la fecha el AMG fue receptora de recursos, para realizar viviendas como parte de una política social, lamentablemente esta vivienda fue edificada según los criterios del mercado inmobiliario, en donde el valor del suelo es inferior, en zonas cada vez más dispersas de los municipio de El Salto y Tlajomulco principalmente, sin integración alguna con áreas urbanas consolidadas de la metrópoli, lo que contribuyó

a la fragmentación física y social de la ciudad y a la ausencia de condiciones adecuadas para la vida urbana de miles de familias (Ortega, 2015, p.31).

Las clases populares fueron víctimas de diferentes intereses; del lado de los desarrolladores, al ubicar la vivienda sobre suelo barato con el fin de obtener mayores ganancias, de los gobiernos locales al dar los permisos de construcción y así no perder la inversión que genera empleos, además de aumentar el recurso por parte de la federación por el número de población y la posibilidad de recaudar más impuestos catastrales y, por último, el deseo de las clases populares de tener su propia casa.

La forma dispersa y polarizada en cómo se ha urbanizado la urbe, tiene repercusiones más graves sobre los pobres, la vivienda social se encuentra cada vez más desconectadas de la infraestructura y dinamismo de la urbe, lo que afecta directamente en la distancia y tiempos empleados en viajes, en el entendido que la vivienda es cada vez más distante y desconectada de los centros de trabajo, bienes y servicios.

Figura 22.

Asentamiento residencial aislado junto a suelo agrícola en el municipio de Tlajomulco



Fuente: Cruz et al., 2008, p.229

Para estas familias que han migrado hacia la periferia por una parte han logrado hacerse de un bien inmueble a un bajo costo económico, pero con altos costos sociales y ambientales, además de vivir alejados de las fuentes de trabajo y sin servicios: educativos, sanitarios, recreativos, culturales, comerciales y de transporte (Ornelas, 2018), son víctimas de condiciones insalubres, toda la periferia sur del AMG presenta casos extremos de contaminación por las ladrilleras que se encuentran a los alrededores, además de la

contaminación al agua por el vertido de residuos de corte industrial (Calonge, 2019, p.59 y 60).

Es claro que la ubicación de la vivienda popular no coincide con gran parte del mercado laboral, al igual que la cobertura del transporte público, ejemplo de ello, es que Guadalajara concentra más del 50% de los empleos del AMG (IIEG, 2019) y casi 40% en la cobertura de las rutas del transporte³⁷, esto implica que las personas solo se independicen en materia habitacional de la ciudad central, pero no económica y laboralmente.

Tal situación está generando una desigualdad social en materia de accesibilidad, lo sectores altos, a pesar de vivir en la distancia y de la escasa cobertura del transporte público, tienen un grado de accesibilidad mayor gracias al automóvil, medio que pueden solventar gracias a su poder adquisitivo, para ellos la movilidad depende más de las formas y no de los medios, es decir, son vulnerables a las condiciones viales, desde infraestructura (que hasta el momento han tenido todo tipo de prestaciones por parte del gobierno) hasta niveles de congestión.

En cambio, los sectores menos rentables, son vulnerables a los medios y a las formas, la infraestructura vial es poco amable e incluyente y los sistemas de transporte escasos o lejanos. Sin embargo, se mueven, pero solo realizan desplazamientos necesarios como ir al trabajo o de compras, no siempre pueden acceder a las mejores oportunidades laborales, ello implica un gasto extra que pocos pueden solventar, y simplemente quedan confinados, excluidos del dinamismo urbano sin alcanzar una mejora en su calidad de vida (Calonge, 2019).

Cabrales y Canosa (2001) reconocen que la forma en como se ha urbanizado la urbe desde 1970 “rompe la escala humana y se desbordan los problemas de segregación social, inseguridad pública y deterioro ambiental. También se produce una retracción de la clase media y por consecuencia se incrementa la polarización del tejido social” (p.230). Donde desafortunadamente las clases sociales menos rentables son las más perjudicadas.

De acuerdo con la Encuesta de Percepción Ciudadana realizada por el Observatorio Ciudadano de Calidad de Vida: Jalisco Cómo Vamos (2016), el 15% de los habitantes metropolitanos tardan más de tres horas en desplazarse, esto quiere decir que en 2015 aproximadamente 730 mil personas emplearon más de tres horas diarias en

³⁷ Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2019 (véase figura 5 y tabla 10).

desplazarse, si este tiempo perdido se destinara en trabajo remunerado, considerando solo el salario mínimo de ese año, 70.10 pesos³⁸ (CONASAMI, 2014).

Entonces, dicho sector que seguramente está más relacionado a usuarios del transporte público de clases populares, pierde 19 millones de pesos diarios en tiempo no remunerado, que, si bien es cierto, las horas perdidas en transporte no las emplearían en trabajo, pero es tiempo en el que no pueden realizar otras actividades relacionadas a estar con la familia o amigos, es decir, pierden tiempo social. Situación que genera una desigualdad en materia de accesibilidad, donde posiblemente los desplazamientos están relacionados con el ingreso, quienes perciben menos (usuarios del transporte público), tienen menor accesibilidad y gastan más tiempo y dinero en su movilidad.

En resumen, la conurbación de Guadalajara con el resto de los municipios metropolitanos después de 1970 se dio bajo una lógica de demanda habitacional impuesta por el mercado inmobiliario. Las clases altas y medias cedieron a la oferta de segregarse de los sectores populares, en lugares de mayor privilegio, plusvalía, seguridad, infraestructura y accesibilidad. En cambio, los sectores bajos, especialmente las familias de recién formación con el afán de tener su propio patrimonio aprobaron la oferta de vivienda popular que se estableció sobre territorios lejanos, pocos accesibles, inseguros, desconectados y carentes de sistemas de transporte público.

2.4 Redensificación urbana y el desarrollo urbano sostenible de Guadalajara

Hemos visto hasta este punto, un escenario de doble cara, pero con una misma secuela para la ciudad central (Guadalajara), es decir, durante este periodo se dio una migración interurbana por la salida dos clases sociales, en condiciones socio-territoriales totalmente diferentes, pero con un mismo resultado, el despoblamiento de Guadalajara, lo que ha planteado una pregunta.

¿La demanda de vivienda en Guadalajara es tan grande que no puede albergar a su población y obliga a sus habitantes a salir del municipio? La respuesta a dicha interrogante ha sido clave para comprender el fenómeno de la desurbanización del municipio de Guadalajara, que como se ha señalado anteriormente, desde 1990 a 2015 la ciudad perdió alrededor de 190,057 habitantes, al mismo tiempo que los municipios metropolitanos ganaron población.

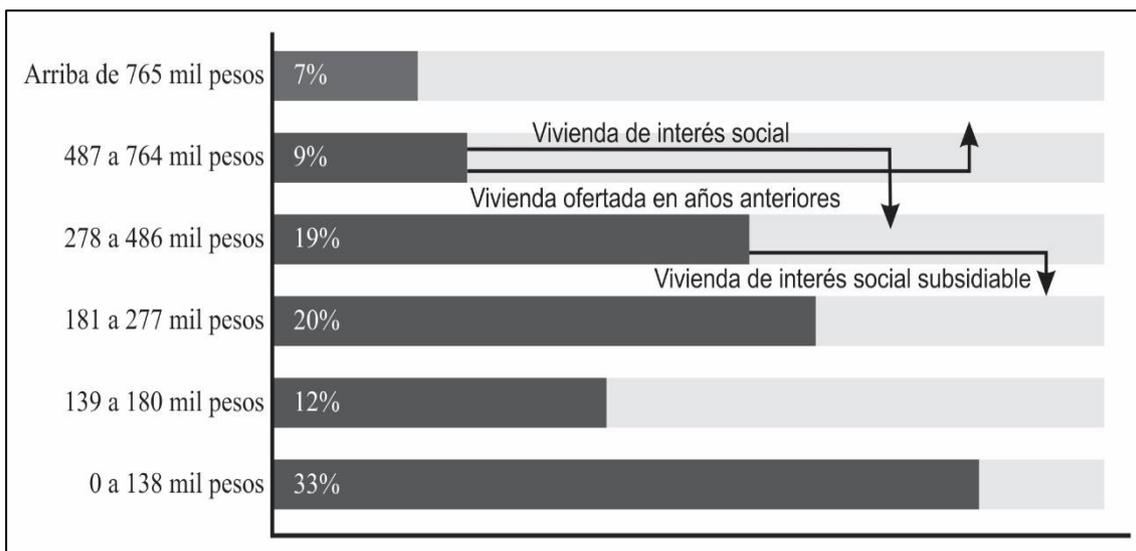
³⁸ En una jornada laboral de 8 horas, el salario por hora es de 8.76 pesos.

Es difícil saber a ciencia exacta la demanda de vivienda en Guadalajara, sabemos que las clases medias y altas gracias a su poder económico pueden adquirir propiedades prácticamente en cualquier momento y zona de la metrópoli, caso contrario al de las clases trabajadoras quienes esperan años para poder adquirir un bien inmueble, situándose en donde la oferta se adapte a sus recursos disponibles.

Con la clase trabajadora podemos darnos una idea de la demanda habitacional de acuerdo con los datos que el Instituto Municipal de la Vivienda de Guadalajara (INMUVI, 2015) el cual estimó por medio del INFONAVIT³⁹ que hasta 2015 existía una potencial demanda de 155,281 unidades (gráfico 6), donde el 8% podría pagar viviendas con un valor mayor de 765 mil, el 9% en un rango de 487 mil a 764 mil, el 18% en un rango de 278 mil a 486 mil y el 65% lo haría a precios menores a 277 mil pesos de acuerdo a sus niveles de ingreso.

Gráfico 13.

Potencial de demanda de vivienda en el municipio de Guadalajara 2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INMUVI, 2015

Dicho lo anterior, el 16% de los trabajadores afiliados al INFONAVIT podrían adquirir una vivienda dentro de la oferta inmobiliaria del municipio (por encima de los 500,000 pesos), sin embargo, el 84% restante (entran dentro de la demanda de vivienda de interés social) necesariamente tendrían que buscar una vivienda a las afueras de Guadalajara en donde la oferta es más asequible económicamente, aunque esto no asegure su accesibilidad a el entorno económico, social y cultural de la urbe.

³⁹ El INFONAVIT es el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores y fue fundado en 1972.

Esto quiere decir, que, si existe oferta inmobiliaria dentro de Guadalajara, tal y como lo señala la Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios de Guadalajara (AMPI) que en 2017 el 20% de la oferta en el AMG se dio en Guadalajara, mientras que el 40% en Zapopan y el 16% en Tlajomulco (El Informador, 2017). Por su parte el INMUVI (2015) informó que Guadalajara contaba con un alto volumen de viviendas deshabitadas, alrededor de 49,996 unidades, seguramente muchas de ellas en venta y otras más en abandono por el deterioro de la vivienda como a nivel barrial.

De acuerdo a los datos anteriores, el problema de la vivienda en Guadalajara no es la falta de las mismas, sino más bien, la nula oferta de vivienda de interés social, que al menos en la periferia de los municipios sur-oriente si se oferta, esto excluye a las clases trabajadoras de vivir en la ciudad central, en donde los servicios de transporte son más accesibles, mientras las clases medias y altas que desean vivir en el municipio, solo deben pagar los costos de las propiedades que el mercado inmobiliario impone y quienes prefieran vivir en cotos privados, salen de Guadalajara hacia Zapopan.

Bajo este contexto ha surgido una política de desarrollo urbano que busca revertir la desurbanización de Guadalajara, bajo la directriz de impulsar el repoblamiento ordenado del municipio particularmente en zonas de alta centralidad y corredores de transporte masivo, con la cual no solo se busca una redensificación, sino más bien un desarrollo urbano sostenible (Gobierno de Guadalajara, 2018, p.177) en donde la vivienda esté al alcance de todos, mejore la convivencia social y aumente la eficiencia energética de la movilidad para reducir los contaminantes, es decir, se busca un Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS).

Por su parte el Instituto Metropolitano de Planeación (IMEPLAN) a través de su Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet) expresa la necesidad de conducir políticas públicas de “urgente reconcepción y gobernanza a escala de ciudad completa: seguridad ciudadana, recuperación de espacios públicos, movilidad, modelo de vivienda DOTS, gestión del medio ambiente (gestión integral del agua, de residuos y cambio climático y resiliencia)”. (IMEPLAN, 2016, p.17)

De igual forma el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP por sus siglas en inglés) recalca la importancia de implementar políticas para revertir la dispersión de la ciudad y la contaminación por el uso excesivo del vehículo, el cual ha desarrollado guías y manuales en donde propone diferentes estrategias para la implementación del modelo DOT en el AMG, mismas que abordan como eje central la planeación urbana y el transporte urbano sostenible.

La política de redensificación por medio del DOT contempla una solución integral a escala metropolitana de las consecuencias económicas, sociales y ambientales que la dispersión urbana ha generado en los habitantes metropolitanos, bajo los siguientes argumentos:

- Inseguridad por las noches en calles solitarias por falta de vida habitacional en el municipio de Guadalajara.
- Dispersión de los recursos para la infraestructura urbana que siempre será insuficiente en los municipios periféricos.
- Deterioro de las infraestructuras por la falta de recaudación de recursos municipales para el municipio de Guadalajara en donde se encuentra una gran concentración de la cobertura del transporte público.
- Las familias que se fueron a vivir a la periferia y lugares lejanos, una de dos: gastan varias horas productivas al día en sus traslados o quedan confinados en sus colonias sin integrarse social y económicamente a la urbe por la falta de recursos y sistemas de transporte público.
- Aumento de la contaminación producida por las distancias empleadas en viajes en donde el transporte motorizado, principalmente automóviles privados ganan cada vez más usuarios.

Dicha política urbana ya se encuentra expresada en los Planes Parciales del Desarrollo Urbano de Guadalajara, plantea un escenario de repoblamiento para el municipio, el cual pretende que para al año 2045, la ciudad llegue a un total de 1,820,106 habitantes, es decir, 359,958 habitantes más que en 2015 y un 10.5% más población de la que llegó a tener en 2000, para ello se necesitarían 90,000 viviendas nuevas⁴⁰, en donde los corredores (DOTS) por donde circula el transporte masivo serían las áreas de mayor carga habitacional entre 186 y 152 habs/ha (Gobierno de Guadalajara, 2018, p.177).

Para lograr los objetivos planteados, la política de redensificación a través del DOT permite tanto la inversión privada como pública en base a los lineamientos del Programa Municipal de Desarrollo Urbano, con apoyos del Gobierno Estatal y Federal

⁴⁰ Si se considera una ocupación de 4 personas por vivienda, que resulta del redondeo de la media nacional que es de 3.9 habitantes por vivienda, de acuerdo al censo de 2010. Si la ocupación disminuye, se requerirá de más vivienda (Medina y Patlán, 2016, p.25).

para conducir un proceso intenso de densificación, con crecimiento económico acelerado y orientado a incrementar la oferta de vivienda, tanto de inversión privada como de interés social (INMUVI, 2015, p.8)

Hasta el momento no existe un proyecto acorde al modelo DOT, a pesar que el 10% de las nuevas viviendas verticales se ubican en los alrededores de los corredores del transporte masivo (ITDP, 2016, p.45) estas no fueron planeadas para integrar la vivienda con el transporte masivo, como sucede con el desarrollo Chihuahua 1071 y Alto Horizonte que ofrecen cajones de estacionamiento para cada departamento además que los entornos no invitan a los residentes a caminar para llegar a la estación más cercana, como es el caso de Alto Horizonte que cuyas banquetas parecen abandonadas (IMEPLAN, 2020).

Figura 25.

Vista del desarrollo Alto Horizonte desde Avenida Colón



Fuente: IMEPLAN, 2020

Sin embargo, desde 2017 el gobierno de Guadalajara presentó el primer proyecto de vivienda acorde al Desarrollo Orientado al Transporte con inversión privada, a cargo del grupo Marhnos y se plantea que se termine en el primer semestre del 2020. Se ubica en Avenida Federalismo 1008 en la colonia Artesanos, entorno a la estación Mezquitán de la línea uno del transporte masivo en el municipio de Guadalajara, a dos cuadras del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH) y a una cuadra del Parque Alcalde (Gobierno de Guadalajara, 2017; Marhnos hábitat, 2019).

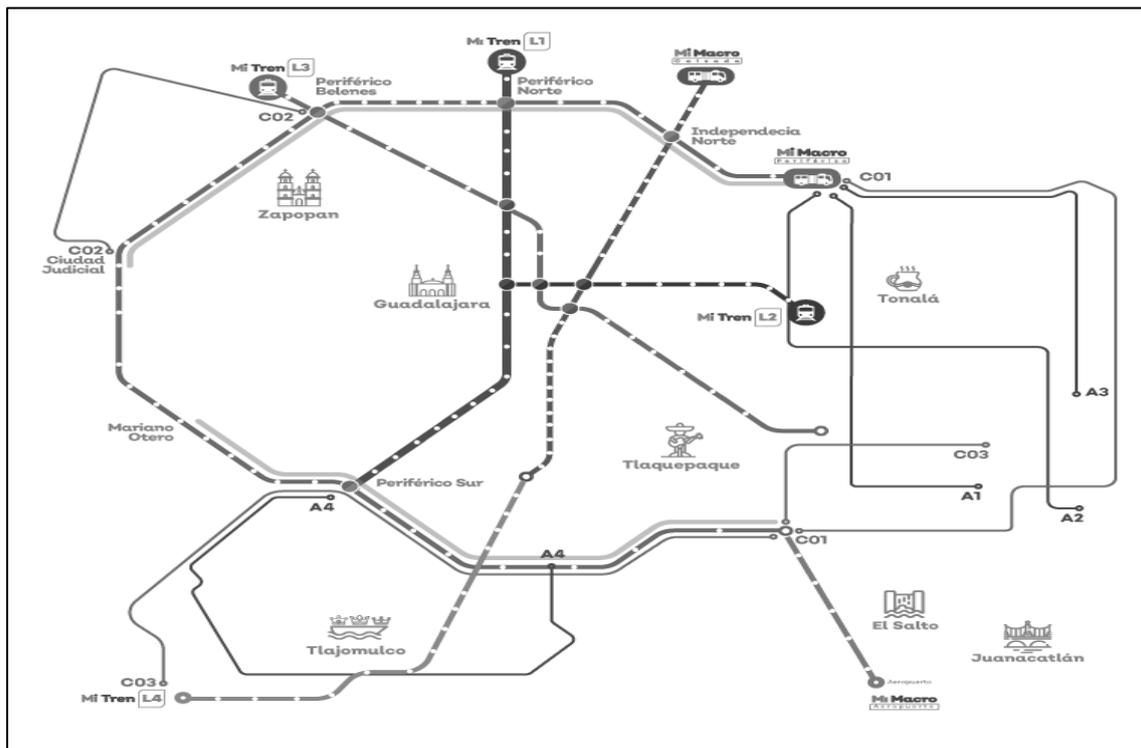
En cuanto a la vivienda de interés social, en 2019 se lanzó una política llamada “Rehabitar la Ciudad” la cual a través de la Coordinación de Gestión Integral de La Ciudad y el Instituto Municipal de la Vivienda, buscan revitalizar los icónicos barrios de Guadalajara para brindar a las y los tapatíos opciones dignas y accesibles de vivienda (Gobierno de Guadalajara, 2019). El programa tiene como meta para 2020 construir 2,500 unidades habitacionales en el centro Guadalajara, dentro de los polígonos de Paseo alcalde, Ciudad Creativa Digital y desde el Barrio Mexicaltzingo hasta la Normal, todos ellos dentro de los corredores del transporte masivo (Pérez, 2019).

Ambos proyectos son muestra de la renovación y repoblamiento del centro de Guadalajara, aprovechando los espacios subutilizados, pero, además es el complemento del cambio de paradigma de la planeación urbana, hacia un concepto sostenible, que ha venido germinando desde hace unos años atrás con los sistemas de transporte público.

Por una parte, la implementación del transporte masivo, línea uno a finales de 1989, línea dos en 1994 (Córdova, 2010, p.172), una tercera línea próxima a entrar en funciones y una cuarta en gestión y dos líneas de Bus de Tránsito Rápido (BRT por sus siglas en inglés) el Macro Calzada que opera desde 2009 y el Macro Periférico en reciente construcción (Gobierno de Jalisco, 2020).

Figura 28.

Proyección de la red de transporte masivo



Fuente: Gobierno de Jalisco, 2020

Y por el otro lado el sistema de transporte no motorizado, con una red de sistema de bicicleta pública, MiBici con 2,440 unidades y 274 ciclopuertos (estaciones) que hasta la fecha lleva un total de 13,028,499 viajes (MiBici, 2020) acompañado de una infraestructura vial de 207 km de ciclovías en todo el AMG (AMIM, 2020) y una serie de peatonización de avenidas y calles.

Pero el golpe de mayor autoridad para lograr una movilidad urbana sostenible en Guadalajara se dio en 2017 con la peatonización de la Av. Alcalde (Paseo Fray Antonio Alcalde). Como se mencionó en apartados anteriores esta vialidad fue ampliada en 1940 para dar paso al automóvil, en la cual llegaron a circular 100,000 unidades al día, con dicha intervención se estima que ahora circulen el doble en personas, además cuenta con una ciclovía que se integrará a la red existente de MiBici (Gobierno de Jalisco, 2017), sin dejar de mencionar que por debajo pasa la línea tres del transporte masivo.

Con ello se dio inicio a una etapa en que el automóvil deja de ser el eje central de la gestión y planificación de la movilidad urbana (al menos en el centro histórico de Guadalajara). Con el nuevo Paseo Alcalde el espacio está recobrando vida, las personas pueden caminar con seguridad, disfrutar de las áreas verdes e inmobiliario urbano, incluso respirar aire más limpio en pleno corazón de la metrópoli, con los más de 2,000 árboles que están en pleno crecimiento (Gobierno de Jalisco, 2017).

Este corredor y algunos otros⁴¹ están considerados como sitios estratégicos al interior de la ciudad, porque generan cierta influencia territorial por su carácter focalizado y por su función potencial o real en la dinámica socioeconómica local, denominados, Nuevos Entornos Urbanos Sostenibles (NEUS) los cuales consideran “usos de suelo mixto, densidades apropiadas, desarrollo habitacional vertical, en corredores de movilidad masiva y multimodal (DOT), dotados de espacios públicos y equipamiento urbano de alta calidad, para fortalecer la vida en comunidad” (IMEPLAN, 2016, p.16).

⁴¹ Huentitán, La Normal, Estadio, Distrito Salud, Ciudad Creativa Digital, Chapultepec, Minerva, San Juan de Dios, Agua Azul, entre otros (ver IMEPLAN, 2016, p.367).

Capítulo 3

Metodologías para el análisis energético y ambiental de las movilidades laborales, modelo disperso y compacto

3.1 El enfoque de la investigación

El estudio de la movilidad hoy en día requiere de un análisis multi e interdisciplinario, por el simple hecho que es un fenómeno multivariable, donde intervienen sujetos (personas) como objetos (medios), dicho de otra forma, es un fenómeno urbano complejo y hasta cierto punto impredecible. En este orden de ideas, ni una disciplina puede ser excluida, al contrario, la colaboración entre todos los saberes, refuerza día con día el andamiaje para conocer, analizar, interpretar, exponer, etc. la movilidad de las ciudades en todas sus escalas y temporalidades.

De tal modo que los estudios que abordan el fenómeno pueden tener un enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto. En la movilidad urbana el enfoque mixto no es una enajenación, más bien, el fenómeno al componerse por personas y medios, requiere diferentes caminos desde diferentes perspectivas: sociales, históricas, antropológicas, geográficas, culturales, estadísticas, económicas, espaciales, ingenieriles, etc. No es de asombro que los estudios de la movilidad combinen enfoques cualitativos y cuantitativos.

Bajo este razonamiento, la investigación se fue estructurando de tal modo que pasó de solo contemplar la parte cuantitativa a conjuntar los dos enfoques. Primero, se estudia al fenómeno desde la parte histórica y social a finde de sembrar las bases contextuales, desde una mirada cualitativa. En lo referente a la cuestión cuantitativa tiene mayor peso metodológico, se relaciona con la hipótesis planteada, misma que es comprobable y cuyas variables son medibles (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.4), además confirma y/o justifica (Martínez Carazo, 2006, p.170) una política urbana basada en un nuevo paradigma de desarrollo urbano y movilidad sostenible.

Tiene un alcance descriptivo y correlacional, en el entendido que describe, mide y relaciona la eficiencia energética del modelo de Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) que brinda desde la movilidad urbana, en contraste con el consumo de energía y contaminación derivado de una alta motorización en función de la dispersión urbana

(suburbanización), donde el consumo de energía y emisión de contaminantes dependen de la distancia, tiempo y características de cada vehículo.

Los métodos y técnicas se basan en los objetivos específicos del estudio, primero, desde la parte cualitativa se describen los modelos urbanos estudiados, en lo que refiere al modo de asentamiento, población, movilidad y estilo de vida en general. Para posteriormente, emplear el análisis cuantitativo al comprobar la eficiencia energética en materia de movilidad urbana de la densificación como estrategia del modelo DOT en torno a modos de transportes sostenibles, ante el actual modelo suburbano y disperso orientado al automóvil y su relación con el beneficio ambiental, mediante una comparación de subhuellas ecológicas.

Dentro de los objetivos encierra un análisis económico (costo-beneficio), es decir, se hace una comparación objetiva basada en los costos entre ambos desarrollos urbanos, desde una mirada social, en el entendido que ambos modelos se han creado para las clases más rentables (con mayor poder adquisitivo) de la ciudad, que en gran parte siguen provocando una fragmentación de clases sociales.

Con el fin de implementar la metodología y construir una explicación plausible sobre la relación energética-ambiental de los desarrollos hasta ahora explorados teóricamente que componen el análisis y con el fin de comprobar la hipótesis, se determinó que la investigación correspondiera al estudio de casos, porque hasta el momento solo existe un desarrollo correspondiente al DOT y para ello era importante contrastarle con un fraccionamiento del modelo suburbano.

3.2 Selección del estudio de casos

De acuerdo con Creswell (2013, p.99-101) el estudio de casos pretende entender un problema a partir de un caso en particular, el mismo puede involucrar el comportamiento de un individuo, un grupo, un programa en concreto o una actividad, para ello el investigador se centra en el problema y luego selecciona un caso para ilustrar el comportamiento del mismo. Creswell (como se citó en Ceballos-Herrera, 2009, p.417) reafirma que el estudio de casos pretende comprender el fenómeno desde un caso particular sin interés por comprender otros casos.

Dicho lo anterior, el problema del estudio se interesa y por ende describe la escala metropolitana, por las relaciones económicas, sociales y culturales que coexisten entre la

población de los municipios que conforman el conurbado, en esta dinámica, la movilidad es la base fundamental para que los vínculos socio-económicos coexistan. Además, es importante comprender el papel de la urbanización (territorio) dentro de la triada urbana (movilidad, transporte y territorio) en el sentido que este último ha aumentado las distancias y con ello ha impactado en las formas y medios de movilidad.

Sin embargo, abordar una escala de la envergadura del AMG implicaría un trabajo gigantesco, que por el tiempo y recursos disponible no sería posible, para ello, se optó por comprender el fenómeno desde el estudio de casos, como el sujeto de investigación, el cual sirve para iluminar, comprender, explicar y describir el fenómeno. Para esta estrategia metodológica se pueden combinar abordajes cuantitativos y cualitativos o centrarse en solo uno de ellos (Alcalá, 2015, p.3).

Ceballos-Herrera (2009) considera que “desde un nivel técnico, este tipo de investigación se caracteriza por la utilización de técnicas que informan de la particularidad de las situaciones y permiten una descripción exhaustiva y densa de la realidad concreta objeto de estudio” (p.417), considerando una investigación meramente cualitativa.

Alcalá (2015) al estudiar diferentes autores, encontró que el estudio de casos puede agruparse:

Con base en sus propósitos se puede clasificar en evaluativo o exploratorio, por su abordaje se clasifica en demostrativo (para probar una teoría), de construcción teórica o de ilustración, por su enfoque se clasifica en retrospectivo, de instantánea o diacrónico y por su desarrollo operativo se clasifica en anidado, paralelo, o secuencial. (p.4)

En base a lo expresado por Alcalá, el estudio de casos que comprende la investigación es demostrativo, en este caso, demostrar la eficiencia energética-ambiental del modelo de Desarrollo Orientado al Transporte en Guadalajara, mismo que es de reciente concepción, por consiguiente, se reconoce a través de la teoría y de la implementación en otras ciudades del mundo los beneficios teóricamente descritos.

De acuerdo con Kazez (2009) el estudio de casos; confirmador o discutidor de teoría requiere implícitamente un análisis comparativo. Es por esto que la investigación se centró en contrastar el DOT con un caso del modelo disperso y suburbano, el cual se reconoce teóricamente como un modelo insostenible por aumentar las distancias entre las

actividades económicas, sociales y culturales de la ciudad, promover un mayor uso y apropiación del automóvil y consumir suelo urbano que deteriora el ambiente.

Se puede argumentar que la contrastación de ambos modelos de forma general, fue comprender ambiental y energéticamente como, el tipo de urbanización y planeación urbana en el territorio tiene impactos en la movilidad de los habitantes de una ciudad tan compleja como lo es el conurbado de Guadalajara.

Para la selección de los casos primeramente se debe enfatizar que el estudio de casos también se caracteriza más por la elección del caso (sujeto de estudio) y no tanto por la elección de un método, en este sentido, el investigador elige el caso a estudiar por su interés en casos particulares, antes que los métodos a utilizar (Stake, 1994, p.236).

Para seleccionar el caso del DOT se debe aclarar nuevamente, que este paradigma de la planificación urbana aún es una política urbana, a pesar que se ha venido impulsando desde hace 5 años no ha logrado consolidarse en el entramado urbano por una serie de factores socio-políticos, hasta el momento solo existe un desarrollo en plena construcción acorde al DOT, denominado, Acervo Central Living, por tanto, este mismo se seleccionó por ser el único caso.

En lo que refiere al modelo suburbano, se sabe que nace desde principios del siglo pasado, se desarrolla en la mitad del mismo, pero no ve su florecimiento hasta después de la década de los setenta, en plena expansión del AMG. Existe una cantidad considerable de modelos de este tipo, sin embargo, para la selección del caso se orientó por la información (Flyvbjerg, 2006).

De acuerdo a la información presentada en el contexto, se observó que Zapopan es el municipio en donde el modelo de suburbio se dio fuertemente, por consiguiente, se seleccionó a los casos de este municipio, después se hizo un segundo filtro, se seleccionaron los fraccionamientos que se asemejaran al ideal de ciudad jardín, lo que llevó a cotar a los fraccionamientos que se ubican en las inmediaciones del bosque La Primavera.

Las variables a considerar para la selección del caso suburbano fueron las siguientes: lejanía con respecto a la ciudad central, valor del inmueble, antigüedad de construcción, entorno ambiental a semejanza de ciudad jardín y automovilidad.

Tabla 13.

Descripción de las variables consideradas para la selección del caso suburbano

Variable	Nombre	Descripción
V1	Lejanía	Entre más lejos y disperso esté el complejo mejor para el contraste de casos contrarios.
V2	Valor	Para su contrastación con el DOT era necesario que ambos complejos fueran equiparables en cuanto al valor de la propiedad.
V3	Antigüedad	Entre más reciente sea el desarrollo ayuda a conocer mejor las preferencias de los habitantes al momento de elegir vivir en la periferia vs en zonas más céntricas.
V4	Entorno ambiental	La teoría nos dice que además de la segregación, las personas buscan mejores condiciones ambientales, lo cual el estudio buscó comprobar.
V5	Automovilidad	El desarrollo debe estar orientado al automóvil, para ello el entorno construido debe proporcionar las condiciones necesarias para el uso del vehículo.

Fuente: Elaboración propia

La información para el criterio de evaluación para cada caso se dio mediante la observación directa a los fraccionamientos, esto implicó recorrer los mismos y solicitar datos con las inmobiliarias y/o guardias de seguridad, así mismo se complementó la información con los sitios web de cada fraccionamiento, de estas dos formas fue posible obtener datos como: precio, año de desarrollo, entorno ambiental y de movilidad.

Con una matriz multivariable se procedió a realizar una lista de cotejo, para comparar los fraccionamientos y seleccionar el caso más adecuado para ser contrastado con el correspondiente al DOT. Para cada variable se le asignó una calificación del uno al diez; donde uno es la calificación más baja y diez la más alta. El caso con mayor calificación fue el más adecuado para su contraste (tabla 14). El resultado señaló que Los Robles Residencial era el entorno suburbano más adecuado para el caso.

Tabla 14.

Matriz multivariable para la selección del caso suburbano

Variables	V1	V2	V3	V4	V5	Total
Suburbio						
Bugambilias	10	6	5	10	10	41
Santa Anita	10	5	7	8	8	28
El Palomar	10	7	5	10	10	39
Los Robles	10	10	10	10	10	50
Natura	10	10	9	10	10	49
Aire	10	9	9	9	10	47
Forét	10	8	8	8	9	43
Arrayanes	10	9	9	10	9	47
Ataira	10	9	10	10	10	49

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al momento de pretender aplicar el instrumento y establecer los enlaces que permitieran acercarnos a los residentes, el acceso fue negado para nuestros fines, los guardias que vigilan la entrada y salida del fraccionamiento, indicaron que tenían prohibido permitir el ingreso de personas externas⁴² sin demostrar ser visitas de los residentes o sin autorización previa de los administradores inmobiliarios.

Al intentar realizar un enlace vía telefónica con los administradores inmobiliarios y explicar los motivos de la investigación, fuimos redirigidos a dos escalones corporativos, hasta el punto en donde se nos proporcionó un número telefónico para comunicarnos directo con la persona que podría atendernos, después de varios intentos de comunicación simplemente no respondieron a nuestra llamada.

Por consiguiente, se optó por seleccionar el segundo fraccionamiento de acuerdo a la ponderación, es decir, cambiamos el caso, esta vez nos redirigimos a Natura Bosque Residencial, en donde se obtuvo una mejor respuesta y por ende se seleccionó a este como el sujeto de estudio.

⁴² En plática con los guardias de seguridad nos indicaron de forma sincera que era difícil que se autorizara realizar el estudio en el fraccionamiento, añadiendo que los residentes no les gusta ser molestados, que por su nivel socio-económico, eran personas ocupadas y que su tiempo era muy importante.

3.3 Estudio de la movilidad

La movilidad en su entorno urbano se reconoce como un “medio para asegurar la accesibilidad entre las distintas áreas funcionales de la ciudad” (Lange, 2011, p.89). Lo que implica una infinidad de actividades sociales, en el entendido que “no existe ninguna actividad profesional, de recreación, estudio, vida familiar, amistosa, asociativa o cultural que pueda realizarse sin la necesidad de movimiento” (Caudillo, 2016, p.118).

De manera general y abstracta podemos decir que la movilidad urbana implica movimiento (distancia y tiempo) entre un lugar a otro (territorio) y de un medio (transporte y recursos), sin embargo, tiene implícitos factores: culturales, económicos, políticos, físicos y sociales, que varían de individuo a individuo, por tanto, la movilidad urbana corresponde más a un sistema complejo; porque presenta dinámicas irreversibles, súbitas, impredecibles, aperiódicas (Maldonado, 2014, p.73). Entonces la movilidad no es un fenómeno estable, cíclico y controlable, que pueda ser medido desde la física clásica (leyes de Newton).

Se puede entender como variable dependiente de los estilos de vida de cada persona, desde esta perspectiva la movilidad es multifacética y variable, por consiguiente, generalizarla para su medición dará un resultado poco preciso, además que cambia en el tiempo, es decir, el comportamiento de los individuos puede cambiar drásticamente en un hito de tiempo corto.

Al respecto Miralles-Guasch y Cebollada (2002) afirman que las formas y modos en como las personas utilizan el territorio y los recursos para acceder a bienes y servicios expresan diferentes tipologías de movilidad y cada una varía según el tipo de movimiento, y añaden que entre las movilidades que pueden surgir en el territorio de una ciudad encontramos las más comunes: laboral, cuidado, escolar, ocio etc.

A lo que Miralles-Guasch (citado en Miralles-Guasch y Cebollada, 2002) agrupa y define como movilidad cotidiana: “la suma de los desplazamientos que realiza la población de forma recurrente para acceder a bienes y servicios en un territorio determinado” (p.194). A pesar que este tipo de movilidad en la mayoría de los casos comparte un mismo origen, el hogar, no se presenta de la misma forma en un intervalo de tiempo, es decir, no es cíclica.

No obstante, autores como Li et al., (p.428) reconocen que estudiar la movilidad laboral, es una forma plausible pero simplificada de estudiar el comportamiento del hogar al elegir el modo de transporte y la ubicación de la vivienda, por las siguientes razones:

el viaje es obligatorio para todos los días de la semana y requiere que se presenten a la misma hora sin importar donde vivan y generalmente es el viaje más largo del día. Esto permite medir distancias y tiempos con poco margen de error porque es una actividad que siempre se realiza, por tanto, las personas son capaces de dimensionar estos parámetros.

Además, este tipo de movilidad es uno de los principales generadores de movimiento en las relaciones socio-económicas de las ciudades y se da en periodos de tiempo más largos, hasta cierto punto se puede interpretar como subcíclico. Dicha característica permite controlar y medir el fenómeno, guardando su respectiva proporción temporal y espacial.

Bajo estos argumentos y en el entendido que el objetivo de la investigación es comprobar la eficiencia energética y ambiental del modelo DOT (compacto) en materia de movilidad, versus el modelo suburbano (disperso), los cálculos se basaron en la movilidad laboral, desde esta mirada, la ubicación de la vivienda torna a manifestarse como la variable dependiente y la ubicación laboral es la variable independiente, es decir, entre más lejos se encuentre la vivienda de los centros laborales, se crea una mayor dependencia al automóvil, por ende, se incrementa el consumo de energéticos y se generan mayores contaminantes.

En lo que refiere al modelo DOT, la vivienda al estar sobre corredores de transporte masivo brinda una mayor proximidad y accesibilidad a los centros laborales, y ofrece las condiciones para que los traslados se realicen sobre este último medio y no en automóvil, lo que genera un menor metabolismo que va desde una mayor eficiencia energética y una reducción en la huella de carbono. Entonces, la variable dependiente (la vivienda) se cambia en relación a la variable independiente (el trabajo) para obtener un resultado distinto.

3.4 Técnicas utilizadas para la recolección de datos del modelo suburbano

Una vez definido el estudio de casos y el tipo de movilidad a estudiar, el siguiente paso de la investigación fue la recopilación de los datos. Para obtener las respectivas huellas y el análisis costo-beneficio de acuerdo a los objetivos de la investigación, se recopilaron datos de ambos casos, sin embargo, sobre el modelo suburbano recayó mayor peso metodológico, a diferencia del DOT, este primer complejo está habitado, por

consiguiente, se tomó la ubicación laboral de este mismo como la variable independiente del estudio.

La recopilación de datos para este caso, se compuso de tres apartados: destino laboral, características del vehículo y perfil socioeconómico, con sus respectivas variables, tal y como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15.

Variables consideradas para la recopilación de datos del modelo disperso

Destino laboral
<ul style="list-style-type: none"> • Distancia al trabajo • Tiempo de viaje
Características del vehículo
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo (marca, submarca y año) • Tipo de combustible usado • Gasto aproximado en combustible
Perfil socioeconómico
<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas que habitan el hogar • Número de personas empleadas • Valor del inmueble • Valor del vehículo

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que el destino laboral se pudo explotar de una base de datos del INEGI que contemplara un apartado de origen-destino, pero desafortunadamente no existe estudio similar para el AMG, lo más cercano es la encuesta intercensal de 2015, en cuyo apartado relacionado a movilidad laboral, se preguntó a los encuestados hacia qué municipio se trasladan para ir al trabajo, que medio usan y cuánto tiempo tardan en llegar al mismo, sin embargo, este dato es muy general y nada específico, además al ser una muestra representativa, no ayuda a identificar la movilidad de la zona estudiada, solo se puede a escala municipal.

Entonces, se determinó en levantar los datos por cuenta propia a través de una encuesta que tomara en cuenta el origen-destino, características de movilidad y perfil

socioeconómico de los habitantes suburbanos, a la cual se la denominó Encuesta O-D de Natura Bosque Residencial (O-D Natura).

3.4.1 Población, muestra y objeto de estudio

La población se determinó en base al número de departamentos en Acervo, de acuerdo con Salazar, Bahena y Martínez (2014, p.45) la población de un estudio es relativa y varía de acuerdo a los intereses, en este sentido para hacer un contraste en condiciones similares entre ambos casos, se tomó el número exacto en casas por parte de Natura. Entonces, la población de estudio para el caso suburbano correspondió a 138 unidades habitacionales.

Al principio de la investigación parecía fácil lograr aplicar la encuesta a toda la población estudiada, sin embargo, en las primeras salidas a campo y con una encuesta piloto y al gestionar los permisos con los respectivos administradores y/o representantes de los cotos, fue más difícil de lo pensado, estrictamente se nos prohibió levantar la encuesta de casa en casa⁴³, se convino con los representantes vecinales que las encuestas se dejaran con los guardias de seguridad que vigilan la entrada y salida de cada coto, para que estos últimos se encargaran de repartirlas a los residentes y fueran devueltas al mismo lugar una vez que las contestaran.

Una semana después de dejar 60 encuestas solo 3 personas contestaron, los guardias llevaron un control de quienes habían tomado las encuestas y quienes definitivamente se negaron a recibirla, con un margen de rechazo del 95%, se replanteo la estrategia, esta vez se consideró realizar un muestreo, el cual es considerado como un recurso valioso cuando el estudio implica un alto costo o no se tiene acceso a la población (Salazar et al., 2014, p.45).

Una de las desventajas de la muestra al estudiar una población relativamente pequeña, genera un dilema, entre menor margen de error y mayor grado de confianza se tome en cuenta, más cercano estará el dato al número de la población, es decir, para nuestra población de estudio de 138 unidades, considerando un margen de error inferior al 5% y una confianza del 95% la muestra quedaría de 101 encuestas, es decir, 37 encuestas menos que si se considerara la población total, pero, dicho número estaría por encima de la falta de interés por parte de los residentes.

⁴³ De acuerdo a los reglamentos internos y apelando a la seguridad de cada uno, se prohíbe que vendedores, encuestadores, predicadores etc. perturben la tranquilidad de los residentes sin autorización previa.

No obstante, bajó este escenario, se reajustó la muestra de acuerdo al contexto con el fin de bajar el número de encuestas, para ello, se consideró un margen de error del 15% y una confianza del 85%, de esta manera la muestra quedó con un total de 20 encuestas, mismas que arrojaron un conjunto de datos de 38 destinos laborales, de acuerdo a la siguiente fórmula muestral.

Ecuación 2.

Fórmula para determinar la muestra

$$n = \frac{k^2 pqN}{(e^2(N-1)) + k^2 pq} \quad (1)$$

Fuente: Encuesta de hábitos, percepción y preferencias ciclistas

Donde:

N= tamaño de la población

k= nivel de confianza

p= porcentaje con la característica del estudio

q= porcentaje sin la característica del estudio

e= error

n= tamaño de la muestra

Y es que, en el caso aquí estudiado, se demostró que los colectivos con extractos económicos altos cada vez son más herméticos, esto mismo no permite una recolección de datos óptimos, de esta manera no se logró considerar un margen de error mínimo, y de la misma forma pone en riesgo el criterio de la equiprobabilidad, parte fundamental de la muestra estadística, en donde cada individuo de la población tiene la misma posibilidad de ser encuestado, es decir, hasta cierto punto, el muestreo quedo definido entre quien sí aceptó responder y entre quien no.

A manera de subsanar el error muestral, se realizó una observación directa por medio de un aforo vehicular y una de lista de cotejo para inferir determinados patrones próximos que la encuesta levantó, entre ellos, el tipo de vida suburbana, motorización, nivel socioeconómico y dependencia al automóvil.

3.4.2 Diseño y aplicación de la encuesta

Como se mencionó anteriormente en base al tipo de estudio que compete la investigación, se determinó que la recopilación de la información fuese por medio de la encuesta, misma

que se entiende plenamente como una herramienta metodológica para recolectar información en estudios relacionados al transporte (Ortúzar, 2000) o en un contexto más contemporáneo al estudio de la movilidad (INEGI, 2017).

Desde este enfoque, el objetivo de la encuesta era conocer los parámetros de la movilidad de los residentes del fraccionamiento Natura, pero además ciertas cualidades sociales y económicas, entre ellas la preferencia por la zona de hábitat, se pretendió comprobar si el entorno natural sobre el cual se ubica el fraccionamiento era una variable considerada por los residentes al momento de elegir su hogar, así como los costos de cada hogar para su contraste costo-beneficio con Acervo.

Tanto para el diseño como para la aplicación de la misma, esta fluyó a través de la encuesta origen-destino (O-D) porque es una herramienta usada en estudios de transporte y común mente sirve para obtener datos del número y tipo de viajes en un área (Box y Oppenlander, 1985, p.116) dirección, modo y motivo, incluye movimiento de vehículos privados, de carga y de pasajeros de varias zonas de origen a varias zonas de destino, por medio de entrevistas a los usuarios (Coronado, 1991, p.22).

Los datos de los estudios O-D ayudan a dimensionar el número y tipo de viaje del área de estudio, cuyo propósito visto desde la ingeniería del tránsito se relaciona más con la planeación del transporte, es decir, los datos son transformados en la proyección de nuevas obras de transporte público, carreteras (Box y Oppenlander, 1985, p.116) y estacionamientos (Bocanegra, 2005, p.3). Desde esta disciplina se estudia al objeto de la movilidad por sus características cuantitativas y no cualitativas.

En cambio, hoy en día, los estudios O-D se ven más como fuente de información sobre la movilidad donde ya no solo se estudia al objeto sino también al sujeto, es decir, aspectos cuantitativos y cualitativos, mismos que recopilan datos del volumen y dirección de los flujos diarios de la población y muestra una imagen de los patrones de viaje como: modos de transporte, motivos, costos, horarios, fines de desplazamiento, etc. (INEGI, 2017).

Capron y Pérez (2016, p.13) lo refieren como el cambio de paradigma gracias al concepto de movilidad. En este sentido, el transporte pierde su jerarquía y pasa hacer un componente de la movilidad. En esta nueva forma de estudiar la movilidad, lo importante no son los puntos de origen y destino del viaje, sino también la experiencia misma del viaje (Capron y Pérez, 2016, p.13) que va desde el entorno construido y el tipo de transporte que se emplea.

Por lo general con este tipo de estudio se puede obtener información sobre todos los viajes de los residentes de una zona, incluyendo los viajes en transporte público, camiones, taxis y automóviles particulares (Box y Oppenlander, 1985, p.125). Sin embargo, se optó solo por recopilar datos de los viajes en automóvil, debido a que es el medio de transporte que más se usa para el tipo de movilidad laboral y cuya dependencia al automóvil privado se evidencia claramente, lo que nos hizo descartar otros medios de transporte por su baja representatividad.

Para obtener los datos O-D, la encuesta consideró en un primer apartado además del número de integrantes y de personas empleadas por hogar, el número de vehículos, seguido del número de personas que usan el vehículo como medio para ir al trabajo y si cada persona usa su propio automóvil, para que después el encuestado respondiera en un apartado distinto los datos de movilidad para cada persona que usa el automóvil (ver anexo 1).

Ortúzar (2000, p.50) precisa que el diseño de las preguntas debe tener una estrategia cuando se trata de distancias y tiempos de viaje, los cuales pueden ser mal representados, sugiere que no debería preguntarse en forma general (promedios) si no en referencia a un hito temporal, por ejemplo, solicitar hora de comienzo y término del viaje.

Al aplicar las encuestas pilotos se expuso (y posteriormente se comprobó) que existen personas que no tienen horarios fijos, por consiguiente, se consideró una opción para los promedios en tiempo de viaje. De esta manera, las personas que no tienen horarios fijos tuvieron una segunda opción en donde contestaron los promedios del tiempo que realizan con motivos laborales.

Una vez definido el diseño del apartado O-D, se precisó el resto de información a recopilar, de acuerdo con Ortúzar (2000, p.47 y 48) además de los datos sobre viajes, tiempos y costos, también hay que considerar, uso de suelos: zonas residenciales (densidad habitacional), información socioeconómica (ingresos, tasa de motorización, tamaño y estructura familiar).

Un apartado que no se podría omitir, era la preferencia por el hogar, se desconocía por completo si las personas habían contemplado el entorno ambiental sobre el cual se ubica el fraccionamiento, para ello se diseñó una sección en donde se consideraron cinco categorías que eran características de la zona y se le pidió a los encuestados que calificaran en un a escala del uno al cinco las diferentes categorías (ver anexo 1).

Dentro del mismo apartado se consideraron dos preguntas una abierta y una cerrada, con el fin de conocer si las personas antes de adquirir su propiedad en Natura, consideraron la posibilidad de adquirir un departamento de edificio, esto es importante para conocer las tendencias de vivir en edificios al igual que el DOT.

Para el mismo autor, las preguntas empleadas en la encuesta deben tener un orden estratégico con el fin de no causar resistencia por parte de los encuestados sobre todo cuando las mismas están relacionadas con el ingreso del hogar. Además, el formulario y la entrevista como tal deben ser simples y directas, y considerar el menor número de preguntas abiertas.

Una vez realizada las primeras encuestas piloto, se denotó que el acomodo de las preguntas debía tener un hilo conductor para el encuestado, además las preguntas tenían que ser claras y debían dar lugar para todas las respuestas posibles. También se descartaron preguntas de interés socioeconómico con el fin de no generar desconfianza a los residentes, a sabiendas que la información se podía conseguir de otra manera, la única pregunta relacionada fue el valor de la propiedad que se hizo al último de la encuesta. Para al fin, después de cinco borradores se llegó al diseño final (ver anexo 1).

El método seleccionado para la aplicación de la encuesta se determinó por las limitaciones vinculares y tiempo, necesidades de los datos personales y presupuesto. Los procedimientos para llevar a cabo este tipo de estudios pueden ser complejos, Box y Oppenlander (1985, p.117-127) describen 11 métodos para realizarlos y cada uno es diferente según el propósito y forma de la recolección de datos, pueden ser, desde la ubicación, propósito, tiempo, modo, uso del suelo del destino, así como datos socio-económicos.

Para el tipo de encuesta que el estudio necesitó, se consideró en un principio usar el método cinco (encuesta domiciliaria), pero con las limitaciones y restricciones que surgieron en el proceso, entre ellos la restricción para acudir de domicilio en domicilio, la aplicación de la misma se tuvo que adecuar a las facilidades que surgieron en el camino. El método dos descrito por Box y Oppenlander (1985, p.121-122) fue el que más se pareció al método usado:

Consiste en entregar a los conductores, mientras pasan las estaciones seleccionadas, unas tarjetas postales con las preguntas en la que se solicita llenarlas y dejarlas en algún buzón del correo. Las estaciones deben ubicarse (...) en donde el tránsito circule lentamente (...). En este método también puede

necesitarse los servicios de la policía, para hacer que los vehículos se detengan o disminuyan su velocidad. (p.120)

Para el caso nuestro y gracias a la facilidad permitida por la administración vecinal, la encuesta fue entregada a los guardias que vigilan la entrada y salida de cada coto, ellos se encargaron de repartir la misma con los residentes cada vez que entraban al recinto habitacional, y una vez que tenían a bien de contestarla, la dejaban con los guardias, quienes guardaban la encuestas hasta que se recolectara.

Como nunca se tuvo contacto directo con los encuestados, no se pudo llevar a cabo lo que Valles (2002) expresó “el primer contacto con el entrevistado suele hacerlo el propio encuestador, cuyo reto consiste en lograr que la persona que acabas de conocer acepte, sin más preámbulo ni dilación, someterse a un interrogatorio sin previo aviso” (p.89). El contacto directo permite convencer al encuestado mediante la exposición de los motivos, en cambio, al no contar con esa posibilidad, se agregó una hoja adicional a la encuesta en donde se expresaron los motivos del estudio.

Sin embargo, no todo fue miel sobre hojuelas, la respuesta de parte de los residentes no fue la más satisfactoria, de acuerdo con entrevistas informales con los guardias de seguridad, una gran mayoría de los residentes se negó a recibir la encuesta, argumentaban que no les interesaba y llevaban prisa, otros más recibían las encuestas, pero nunca la devolvieron contestada, solo un porcentaje de la manera más amable contestó las mismas con un alto grado de veracidad.

3.4.3 Aplicación del aforo vehicular y lista de cotejo

Con el fin de reforzar el estudio y agregar evidencia empírica a la alta tasa de motorización del fraccionamiento, se aplicó a la par de la encuesta, un aforo vehicular, el cual consistió en llevar un registro manual del número de vehículos que pasaron por un punto determinado (Box y Oppenlander, 1985, p.13), se escogió como punto de aforo, la entrada principal al fraccionamiento que da a la Av. Pról. Mariano Otero⁴⁴, principal arteria que conecta con el resto de la metrópolis.

⁴⁴ El fraccionamiento tiene dos accesos, sobre Pról. Mariano Otero se encuentra la entrada principal y se podría decir que la secundaria da hacia la calle. H. Colegio Militar, pero más bien es un acceso y no entrada, afortunadamente el día en que se aplicó el aforo, dicho acceso secundario se encontraba bloqueado por que se estaban realizando obras de encarpamiento, lo que prácticamente obligó a los residentes ocupar la entrada principal, de no ser así el aforo no hubiese contemplado los vehículos que entraban y salían sobre este acceso secundario.

En un aforo vehicular, al momento de realizar el conteo, se pueden clasificar los tipos de vehículos, desde camiones (por tamaño, peso o número de ejes) autobuses, automóviles y motocicletas, también se puede considerar el sentido de circulación y la ocupación vehicular (Box y Oppenlander, 1985, p.18). Por el tipo de movilidad estudiada, solo se consideró los vehículos privados, ello implicó descartar vehículos de trabajo y de transporte privado (taxi).

El aforo se realizó por la mañana de 7 a.m. a 9 a.m. con el fin de captar los flujos de salida al trabajo y uno más por la tarde de 5 p.m. a 8 p.m. para observar los flujos de regreso a casa, fue un día miércoles, siguiendo las recomendaciones de autores como Box y Oppenlander (1985) los cuales recomiendan hacerlo un día entre martes y jueves puesto que son días en que los flujos son más estables.

La información se recabó en lapsos de 30 minutos y solo se necesitó la participación de un observador, el cual anotó los automóviles que entraban y salían del fraccionamiento, si se hubiese contado con la ayuda de otro observador hubiese sido posible, anotar más datos como, el tipo de vehículo y la ocupación, sin embargo con la limitación de personal, la observación se limitó a lo más esencial.

Las herramientas hasta ahora expuestas se han empleado con mayor frecuencia en estudios de mayor envergadura, por lo general realizados por dependencias de gobierno como una herramienta de gestión que implique conocer a mayor detalle las reparticiones modales en la movilidad de las ciudades, para así lograr una planificación acorde a las necesidades de transporte, sin olvidar que tales estudios requieren de una gran inversión de tiempo y recursos, de los cuales el estudio aquí expuesto no los tiene.

En lo concerniente a la lista de cotejo, se llevó a cabo por medio de la observación durante los días de visita al fraccionamiento. Dicho instrumento permitió conocer aspectos que reforzaran los datos explotados de la encuesta O-D Natura, como el tipo de vehículos (antigüedad aproximada y modelo), así como patrones más generales como estilo de vida de los residentes, actividades, apariencias, sociabilidad, edades, rutinas etc. tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16.

Aspectos considerados en la lista de cotejo

Aspectos	Observaciones
Dependencia al uso del automóvil	-----
Entorno orientado al uso del automóvil	-----
Tipos de automóvil y antigüedad	-----
Actividades y rutinas de los residentes	-----
Edad aproximada de los residentes	-----
Apariencia y sociabilidad	-----

Fuente: Elaboración propia

3.5 Determinación de las variables en función de las huellas

La ordenación y gestión de la ciudad bajo criterios de sostenibilidad debe necesariamente elaborar e incorporar indicadores de sostenibilidad, para medir los avances (o retrocesos) alcanzados. Actualmente existe una batería de indicadores que deben ser aplicados: capacidad de carga, huella ecológica urbana, índices de vulnerabilidad y capacidad de resiliencia de los distintos subsistemas urbanos (Velásquez, 2012, p.83).

Entre los más comunes esta la huella ecológica, un indicador de insostenibilidad que mide la capacidad requerida en superficie para obtener recursos y absorber los contaminantes de una determinada población (Wackernagel y Rees, 2001). Este indicador es complejo, es decir, toma en cuenta todo tipo de actividad humana, (alimento, transporte, energía, vivienda, etc.) y cada vez se agregan nuevas variables que lo hacen más cabal y preciso.

Sin embargo, para los intereses del estudio, el indicador huella ecológica es muy amplio, porque la investigación solo toma en cuenta la automovilidad laboral en un sentido energético. Afortunadamente la huella ecológica se compone de subcategorías como la huella de energía y la huella de carbono, indicadores más específicos e ideales para comprobar la hipótesis planteada.

A pesar de especificar el tipo de huella a estudiar, es importante aclarar que la misma solo toma en cuenta el proceso metabólico de la movilidad laboral, es decir, no se interesa en considerar los consumos energéticos y las emisiones en torno a la producción del combustible utilizado para alimentar cada vehículo que deriva de actividades asociadas con la producción de combustible, como extraer (u obtener) las materias primas, transportarlas a una planta de procesamiento y convertirlas en combustible para motores, así como distribuir ese combustible (EPA, 2020).

De la misma forma no se considera la energía y emisiones para la producción de vehículos y carreteras, puentes elevados y demás infraestructura que propicia el entorno construido, en el entendido que no solo se usan para la movilidad laboral, incluir, tanto la producción de los combustibles, vehículos e infraestructura implicaría conocer una serie de datos adicionales para determinar las relaciones de uso. Por el momento se optó por no dimensionarlas por las limitaciones del estudio.

Dicho lo anterior, se procedió a determinar las variables necesarias para calcular las subhuellas antes mencionadas. Un estudio realizado en la ciudad de Concepción, Chile por Muñoz et al., (2016) con el propósito de determinar la huella ecológica para la movilidad, tomó como variables dependientes, el número de desplazamientos, modo de transporte y distancia recorrida. En el caso particular, el modo de transporte ya está determinado por los intereses del estudio, la movilidad del autotransporte, cuyos datos se explotaron de la Encuesta O-D Natura.

Para determinar las distancias de igual modo se utilizaron los destinos laborales de la encuesta O-D. Con la ayuda de una herramienta de sistema de posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) como lo es Google Traffic (ver anexo 8) fue posible realizar una simulación de las condiciones viales a la que los habitantes de Natura se enfrentan para llegar a sus destinos laborales, la misma muestra tiempos y distancias de la ruta más óptima, esta herramienta de georreferenciación es precisa para determinar las distancias puesto que la medición no es en línea recta⁴⁵.

Google Traffic también permite conocer en tiempo real las condiciones viales para determinar tiempos y trayectos de viaje o bien hacer simulaciones específicas seleccionando las diferentes horas del día y los diferentes días de la semana para conocer

⁴⁵ En comparación con el estudio de Muñoz et al., (2016) en donde la distancia la midieron en línea recta, lo cual no puede ser la medición más precisa, porque la articulación vial no se comporta de ese modo, en cambio, Google Traffic mide la distancia según el recorrido por las diferentes arterias de la urbe.

cómo se comportarían los viajes en ciertos contextos espaciales. Dicha información sirvió para corroborar los datos en tiempo de traslados obtenidos en la encuesta O-D.

Algunas encuestas presentaban disparidad en los datos, por ejemplo, establecían que hacían 50 minutos para llegar al trabajo y 15 para volver a casa lo cual no puede ser del todo real⁴⁶, gracias a esta herramienta se pudo corregir el dato, de no ser así dicha incongruencia en cuanto a tiempos pudo afectar el cálculo de las huellas a razón que el tiempo de traslado es una variable requerida.

Otra variable a considerar fue el rendimiento y/ eficiencia de cada vehículo, a pesar que autores como Muñiz et al., (2016) han utilizado factores de conversión para calcular la huella de carbono, mismos que pueden ser extrapolados de base de datos como los propuesto por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Sin embargo, estos datos son generales y pueden ser usados cuando se desconoce las características particulares de cada medio de transporte.

Se optó por considerar la eficiencia y rendimiento para cada vehículo, explotado de la encuesta O-D Natura con el fin de hacer más exacto el cálculo, cuyos valores fueron obtenidos del Portal de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares (Eco-Vehículos) del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2020).

Figura 11.

Portal de indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares del INNEC

Marca	Submarca	Año modelo	Categoría	Rendimiento ajustado (km/l)	Emisión CO ₂	Gasto Anual estimado de combustible
FIAT	UNO ATTRACTIVE 5PTAS 1.4L 4CIL 85HP MAN	2016	SUBC	16.40	169	\$18,500
FIAT	UNO 1000 5PTAS 1.4L 4CIL 85HP MAN	2016	SUBC	14.71	187	\$20,700

⁴⁶ Es probable que las personas después de salir de casa hacían otras actividades y una vez terminada dicha actividad volvían a casa, es por eso que establecían que en el traslado a casa era menor que el de ida al trabajo, cuando en la mayoría de los casos era justamente lo contrario.

Fuente: INECC, 2020

El Portal Eco-Vehículos fue creado con el fin de proveer información útil al consumidor sobre las características técnicas de vehículos ligeros y las resume en dos calificaciones (Eco-Etiquetado de vehículos) que combinan atributos de emisiones y rendimiento de combustible, con la finalidad de que el consumidor tome una decisión informada, reduzca su impacto en el medio ambiente y contribuya a la reducción de emisión de compuestos y gases de efecto invernadero (INECC, 2020).

Por consiguiente, en el portal se puede consultar el Eco-Etiquetado de casi todo tipo de vehículo de acuerdo a la marca, submarca y año. La información que el INECC muestra es ardua y abarca desde la eficiencia, tipo de motor, rendimiento, combustible, potencia, cilindraje, gasto anual estimado en combustible, emisión de CO₂ y NO_x, datos útiles para los intereses del estudio (ver anexo 9).

Se consultó la información para cada automóvil registrado en la encuesta O-D Natura de forma manual y se generó una base de datos para su posterior análisis. A pesar que el portal tiene un amplio acervo de vehículos, existieron tres casos en donde no hubo información para el año de la marca y submarca consultada, por tanto, se tomó como dato valido el año más próximo consultado, así, por ejemplo, si se requería saber la Eco-Etiqueta del automóvil: Fiat/ Uno/ 2017 y el portal no tenía datos aún registrados para ese año, se tomó la información del auto: Fiat/Uno/2016 cuyos datos si existen en la base de datos.

3.5.2 Cálculo de la huella de energía

La huella de energía se basó en el gasto de combustible, una subcategoría de los costos de operación de vehículos, asociados a la propiedad, manejo y mantenimiento, que incluye: “costos de combustibles y lubricantes, desgaste de neumáticos, repuestos, mano de obra en mantenimiento, depreciación e interés, licencias, seguros, etc.” (Posada y González, 2013, p.37).

En este sentido, el gasto en combustible es el primer factor a dimensionar, derivado del destino laboral. Para ello los datos O-D muestran la distancia y tiempo de viaje al trabajo en forma de magnitudes escalares (Pérez, 2015, p.68) que ayudan a identificar la distribución espacial de los asentamientos dentro de la urbe, por ello su importancia como variable de los consumos de energía dados por la carga de movilidad.

No obstante, el consumo de combustible no es una variable fácil de determinar, a pesar que de forma general se expresa en términos de las características del vehículo y características resumidas de cualquier viaje (An y Ross, 1993, p.105), es decir, no solo dependen del tiempo y distancia, como bien lo han expresado Posada y González (2013, p.38) este es influenciado por la geometría y condición de la carretera, por las condiciones de circulación, por el tipo de vehículo y también por las características del conductor y del ambiente en el cual se encuentra inmerso. El ambiente refiere a las condiciones viales y de congestión (variable ralenti para el estudio, abordado más adelante).

De acuerdo con An y Ross (1993, p.105) existen tres formas de calcular el consumo de combustible⁴⁷, ya sea a través de modelos de regresión, donde los coeficientes se estiman estadísticamente en lugar de medirse físicamente, o modelos físicos, entre ellos, los modelos de simulación y modelos lineales simples, la elección de cada uno varía según el conjunto de datos disponibles y de las herramientas tecnológicas empleadas, para el caso de la investigación se realizó un modelo lineal simple en base a los datos disponibles.

Ejemplo de un modelo lineal simple es el desarrollado por An y Ross (1993) expresado en una ecuación matemática para calcular el consumo de combustibles de un vehículo (estadounidense), sus variables muestran que, el consumo de combustible depende de un pequeño número de características de velocidad que resumen un viaje (velocidad promedio, velocidad pico promedio, tiempo de frenado, tiempo de parada y número de paradas por unidad de distancia) tal y como se muestra a continuación.

Ecuación 4.

Modelo para el consumo de combustible de An y Ross

$$E_{fuel} = [\alpha_{f, pwr} (1 - t_c - t_D) \frac{v_{gear}}{V} + \alpha_{f, idle} \frac{(t_c - t_D)}{V}] + (\alpha_{tire} + \alpha_{air} \lambda V_r^2 + \alpha_{brake} \beta V_p^2 n + \frac{\alpha_{acc}}{V}) \quad (2)$$

Fuente: An y Ross, 1993, p.105

Donde:

E_{fuel} = consumo de combustible por unidad de distancia.

V = velocidad promedio general (D/T).

V_r = velocidad media de circulación (cuando el vehículo está en marcha).

⁴⁷ Campos (2013) ofrece un estado del arte con los diferentes modelos que se han desarrollado.

v_p = velocidad media máxima (raíz cuadrada de las velocidades máximas del subciclo).

n = número de paradas por milla (o grandes retenciones).

T_c, T_D = fracción de tiempo de frenado y parada, respectivamente.

V_{gear} = velocidad media del vehículo en la marcha utilizada en la vecindad de V_r multiplicada por la relación de transmisión en relación con la velocidad máxima.

λ = promedio de la velocidad de carrera en cubos dividido por el cubo de la media, V_r^3/V_r^3 , donde, en esta expresión, solo, V_r es la velocidad de carrera instantánea; y

β = fracción de energía cinética del vehículo absorbida por los frenos (en el régimen C).

$\alpha_{f,pwr} - \alpha_{f,idle}$ = fricción del motor en régimen de aceleración y deceleración, respectivamente.

De igual forma Evans y Herman (1978) han expresado un modelo lineal simple para calcular el consumo de energía, los autores consideran factores de consumo y rendimiento, cuyos datos en nuestro contexto son más fáciles de obtener. En el modelo, k_1 y k_2 son parámetros de cada vehículo, es decir, son constantes que dependen según el tipo de automóvil, expresados en la siguiente ecuación:

Ecuación 7.

Modelo para el consumo de combustible de Evans y Herman

$$E = k_1 + k_2/\bar{v} \quad (3)$$

Fuente: (Evans y Herman, 1978, p.138)

Donde

E = consumo de combustible (millas/galones)

k_1 = factor de rendimiento (galones/milla)

k_2 = factor de eficiencia (galones/hora)

\bar{v} = velocidad de viaje promedio (duración del viaje dividido por su duración total incluyendo tiempo detenido)

A pesar que el modelo de An y Ross, sería una manera viable de calcular el consumo de combustible, hay que considerar que el modelo está diseñado para el cálculo individual, de esta manera sería necesario conocer las variables del modelo para cada vehículo del estudio, por consiguiente, no sería posible replicarlo en el estudio, no obstante, el modelo nos dio una pista, al interpretar de manera general, que el consumo

depende del tipo de vehículo (motor), conducción (persona) y condiciones viales (congestionamiento).

Al respecto Evans y Herman (1978) coinciden al estipular que, el consumo de combustible de un vehículo dado en el tráfico urbano y suburbano está determinado por la compleja interacción de muchos factores, entre ellos las entradas de control que el conductor hace a su vehículo, cómo interactúa con los vehículos vecinos y con un complejo sistema de control de tráfico, y añade: “el consumo de combustible se ve afectado por la forma en que el comportamiento humano individual y colectivo interactúa con un sistema complejo grande, así como por las características físicas de los vehículos” (p.137).

En este sentido, se tomó como muestra el modelo de Evans y Herman a través de las velocidades medias, sin olvidar que los vehículos que operan en el tráfico urbano sufren cambios frecuentes de velocidad, lo que repercute directamente en el consumo de energía, por dicha razón se consideraron los factores de consumo o rendimiento de cada vehículo.

Afortunadamente, el rendimiento en su valor ya expresado, considera las características del vehículo y el tipo de conductor, solo basta con conocer la marca, submarca y año del automóvil. Mismos datos fueron recolectados en la encuesta O-D, Natura, aunado, la misma también permitió recopilar datos en tiempos y con la ayuda de Google Traffic se calculó de igual manera la distancia (km) de cada viaje al trabajo.

Dicho lo anterior, es posible medir el consumo de combustible por medio del rendimiento de cada motor. En la mayoría de los casos, los fabricantes ofrecen los datos en dos modalidades, la primera, el rendimiento en ciudad: considera los altibajos en velocidades que se pueden dar al conducir por zonas urbanas, y el segundo, el rendimiento por carretera: considera condiciones en zonas no urbanas, con velocidades más constantes, es decir, el rendimiento logra una mayor eficiencia energética.

Sin embargo, los valores de rendimiento tanto en ciudad como en carretera se obtienen de las pruebas en condiciones controladas de laboratorio que cada marca automotriz realiza, los resultados de estas pruebas pueden no ser reproducibles ni obtenerse en condiciones y hábitos de manejo convencionales, debido a condiciones climatológicas y topográficas, tipo de combustible, entre otros factores que se han mencionado (INECC, 2020).

Ante este contexto, el Eco-Etiquetado de Vehículos del INECC ofrece una opción más realista, denominado “rendimiento ajustado”. Es una modificación al rendimiento

obtenido en las pruebas de laboratorio de Estados Unidos que la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) renovó a partir del 2008 para mostrar a los consumidores de autos nuevos, un rendimiento de combustible más cercano a la realidad, las modificaciones que incluye son altas velocidades, rápidas aceleraciones, uso del aire acondicionado y manejo en temperaturas muy frías (INECC, 2020).

Con dichas consideraciones, en comparación con los rendimientos de laboratorio, el rendimiento en ciudad disminuye cerca del 12% en promedio y con un máximo del 30% para algunos vehículos, el rendimiento en carretera disminuye un 8% y como máximo 25% para algunos vehículos, es decir, el rendimiento ajustado puede tener mayor acercamiento a la realidad y por esta razón fue el dato considerado para el cálculo de la huella de energía.

Además, para obtener un resultado más certero, se consideró una tercera variable, el ralentí, que técnicamente se conoce como el número de revoluciones por minuto (rpm) que debe tener un motor (también denominado ratio) cuando está detenido, esto puede ser cuando el vehículo se enciende antes de andar, cuando se detiene en un semáforo o por congestión. Dicho de otra manera, es la cantidad de energía que demanda el automóvil cuando se encuentra detenido por las razones antes mencionadas.

El ralentí tiene una correlación directa con el ratio, que de forma general se entiende como la relación entre las rpm del eje de entrada y las rpm del eje de salida de un motor y está dado en función de la potencia-peso (hp/kg) (Koenigsegg, 2016), es decir, un vehículo que está diseñado para un mayor trabajo (camiones de carga, vehículos de carrera o deportivos), necesita una potencia superior, por consiguiente, tendrán mayores rpm (tanto en marcha como en ralentí) y el consumo de combustible será mayor en comparación a vehículos ligeros.

El modelo de cuatro modos descrito por Campos (2013, p.50-53) para el cálculo de consumo de combustible, considera además de la aceleración⁴⁸, frenado⁴⁹, crucero⁵⁰, el ralentí, expresado como el vehículo que tiene el motor en funcionamiento, pero a una velocidad inferior a 5 km/h. El modelo toma el ralentí como una variable determinante para el consumo de combustible, expresada de la siguiente forma:

⁴⁸ Considerado como el vehículo que progresivamente aumenta de velocidad.

⁴⁹ Considerado como el vehículo que progresivamente disminuye de velocidad.

⁵⁰ considerado como el vehículo que se desplaza a velocidad constante.

Ecuación 10.

Fórmula para el consumo de combustible en ralentí

$$F_i = \alpha t_i \quad (4)$$

Fuente: Campos (2013, p.52)

Donde:

F_i = consumo de combustible en ralentí

α = ratio de combustible en ralentí (ml/s)

t_i = tiempo en ralentí

Entonces, el ralentí, es una forma silenciosa de consumo de energía que demanda combustible a medida que el caos vial en las urbes aumenta y la forma más fácil de detectarlo es con el acrecentamiento en los tiempos de traslados, por ejemplo, si un viaje en condiciones normales se realiza en 30 minutos y con el tráfico se hace en 50 minutos, quiere decir, que 20 minutos del viaje, el vehículo pasó en ralentí y solo consumió energía sin entregar trabajo.

En este sentido la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, s/f, p.9) estipuló que un automóvil en ralentí puede llegar a consumir hasta 100 ml de combustible por cada 10 minutos, que es igual a 600 ml por hora. Por su parte Sustainable America (2018) expresó que un conductor estadounidense puede pasar hasta 16 minutos en ralentí al día, lo que le genera un gasto entre 120 y 242 litros de combustible al año dependiendo del tipo de automóvil.

Para el cálculo del ralentí, a expensas que el ratio ya fue considerado en el rendimiento de cada vehículo, se procedió a estimarlo en relación a la capacidad de trabajo (capacidades del vehículo) y así se obtuvo un coeficiente que pudiera ser considerado en el modelo del consumo de combustible.

Con el tiempo promedio de traslado indicado en la encuesta y verificado con la herramienta de Google Traffic, con la cual también fue posible encontrar las distancias, así como los tiempos y distancias en condiciones normales de tráfico. Con ambos datos y de acuerdo a la fórmula de potencia, se encontró que, el trabajo promedio de los desplazamientos con los datos de la encuesta fue de 331,180 kilos Joule (kJ) y en condiciones normales fue de 202,763 kJ.

Ecuación 13.

Fórmula de la potencia

$$P = \frac{T}{t} \quad \therefore \quad T = P \cdot t \quad (5)$$

Fuente: Pérez, 2015, p.187

Donde:

T = trabajo del móvil (kJ)

P= potencia del móvil (kJ/s)

t= tiempo en que se realiza el desplazamiento (s)

Si las condiciones congestionamiento, permitieran viajar a los habitantes de Natura en condiciones normales hacia su destino laboral con la misma potencia, invertirían menor tiempo, reflejado en un ahorro de trabajo igual a 128,417 kJ. Bajo este principio y en las condiciones reales de tráfico, el tiempo en promedio que pasan los habitantes en ralentí para llegar a su trabajo es igual a 16 minutos equivalente a un trabajo de 108,140 kJ.

Tabla 17.

Tipos de desplazamientos en condiciones reales y normales

Tipo de desplazamiento	Potencia	Tiempo	Trabajo
Condiciones reales	151 HP	2940 s	331,180 kJ
Condiciones normales	151 HP	1800 s	202,763 kJ

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Encuesta O-D Natura y Google Traffic, 2020

Entonces, el ralentí en este caso es igual o menor al 32% del trabajo que se necesita para que las personas lleguen desde su casa a su destino laboral y viceversa. Al establecer dicha relación, se concilió establecer un coeficiente de ralentí (λ) igual a 0.3. Con esta última variable, el consumo de combustible quedó expresado en base al siguiente modelo lineal:

Ecuación 16.

Modelo para el consumo de combustible de Jiménez

$$E_{\text{fuel}} = [\Sigma d + (\Sigma d \cdot \lambda) / \Sigma Ra] \eta \quad (6)$$

Fuente: elaboración propia

Donde:

E_{fuel} = consumo de combustible (l)

d = distancias (km)

λ = coeficiente de ralentí

Ra = rendimiento del motor ajustado (km/l)

η = número de viajes

El modelo desarrollado quedó expresado en función de las sumatorias de las distancias, más la sumatoria de las distancias por el coeficiente de ralentí, entre la sumatoria de los rendimientos de cada vehículo, multiplicado por el número de viajes. También se realizó una tabla de coeficientes de ralentí dados en función del tiempo de viaje con el fin de facilitar futuros cálculos, así como una fórmula para conocer el consumo de combustible en ralentí.

Tabla 18.

Tabla de coeficientes de ralentí

Tiempo en ralentí por hora de viaje	Coeficiente de ralentí (λ)
55-60 min.	1
49-54 min.	0.9
43-48 min.	0.8
37-42 min.	0.7
31-36 min.	0.6
25-30 min.	0.5
19-24 min.	0.4
13-18 min.	0.3
7-12 min.	0.2
1-6 min.	0.1

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 19.

Fórmula del consumo de combustible en ralentí por hora

$$E_{\text{fuelR}} = (dh/Ra)\lambda \quad (7)$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

E_{fuelR} = consumo de combustible en ralentí (l)

dh = distancia recorrida en una hora (km)

Ra = rendimiento del motor ajustado (km/l)

λ = coeficiente de ralentí

En comparativa, el consumo en ralentí para los datos registrados en la encuesta O-D Natura mostró que, por cada hora de viaje el consumo de combustible fue de 666 ml muy cercano al dato del CONUEE (600 ml/hora). Sin embargo, dicho dato es una dependiente del rendimiento del motor, así como del tiempo que pasa el vehículo en ralentí (nivel de congestión), por lo consiguiente, el dato solo aplica para el conjunto de valores aquí examinados y no puede aplicarse en todos los escenarios de la ciudad, por tanto, se recomienda aplicar las fórmulas aquí desarrolladas para una mayor aproximación a la realidad.

El modelo se realizó con la ayuda del software RStudio Team (2015) con código de programación, de esta forma los cálculos se simplificaron en cuanto a procedimientos, no obstante, al tratarse de un modelo lineal, el mismo pudo realizarse con otro tipo de softwares como Matlab o Excel. Los resultados se obtuvieron por día, entonces, para conocer su expresión mensual, se tomó en cuenta que, en promedio las personas trabajan cinco días a la semana (y el mes tiene cuatro semanas) el dato se multiplicó por veinte. Para el cálculo anual, se multiplicó el resultado mensual por doce (número de meses al año).

Por último, para expresar el consumo de combustible en términos correspondientes a la huella se utilizó un factor de conversión, de acuerdo con Doménech (2010, p.88) cuando los combustibles fósiles líquidos se utilizan directamente, se multiplica el consumo en litros por su contenido energético, el cual equivale a 35 Mega Joule por litro (MJ/l) y 3.6 MJ equivale a 1 kilo Watt-hora (kW/h).

Con la energía expresada en J/l es posible hacer una conversión directa a hectáreas teóricas de bosque, estos cálculos fueron desarrollados por Salah El Serafy (1989), en el

entendido que, una vez que las reservas de combustibles fósiles estén agotadas y se empiece a cosechar la tierra con fines energéticos (biomasa), cada hectárea de bosque regular podría acumular aproximadamente 80 Giga Joules de energía (Wackernagel y Rees, 2001, p.144).

De igual forma, la tierra podría ser aprovechada para producir biocombustibles con el cultivo de materias primas biológicas, de esta forma es posible hacer un balance energético entre el combustible fósil y los biocombustibles derivados de granos y plantas de acuerdo con la capacidad energética de cada materia prima biológica (ver anexo 6).

3.5.3 El cálculo de la huella de carbono

La huella de carbono es un indicador clave para dimensionar el daño que las actividades antropogénicas causan al medio ambiente en base a las emisiones de bióxido de carbón. En lo que concierne al transporte, no quiere decir que el CO₂ sea el único gas de efecto invernadero que resulta de la combustión de los vehículos, sin embargo, solo se contemplan las emisiones de CO₂ puesto que las emisiones de metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (NO_x) resultan menores al 2% de acuerdo con el IPCC (2014) y menores al 1% de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2020).

No obstante, las emisiones de metano y óxido de nitrógeno pueden ser convertidos a bióxido de carbón equivalente⁵¹ (CO_{2e}), dicho cálculo consiste en multiplicar el número de veces el daño que causa cada gas como factor de calentamiento global en 100 años, en este caso, se estima que el metano es 21 veces y el óxido de nitrógeno 310 veces más dañino que el bióxido de carbón, de tal manera que la ecuación quedaría de la siguiente forma:

Ecuación 22.

Fórmula para el calcula del CO_{2e}

$$CO_{2e} = [F(CO_2 * 1) + F(CH_4 * 21) + F(NO_x * 310)] \quad (8)$$

Fuente: Metrobús, 2012

Para los intereses del estudio las emisiones de CO₂ están relacionadas inequívocamente al consumo de energía, es por esta razón que algunos estudios usan métodos en base a factores de emisión de acuerdo al tipo de energía consumida, como los

⁵¹ El IPCC (1997, p.45) define el CO₂ equivalente como la concentración de CO₂ que daría lugar al mismo nivel de forzamiento radiactivo que la mezcla dada de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

desarrollados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006). En un estudio realizado por Solís y Sheinbaum (2015) para el cálculo del consumo de energía y emisiones de CO₂ del autotransporte en México, se basaron en la metodología y factores del IPCC. Para dicho cálculo bastó con conocer el consumo energético en términos anuales y el factor de unidad energética.

Ecuación 25.

Modelo para el cálculo de CO₂ del IPCC

$$CO_2 = \sum E_{sjt} F_{jt} \quad (9)$$

Fuente: IPCC, 2006, p.248

Donde:

CO₂ = bióxido de carbono

E_{sjt} = consumo energético en el año t del sector s que usa combustible j

F_{jt} = factor de emisión por unidad energética

Muñiz et al., (2016) al desarrollar la huella de carbono para la movilidad de Concepción, Chile, también utilizó los factores de emisión expresados por el IPCC, al igual que Carballo et al., (2008) quienes recurren a los datos del IPCC en el apartado relacionado a la huella de energía expresada en hectáreas necesarias para la absorción de las emisiones producidas por combustibles fósiles.

En este sentido la metodología a seguir depende de los datos disponibles, en el estudio, existieron dos formas de llegar al resultado. La primera, en relación al modelo propuesto por el IPCC, puesto que, ya se cuentan con datos del consumo de energía (litros de gasolina) que demanda la movilidad laboral de los residentes de Natura, y por el otro lado, los factores de emisión correspondientes al tipo de combustible que ya han sido calculados por el INECC (2014) de acuerdo al combustible usado en el AMG.

Tabla 19.

Factores de emisión de gasolina y diésel para el AMG

Muestra	Densidad	CC ⁵²	PCN ⁵³	CC	Factores de emisión		
	kg/litro	% Peso	MJ/kg	kg C/GJ	kgCO ₂ /TJ	kgCO ₂ /kg	kgCO ₂ /l
Gasolina							
Magna	0.742	86.07	42.47	20.27	74,257.74	3.154	2.341
Premium 1	0.733	86.05	42.71	20.15	73,823.31	3.153	2.310
Premium 2	0.736	86.09	42.85	20.09	73,616.32	3.154	2.321
Diésel							
Diésel 1	0.826	85.40	42.98	19.87	72,805.41	3.129	2.586
Diésel 2	0.826	85.85	43.18	19.88	72,850.05	3.146	2.597

Fuente: Elaboración propia con datos del INECC, 2014, p.14 y 15

La tabla muestra los resultados obtenidos para los factores de emisión por unidad de energía (kg CO₂/TJ), por unidad de peso (kg CO₂/kg combustible) y por unidad de volumen (kg CO₂/l combustible). Además, se incluyen la densidad, el poder calorífico neto (MJ/kg combustible) y el contenido de carbono en % en peso y por unidad de energía (kg C/GJ) para cada una de las muestras. (INEEC, 2014, p.12)

Con ambas variables, consumo de combustible en litros y el factor de emisión en kilogramos de CO₂ por litros, el modelo del IPCC quedó de la siguiente manera:

Ecuación 28.

Modelo para el cálculo de CO₂ del IPCC

$CO_2 = \Sigma E \cdot F$	(10)
---------------------------	------

Fuente: Elaboración propia en base a Solís y Sheinbaum, 2015, p.8

Donde:

CO₂ = bióxido de carbono (kgCO₂)

E = consumo energético al año (l)

⁵² Contenido de carbón

⁵³ Poder calorífico neto

F = factor de emisión por unidad energética (kgCO₂/l)

La segunda forma, la que se escogió para el cálculo, tiene una relación directa con el modelo de consumo de combustible del apartado anterior, en este sentido, se tomaron en cuenta las mismas variables de distancias, tiempos y coeficiente de ralentí, para relacionarse con el factor de emisión de cada automóvil, cuyas unidades se miden en gramos de dióxido de carbono por kilómetro (gCO₂/km).

Al igual que el consumo de combustible, las emisiones de CO₂ dependen de cada vehículo, mismos que varían de acuerdo a la marca, submarca y año, esta última subvariable es impredecible, pues se asume, que entre más antiguo sea un vehículo mayor será el grado de contaminación. No obstante, los datos fueron recolectados a la par del rendimiento (ver apartado anterior) en el portal Eco-Etiquetado del INECC (2020).

De esta forma, el modelo desarrollado quedó expresado en función de las sumatorias de las distancias, más la sumatoria de las distancias por el coeficiente de ralentí, multiplicado por la sumatoria de factores de emisión de cada vehículo, para posteriormente ser multiplicado por el número de viajes.

Ecuación 31.

Modelo emisiones de CO₂

$$CO_2 = [\Sigma d + (\Sigma d \cdot \lambda) \cdot \Sigma Fe] \eta \quad (11)$$

Fuente: elaboración propia

Donde:

CO₂ = emisiones de bióxido de carbón (gCO₂)

d = distancias (km)

λ = coeficiente de ralentí

Fe = factores de emisión (gCO₂/km)

η = número de viajes

El modelo también se realizó con la ayuda del software RStudio Team (2015) con código de programación, se siguió la misma sistematización de variables al igual que el consumo de combustible. Los resultados se obtuvieron por día, mes y año de acuerdo a los parámetros de viajes indicados en la encuesta O-D de Natura.

Para expresar el consumo de combustible en términos correspondientes a la huella de carbono se utilizó un factor de conversión, correspondiente a la superficie teórica de bosques necesaria para absorber el CO₂ liberado a la atmósfera a causa de la movilidad

laboral. Wackernagel y Rees (2001) consideran que en promedio los bosques pueden acumular aproximadamente 6.6 toneladas de carbón por hectárea al año ($tCO_2/ha/año$). Pero por su peso internacional se tomó el dato estipulado por el Grupo Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001) que establece $5.21 tCO_2/ha/año$.

3.6 Técnicas utilizadas para la recolección de datos del modelo compacto

El modelo compacto aun no es una realidad en la urbe, como bien se ha mencionado el mismo se encuentra dentro de las políticas de reurbanización de Guadalajara y Acervo es el primer DOT en toda la metrópolis, pero el proyecto continúa en etapa de construcción y, por ende, era imposible recolectar datos de movilidad laboral por medio de la encuesta O-D al igual que Natura.

Con el fin de realizar el análisis energético y ambiental de Acervo, se consideró implementar un modelo predictivo para la recolección de datos, se sabe que un modelo predictivo sirve para responder cuestiones sobre la realidad que no son accesibles mediante la experimentación directa (Felicísimo, s/f, p.2).

De acuerdo con De Souza y González (2001, citado en Candelaria et al., 2011, p.1001) el modelo predictivo se basa en datos anteriores y en técnicas específicas como regresión múltiple, procesos etnográficos, estocásticos, simulación o análisis causal. En esta orden de ideas, se ha tomado los datos laborales de Natura para su simulación, porque comparten las mismas condiciones socioeconómicas en base a los precios de las propiedades y posiblemente asemejen las mismas condiciones laborales, desde preparación académica y relaciones sociales en el mercado laboral.

No obstante, el modelo se comprende mejor como una representación esquemática de un sistema dinámico, que no llega a ser un duplicado de la realidad, sino que la simplifica exagerando y omitiendo rasgos (Candelaria et al., 2011, p.1000), de esta manera el modelo, solo considera los destinos laborales como puntos de referencia, pero, al estudiar la movilidad, se debe ser consciente que este es un sistema complejo y que el mismo no es estable, puede cambiar repentinamente en lapsos de tiempo relativamente cortos.

En este sentido la extrapolación de los destinos laborales del fraccionamiento de Natura hacia Acervo, permite comparar ubicaciones desde dos escenarios habitacionales distintos (disperso y compacto). Por su parte, el modelo DOT por su conectividad y

accesibilidad a distintos medios de transporte, teóricamente la mayoría de sus viajes con fines de trabajo deben realizarse en medios de transporte sostenible (transporte masivo y activo).

De esta forma el modelo se basó conforme al área de cobertura de los sistemas de transporte sostenible, los destinos laborales que empataban con estos mismos transportes fueron simulados a fin de determinar qué tipo de transporte sostenible, tiempo y distancia emplearían los futuros residentes en sus movilidades laborales y los destinos que no coincidían fueron simulados con el automóvil, apelando que por su nivel socioeconómico, los residentes se resistirán a usar otros medios de transporte con baja calidad en el servicio.

De tal manera que la recolección de datos se compuso por dos esferas de transporte, sostenible (Tren Ligerero, Macrobus, SITREN, y MiBici) y privado (automóvil) a razón que por el valor de los departamentos, solo personas de clases económicamente acomodadas adquirirán su propiedad en Acervo, cuya dependencia al automóvil ha sido evidenciada, por tanto, es prácticamente imposible que si su destino laboral queda más allá de la cobertura del transporte sostenible, usen el transporte común para su movilidad.

Tabla 20.

Variables consideradas para la recopilación de datos del modelo compacto

Transporte sostenible
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de transporte: Tren Ligerero, Macrobus, SITREN y MiBici • Distancia • Tiempo
Transporte privado
<ul style="list-style-type: none"> • Distancia • Tiempo

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 Población y objeto de estudio

La población objetivo se basó de acuerdo al número de departamento del complejo, en el entendido, que la población de un estudio es relativa y varía de acuerdo a los intereses del mismo (Salazar et al.,2014, p.45), en este caso correspondieron a 138 unidades

habitacionales, con un promedio de dos personas empleadas por hogar de acuerdo a los datos obtenidos en el modelo disperso y un automóvil por departamento, espacio máximo ofrecido por la inmobiliaria.

Al apoyarse de los datos del modelo disperso, los mismos corresponden a una muestra representativa, es decir, se consideraron veinte conjuntos de datos, con 38 destinos laborales, de los cuales el 77% coincidió con la cobertura del transporte sostenible y el 23% de los destinos tuvieron que ser considerados con una movilidad basada en el automóvil privado.

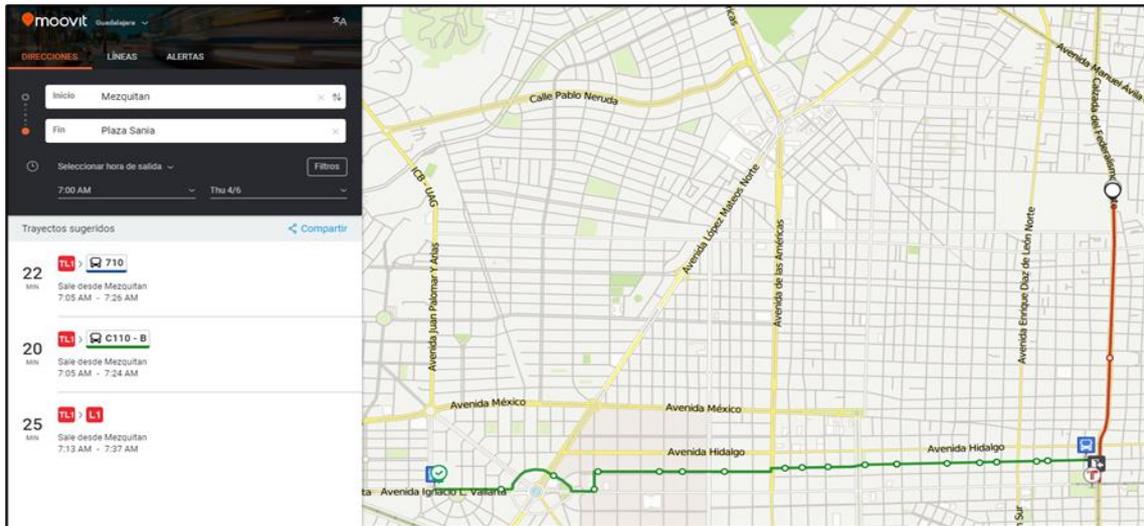
3.7 Determinación de las variables en función de las huellas

Las herramientas que se utilizaron para la simulación de los viajes correspondieron a herramientas de información geográfica y de navegación GPS, una de ellas fue Moovit en su versión web, con esta herramienta fue posible determinar el tipo de transporte sostenible empleado para cada movilidad laboral y el tiempo de traslado, además la aplicación permite seleccionar el tiempo de salida, lo cual es conveniente para tener una simulación más cercana a la realidad.

Una de las limitaciones de Moovit es que solo muestra opciones del transporte público motorizado y excluye al sistema de bicicleta pública, entonces para los destinos en donde es necesario acceder en bicicleta, se utilizó la aplicación de Google Maps, la cual permite calcular tiempos y distancias en bicicleta de un punto a otro, para ello se utilizó el mapa de estaciones del portal de MiBici para poder identificar los ciclopuertos (ver anexo 2 y 3).

Figura 12.

Ejemplo de simulación de los viajes laborales a través de Moovit



Fuente: Moovit App, 2020

Una vez que se determinaron las distancias en kilómetros y los medios de transporte usados para cada viaje, se realizó una consulta en el portal del Sistema de Transporte Eléctrico Urbano (SITEUR) para conocer las marcas y submarcas que operan los diferentes transportes, dicha información era necesaria para conocer los vehículos y tipo de combustible que cada sistema emplea.

Además, se necesitaban saber datos en distancias de los derroteros de cada sistema y número de pasajeros que transportan anualmente, estos datos son indispensables para calcular las huellas per cápita, de esta manera se pudo determinar la huella de la movilidad de los 276 desplazamientos que genera Acervo.

Los datos anteriores fueron obtenidos del portal del INEGI (2020) en su apartado transporte urbano de pasajeros, mismos que se detallan por mes, el portal muestra el número de autobuses, kilómetros recorridos, número de rutas y hasta el total de pasajeros para cada sistema de transporte.

3.7.1 La huella de energía

Para determinar la huella de energía, se consideraron dos fuentes energéticas, una derivada de los combustibles fósiles de la cual se abastecen el Macrobus y las L1 Y L2 del SITREN y la otra, de energía eléctrica que usa el Tren Ligero y L3 del SITREN o mejor conocido por su anterior nombre Trolebus.

Para la primera fuente, primero se calculó el consumo de combustible para los sistemas de Macrobus y las L1 Y L2 del SITREN, estos vehículos se abastecen con

combustible de origen fósil (diésel) y la gran mayoría de ellos son de la marca Dina, pero al revisar la ficha técnica de los fabricantes no fue posible obtener el rendimiento de los motores para seguir el mismo proceso metodológico que el modelo suburbano.

A fin de subsanar el dato, se hizo una extrapolación de los rendimientos reportados por el sistema BRT de la Ciudad de México (Metrobús) cuya flotilla se compone por vehículos similares a los usados por el Macrobus y SITREN (articulados y buses). De tal forma que el rendimiento para este tipo de transporte en promedio corresponde a 1.173 km/l de combustible (Metrobús, 2012, p.12).

Con los datos de las distancias obtenidas en el portal del INEGI, solo bastó con realizar una regla de tres para obtener los resultados del consumo de combustible, para tal efecto no fue necesario considerar un modelo matemático, en el entendido que no se consideraron más variables como el ralentí, en el entendido que el factor de rendimiento expresado por el Metrobús ya considera tiempos inertes por las paradas y semáforos.

No obstante, para la representación de los resultados, los datos fueron procesados de igual manera con el software RStudio Team (2015) de esta forma los cálculos se simplificaron en cuanto a procedimientos, sin embargo, al tratarse de una simple regla de tres, el mismo pudo realizarse con otro tipo de softwares.

Para convertir el consumo de combustible en lo que respecta a la huella de energía se utilizó un factor de conversión, de acuerdo con Doménech (2010, p.88) cuando los combustibles fósiles líquidos se utilizan directamente, se multiplica el consumo en litros por su contenido energético, el cual equivale a 35 Mega Joule por litro (MJ/l) y 3.6 MJ equivale a 1 kilo Watt-hora (kW/h).

Con la energía expresada en Joule por litro es posible hacer una conversión directa a hectáreas teóricas de bosque, estos cálculos fueron desarrollados por Salah El Serafy (1989), en el entendido, que una vez que las reservas de combustibles fósiles estén agotadas y se empiece a cosechar la tierra con fines energéticos (biomasa), cada hectárea de bosque regular podría acumular aproximadamente 80 Giga Joules de energía (Wackernagel y Rees, 2001, p.144).

Al igual que la gasolina, el diésel tiene un sustituto de origen orgánico, es decir, la tierra podría ser aprovechada para producir biocombustible con el cultivo de materias primas biológicas, de esta forma es posible hacer un balance energético entre el combustible fósil y el biodiésel derivado de granos y plantas de acuerdo con la capacidad energética de cada materia prima biológica (ver anexo 7).

Ahora bien, para convertir el consumo de energía eléctrica que emplean el Tren Ligero y SITREN L3 a la huella de energía, se optó por convertir el consumo en kilo Watt-hora a Mega Joule, considerando la relación anterior, en donde cada 35 MJ equivalen a un litro de combustible de origen fósil, de esta forma se pudieron sumar todos los consumos de energía de los diferentes sistemas de transporte estudiados.

3.7.2 La huella de carbono

En lo que respecta a la Huella de Carbono, se siguió la metodología propuesta por el IPCC de acuerdo a los factores de emisión para cada tipo de combustible (ver ecuación 9). Ellos establecen que la mejor forma de calcular las emisiones de CO₂ es por medio de la cantidad y el tipo de combustible utilizado y su contenido de carbono, puesto que las emisiones de CH₄ y NO_x son más difíciles de estimar, porque los factores de emisión dependen de la tecnología del vehículo, el combustible y las características de funcionamiento.

Para el caso del combustible de origen fósil, como ya se ha mencionado, existe una relación directa entre el consumo de energía y la emisión de gases contaminantes, los cuales varían según el tipo de combustible suministrado en cada región del país. El Macrobus y SITREN L1 y L2 funcionan con combustible diésel, para el caso del AMG el suministro corresponde al Diésel Ultra Bajo en Azufre (DUBA), un combustible que solo tiene 15 mg/kg de contenido de azufre en comparación al diésel convencional de 500 mg/kg (Gobierno de México, 2018).

Sin embargo, se desconoce si este tipo de combustible tiene una disminución en la producción de CO₂, ni el INECC de México y la EPA de Estados Unidos han comprobado una reducción en el nivel de carbono, para no errar en los cálculos, se ha considerado el factor de emisión de acuerdo al diésel que se usa en el AMG, cuyos datos fueron consultados en el INECC (2014) (ver tabla 20).

Para el caso del Tren Ligero y SITREN L3 operan a base de energía eléctrica que teóricamente se reconoce como cero emisiones, debido que no existe una combustión en sus procesos metabólicos, no obstante, la producción de la misma si origina contaminantes de forma indirecta y la mayoría está relacionada a su producción en plantas termoeléctricas a base de combustibles fósiles, por tanto, la producción de emisiones para la energía eléctrica en México para el año 2019 fue de 0.505 toneladas de bióxido de carbón por Mega Watt-hora (tCO₂/MWh) (CRE, 2020).

Sin embargo, el resultado obtenido muestra el total de emisiones por cada sistema, es decir, por todos los pasajeros, entonces, para obtener la huella de los habitantes que usarían este sistema, solo bastó con dividir el resultado entre el número de pasajeros que usan el transporte, de esta forma es posible obtener las emisiones per cápita.

Además, la huella de carbono y energía consideró a los habitantes que posiblemente empleen el automóvil privado como medio de transporte para su movilidad laboral, para obtener sus respectivas huellas, se siguió al pie la metodología expresada en el apartado anterior del modelo disperso.

Por último, para expresar el consumo de combustible en términos correspondientes a la huella de carbono se utilizó un factor de conversión, correspondiente a la superficie teórica de bosques necesaria para absorber el CO₂ liberado a la atmósfera a causa de la movilidad laboral. Wackernagel y Rees (2001) consideran que en promedio los bosques pueden acumular aproximadamente 6.6 toneladas de carbón por hectárea al año (tCO₂/ha/año). Pero por su peso internacional se tomó el dato estipulado por el IPCC (2001) que establece 5.21 tCO₂/ha/año.

3.8 Comparación costo beneficio Natura vs Acervo

La comparación entre las huellas analizadas de ambos complejos sirvió para comprobar la hipótesis planteada, en el sentido que se necesitaba correlacionar el estudio de casos y sopesar si el modelo DOT tenía una menor huella energética y ambiental que al modelo disperso. Desde esta disciplina, las técnicas comparativas han sido un arma valiosa para el estudio de casos (Gómez y De León, 2014, p.228).

Como bien lo ha señalado Kazes (2009) el estudio de casos confirmador o discutidor de teoría como lo es el aquí expuesto, requiere implícitamente un análisis comparativo. Por su parte Gómez y De León (2014) refieren que “el objetivo fundamental del método comparativo consiste en la generalización empírica y la verificación de hipótesis” (p.229).

Nuevamente Gómez y De León (2014) señalan que debe existir previo a la comparativa un marco contextual que condesienda a definir las propiedades y características de los casos a comparar y debe permitir una cierta clasificación que identifique las variaciones y semejanzas del objeto de estudio, según sea el caso. Ante ello, la descripción previa de cada estudio de caso, permitió conocer y calcular las formas

de movilidad y sus respectivos metabolismos, pero, además, desde la selección de los casos se precisó en definir variables que permitieran una semejanza entre ambos para que fueran comparables.

Dicho lo anterior, la primera comparativa abarcó los tiempos de viajes, modos, consumos de energía, emisiones y huellas, entre Acervo que representa el modelo DOT con Natura que corresponde al modelo disperso y suburbano, mismo análisis comparativo no implicó un esfuerzo metodológico en el entendido que los parámetros a comparar ya habían sido desarrollados en los apartados anteriores.

El segundo proceso comparativo, se fundamentó en un análisis económico con el fin de examinar los gastos relacionados a la movilidad laboral entre ambos desarrollos habitacionales, que incluyó el costo en la propiedad de cada vehículo y su respectivo uso, así como el costo de cada unidad habitacional, para ello, primero se precisó en determinar el costo que implica el uso de cada medio de transporte.

Para el caso del modelo disperso en donde sus habitantes solo usan el automóvil, bastó con multiplicar el consumo promedio anual en litros de cada habitante que emplea su automóvil con el costo del combustible (gasolina). El costo de cada litro de gasolina se fundó en un promedio de los diferentes precios reportados para Jalisco en el año 2019, cuyos datos están disponibles en la página de la Comisión Reguladora de Energía (CRE, 2019).

Para el caso de Acervo, el análisis económico se compuso por dos medios de transporte, el primero de ellos, el transporte privado cuyo gasto en movilidad laboral se basó de la misma forma que en modelo disperso, en cambio para el transporte sostenible se calculó en base a un promedio anual de los costos que implica cada viaje. Para quienes solo emplean el Tren Ligero, SITREN o Macrobus les genera un costo de \$9.5 por viaje o bien \$19 al día, que es igual a \$4,560 al año⁵⁴.

Ahora bien, si los habitantes hacen una intermodalidad entre los sistemas, el transbordo cuesta \$4.75, es decir, las personas que tomen dos transportes diferentes en su viaje les costará \$14.25 (SITEUR, 2020) que es igual a \$6,840 al año. Por otro lado, quienes en su movilidad empleen el sistema de MiBici deben costear una cantidad de \$416 al año, precio que estipula el sistema de bicicleta pública del AMG (MiBici, 2020).

⁵⁴ De acuerdo a los datos obtenidos en la encuesta O-D de Natura, en promedio las personas trabajan 5 días a la semana, de tal forma que al año solo trabajarían 240 días.

Al costo de movilidad, se le agregó el costo que implica poseer un automóvil en cualquiera que sea el caso (disperso o compacto). El precio de cada vehículo consideró el valor actual para el año 2020 de acuerdo a cada marca, submarca y modelo, cuyos datos fueron obtenidos de la cotizadora que maneja el portal Eco-Vehículos del INECC (2020). Aunado, se consideró la depreciación del vehículo a una tasa anual del 10%, en el entendido que el automóvil se desgasta hasta el punto que debe ser remplazado, de tal modo que por cada año el usuario debe asumir los costos de la depreciación.

También se consideró el costo de las propiedades habitacionales para ambos desarrollos, con respecto a Natura los datos fueron obtenidos de la encuesta O-D Natura, en donde el valor promedio por residencia correspondió a \$2,000,000 y para Acervo se consideró el precio del departamento que se anuncia en su sitio web cuyo valor es de \$2,150,000 (Acervo, 2020).

Con dichos valores se procedió a realizar una comparativa del costo que implicaría la movilidad para el caso concreto de cada modelo urbano, se consideraron las inversiones a un plazo de 10, 20 y 30 años para decretar los costos totales y así determinar si existe un costo beneficio del modelo de Desarrollo Orientado al Transporte vs el modelo disperso y suburbano.

Capítulo 4

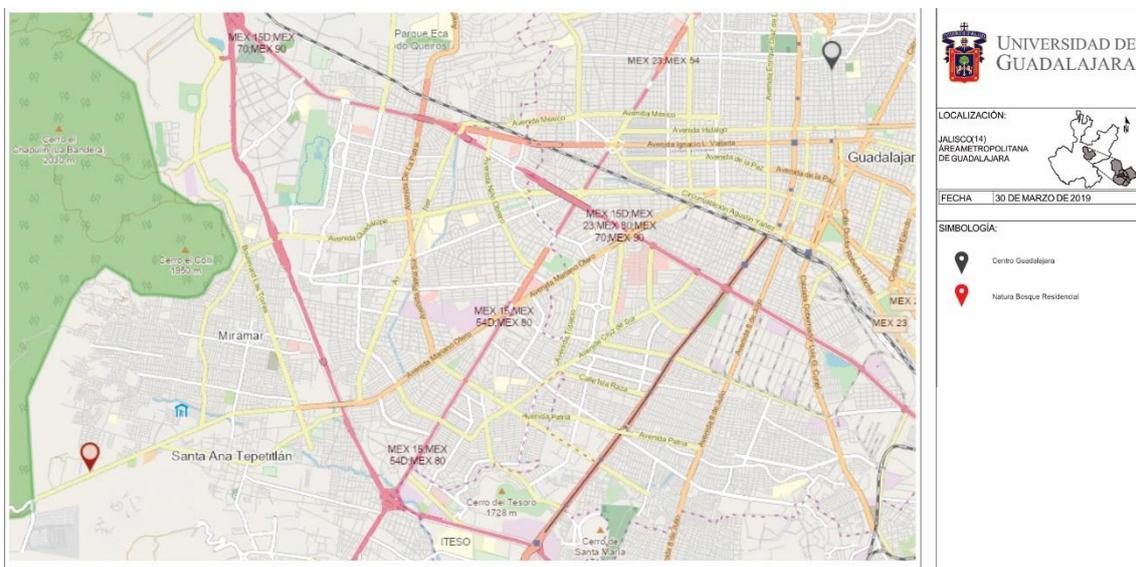
Eficiencia energética del modelo DOT en materia de movilidad laboral ante el modelo disperso

4.1 Natura Bosque Residencial, modelo suburbano y disperso

Natura Bosque Residencial es un conjunto habitacional correspondiente al modelo suburbano y disperso del AMG, se ubica en el km 4.5 de la Av. Prolongación Mariano Otero en el municipio de Zapopan, en los alrededores del bosque La Primavera y a una distancia aproximada de 18 km al centro de su municipio y 17 km al centro de Guadalajara, ofrece casas desde 75 m² de terreno y 89 m² de construcción hasta 99 m² de terreno y 170 m² de construcción (Natura Bosque Residencial, 2020).

Figura 13.

Mapa de ubicación de Natura en contraste con el centro de Guadalajara



Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

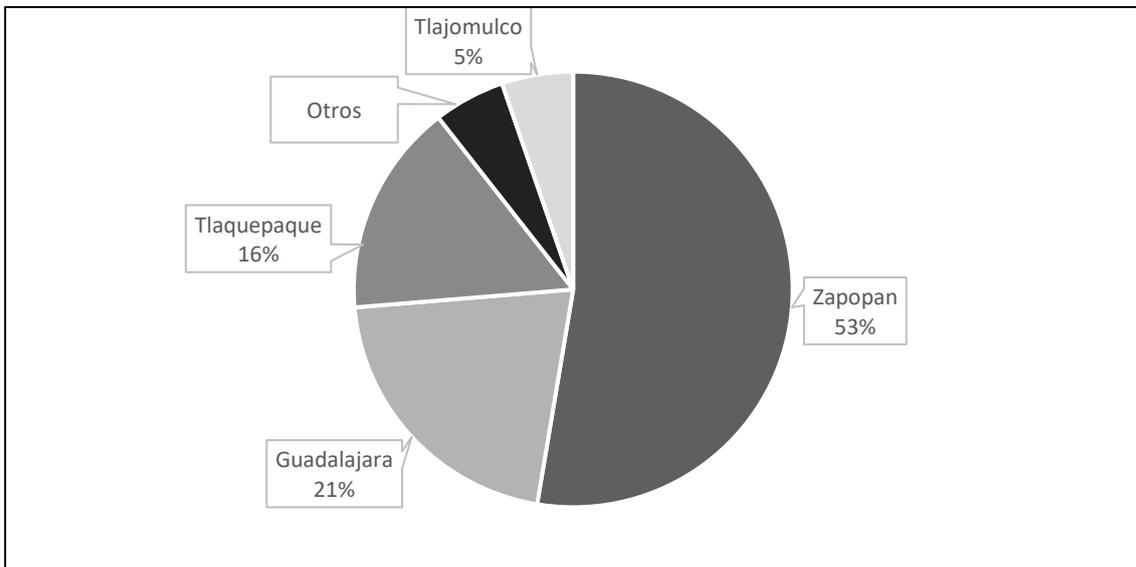
El fraccionamiento cumple con las características del modelo de suburbio americano y del tipo segregado, característico de América Latina, es decir, además de distante del entorno urbano, el mismo se enmarca dentro de una barrera física que resguarda de los peligros de inseguridad a los residentes. Vivir en un país en donde la violencia es un denominador común, encamina que personas acaudaladas migren de la vivienda tradicional a este tipo de guetos amurallados.

Cada coto tiene restringido el acceso a la circulación pública, aparte de los residentes solo pueden tener acceso al mismo, visitas, familiares, trabajadores, repartidores de algún servicio, entre otros, pero antes deben registrar su entrada, mostrando su respectiva identificación oficial ante los guardias de seguridad que resguardan la entrada y salida las veinticuatro horas del día.

La teoría revelaba que la tendencia de vivir en este tipo de hábitats se debe a la salida de población de clases medias y medias altas de la ciudad central, lo cual fue cierto con respecto al estatus socioeconómico, se observó que existe una mayoría de familias de clases medias, sin embargo, las encuestas mostraron que el 53% de los encuestados indicaron que su anterior residencia se encontraba dentro del mismo municipio (Zapopan) de zonas no tan consolidadas y el segundo municipio de procedencia fue Guadalajara con el 21% (ciudad central), es decir, casi un cuarto de la población del fraccionamiento ha contribuido a la desurbanización de la ciudad central.

Gráfico 16.

Porcentaje por municipio según la última residencia de los habitantes de Natura



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

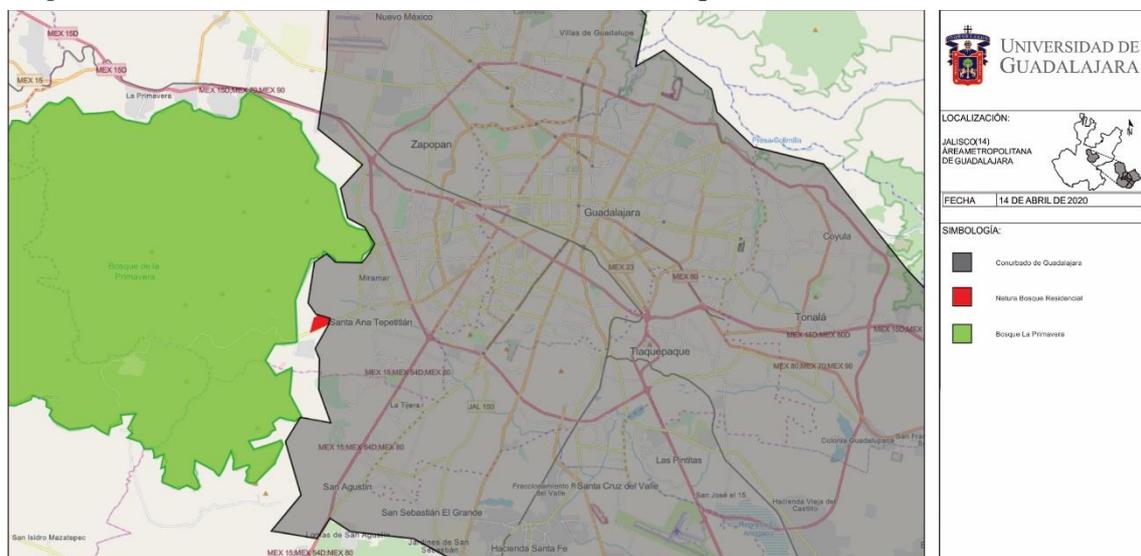
Al juzgar por la edad de los residentes, podemos conjeturar que en su mayoría son familias de recién formación, no mayores a 40 años, lo que abre la posibilidad que sus padres si pudieron haber migrado de la ciudad central hacia Zapopan, es posible que hablemos de una segunda generación que ha preferido habitar en los suburbios y no regresar a la ciudad central.

A pesar que la mayoría no indicó haber vivido en Guadalajara, no se puede negar que existe un porcentaje considerable, que si lo hizo, esto nos lleva a comprobar el despoblamiento de la ciudad central y a la salida de la clase media en búsqueda de hábitats más seguros y espaciosos lo que contribuye a los problemas de segregación social y perdida de la escala humana, a lo que Cabrales y Canosa (2001) se referían con el ascenso de la clase media y el desbordamiento de los problemas de segregación social, inseguridad pública y deterioro ambiental.

Y es que vivir en este tipo de hábitats tiene sus ventajas que hacen contrapeso al inconveniente de la dispersión. En este sentido, Natura al igual que los fraccionamientos de recién creación y los que se están construyendo en esta zona, se encuentran en los límites entre lo urbano y lo rural, pero no hablamos de una ruralidad en un término poblacional, sino más bien, a un entorno rodeado de naturaleza, con espacios abiertos, distintos al resto de la ciudad. Esta área es privilegiada por estar en las inmediaciones del bosque La Primavera, considerada el pulmón de la metrópolis.

Figura 14.

Mapa de ubicación de Natura con su cercanía al Bosque La Primavera



Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

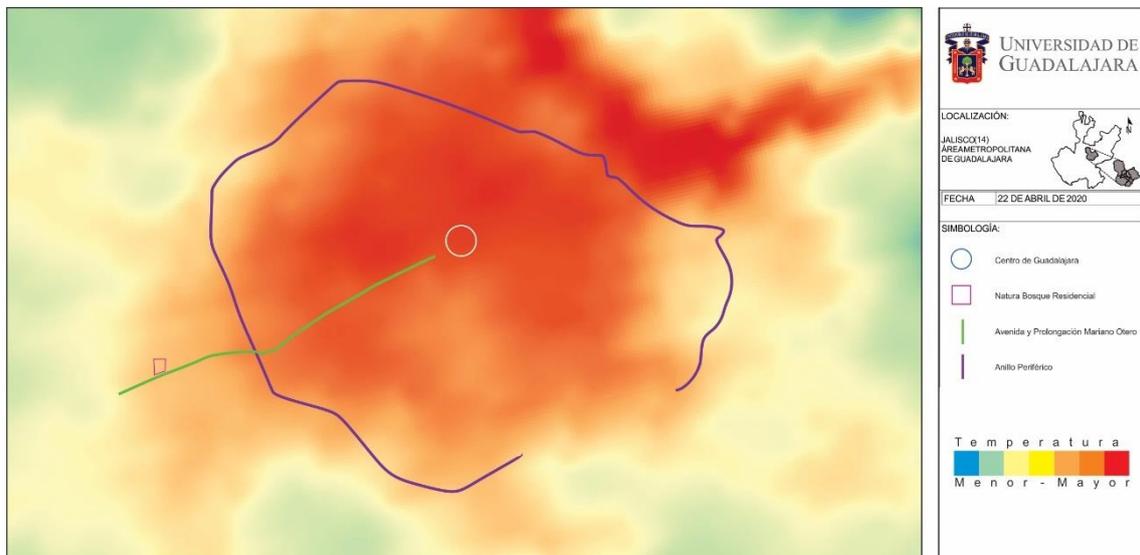
En este sentido, el bosque es uno de sus principales atractivos y no es de extrañarse que la estrategia de ventas se escude en los beneficios ambientales y paisajísticos que existen en esta zona natural, en contraste con el tópico común (caótico y contaminado) de la urbe. Incluso el nombre del fraccionamiento evoca tres elementos esenciales para quienes buscan un hábitat contrario a lo netamente urbano, es decir, una residencia en lo natural y cerca del bosque.

La inmobiliaria asegura que además del amplio espacio en cada una de sus residencias, los habitantes pueden gozar de una mejor calidad del aire y de un excelente clima con temperaturas menores al resto de la ciudad, mismo que se pudo comprobar tanto sensorialmente al caminar por el fraccionamiento, como científicamente con datos sobre la temperatura superficial nocturna de los sensores MODIS en los satélites Aqua y Terra.

Como se observa en la figura 12 existió una clara diferencia en los promedios de las temperaturas superficiales de 2019 entre el centro de la urbe y las zonas periféricas y entre el oriente y el poniente. Pero en particular, la zona en donde se ubica Natura la temperatura fue más baja en comparación al núcleo poblacional y parte de ello es gracias al índice de vegetación que tiene el área, misma que permite la evapo-transpiración del suelo, es decir no se crean islas de calor por la radiación absorbida a diferencia de zonas altamente cubiertas de concreto.

Figura 15.

Mapa de la temperatura media anual de 2019 del AMG

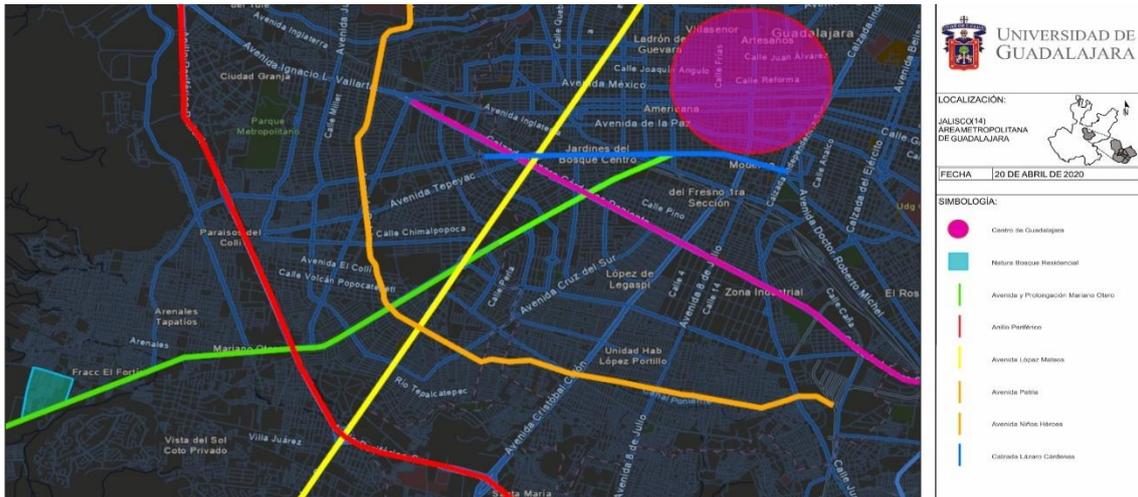


Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2020

Otras de las ventajas es su ubicación con respecto a la circulación, como se mencionó, el fraccionamiento se ubica sobre la prolongación de Mariano Otero, una de las principales arterias del poniente de la urbe, técnicamente, dicha avenida por su amplitud permite un flujo mayor y recto hacia el centro urbano, sin omitir su intersección con otras arterias importantes como lo son: el anillo Periférico, Av. Patria, Adolfo López Mateos y Niños Héroeos y Calzada Lázaro Cárdenas.

Figura 16.

Mapa de las principales arterias de la urbe que interceptan con Av. Mariano Otero

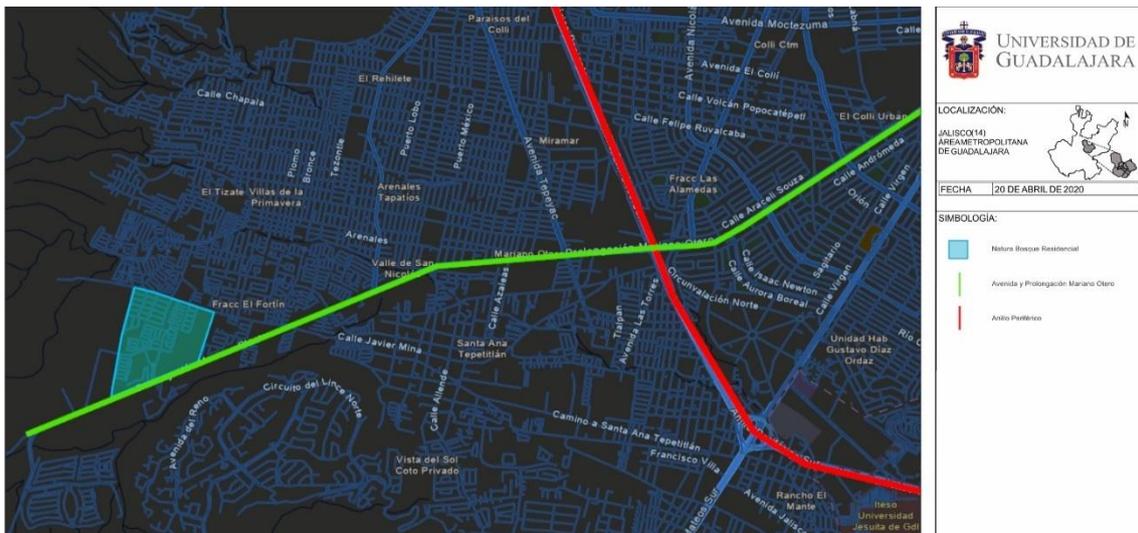


Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

No se puede negar en materia de circulación que el fraccionamiento cuenta con buena conectividad a avenidas y calzadas con más de cuatro carriles, lo que teóricamente permite una mejor circulación, en comparación con zonas y fraccionamientos aledaños que antes de llegar a Pról. Mariano Otero deben sortear una serie de calles angostas, en mal estado y no contiguas.

Figura 17.

Mapa de la zona de estudio y su conectividad a la Avenida Mariano Otero



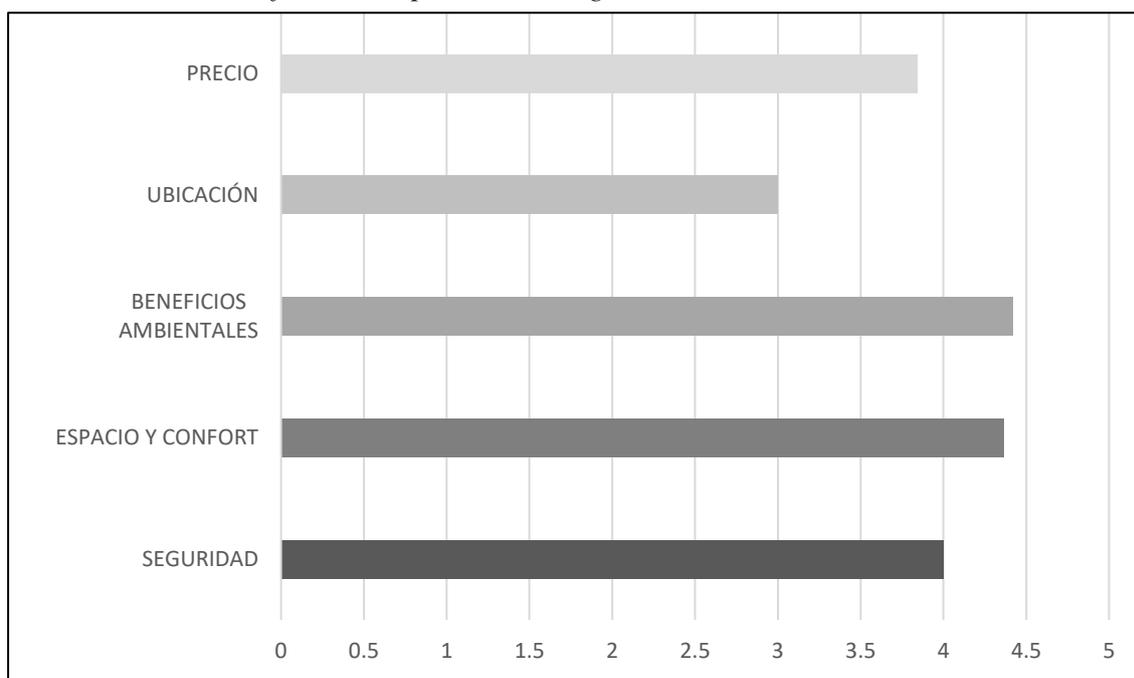
Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

Pero realmente los residentes perciben las ventajas ambientales y circulatorias o fueron esas las características del lugar que influyó para que adquirieran una propiedad en el fraccionamiento. De acuerdo con la encuesta realizada, los residentes calificaron en

una escala del uno al cinco las razones por las cuales adquirieron su residencia, en promedio las categorías de beneficios ambientales y espacio/confort fueron las mejores calificadas, por encima del precio y seguridad que en un principio se pensó que serían las razones mejor evaluadas.

Gráfico 19.

Promedio de las calificaciones por cada categoría



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

Las respuestas fueron contundentes, los habitantes de Natura tomaron en cuenta el entorno natural y los beneficios ambientales como la razón más importante al momento de elegir su propiedad, lo que comprueba que al igual que ciudades de países desarrollados, la tendencia de vivir en entornos más naturales, en una simbiosis entre lo urbano y lo rural, al estilo de las ciudades jardín, fue tomado en cuenta por los habitantes al momento de elegir su hogar y por supuesto, esto garantiza un mejor espacio y confort segunda categoría mejor calificada.

La seguridad obtuvo una calificación deseable, pero no fue la más alta, esto tiene que ver con la oferta inmobiliaria, es decir, la gran mayoría de los fraccionamientos ofrecen cotos segregados con alto grado de exclusividad y seguridad, por ende, no fue una variable distinta que influyera en la elección, en este sentido la seguridad por medio de la segregación no fue realmente un valor agregado, como si lo fue lo ambiental.

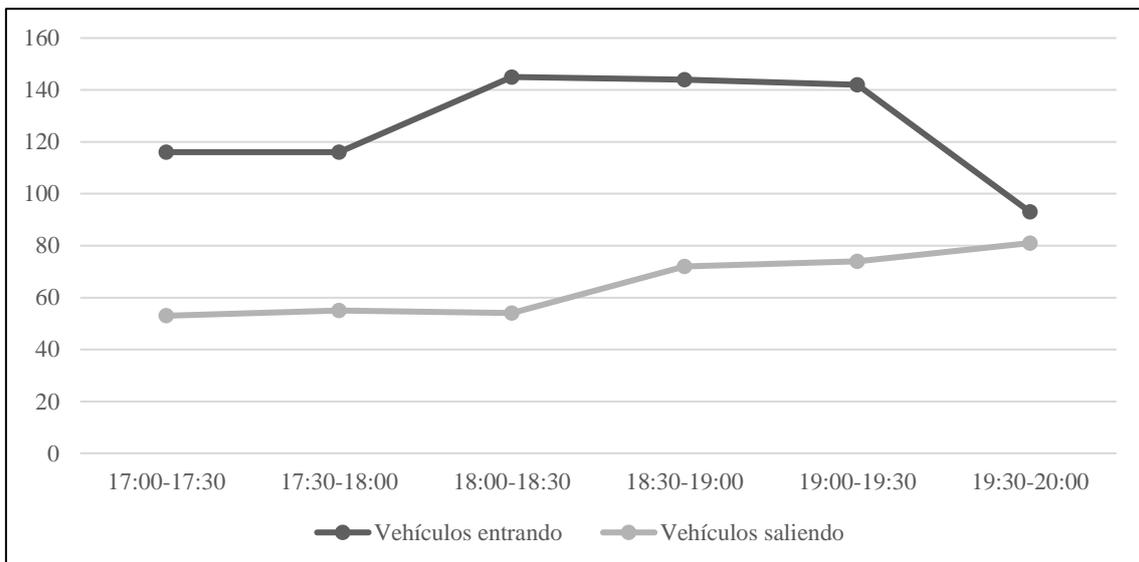
La categoría con menor calificación fue la ubicación, a pesar de contar con ventajas circulatorias, los residentes consideraron que la lejanía y la saturación en las vías implica que inviertan más tiempo en sus viajes, lo cual es malo para su movilidad, entonces, a pesar de la accesibilidad a vías “rápidas” no implica que las personas se muevan más vertiginosamente a pesar de transportarse en automóvil, que como se vio en la teoría, el uso del mismo está relacionado con la velocidad.

Una mala circulación afecta recíprocamente en los tiempos de traslados que los habitantes destinan para su movilidad, es decir, las personas deben restarle más tiempo a sus horas libres, lo que provoca que inviertan menos tiempo en otras actividades, o bien que si realicen sus demás actividades pero que el efecto que el regreso a casa sea más tarde, por consiguiente, solo usen la residencia como zona de dormitorio.

En este sentido, Natura es muestra del prototipo de ciudad dormitorio, durante el día existe escaso movimiento, en cambio, después de las cinco de la tarde, se observó un mayor flujo de vehículos en la entrada del mismo. A partir de esa hora y hasta las 19:30 horas el número de vehículos entrando al fraccionamiento se mantuvo activo, muestra que los residentes vuelven a sus hogares a descansar después de realizar sus actividades de la metrópolis.

Gráfico 22.

Entradas y salidas de vehículos el horario vespertino de Natura



Fuente: Elaboración propia en base a datos de aforo vehicular- Natura

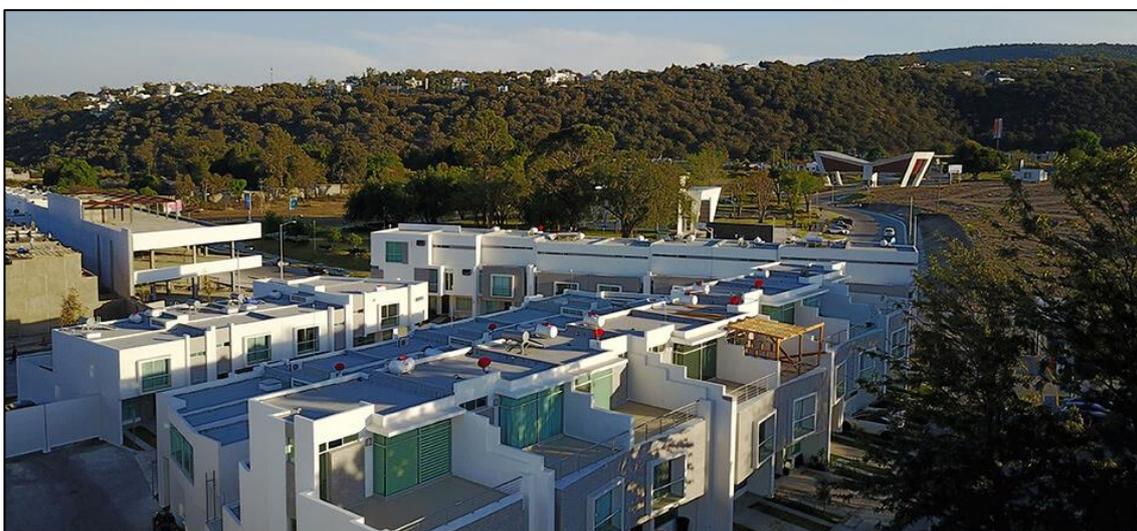
También se observó que al mismo tiempo que aumentó el número de vehículos en la entrada, el parque se manifestó como un punto de cohesión social, los padres aprovechan el poco tiempo que tienen antes del anochecer para llevar a los niños a

distraerse, ya sea jugando o desarrollando actividades culturales⁵⁵, otros más caminan, hacen ejercicio, alimentan a los patos del lago y quienes tienen mascotas las pasean y dejan que jueguen en el área especial denominada “pet zone”.

El tipo de vida es distinto a lo que se puede apreciar en otros barrios tradicionales de la urbe, o bien a otros entornos de la periferia de clases sociales distintas, sin duda, estos fraccionamientos, parecieren islas urbanas, porque por un tiempo te transportan a otra esfera social que no tiene nada que ver con lo ordinario o realidad urbana de Guadalajara, aquí se evoca el estilo de vida urbano americano.

Figura 18.

Vista del fraccionamiento Natura Bosque Residencial



Fuente: Natura Bosque Residencial, 2020

4.1.1 Movilidad suburbana

Habitar en zonas suburbanas y dispersas puede tener ciertas ventajas ambientales como el caso de Natura, sin embargo, al momento de examinar el tipo de urbanización desde la movilidad urbana, no resulta ser la mejor de las experiencias, al menos no, cuando hablamos de una ciudad mono-céntrica como lo es Guadalajara, es decir, la mayor oferta de empleos se encuentra en el centro de la metrópolis, esto obliga que las personas dependan laboralmente de la ciudad central.

Lo anterior implica que los viajes con motivos laborales cubran mayores distancias, por el simple hecho de habitar en zonas dispersas y de acuerdo a las características socio-económicas de los residentes opten por sistemas de transportes más

⁵⁵ Se observó a un grupo de niñas practicando danza y ballet en un pequeño auditorio al aire libre que existe en el parque.

“rápidos” y seguros, pero antes de entrar a las movi­lidades de los habitantes de Natura, es importante contextualizar, el entorno suburbano en el que se encuentra sumergido el objeto de estudio desde la movilidad urbana y el transporte.

Describe la inmobiliaria que se encuentran a cinco minutos del Periférico sobre Pról. Mariano Otero, cuya vialidad es de cuatro carriles, lo que garantiza un fácil acceso a importantes avenidas y vías rápidas para su conexión con el resto de la metrópolis de acuerdo a los principios de la circulación urbana visto en el apartado anterior, sin embargo, estos cinco minutos para llegar al periférico se pueden volver hasta veinte minutos en horas pico de la mañana en el mejor de los casos, es decir, para quienes se transportan en automóvil.

En cambio, el tiempo en transporte público al periférico es de 15 minutos en horas valles y más de 30 minutos en horas pico, pero la cobertura del transporte público es escasa, la ruta 626 y 51 son las que mayor se aproximan al mismo, sin embargo, este sistema de transporte no es usado por los residentes de Natura, sino por otros usuarios que viven en los alrededores de estratos socio-económicos diferentes⁵⁶.

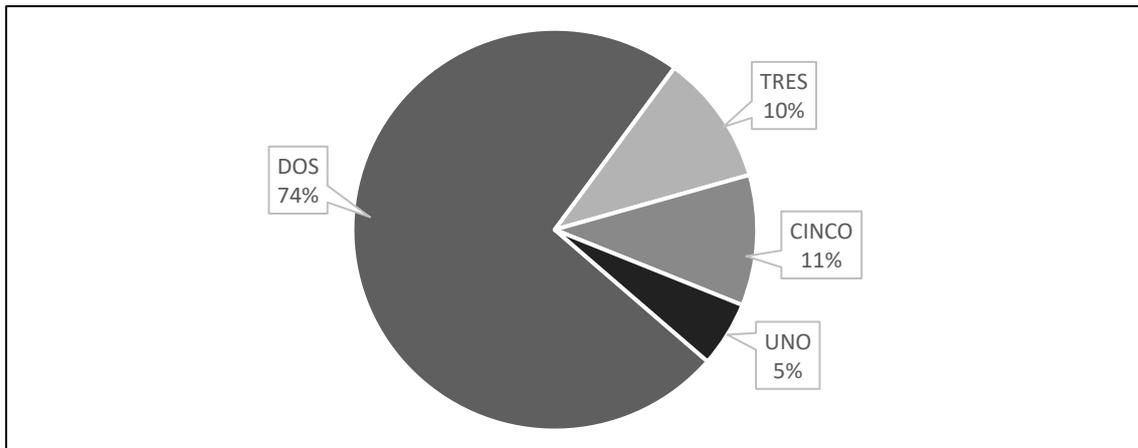
Para los residentes de Natura, el automóvil es indudablemente el medio más óptimo para su movilidad, nos referimos a que este tipo de entorno suburbano fue diseñado para las personas que usan el automóvil, en primera porque se encuentran sobre una vía destinada al flujo vehicular y segundo porque el diseño del complejo está pensado para el vehículo, es decir, en cada coto el espacio de acceso está planeado para controlar el flujo de vehículos y no de otras formas de movilidad.

Y muestra de ello, es que el número total de encuestados reveló ser propietario de al menos un vehículo, es decir, el 100% de los hogares cuenta con automóvil como medio de transporte, pero en realidad solo el 5% tiene una unidad, en cambio el 74% confirmó tener dos unidades, número que concuerda con el espacio de estacionamiento que tiene cada cochera, el 10% cuenta con tres unidades y el 5% declaró tener hasta cinco unidades.

⁵⁶ Estudiantes de la preparatoria 20 de la Universidad de Guadalajara (UdeG) y personas que trabaja en, el y los fraccionamientos de la zona como: guardias de seguridad, jardineros, limpieza, albañiles, plomeros, etc.

Gráfico 25.

Porcentaje del número de vehículos por hogares en Natura Bosque Residencial

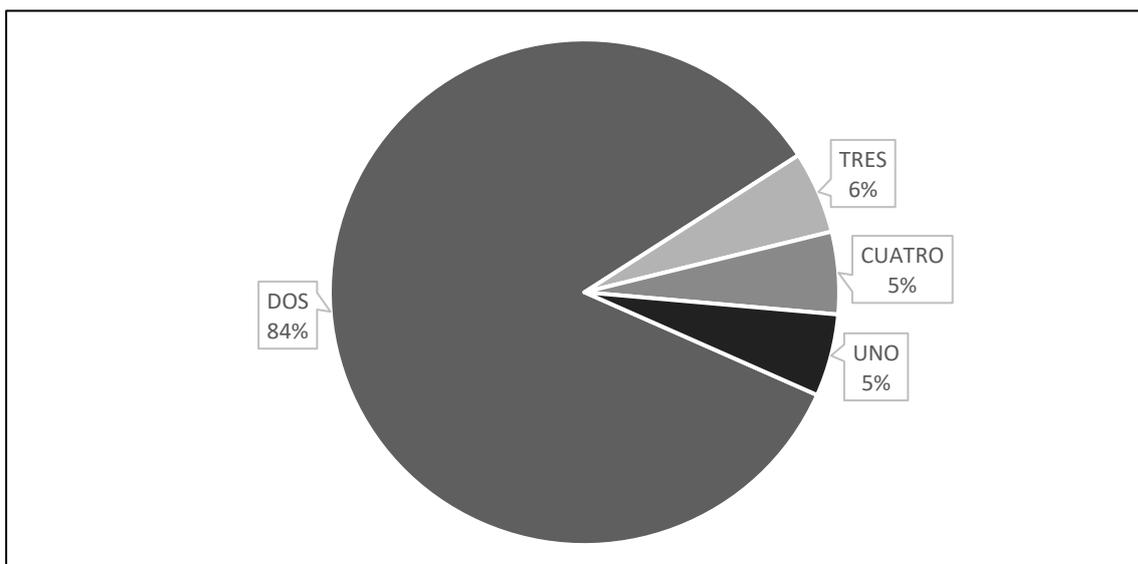


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

En lo que respecta a la movilidad laboral, en promedio por cada hogar se emplean dos personas, y cada hogar confirmó que el 100% de las personas empleadas usa su propio automóvil para ir al trabajo, por consiguiente, cada hogar destina el mismo número de automóviles como medio de transporte por cada persona empleada. Dicho de otra manera, existe una dependencia total al uso del automóvil, porque el número de vehículos por hogar siempre fue igual o mayor al número de personas empleadas, esto nos lleva a comprobar que el uso del mismo está relacionado a las cuestiones laborales.

Gráfico 28.

Porcentaje del número de vehículos que usan los hogares de Natura para la movilidad



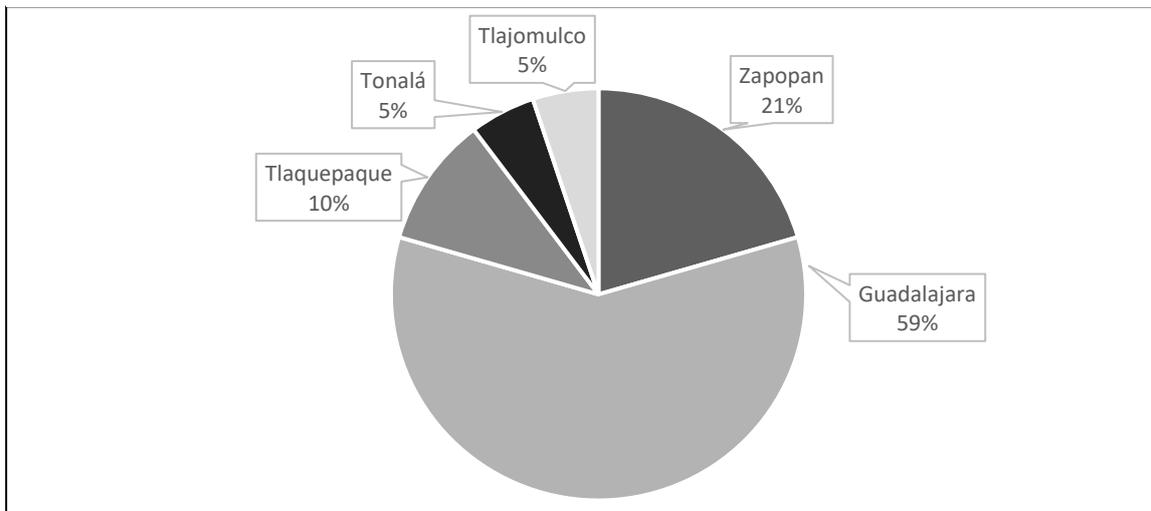
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

En promedio los residentes acuden a trabajar 5 días a la semana, de esta manera se comprueba que el viaje al trabajo es una forma plausible pero simplificada de estudiar el comportamiento del hogar al elegir el modo de transporte y la ubicación de la vivienda. En este sentido, se comprobó que el uso del automóvil está relacionado al tipo de hábitats dispersos, pero con ciertas ventajas circulatorias, es decir el entorno construido con avenidas amplias y bien conectadas con el resto de la metrópolis, induce a la elección de una forma de movilidad, el automóvil.

La circulación permite que los residentes puedan optar por mejores empleos a pesar de las distancias, tal y como se mostró en los resultados de las encuestas, en donde solo el 23% confirmó que trabaja en Zapopan (mismo municipio de residencia), mientras que el 77% de los destinos laborales se ubican en otros municipios, además se denotó una dependencia laboral hacia Guadalajara (ciudad central) debido que el 59% de los encuestados acude a trabajar en este último municipio.

Gráfico 31.

Distribución porcentual del destino laboral de los residentes de Natura



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

De acuerdo al mapa de destinos laborales se observa como la mayoría de los mismos se ubican al lado sur-poniente de Guadalajara en los límites con Zapopan, dicha tendencia concuerda con la forma en que la ciudad se polarizado, es decir, las clases económicamente más fuertes tienden a vivir y trabajar al poniente de la urbe, sobre áreas consolidadas y bien dotadas de infraestructura que concuerda con el entorno orientado al automóvil.

Puede existir una serie de variables que explique por qué los viajes de regreso a casa son más largos en cuestión de tiempo⁵⁷ pero al no ser parte de los objetivos del estudio, dicho comportamiento no se contempló, incluso no había registro de ello en la revisión de la literatura, por consiguiente, se omitió en el diseño de la encuesta, es decir este hallazgo es nuevo para el estudio.

El tiempo es un factor importante a considerar al realizar el viaje al trabajo, pero el cómo se realiza puede marcar la diferencia al momento de hacerlo y en ello radica el tipo de vehículo que se usa como medio de transporte y eso lo sabe muy bien la industria automotriz, que ha desarrollado una infinidad de vehículos que se adaptan a los estándares socio-económicos y culturales de cada familia.

Las campañas publicitarias celebran la felicidad que se alcanza gracias a la posesión de un vehículo, es común ver en canales populares, comerciales de automóviles pequeños, diseñados para personas que trabajan y viven en la ciudad, los cuales se muestran sobre avenidas importantes de la capital mexicana, pero sin los problemas de congestión. En canales de paga del tipo cultural y de naturaleza, los vehículos que se promocionan corresponden a las camionetas todo terreno, para las personas que viven en la ciudad, pero disfrutan pasar el fin de semana en su casa de campo.

En ambos casos, no solo venden el medio según el estilo de vida de los usuarios, sino también, comodidad, lujo y en los últimos años tecnología inteligente, es decir, los vehículos han adaptado tecnología que hace más fácil su uso, como lo es, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) que permite a más personas hacer uso del mismo a pesar que desconozca el sistema circulatorio de la urbe, así como sensores de proximidad que ayudan a estacionar el vehículo y frenos ABS⁵⁸ que reducen la probabilidad de siniestros viales.

Par el caso concreto de Natura, los vehículos usados para la movilidad laboral, en su mayoría corresponden a los tipos de vehículos compactos (Sedan, Hatchback y Suv),

⁵⁷ Al menos se supone que gran parte tiene que ver con los horarios de entrada, el cual obedece una lógica horaria, es decir, las personas al tener un horario establecido de entrada deben ser puntuales, por ende, los viajes de casa al trabajo se realicen más rápidos, caso contrario, cuando salen del trabajo para ir a casa, el viaje es más lento puesto que no llevan la misma prisa, o bien en el transcurso las personas pueden hacer otras paradas y si a eso, le sumamos los niveles de saturación de las vías en horarios de la tarde.

⁵⁸ “Se trata de un sistema de seguridad presente en los autos y camionetas que evita que las ruedas se bloqueen. Además, ayuda a los conductores a mantener el control de la dirección y conserva la adherencia en el suelo para evitar un derrape incontrolado. Básicamente, con este sistema, el conductor tiene más control del auto durante situaciones extremas como un frenado brusco” (Mitsubishi-Motors, 2020).

vehículos de cinco plazas con motores a gasolina de cuatro cilindros, “ideales” para circular en la ciudad, algunos son modelos del año actual (2020) y en su mayoría no pasan de los 10 años de antigüedad, pero hubo un caso fuera de lo común con 28 años (1992) de longevidad.

La marca de vehículo más popular fue Nissan con el 26.3% del total y el modelo más repetido fue el March del tipo Hatchback de la misma marca. De igual forma se presentaron dos vehículos de lujo; AUDI TT-2016 y BMW X1-2015 con un valor en el mercado actual, de 500 mil pesos para cada uno.

Tabla 21.

Tipos de vehículos que usan los residentes de Natura para la movilidad laboral

Marca	Tipo	Rango de año	Porcentaje
Nissan	Sedan, Hatchback y Pick Up	2010-2019	26.3%
Volkswagen	Sedan y Hatchback	1999-2018	18.4%
Chevrolet	Sedan y Pick Up	1992-2019	7.8%
Mazda	Suv	2012-2014	5.2%
Honda	Sedan y Suv	2018-2020	5.2%
Toyota	Sedan y Pick Up	2007-2016	5.2%
Suzuki	Hatchback	2011-2015	5.2%
Ford	Sedan y Suv	2009-2015	5.2%
Seat	Hatchback	2012-2013	5.2%
Fiat	Hatchback	2017-2020	5.2%
BMW	Suv	2015-2015	2.6%
Jeep	Suv	2018-2018	2.6%
Hyundai	Hatchback	2016-2016	2.6%
Audi	Deportivo	2016-2016	2.6%

Fuente: Elaboración propia en base a datos a la Encuesta O-D Natura

De esta manera se ilustra que la mayoría de los automóviles registrados en el estudio correspondieron al tipo de vehículos que las marcas han diseñado para la ciudad, acorde a los estilos de vida de cada persona. Así como también se denotó una nula existencia de vehículos híbridos o eléctricos, a pesar que las personas consideraron las condiciones ambientales como un componente importante en su hábitat, al parecer la sostenibilidad en torno a la movilidad no tiene el mismo peso.

4.1.2 El metabolismo de la movilidad

El metabolismo de la movilidad laboral de Natura Bosque Residencial se comprende de forma general como la entrada y salida de flujos de materia y energía, en este sentido, la

misma está determinada por el consumo de combustibles de origen fósil (gasolina) a razón que el 100% de los vehículos registrados en la encuesta O-D Natura funcionan a base de gasolina. Por consiguiente, se demuestra una total dependencia a los combustibles de origen fósil y por ende una constante emisión de contaminantes, principalmente CO₂ como producto final del proceso metabólico. Pero no todo es entradas y salidas, existe de por medio un proceso medular que da origen al metabolismo, en relación al proceso de intercambio de energía.

El vehículo o medio por el cual se da el desplazamiento, técnicamente es una máquina de intercambio de energía que requiere combustible (recursos) para poder entregar fuerza mecánica para el movimiento, la gasolina es el recurso irremplazable para el intercambio de energía, es decir, el combustible proporciona energía potencial y el motor del vehículo la transforma en energía mecánica y los demás componentes entregan otros tipos de energía entre ellas la energía cinética con la cual es posible el movimiento.

Todo lo anterior tiene origen en un proceso metabólico, generalmente visto como la entrega de un trabajo mecánico, en este caso, relacionado al desplazamiento con un fin específico, transportar personas desde sus hogares a sus zonas laborales y viceversa. Es aquí en donde la ubicación espacial juega un papel importante, a medida que la residencia se aleja de los centros laborales, requiere de un mayor trabajo (recursos). Pero no solo es una separación en términos de distancia sino, también en tiempos.

Y es que habitar en los suburbios de Guadalajara como es el caso de Natura, al momento de ejercer la movilidad laboral, es sortear una serie de avenidas y arterias para conectarse al dinamismo económico de la urbe. La accesibilidad crea una especie de cono urbano, vivir en la periferia, al borde del cono, implica recorrer distancias mayores, pero entre más cercano se esté al centro, se reduce el espacio y aumenta el volumen vial, en este escenario se pierde la dimensión distancia y el tiempo torna más significativo.

De acuerdo con las simulaciones realizadas con Google Traffic, en promedio las personas de Natura, hacen el doble de tiempo a sus destinos laborales en comparación a un viaje en condiciones normales (horas valle) esto significa que aproximadamente la mitad del tiempo del trayecto, sus automóviles pasan en reposo (ralentí), más no inertes, esto significa que consumen energía sin entregar trabajo, de hecho, en este lapso de tiempo sus vehículos pueden consumir hasta el 32% del combustible total del viaje.

Por esta razón, el tiempo expresado en ralentí es una magnitud que se suma a la distancia, para determinar el grado de metabolismo urbano. El ralentí no es bueno para la salud de la ciudad, más bien, es un indicador de mala circulación y tiene que ver con la

sobre carga de movilidad que existe en una urbe, y a medida que al sistema circulatorio se le sumen más automóviles solo agrava el problema.

Diagnosticar a la ciudad es una medida preventiva de subsanar los daños perpetrados, para saber el grado de enfermedad he postulado unos conceptos que ayudarán a comprender mejor como el metabolismo influye en la salud de la ciudad, el primero es el sobrepeso urbano (*urban overweight*) como una etapa temprana y una segunda, la obesidad urbana (*obesity urban*) como el punto decisivo.

El sobrepeso y/u obesidad urbana de la movilidad de manera general es el aumento en el metabolismo urbano, se presenta por un incremento innecesario del consumo de energía para satisfacer las demandas de transporte, principalmente de personas, pero también incluye, bienes y mercancías, es decir, existe una metabolización mayor de energía, más allá de la necesaria para satisfacer las movilidades de una ciudad dada.

Una forma de notarlo puede ser a través del sistema circulatorio, por medio del ralentí, propongo, que cuando el coeficiente de ralentí de los viajes en vehículos sea mayor al 0.3 se entre en una etapa de sobre peso urbano y cuando el coeficiente sea igual a 0.6 hablemos de una obesidad urbana, es decir un punto crítico en el cual la salud urbana este al borde de la muerte.

Tabla 22.

Clasificación del grado de salud de una ciudad por medio del ralentí

Tiempo en ralentí ⁵⁹ por hora de viaje	Coeficiente de ralentí (λ)	Salud urbana
55-60 min.	1	Muerte
49-54 min.	0.9	Obesidad mórbida
43-48 min.	0.8	Obesidad II (alta)
37-42 min.	0.7	Obesidad II (moderada)
31-36 min.	0.6	Obesidad I
25-30 min.	0.5	Sobrepeso III (alto)
19-24 min.	0.4	Sobrepeso II (moderado)
13-18 min.	0.3	Sobrepeso I
7-12 min.	0.2	Sana III (decadencia)
1-6 min.	0.1	Sana II (estable)
0-0.9 min.	0	Sana I (deseable)

Fuente: Elaboración propia

⁵⁹ El ralentí solo considera el tiempo en que el automóvil se detiene por la saturación en las vías y olvida los tiempos en los semáforos, en el entendido que es parte normal de un sistema circulatorio.

Tener una ciudad sana significa menor contaminación y siniestros viales, más áreas verdes y espacios en donde coexista la escala humana, pero lograrlo no es asunto fácil al menos no con el patrón de consumo que existe. Al ver que cada persona empleada cuenta con su propio vehículo se pudo interpretar hasta cierto punto como una inversión, es decir, el escenario laboral retribuye monetariamente el trabajo de cada individuo. En este sentido las personas ven sostenible el uso del vehículo porque la actividad que dio origen al desplazamiento genera ingresos mayores al gasto de la movilidad.

Si además del beneficio económico que motiva el viaje, le sumamos una serie de valores agregados como la rapidez, comodidad, privacidad, lujo, estatus social y sentido de pertenencia en contraste con el transporte público, es más probable que la dependencia al uso del automóvil disminuya en otros tipos de movildades y no en la laboral. Y es que el actual modelo económico de forma indirecta impone patrones de consumos de acuerdo al costo-beneficio (ganancias menos ingresos) haciendo de lado las dimensiones sociales y ambientales.

Si realmente se encontrara el balance entre las esferas que componen el desarrollo sostenible, los habitantes al realizar su movilidad laboral seguramente tomarían en cuenta la metabolización que el viaje implicaría y buscarían otras formas de transporte, pero mientras siga siendo un escenario superfluo, se exponen las huellas de energía y carbono como las partes invisibles de la movilidad laboral de los residentes de Natura, a fin de exponer la insostenibilidad del modelo suburbano y disperso.

4.1.3 La huella de energía

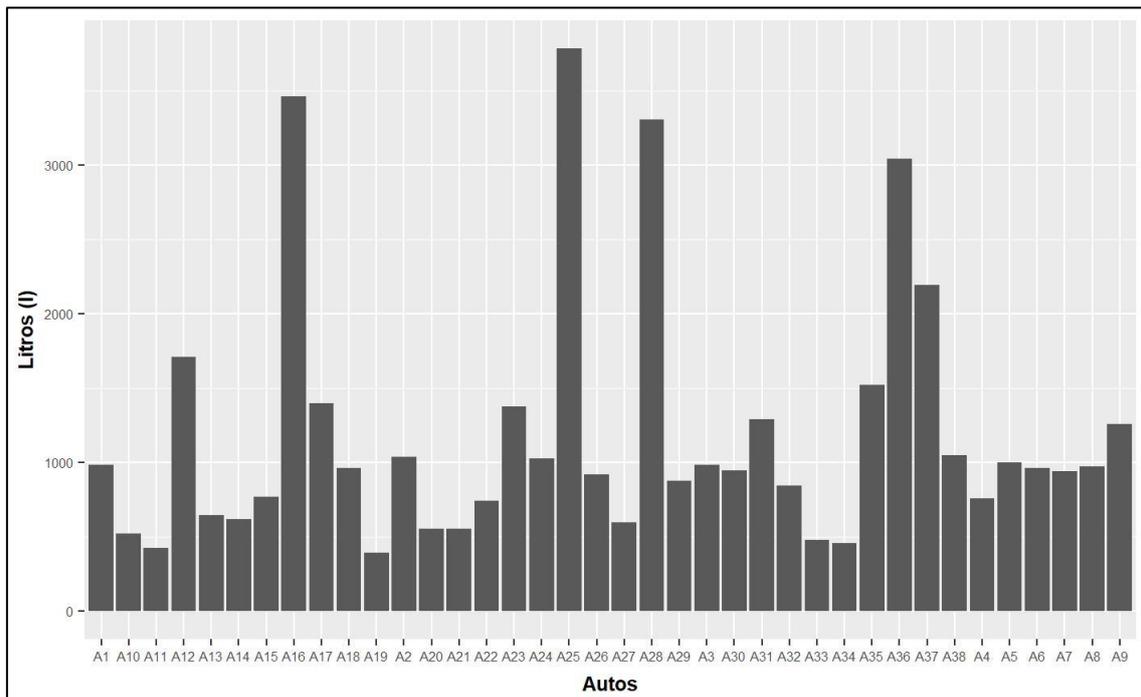
A partir de la obtención de los resultados correspondientes a los consumos de energía en materia de movilidad laboral, los habitantes de Natura metabolizan entre 1.7 y 16.6 litros (gasolina) al día, esta varianza es congruente a las diferentes distancias de viaje al trabajo, por un lado, existieron casos en que la vivienda coincidía relativamente con el lugar del empleo (mismo municipio) y por el otro, lugares de trabajo totalmente opuestos, pero en general, la mayoría de los destinos laborales se encontraron dentro del territorio de Guadalajara con un promedio de consumo igual a 5 litros al día.

A primera vista se muestra que los automóviles que recorren trayectos más largos consumen mayor combustible. Sin embargo, el consumo en la ciudad no solo está dado por las distancias, sino también por los tiempos, expresados en un coeficiente de ralentí, que engloba el tiempo en que los vehículos pasan detenidos por la saturación en las vías, lo que también representa un consumo de energía.

De esta forma al graficar las cargas energéticas por año, se reflejó que los automóviles que más consumen energía tienen una relación con los tiempos y distancias de recorrido, en proporción a la distribución espacial de los centros de trabajo, es decir, quienes invierten más recursos (combustible) obtienen del vehículo más trabajo, pero no necesariamente significa mayor recorrido.

Gráfico 37.

Consumo de combustible para cada automóvil en Natura por año



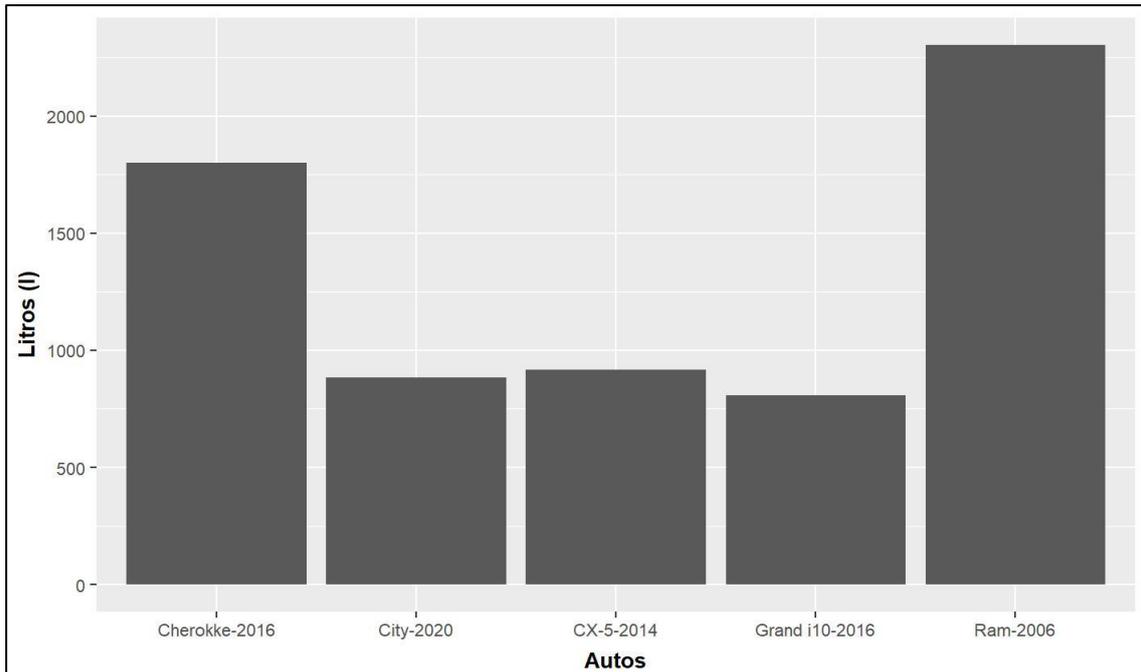
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

No obstante, el rango entre los consumos, además de las distancias y tiempos, es reflejo de los tipos de vehículos que se emplean para dicha movilidad. Al realizar una comparación del consumo anual entre cinco automóviles con tiempos y distancias similares (17 km y 30 min.), la demanda de combustible varió significativamente en relación a la marca y año del vehículo, dado por el rendimiento del motor.

De esta manera se simplifica que más trabajo no es igual a mayor distancia, de acuerdo al gráfico 14, una pickup de la marca RAM-2006 puede consumir más del doble de combustible que un hatchback Grand i10-2016 de la marca Hyundai, a pesar que relativamente invierten el mismo tiempo, la diferencia radica en la capacidad de trabajo, es decir, la RAM podría cargar un peso mucho mayor en comparación a la Grand i10, sin embargo, para el tipo de movilidad, la capacidad de carga es irrelevante.

Gráfico 40.

Comparación entre consumos de combustible anual de cinco destinos laborales similares



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

Se comprobó que la dispersión urbana tiende a aumentar los consumos energéticos de los medios de transporte por las magnitudes antes mencionadas, pero, además de acuerdo al tipo de vehículo (marca, submarca y año) empleado para ejercer dicho movimiento, el consumo puede aumentar exponencialmente, lo que demuestra que la movilidad urbana esta entrelazada con el territorio (tiempos y distancias) y el transporte (tipo de vehículo).

Ahora bien, el consumo de energía de los 138 hogares tomados como la población objetivo y considerando que por cada hogar se emplean en promedio dos personas de las cuales cada una usa su propio automóvil, el gasto concerniente a la movilidad laboral ascendió a 1,380 litros de combustible al día, 6,900 a la semana, 27,600 al mes y 331,200 al año.

Al realizar las equivalencias energéticas, se obtuvo que el consumo anual de los 138 hogares es igual a 11,592 Giga Joule, energía suficiente para alimentar 44,695 vehículos eléctricos de la marca mexicana Zacua. Pero de acuerdo con la huella de energía, considerada como la cantidad de área necesaria para suplir o general la misma

cantidad energética, en este caso de combustible líquido. El bioetanol⁶⁰ sería el equivalente energético a la gasolina, para la producción anual de 331,200 litros se requieren alrededor de 145 hectáreas (ha) de bosque o bien 133 ha de maíz y en el mejor de los casos 45 ha de caña de azúcar.

Tabla 23.

Huella de energía para la movilidad de Natura con diferentes bases bio-energéticas

Cultivo	ha/persona ⁶¹	ha/residencia ⁶²	ha/Acervo
Bosque	0.53	1.06	144.9
Caña de azúcar	0.16	0.33	45.06
Betabel	0.76	1.52	207
Maíz	0.48	0.97	132.53
Sorgo	0.85	1.70	231.93
Mandioca	1.22	2.44	331.86

Fuente: Elaboración propia con datos de MinCyt, 2008, p.27 y Encuesta O-D Natura

No obstante, la producción de etanol con fines energéticos no se obtiene de los bosques de manera directa, de acuerdo con Arvizu (2011) México tiene un potencial para la producción de biocombustible a base de maíz y caña de azúcar, sin embargo, la caña de azúcar se produce en ciertas zonas donde el clima es favorable (al suroeste), en comparación con el maíz que prácticamente se produce en todo el país.

De acuerdo con datos del Gobierno de México (2018) el país ocupa el octavo lugar en exportación de maíz a nivel mundial y Jalisco es el segundo productor a nivel nacional, por consiguiente, el suministro de biocombustibles a la ciudad de Guadalajara tendría que ser por medio de maíz, sobre el cual se debe realizar el balance energético para la huella de energía.

De tal manera que la huella de energía para los 138 hogares de Natura equivale a 133 hectáreas, 2.8 veces el área del Centro Universitario de Tonalá⁶³ y por cada automóvil destinado a la movilidad laboral corresponde a 0.5 ha, comparable a un campo de fútbol⁶⁴

⁶⁰ Los biocombustibles como el etanol son extraídos de la biomasa, nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético (González y Castañeda, 2008, p.60)

⁶¹ Por persona empleada

⁶² Se ha tomado en cuenta un promedio de 2 personas empleadas por residencia

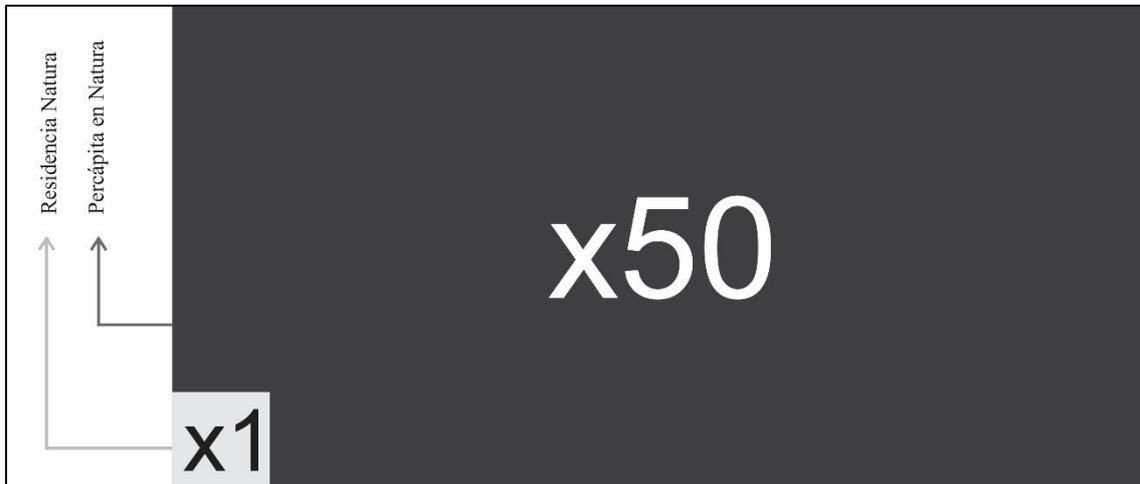
⁶³ El área del Centro Universitario de Tonalá es de 48 hectáreas

⁶⁴ Las medidas de un campo de fútbol según la FIFA es de 45 x 90 metros

mientras que el área que ocupa cada vivienda es de 0.0087 ha, es decir, el espacio que se ocuparía para la producción de energía que consume un habitante para su movilidad anual es 50 veces mayor que el área que ocupa para vivir.

Figura 20.

Comparación de la huella anual de energía por automóvil vs el área de una vivienda



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

No obstante, la huella de energía es un indicador de la carga que se le daría al planeta para satisfacer las necesidades de energía antropogénicas, en dos supuestos, para el primero de ellos debemos imaginar, que los combustibles fósiles no fueron explotados por sus propiedades energéticas, o bien, si el mismo ya fuese agotado (más real) lo que obligaría a una transición a los biocombustibles.

Desde este enfoque, se agrega una carga adicional a la que ya tiene la tierra para el cultivo de alimentos, no solo en tierra, se debe considerar que la producción de materia prima biológica con fines energéticos requiere de otros elementos como nutrientes, luz solar y agua. Lo que genera un debate en torno a la limitación de tierra y agua como bien lo han expresado González y Castañeda (2008) con los siguientes puntos:

- a) Incrementos en la población.
- b) La competencia por la tierra, ya sea para fines agrícolas, forestales, pastoreo, preservación de los ecosistemas naturales y la biodiversidad, etcétera.
- c) Disponibilidad de agua.
- d) Extensión de los cultivos para la alimentación.
- e) Viabilidad económica en el desarrollo de estos biocombustibles.
- f) Políticas públicas que contemplen o no subsidios agrícolas.
- g) La propiedad intelectual sobre las innovaciones en los bioenergéticos. (p.60)

El segundo escenario es más real, porque indudablemente los recursos fósiles se agotarán paulatinamente, por consiguiente, el aumento en la producción agrícola para biocombustibles sucederá paulatinamente, de esta forma la huella de energía nos abre un panorama real de lo que depara el futuro por el actual patrón de consumo energético.

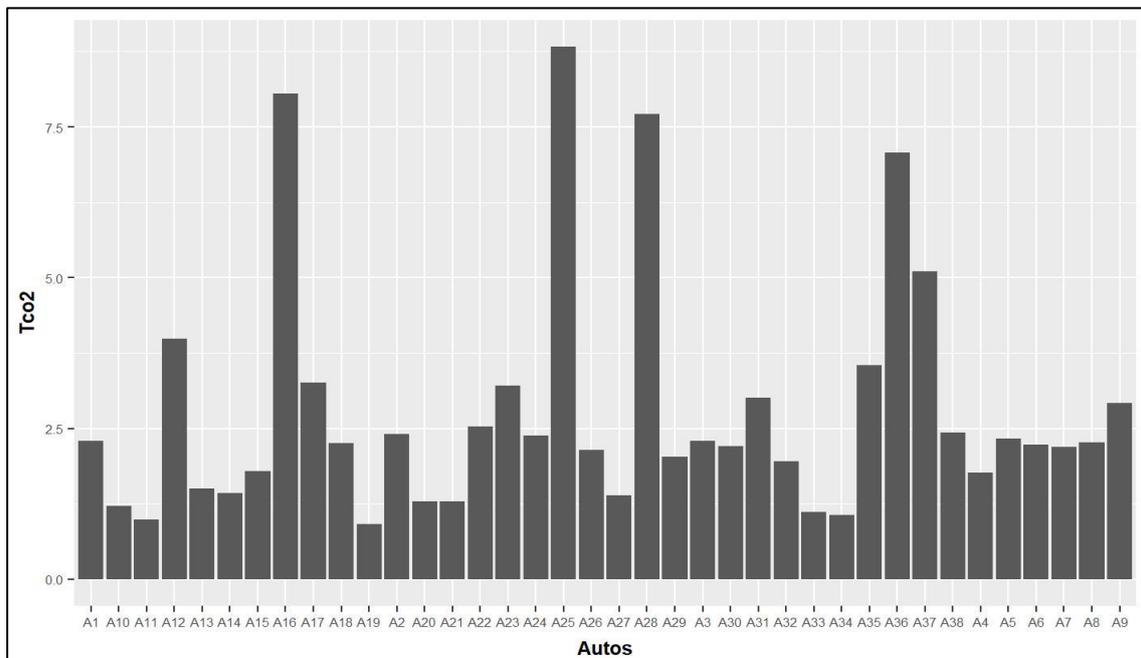
Mientras la transición energética continúa como un proceso (tardío) los combustibles fósiles seguirán suministrando la energía que demandamos (no es lo mismo a necesitar) para la movilidad, causando externalidades ambientales y en este sentido interviene una nueva huella denominada, de carbono, que se vuelve el indicador de sostenibilidad más claro para medir el impacto que deja dicha movilidad.

4.1.4 La huella de carbono

El proceso final del metabolismo de la movilidad laboral de los residentes de Natura se define como la cantidad de gases contaminantes emitidos, mismos que tuvieron una relación directa al consumo de combustible. En promedio cada vehículo emitió alrededor de 2.8 tCO₂ al año, no obstante, existieron automóviles que emitieron más de 8tCO₂ al año.

Gráfico 43.

Emisión de CO₂ por cada automóvil usado para la movilidad laboral en Natura al año



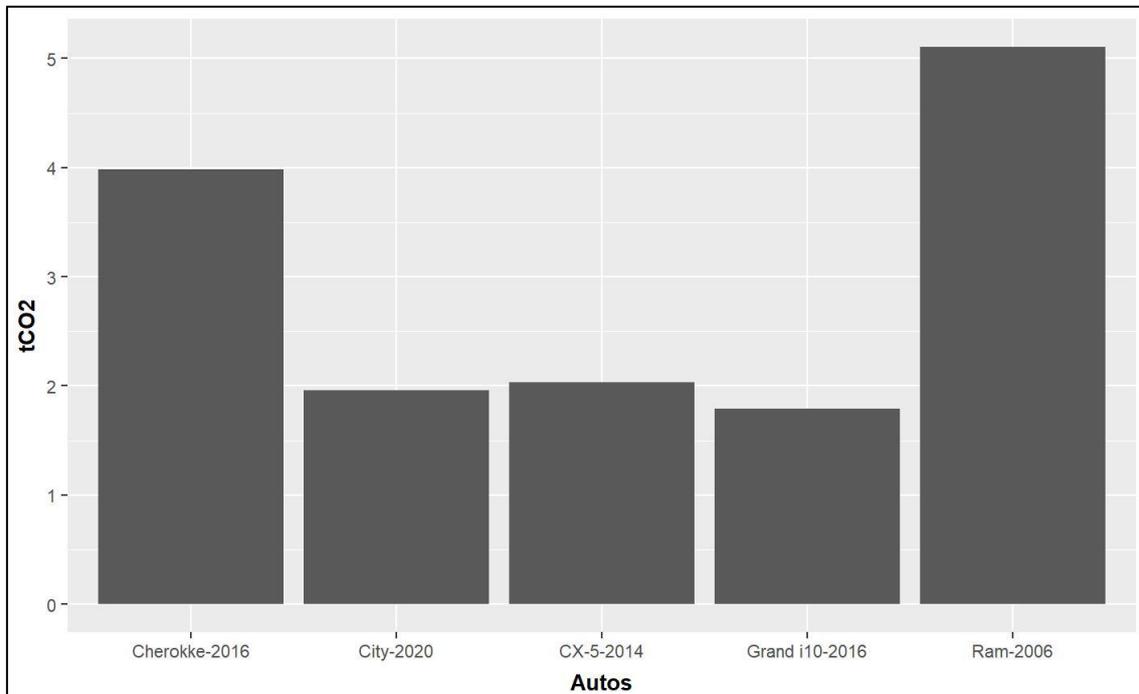
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

Nuevamente al realizar una comparación de las emisiones anuales entre cinco automóviles con tiempos y distancias similares (17 km y 30 min.), las emisiones variaron

significativamente en relación a la marca y año del vehículo, dado por el factor de emisión de cada motor.

Gráfico 46.

Comparación entre emisiones de CO₂ anual de cinco destinos laborales



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

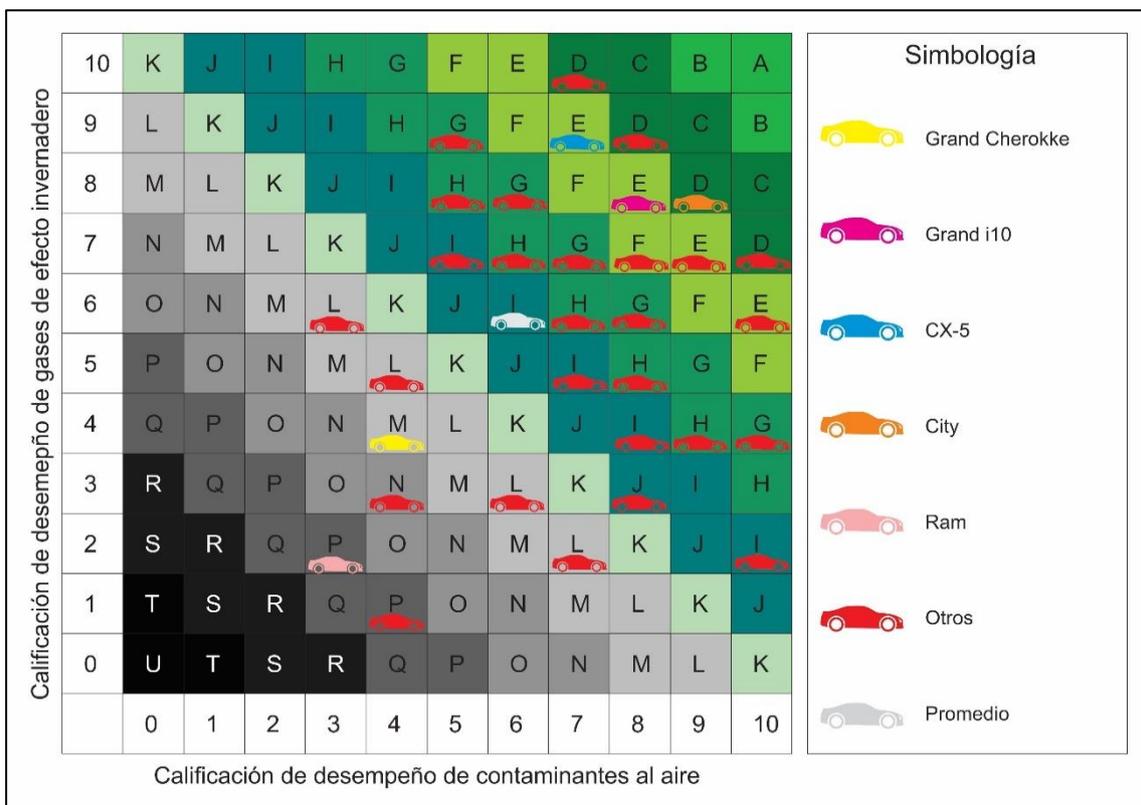
Así mismo, se comprobó que la dispersión urbana tiende a aumentar la emisión de contaminantes de acuerdo al tipo de vehículo (marca, submarca y año) empleado para ejercer la movilidad, es decir, el metabolismo de la movilidad además de los tiempos y distancias depende del tipo de vehículo empleado, manifestado en una relación: más consumo de energía significa mayores emisiones.

De acuerdo al gráfico 16, la pickup de la marca RAM-2006 y la Grand Cherokee-2016, cada una pueden emitir más del doble de CO₂ que el resto de los autos contemplados, de los cuales el vehículo Grand i10-2016 de la marca Hyundai destaca por tener la menor emisión a pesar que relativamente invierte el mismo tiempo y distancia de viaje. Cada vehículo cumple con una determinada función de acuerdo al propósito por el cual fue diseñado, sin embargo, para el tipo de movilidad empleada, vehículos más compactos resultan ser más eficientes energética y ambientalmente.

El portal Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares (Eco-Etiquetado) del INECC, asigna una calificación a cada vehículo de acuerdo al desempeño de gases de efecto invernadero, correspondiente a una afectación a escala global y al desempeño de contaminantes al aire que repercute a nivel local. En esta concordancia, los vehículos registrados para la movilidad laboral de Natura corresponden en promedio a una calificación de 6-6 respectivamente, lo que, los sitúa en la letra “I” de acuerdo al siguiente esquema.

Figura 21.

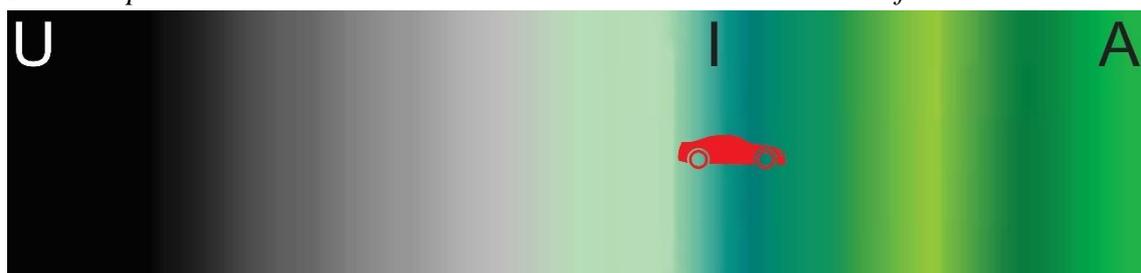
Esquema de calificación del Eco-Etiquetado de vehículos



Fuente: Elaboración propia en base a datos del portal Eco-Etiquetado del INECC, 2020 y encuesta O-D Natura

Figura 22.

Posición promedia de los vehículos de Natura dentro de la línea de eficiencia ambiental



Fuente: Elaboración propia en base a datos del portal Eco-Etiquetado del INECC, 2020

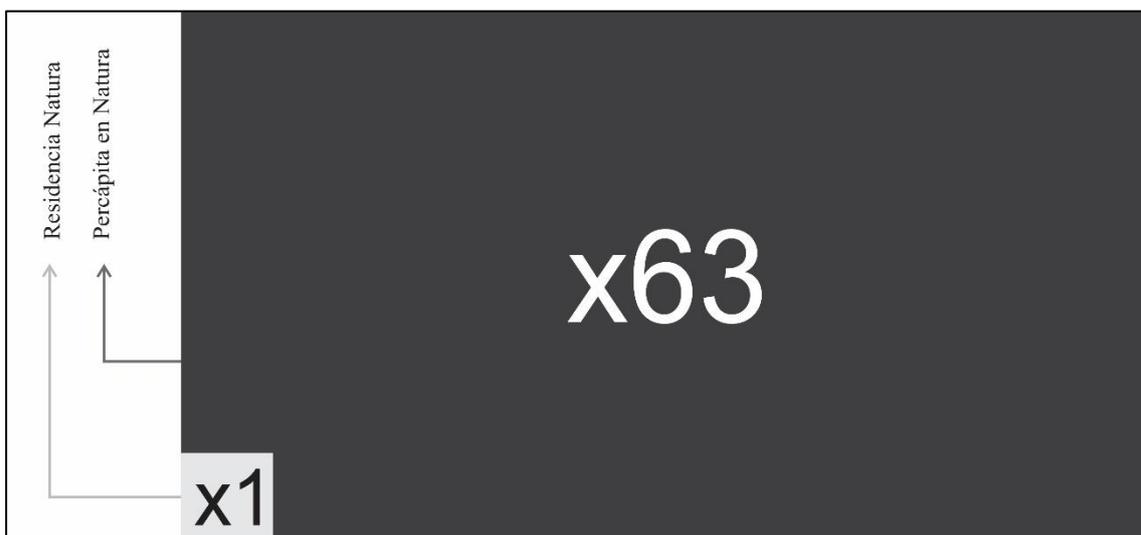
Entre mayor calificación de ambos criterios, el etiquetado estará más próximo a la letra “A” lo cual significa que el vehículo reduce su impacto en el medio ambiente y contribuye a la reducción de emisión de compuestos y gases de efecto invernadero, así mismo en la figura 24, podemos observar donde se sitúan los cinco vehículos que hemos comparado anteriormente, en relación del resto de vehículos registrados en la encuesta O-D Natura y el promedio de todos ellos.

Es importante mencionar que existieron vehículos con mala calificación (de la “L”-“P”) y otros más con buena calificación (de la “F”-“D”) que balanceó el resultado promedio, situando al parque automotor de Natura en la letra “I”, pero no quiere decir que sea del todo bueno, de hecho, están dentro de los límites de vehículos que prácticamente están reprobados en materia ambiental (calificación de cinco).

En esta sintonía, la huella de carbono para la movilidad laboral de los 138 hogares de Natura equivale a 148 hectáreas de bosque, tres veces el área del Centro Universitario de Tonalá y por cada automóvil destinado a la movilidad laboral corresponde a 0.55 ha, comparable a un campo de futbol. Mientras que el área que ocupa cada vivienda es de 0.0087 ha, es decir, el espacio teórico anual que ocuparía cada persona que labora, para la mitigación de los contaminantes es 63 veces mayor que el área que ocupa para vivir.

Figura 23.

Comparación de la huella anual de carbono por automóvil vs el área de una vivienda



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura

4.2 Acervo Central Living, modelo de Desarrollo Orientado al Transporte

Acervo Central Living, es un complejo residencial vertical correspondiente al modelo de Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) de inversión privada a cargo del Grupo Marhnos⁶⁵, este es el primero de acuerdo a su tipo en toda el AMG. Se ubica sobre la Avenida Federalismo en el número 1008 en la colonia Artesanos, entorno a la estación Mezquitán (línea uno del Tren Ligero) en el municipio de Guadalajara.

Figura 24.

Complejo DOT presentado por Marhnos hábitat



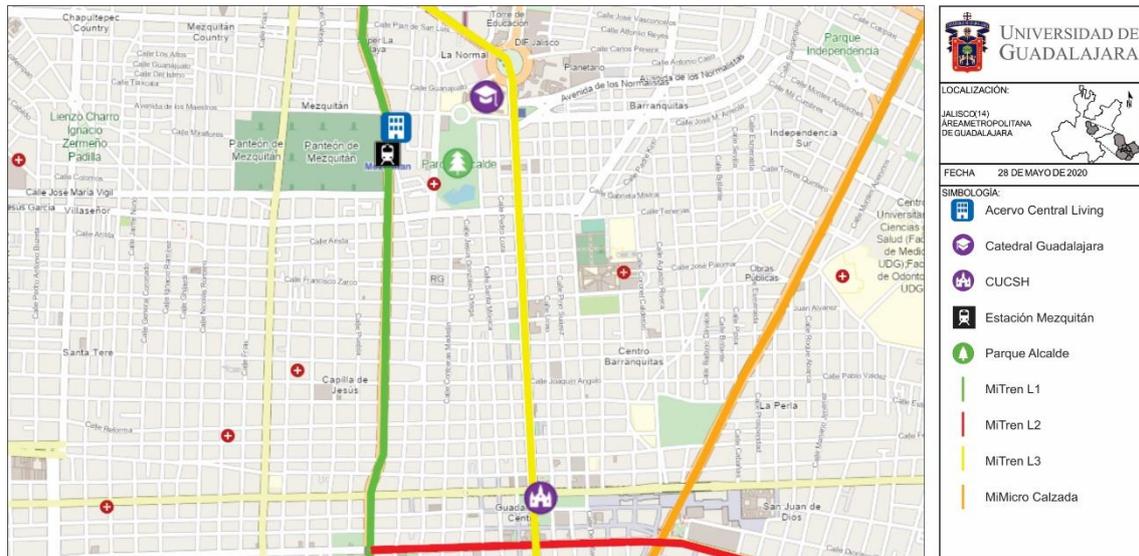
Fuente: Acervo, 2020

Se encuentra a 2.2 km del corazón de la ciudad, a dos cuadras del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH), a una cuadra del Parque Alcalde y Acuario Michin, a cinco cuadras del Paseo alcalde y se espera que termine de construir para el primer semestre del 2020 (Gobierno de Guadalajara, 2017; Marhnos hábitat, 2020).

⁶⁵ Es una compañía inmobiliaria mexicana con más de 60 años de experiencia en el rubro.

Figura 25.

Mapa de ubicación de Acervo Central Living



Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

El desarrollo se compone de dos edificios en forma de “L”, un parque central de 800 m², un salón de usos múltiples y cuatro esquemas de departamentos con 138 viviendas de 61 a 91 m² en dos torres de ocho pisos cada una (Gobierno de Guadalajara, 2017). Además, contará con quince amenidades entre ellas: firepit, ludoteca, kid zone, pet zone, family room, sala Acervo cultural, gimnasio, club social, lobby, roofgarden, sala de danza, wine room, taller de herramientas, sala de coworking, bici-estacionamiento y fitness club (Acervo, 2020).

No es difícil identificar que este desarrollo es elitista, pues por las amenidades que se ofrecen corresponden a un estilo de vida con altas posibilidades económicas y muestra de ello son los precios de los departamentos que superan los dos millones de pesos, lo cual ya es un obstáculo para las clases populares de la ciudad que definitivamente quedaran excluidos de habitar en el corazón de la urbe.

No obstante, el complejo busca posicionarse como el ápice del desarrollo urbano sostenible en Guadalajara, fue presentado en conjunto con el gobierno de Guadalajara en 2017 dentro de las políticas de reurbanizar la ciudad. Su enfoque se concentra en aprovechar la centralidad del mismo y su proximidad a bienes y servicios que ofrece el centro de la metrópolis, así como su articulación con los sistemas de transporte masivo y no motorizado.

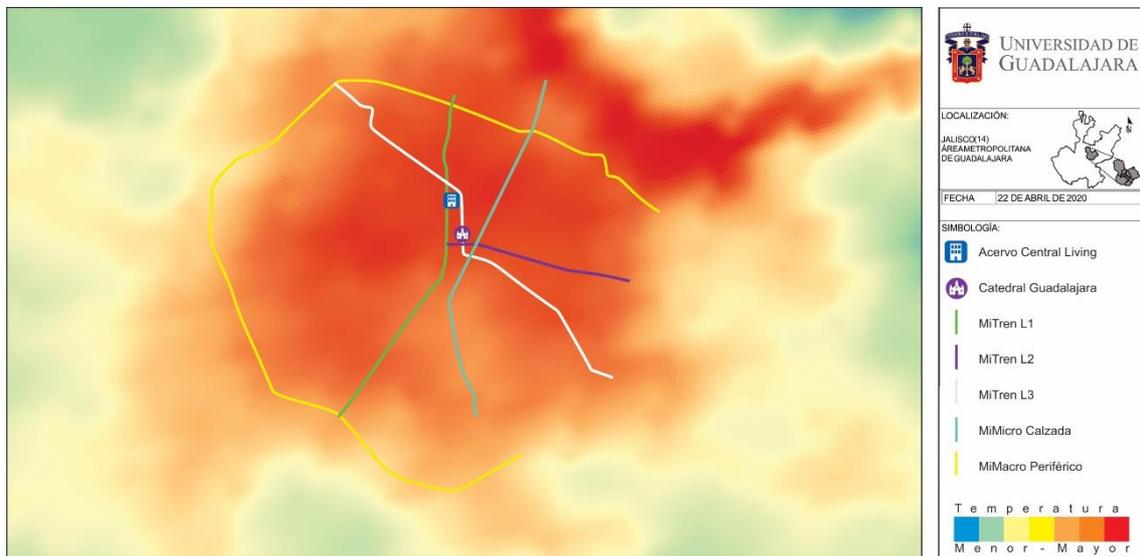
Acervo, está dentro de un entorno urbano para que sus futuros habitantes estén conectados a través de la regeneración de la ciudad y del espacio urbano en una de las

zonas más conectadas del centro de la urbe y en esta orden de ideas, la movilidad se vuelve el eje central, pensada para que las personas usen la infraestructura del transporte masivo (Gobierno de Guadalajara, 2017).

Sin embargo, hoy día vivir en el centro de la ciudad tienes sus desventajas ambientales, además de la acumulación de gases contaminantes criterios⁶⁶ emitidos por la acumulación en las vías de todo tipo de vehículos privados, de transporte público y de carga, además de dañar la salud, contribuyen conjuntamente con el alto grado de impermeabilización del suelo a las islas de calor.

Figura 26.

Mapa de la temperatura media anual de 2019 del AMG



Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2020

En este sentido, el ambiente urbano no es su principal atracción, más bien todo el mercadeo se basa en la centralidad, incluso el nombre del complejo evoca el estilo de “vida central” (central living) y es que habitar en esta zona de la metrópolis tiene sus ventajas territoriales, por una mayor oferta de bienes y servicios incluido el transporte y lo más importante una inversión con alta plusvalía.

⁶⁶ Los contaminantes criterio son aquellos contaminantes normados a los que se les han establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población, los cuales son: ozono (O3), dióxido de azufre (SO2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2), las partículas en suspensión (PM10, PM2.5) y el plomo (Pb) (COFEPRIS, 2017).

4.2.1 Movilidad y Desarrollo Urbano sostenible

El modelo compacto ha sido reconocido en la literatura como uno de los mejores sistemas urbanos en lo que refiere a la movilidad y accesibilidad, vivir en zonas centrales es sinónimo de conectividad gracias a la red de carreteras y cobertura de diferentes medios de transporte, ya sea a través del automóvil o bien por el sistema de transporte público.

Pero para que el modelo compacto sea visto dentro de la sostenibilidad, debe hacer hincapié para que la mayoría de los viajes se realicen en transporte público, y en este sentido, Acervo se encuentra dentro de un sistema circulatorio de transporte masivo, conformado por dos líneas del Tren Ligerero en operación, una tercera próxima a inaugurarse, una línea del Macrobus y una más en plena construcción que permitirá a sus habitantes circular por la metrópolis.

Figura 27.

Mapa del transporte masivo en el AMG y ubicación de Acervo



Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

Sin embargo, a las tres líneas del Tren Ligerero y dos líneas del Macrobus, se debe contemplar el Sistema Integral al Tren Ligerero (SITREN) que, si bien es cierto, no son parte del transporte masivo, no obstante, funcionan como troncales del mismo, con muy buena calidad en el servicio. De acuerdo a la encuesta de satisfacción de los usuarios del transporte público en el AMG de 2018 (IMTJ, 2018), el SITREN fue la tercera mejor evaluada después del Tren Ligerero y el Macrobus, en el entendido que es un sistema de transporte de buena calidad.

Tabla 24.

Calificación de los diferentes sistemas de transporte público en el AMG

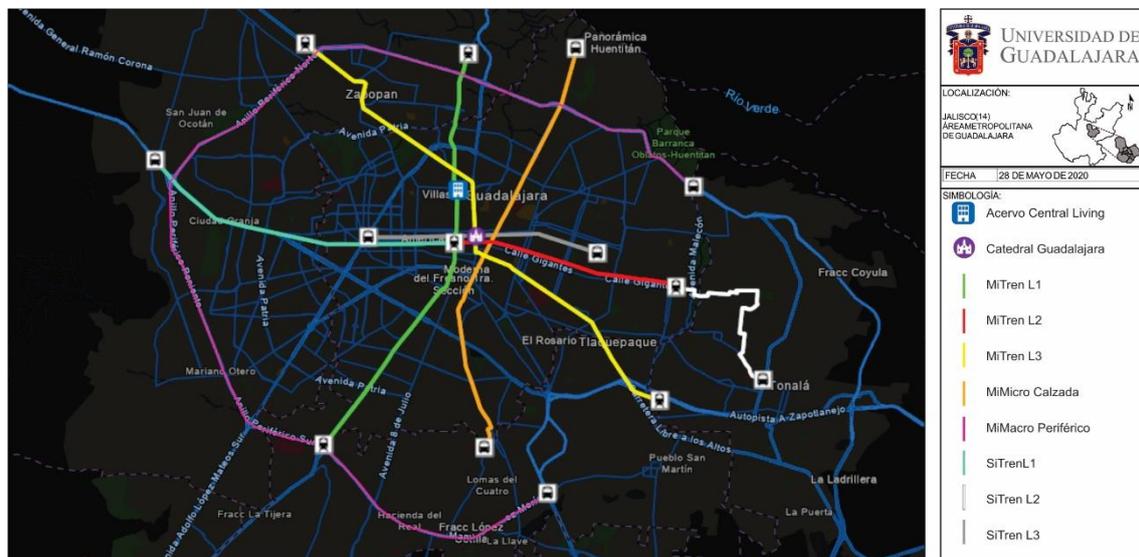
Transporte	2015	2016	2018
Autobuses	5.59	5.73	5.26
SITRAN	NA	NA	7.47
SITREN	6.89	7.95	8.06
Macrobús	7.00	8.08	8.36
Tren Ligero	8.00	8.63	9.05

Fuente: Elaboración propia con datos del IMTJ, 2018, p.145

En base a lo anterior se debe considerar al SITREN como una extremidad del sistema de transporte masivo, o al menos tres de ellas, puesto que estas se articulan con el mismo y ayudan a trasladar personas más allá de donde no logra cubrir el transporte masivo, pero con mejor calidad en el servicio en comparación con las rutas del transporte común.

Figura 28.

Red de los sistemas de transporte masivo y las líneas troncales del SITREN

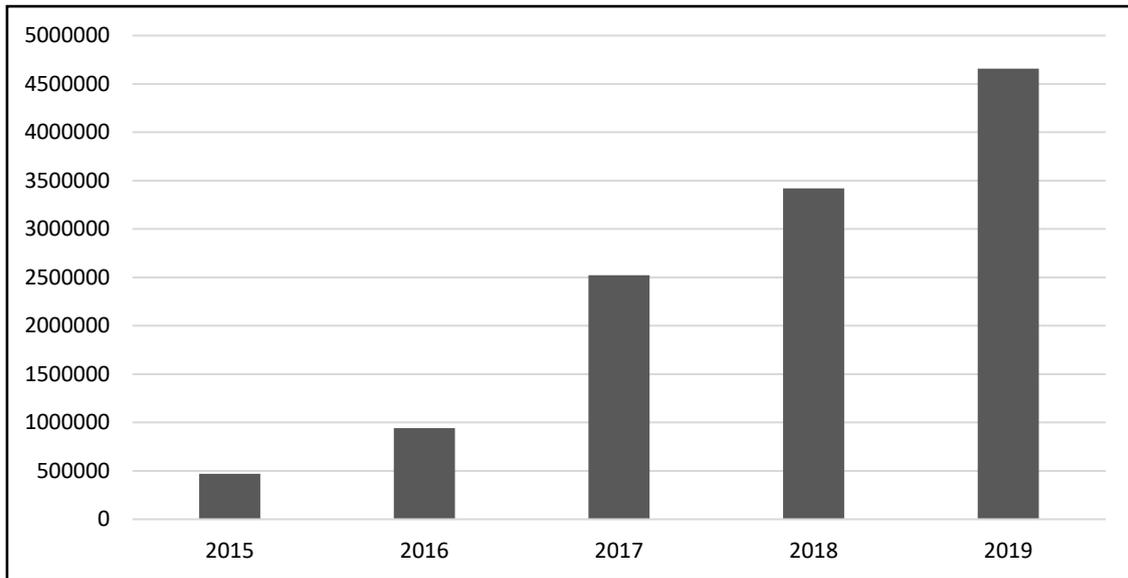


Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

Aunado al transporte masivo, se suma la cobertura del sistema de bicicleta pública, MiBici. Este sistema activo ha ganado lugar como medio de transporte práctico, confiable y eficiente, al paso de los años desde su implementación, los usuarios han demostrado una adaptación al medio para realizar sus viajes y muestra de ello es el aumento en el número de viajes en el polígono central desde 2015.

Gráfico 49.

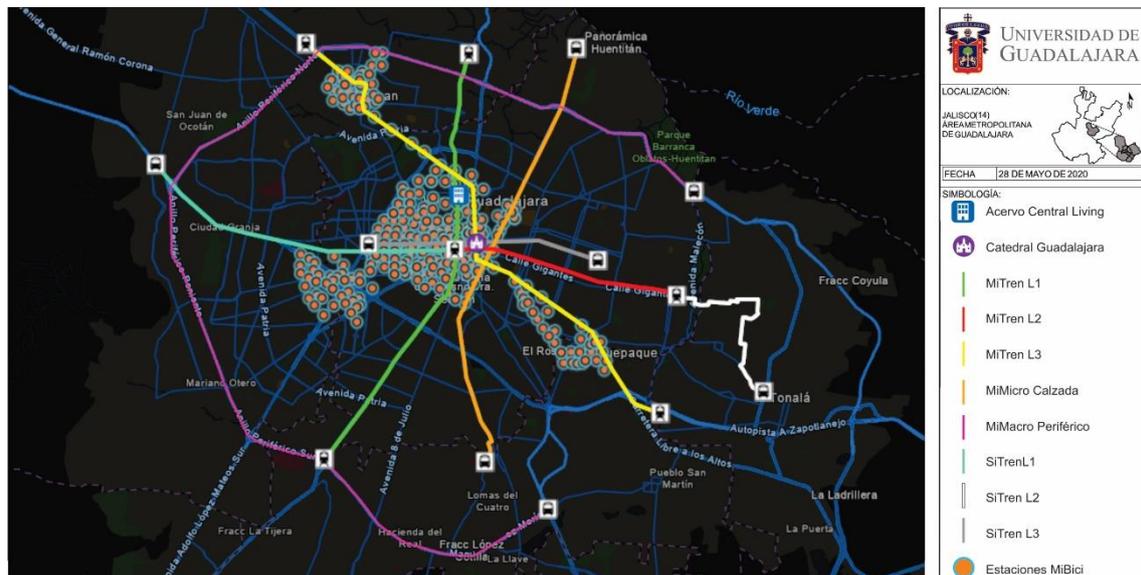
Aumento del número de viajes en el polígono central de MiBici



Fuente: Elaboración propia con datos de MiBici, 2020

Figura 29.

Red de los sistemas de transporte sostenibles

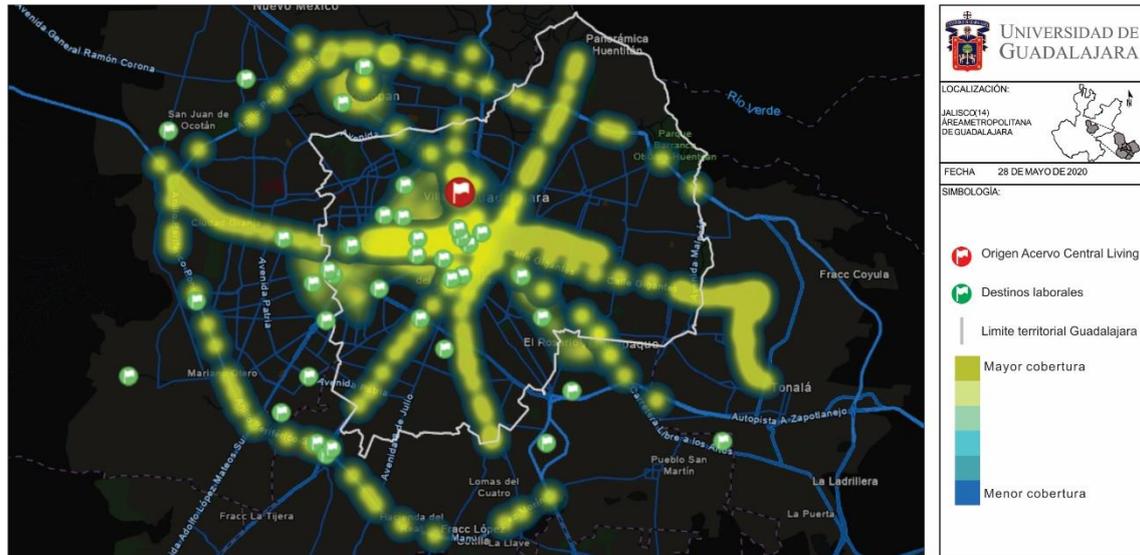


Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

De esta manera, Acervo queda dentro de un área con amplia cobertura del transporte sostenible, al empalmar la cobertura del Tren Ligero, Macrobus, SITREN y MiBici con los destinos laborales, los resultados expusieron que el 77% de los mismos están dentro de una cobertura de 800 m de las respectivas estaciones y quioscos, se comprueba que la movilidad con fines laborales es posible por medio del transporte sostenible.

Figura 30.

Contraste de la cobertura del transporte sostenible vs destinos laborales

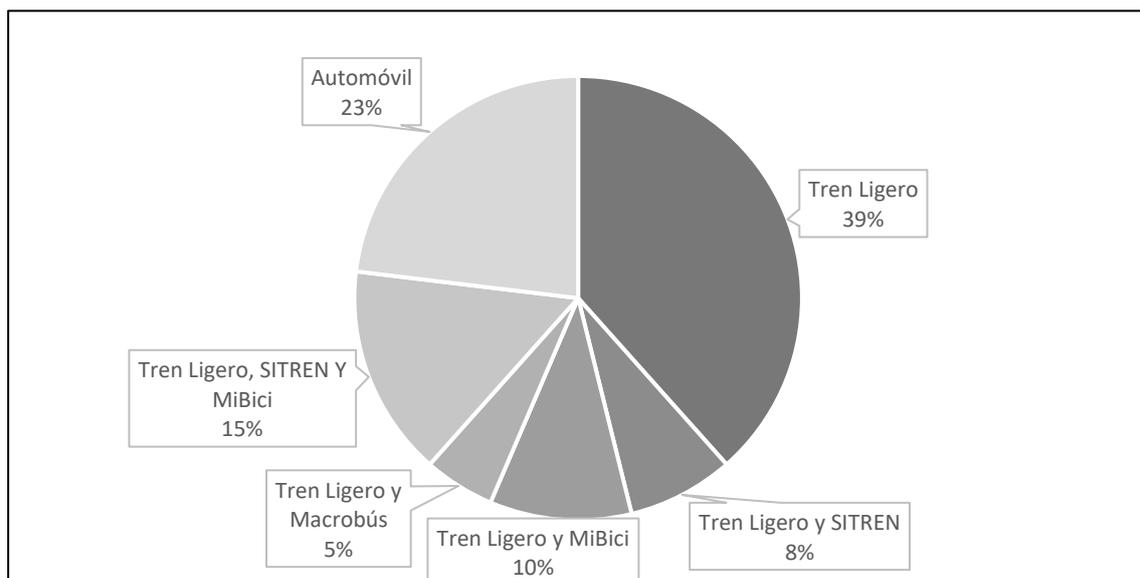


Fuente: Elaboración propia con datos de ArcGIS-Esri, 2020

De acuerdo a las simulaciones realizadas, en el mejor de los casos, el 39% de los habitantes usarían el Tren Ligero como único medio para llegar a sus lugares de trabajo, no obstante, se demostró que el sistema de MiBici sería el segundo medio intermodal más usado, seguido del SITREN, por su parte el Macrobús tendría la más baja participación intermodal, esto se debe a que existen pocas zonas laborales sobre los corredores por donde circula el BRT (Calzada independencia y Periférico).

Gráfico 52.

Porcentaje de los medios de transporte que usarían los habitantes de Acervo



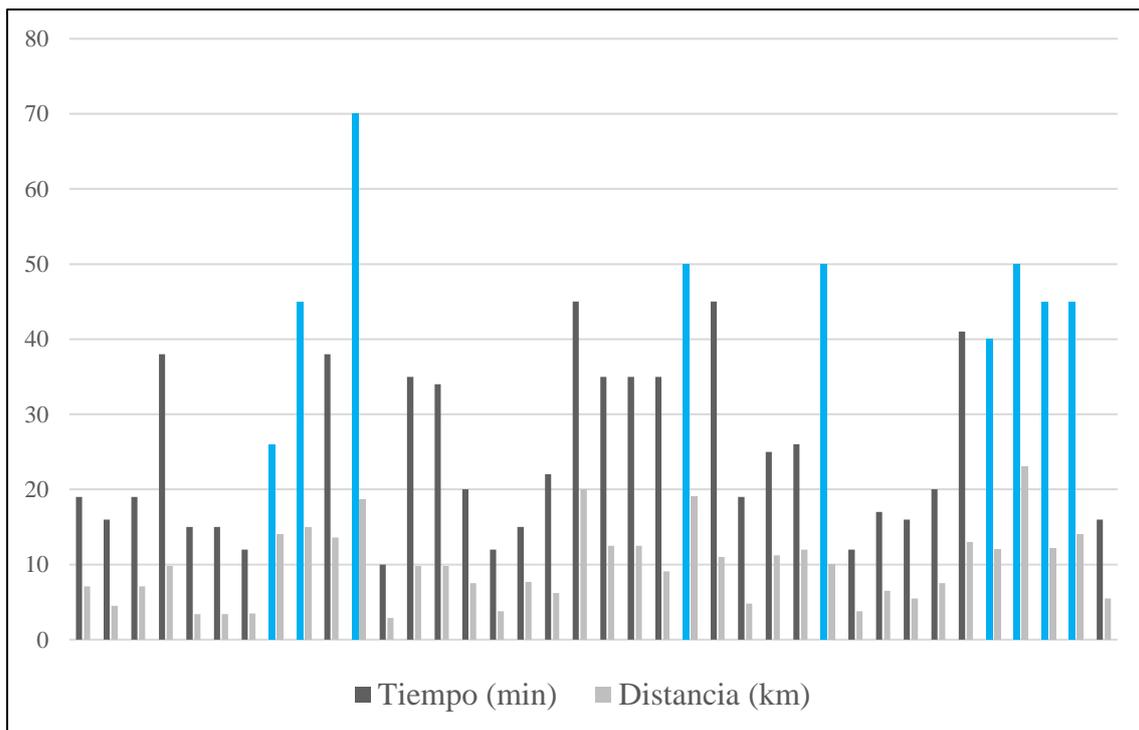
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

No obstante, el 23% de los destinos laborales no concuerdan con el transporte sostenible, y es aquí en donde el automóvil entra dentro de la tolerancia permitida. Bajo esta idea, no se descarta el uso del automóvil, más bien, el mismo se ve como un recurso valioso dentro de la movilidad, en este sentido el automóvil debe ser el medio para acceder en donde el transporte público no tiene cobertura o cuyo servicio es deplorable. Por esta razón que Acervo ofrece un cajón subterráneo de estacionamiento por departamento.

De acuerdo a la simulación, la cual consideró todos los medios de transporte, mostró que los tiempos de traslado a las zonas de empleo variaron entre 10 y 70 minutos con una media de 29 minutos para cada viaje, en cuanto a las distancias, estas oscilaron entre 2.9 y 30 km con un promedio de 10.3 km.

Gráfico 55.

Tiempos y distancias empleadas para cada viaje de los residentes de Acervo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

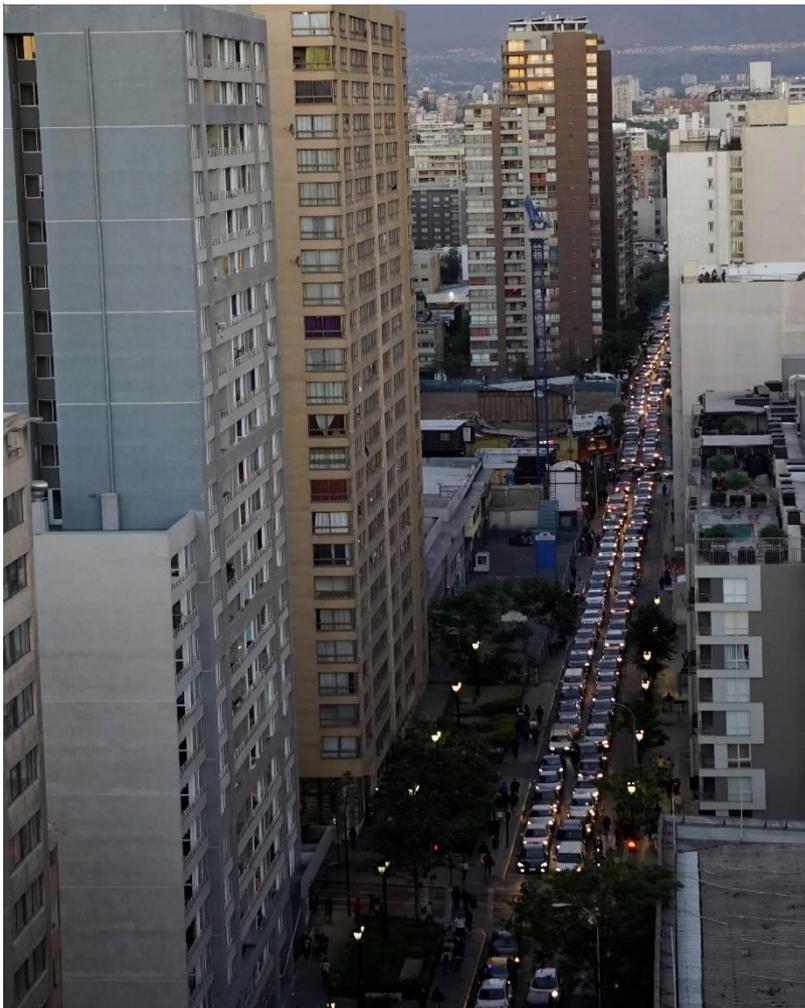
De acuerdo a la anterior gráfica, se observa que las líneas en color azul representan los viajes en automóvil las cuales tienen el mayor tiempo de traslado en contraste a la distancia, lo cual demuestra que en el caso (existe una gran posibilidad) que la mayoría de los habitantes usara el automóvil para su movilidad laboral, la redensificación perdería su vocación sostenible y sería una forma errónea de reurbanizar la ciudad.

Por esta razón, no solo se requiere un cambio de paradigma de la movilidad, sino también un cambio cultural, a pesar que la cobertura del transporte sostenible es capaz de encajar con las zonas de trabajo, no garantiza que los futuros residentes de Acervo hagan uso de los diferentes sistemas y más si su movilidad actual esta encadenada al automóvil y por los valores de los departamentos se puede conjeturar, que solo personas de clases económicamente acomodadas adquirirán su propiedad en Acervo, cuya dependencia al automóvil es evidente.

De no ser así, el problema urbano solo se agravaría y con ello desencadenaría una serie de problemas, entre ellos la circulación vial, el ambiente urbano sería insalubre, aumentarían las islas de calor. Dicho escenario ya ha sucedido en otras ciudades de América Latina (ejemplo, Santiago de Chile) en donde el crecimiento compacto de la ciudad central ha estado orientado al uso del automóvil privado.

Figura 31.

Congestión vial en el centro de Santiago de Chile



Fuente: Propiedad del autor

Es importante que la política pública de la movilidad urbana de la urbe se siga concentrando en desarrollar más y mejores sistemas de transporte sostenible, pues a pesar que el modelo de simulación consideró el mejor escenario de movilidad laboral, el 23% de los destinos laborales no coincidieron con la cobertura del transporte sostenible, a medida que el transporte de la ciudad sea eficiente y eficaz aumenta la posibilidad para que se cumpla lo que Cervero (1998, p.4) postuló: el Desarrollo Orientado al Transporte es aquel que brinda las condiciones necesarias para que las personas opten por viajar en el transporte en vez del automóvil.

4.2.2 El metabolismo de la movilidad

Si la movilidad laboral de los habitantes de Acervo se da conforme a los ideales del DOT, se puede predecir un escenario en donde al menos el 77% de los viajes se de a través del transporte sostenible y el resto (23%) con el automóvil, de esta forma el metabolismo de la movilidad reduce elocuentemente en comparación al modelo disperso, cuyo metabolismo se basa solo en el uso del vehículo privado.

En esta orden de ideas, la red de los sistemas de transporte masivo y troncales cuenta con parámetros dentro del desarrollo sostenible, hablamos de vehículos eficientes y vanguardistas, donde el metabolismo técnicamente es menor de acuerdo a la capacidad de trabajo, es decir, al transportar un número mayor de personas, el metabolismo per cápita reduce.

Para estos sistemas de transporte, la entrada de energía siempre será (más-menos) la misma, en el sentido que las rutas perennemente hacen su recorrido, por eso la importancia que más personas hagan uso de los mismos para eficientar el uso de la energía, dicho de otra manera, se transportan más usuarios con la misma capacidad de trabajo.

El Tren Ligero se compone por cuatro modelos de trenes (TLG-88, TEG-90, TEG-15 y Metrópolis) con una capacidad de 300 a 589 pasajeros (SITEUR, 2020) todos son unidades eléctricas cuyas emisiones de forma directa no existen, solo depende de las emisiones en la producción de la energía eléctrica.

En el caso del Macrobús, en los últimos años se han introducido vehículos articulados de la marca mexicana DINA, es un autobús desarrollado en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), cada unidad cuenta con espacio para 160 pasajeros, un sistema purificador de aire que ofrece un trayecto más agradable

y un motor con certificación Euro V que colabora en la reducción de contaminantes (gases y ruido) (DINA, 2020).

El SITREN se compone por autobuses de la misma marca (DINA), para el caso de la L1 y L2 son del modelo Linner 12, es un autobús con capacidad para 130 pasajeros de plataforma baja y cuenta con un motor a Diésel DUBA, que cumple con los estándares internacionales de control de emisiones contaminantes. Por su parte la L3 (Trolebús) se integra por vehículos del modelo Ridder E con motor eléctrico⁶⁷ (DINA, 2020), al igual que el Tren solo depende de las emisiones en la producción de la energía eléctrica.

El sistema de bicicleta MiBici de manera directa no tiene metabolismo, es decir no consume energía por lo tanto no emite contaminantes, no obstante es impulsado por la energía del usuario, quien si tiene un metabolismo, la energía la adquiere de los alimentos que consume, pero gastar la energía que produce el metabolismo del cuerpo es buena para su salud, por tanto, el uso de la bicicleta tiene un valor agregado, no solo para la salud de la ciudad sino también para la del usuario.

Para las personas que emplearían el automóvil en su movilidad laboral, su metabolismo al igual que el modelo disperso, depende de la entrada de combustibles fósiles y por lo tanto su emisión per cápita es mayor a los que posiblemente emplearían el transporte sostenible. Sin embargo, visto de forma general y por ser mayor el número de personas que emplearían el transporte sostenible definitivamente, el metabolismo del modelo compacto es más bajo que el modelo disperso.

Y cuando la ciudad se encuentra en una etapa de sobrepeso urbano a causa de la combinación entre el modelo suburbano y el uso masivo del automóvil, el diagnóstico para recuperar la salud, debe guiarse en una dieta a base del transporte sostenible, con el cual, el metabolismo urbano tiende a disminuir (consumo de combustible y emisión de contaminantes), en esta analogía, el automóvil se vuelve el tipo de alimento que obstruyen la circulación y el transporte sostenible se vuelve el alimento balanceado, pero como en toda dieta, no se debe abusar de un solo tipo de alimento, el éxito de la ciudad sana se debe basar en equilibrar los diferentes sistemas de transporte.

En esta orden de ideas, el vehículo privado ha sido consumido en exceso en la ciudad, ahora se está siguiendo una dieta en base a los transportes sostenibles, la cual es buena para mejorar la salud de la urbe, no obstante, el uso del automóvil no es malo, más bien este se debe consumir en proporciones adecuadas, es decir, se debe hacer uso del

⁶⁷ No obstante, cuenta con un motor a diésel como respaldo

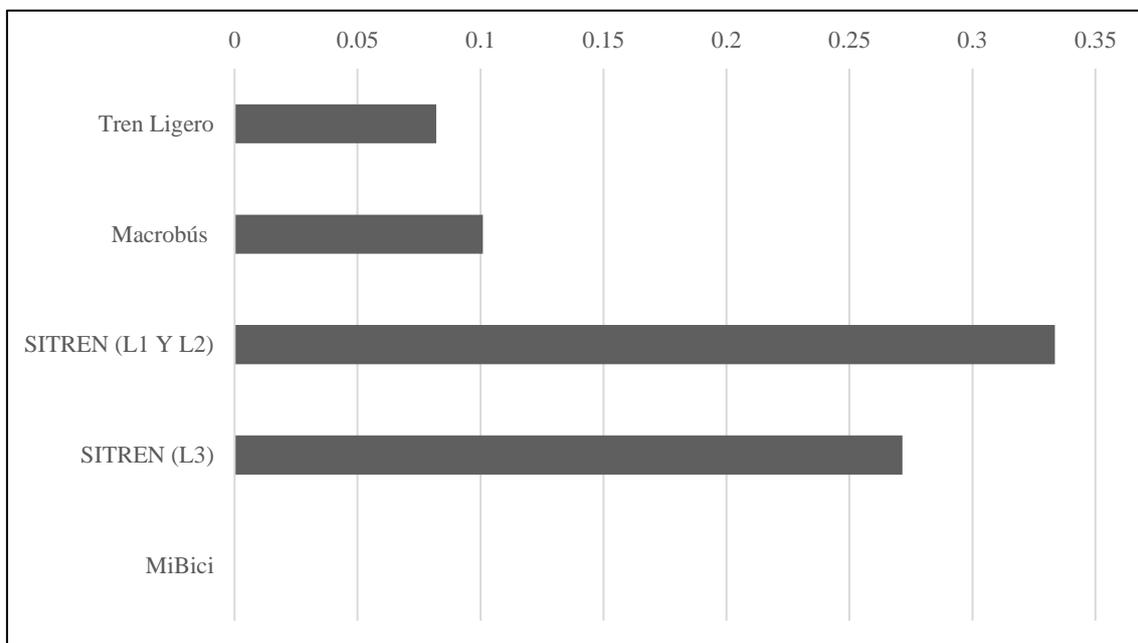
mismo cuando sea realmente necesario, pero sin llegar al abuso, una intermodalidad en la movilidad urbana sería la mejor forma de equilibrar el metabolismo de la ciudad.

4.2.2 La huella de energía de Acervo

De acuerdo a los datos obtenidos, los consumos de energía per cápita para los diferentes sistemas de transporte sostenibles variaron significativamente, como era de esperarse, MiBici tiene cero consumos de energía, pero entre los motorizados el más eficiente de todos ellos fue el Tren Ligero con consumo de 0.08 litros de combustible de origen fósil por persona.

Gráfico 58.

Consumo de energía per cápita en litros para el transporte sostenible del AMG al día

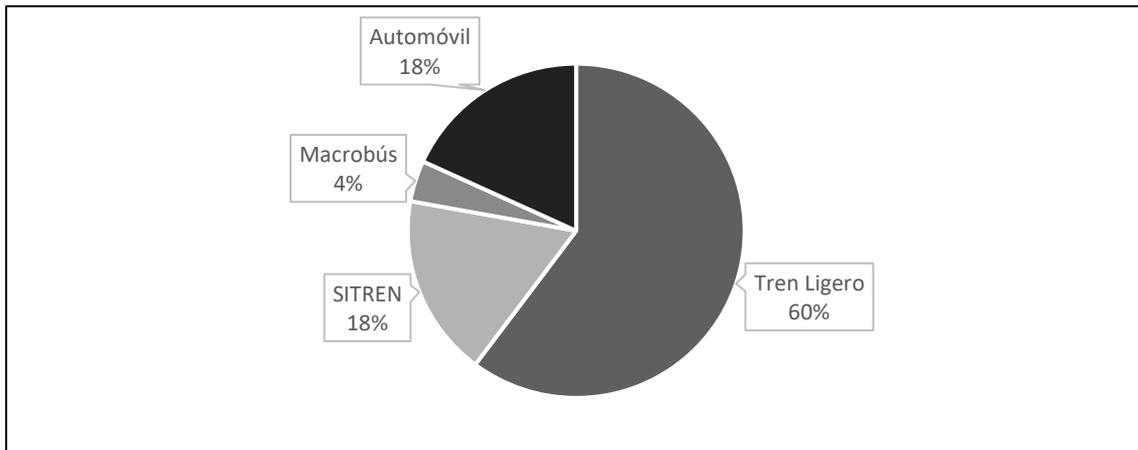


Fuente: Elaboración propia con a datos de INEGI-Transporte Urbano de Pasajeros, 2020

No obstante, este consumo solo representa a nivel general las cargas energéticas por el número de usuarios en todo el sistema. Ahora bien, para incorporar la cantidad de energía que los habitantes de Acervo consumirían anualmente para su movilidad laboral se representó de acuerdo al número de viajes en cada sistema, ello mismo implicó descartar la L2 y L3 del SITREN, puesto que es un medio que no usarían los residentes y a MiBici por no representar consumo alguno de energía, sin embargo, si se incluye el uso del automóvil privado.

Gráfico 61.

Repartición modal según el número de viajes en cada sistema de transporte



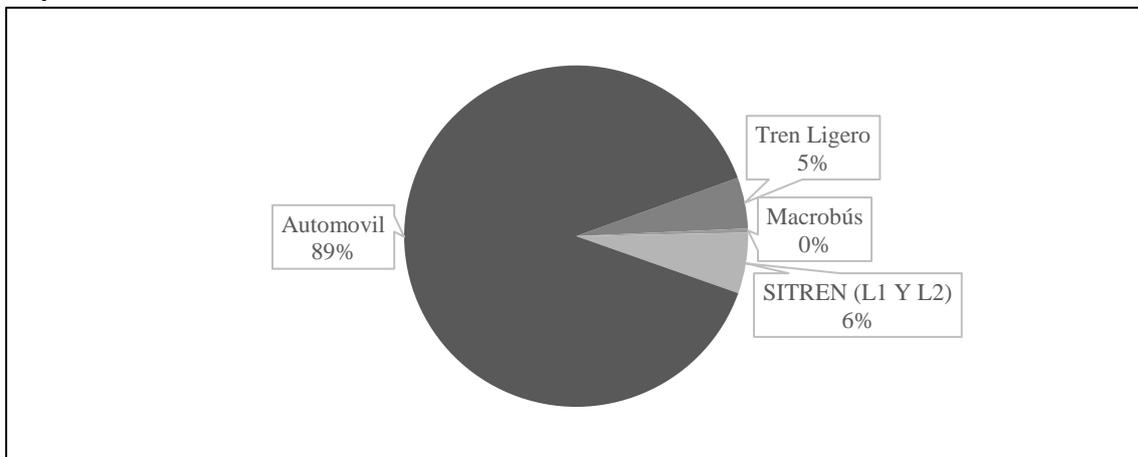
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

De tal forma que el Tren Ligero sería el medio con más viajes y el menos usado corresponde al Macrobús, dicha repartición modal en parte se debe que solo un porcentaje de las ubicaciones laborales se localiza en las cercanías de los corredores Independencia y Periférico, caso contrario al Tren Ligero que es el medio de transporte más cercano al complejo y, por tanto, el primer medio para la intermodalidad.

A pesar que el Tren Ligero es el transporte con más viajes, no representa el mayor consumo de energía debido a su eficiencia energética, lo cual es bueno porque demuestra que es un medio de transporte sostenible. En lo que respecta al Macrobús, tiene el menor consumo dentro de la movilidad laboral de Acervo, no obstante, se debe al poco uso que le darían los residentes, tanto así solo representa 0.3 litros de combustible.

Gráfico 64.

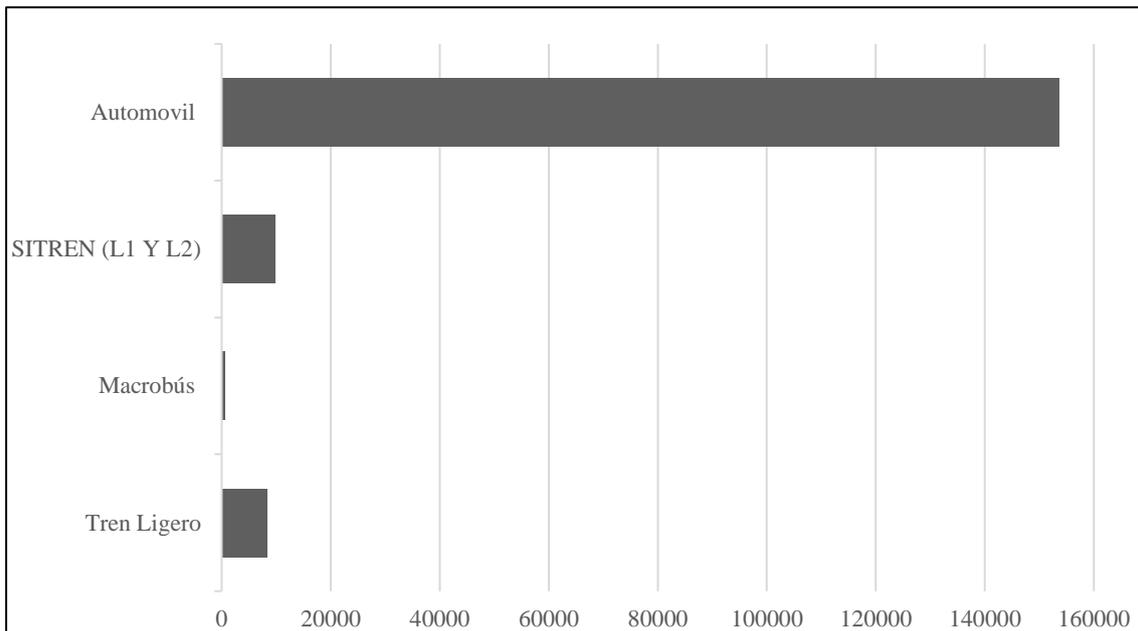
Porcentaje de los consumos anuales de combustibles para cada sistema de transporte empleado en la movilidad laboral de Acervo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

Gráfico 67.

Consumos anuales de energía según los medios de transporte para la movilidad laboral de Acervo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

Por su parte, el automóvil que solo presenta el 18% de los viajes (en el mejor escenario), sería el medio con el mayor consumo de energía equivalente a un 89% del total, y es por eso, que la reurbanización de Guadalajara no puede dar pauta para que el DOT pierda su finalidad y el automóvil se convierta en el medio más usado para la movilidad.

No obstante, gracias a que el 77% de los viajes son posibles a realizarse con los medios de transporte sostenibles, los cuales representan un 11% de la energía demandada, el consumo total para la movilidad laboral en un año del complejo Acervo, pudo amortiguarse y su equivalencia llegó a 172,553 litros de combustible al año o bien 6,039.3 Giga Joules (GJ).

En conclusión y de acuerdo a la huella de energía, considerada como la cantidad de área requerida para suplir o generar la misma cantidad energética, se desintegró de acuerdo a los tipos de combustible, para el transporte sostenible todas las fuentes energéticas se convirtieron a diésel y para el transporte no sostenible (automóvil) se consideró la gasolina.

De tal forma que el transporte sostenible demandaría un equivalente a 18,953 litros de Biodiésel al año, esto corresponde al 77% de los residentes que emplearían el medio, es decir, en base al balance energético, se requerirán 8.3 ha de bosque o bien 18

ha de cacahuete o 38 ha de cártamo. De acuerdo al Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México (SIAP, 2020) la mayor producción en Jalisco con respecto a los granos aceitosos fue el cártamo, por ende, sería la mejor fuente de materia prima biológica para la producción de biodiésel en el estado (ver anexo 4).

Tabla 25.

Huella de energía con diferentes bases bio-energéticas del transporte sostenible

Cultivo	ha/persona ⁶⁸	ha/departamento ⁶⁹	ha/Acervo
Bosque	0.03	0.07	8.29
Algas – mat seca	0.01	0.02	2.57
Fruto de palma	0.01	0.03	3.31
Jatropha	0.06	0.12	13.11
Cacahuete	0.06	0.13	18.45
Canola	0.08	0.17	20.87
Girasol	0.09	0.19	23.42
Soja	0.10	0.21	37.75
Cártamo	0.14	0.28	38.28

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MinCyt, 2008, p.22 y simulación de movilidad laboral de Acervo

Por la otra parte, el transporte particular quien demanda el 89% de la energía representó una huella equivalente a la producción de 153,600 litros de bioetanol, a razón que el tipo de combustible que usa el automóvil es la gasolina. Entonces para la huella de energía de los residentes que emplean el automóvil (23%) corresponde a 67 ha de bosque o bien a 61 ha de maíz.

En el entendido que el maíz sería el grano ideal para la producción de este biocombustible, en el estado es el grano de mayor producción, y por su parte Jalisco es el segundo estado más productor en el país, por consiguiente, el suministro de biocombustibles a la ciudad de Guadalajara tendría que ser por medio de maíz, sobre el cual se ha realizado el balance energético para la huella de energía.

⁶⁸ Por persona empleada

⁶⁹ Se ha tomado en cuenta un promedio de 2 personas empleadas por departamento

Tabla 26.

Huella de energía con diferentes bases bio-energéticas del transporte no sostenible

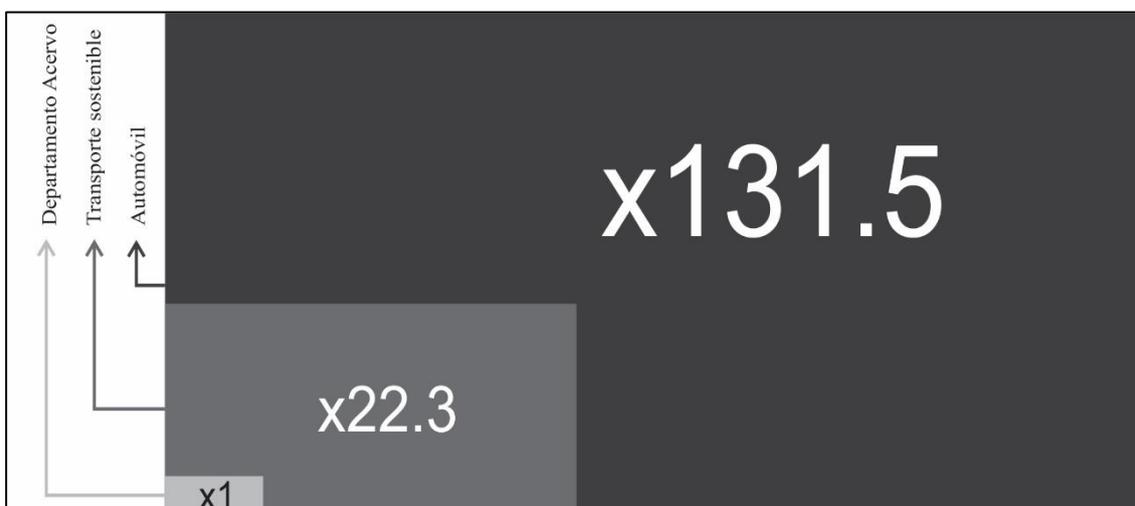
Cultivo	ha/persona	ha/departamento	ha/Acervo
Bosque	0.31	0.62	67.2
Caña de azúcar	0.09	0.19	20.89
Betabel	0.44	0.89	96
Maíz	0.28	0.57	61.46
Sorgo	0.50	1.00	107.56
Mandioca	0.71	1.43	153.90

Fuente: Elaboración propia con datos de MinCyt, 2008, p.27 y simulación de movilidad laboral Acervo

No obstante, al comparar las huellas per cápita por las dos formas de transporte, se denota claramente que los habitantes que emplearían el sistema de transporte sostenible generan una huella de 0.17 ha, cantidad inferior a los que usarían el automóvil, cuya huella equivale a 1 ha.

Figura 32.

Comparación entre las huellas per cápita de los sistemas de transporte para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

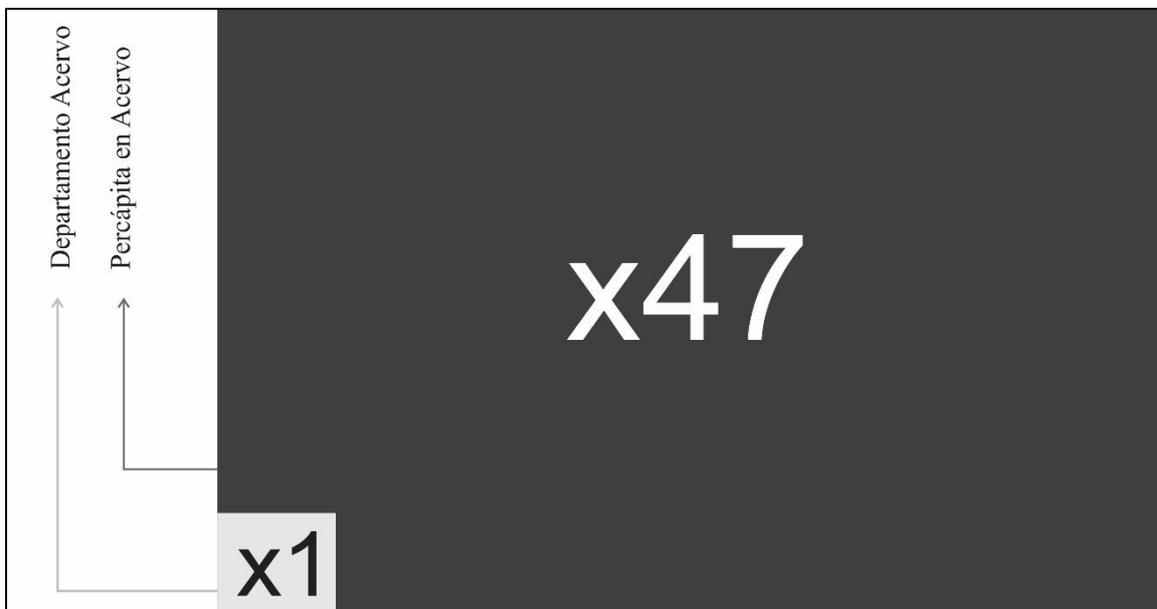
En suma, la huella de energía correspondiente al modelo de Desarrollo Orientado al Transporte, representado por el conjunto habitacional Acervo, sería igual a 100 ha, considerando un escenario en donde el 77% de los viajes con fines laborales se den dentro del sistema de transporte sostenible del AMG, integrado por tres líneas de Tren Ligero,

dos del BRT, tres del SITREN y el sistema de bicicleta pública (MiBici) y el 23% de los residentes usen el automóvil.

De tal forma que la huella de energía para la movilidad laboral de los 138 conjuntos habitacionales de Acervo es igual a 2 veces el área del Centro Universitario de Tonalá y por cada persona empleada corresponde a 0.36 ha, comparable al espacio que ocupa el Teatro Degollado⁷⁰, mientras el área que ocupa cada departamento en promedio es de 0.0076 ha, es decir, el espacio que ocuparía cada habitante empleado para su huella de energía es 47 veces mayor que el espacio que ocuparía para vivir.

Figura 33.

Comparación entre la huella percápita para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

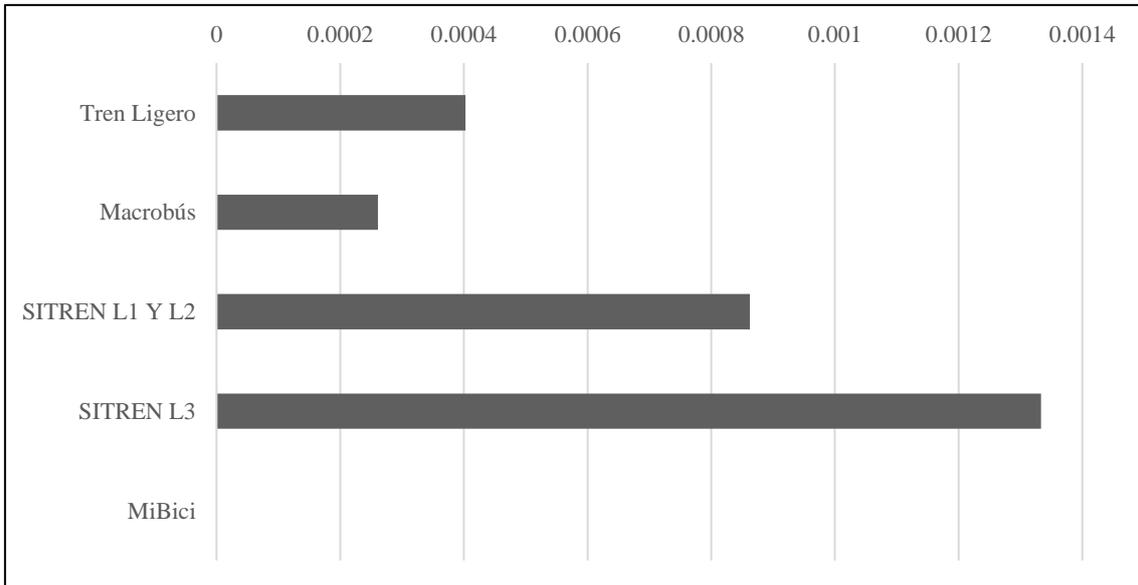
4.2.3 La huella de carbono Acervo

Al analizar las emisiones percápita anuales de CO₂ de los diferentes sistemas de transporte sostenibles, MiBici indudablemente fue el más eficiente, puesto que no emite contaminantes de forma directa, su metabolismo se traspa al usuario, a quien le resulta conveniente gastar energía, sin embargo, dentro de los motorizados, el Macrobus ganó la presea con una emisión de 0.2 kgCO₂/año y el SITREN L3 fue el más contaminante con 1.3 kgCO₂/año.

⁷⁰ La superficie del teatro mide 97 x 36.4 m, igual 0.35 ha

Gráfico 70.

Emisiones percápita en tCO₂/año para los diferentes sistemas de transporte sostenibles

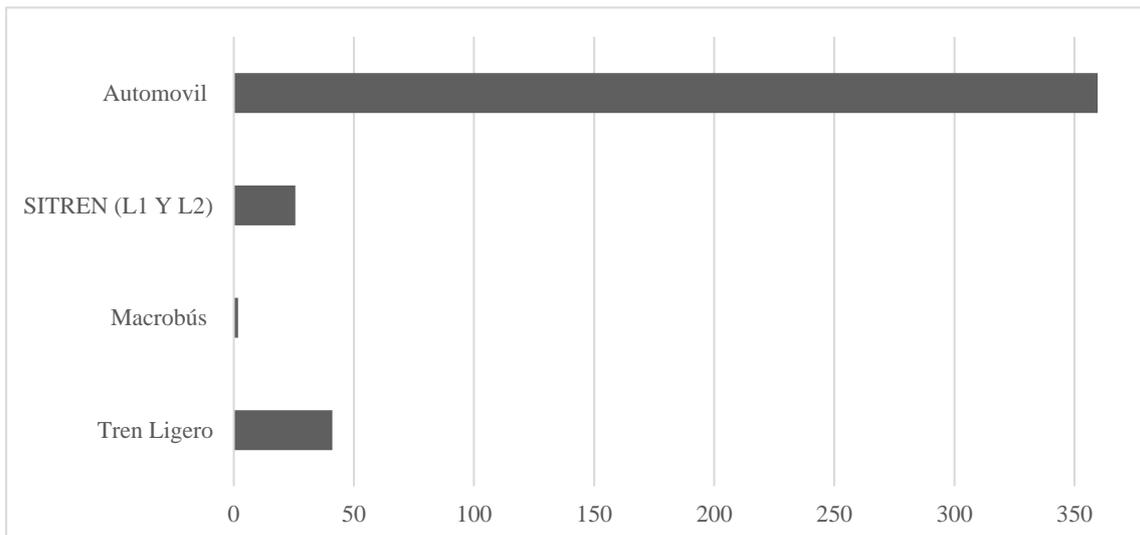


Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI-Transporte Urbano de Pasajeros, 2020

En cambio, los resultados para las emisiones que los habitantes de Acervo generarían para la movilidad laboral, se representó de acuerdo a la energía demandada para cada sistema. De igual forma se omitió la L2 y L3 del SITREN, puesto que es un medio que no usarían los residentes para su movilidad laboral y a MiBici por no representar consumo alguno de contaminantes, no obstante, se incluyó el uso del automóvil privado.

Gráfico 73.

Emisiones de tCO₂/año según los medios de transporte para la movilidad laboral de Acervo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

Al igual que el consumo de energía, el automóvil a pesar que generaría el 23% de los viajes resultó el medio más contaminante con un 84% de los mismos, por su parte el Macrobus solo emitiría el 0.4% por ser el medio menos usado, no obstante, el tren Ligero a pesar de ser el más usado para ejercer la movilidad su emisión correspondería al 9.5%.

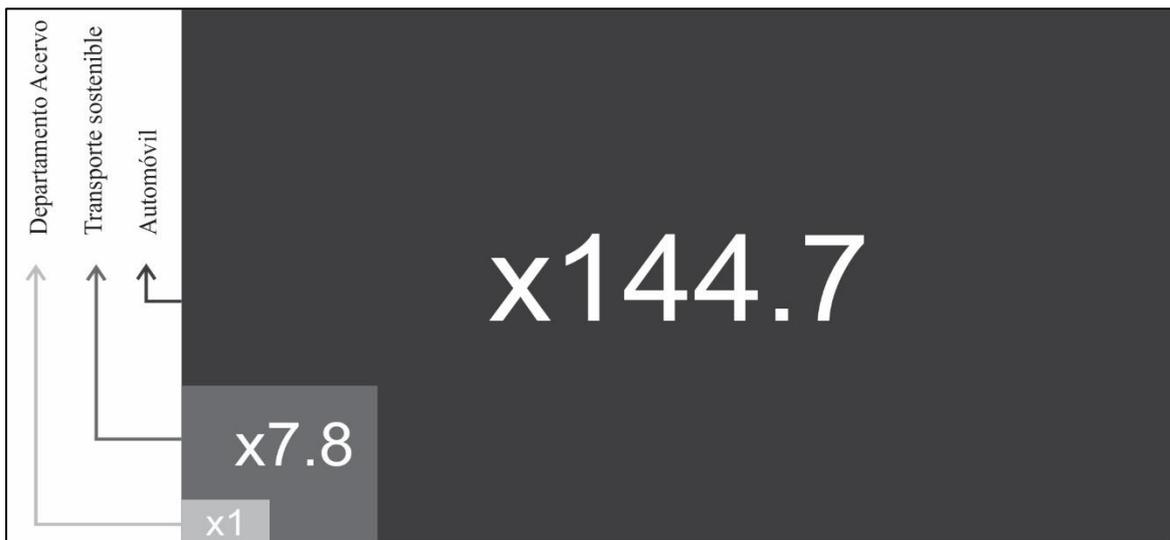
Se demuestra una vez más que el automóvil como único medio para la movilidad de las personas que pretendan reurbanizar Guadalajara, sería un grave error ambiental, social y económico, en el entendido que es un medio insostenible que además de contaminar en cantidades superiores al resto de los transportes públicos, agravaría los problemas de circulación del centro de la ciudad.

Ambos sistemas comparados en lo que corresponde a la huella de carbono para la movilidad laboral de Acervo, se denotó de forma clara, la eficiencia ambiental de cada transporte. El sostenible, conformado por el Tren Ligero, Macrobus, SITREN y MiBici emitieron un total de 68 tCO₂/año, equivalente a 13 ha/año de bosque para su mitigación, por su parte el automóvil emitió 360 tCO₂/año comparable a 69 ha/año de bosque.

No obstante, al comparar las huellas per cápita de las dos formas de transporte, se reflejó claramente que los habitantes que emplearían el sistema de transporte sostenible generarían una huella de 0.06 ha/año, en cambio, los que usarían el automóvil, cuya huella equivale a 1.1 ha y el área que ocupa cada departamento en promedio es de 0.0076 ha/año.

Figura 34.

Comparación entre las huellas de carbono de los sistemas de transporte para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento

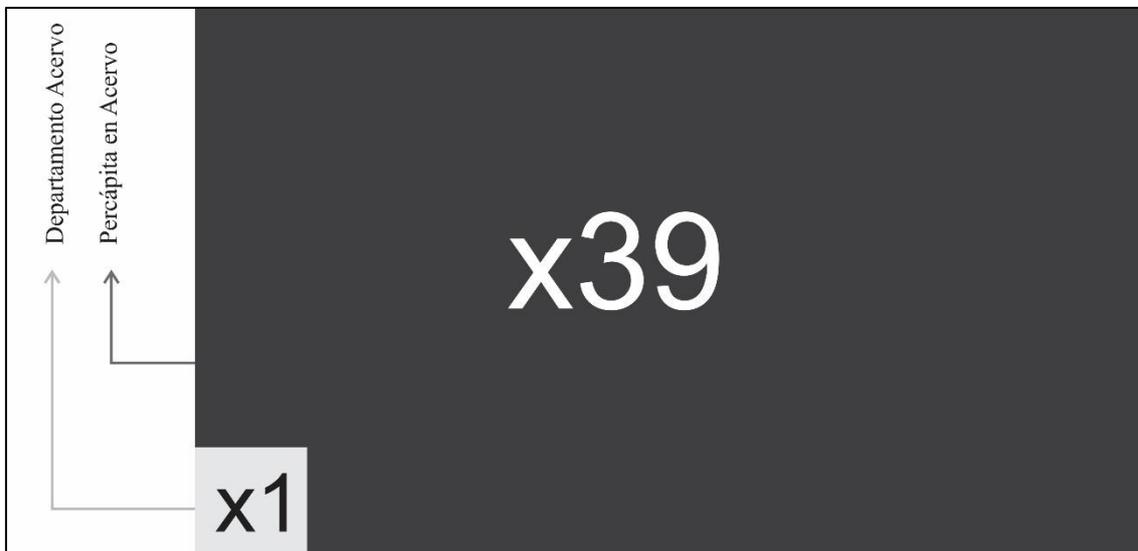


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

Con toda y la eficiencia ambiental que caracteriza a los sistemas de transporte sostenible la huella de carbono para Acervo se integró por la suma de todos los sistemas de transporte, sin embargo, gracias a que el 77% de las personas empleadas usarían el transporte sostenible, la huella de carbono para Acervo, correspondió a una emisión neta de 428 tCO₂/año y para su mitigación se necesitarían 82 ha/año de bosque, dicha superficie es igual a 1.7 veces el área del Centro Universitario de Tonalá y por persona empleada corresponde una huella de 0.3 ha/año es decir, 39 veces más el área de un departamento.

Figura 35.

Comparación per cápita de la huella de carbono para la movilidad laboral de Acervo vs el área de un departamento



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación de movilidad laboral de Acervo

4.3 Comparación costo beneficio Natura vs Acervo

Los apartados anteriores sirvieron para obtener las respectivas huellas energéticas y ambientales de dos formas de urbanización en la metrópolis de Guadalajara, pero los datos como tal no explican a detalle el problema planteado ni comprueban la hipótesis esbozada, para tales efectos a continuación se comparan ambos modelos de acuerdo a la movilidad laboral.

En cuanto a los consumos de energía para el modelo suburbano y disperso, en promedio cada persona empleada metabolizó 1,200 litros de combustible al año y en su conjunto, Natura consumió alrededor de 331,200 litros al año. Para el caso compacto,

cada persona empleada consumió 625 litros al año y en total, Acervo metabolizó 172,553 litros al año, de tal forma que el modelo DOT resulta ser 48% más eficiente.

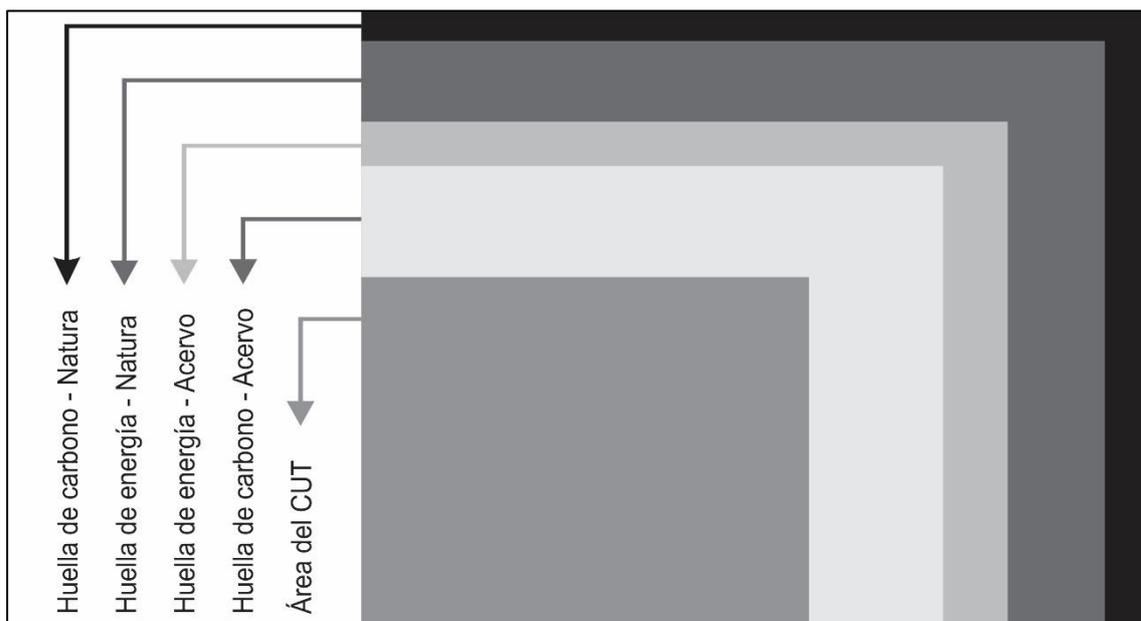
Al comparar la huella de energía, vista como la carga dada al planeta para satisfacer las necesidades, en este caso de movilidad, Acervo representa una huella de 100 ha/año en conjunto y 0.36 ha/año per cápita, por su parte, Natura representa 133 ha/año en total y 0.5 ha/año per cápita, de igual forma, aunque en menor porcentaje (25%) Acervo en su condición de DOT tiene una huella inferior a Natura.

Como se ha señalado, el metabolismo se compone tanto de entradas como de salidas de energía y materia, en este caso, el resultado final del metabolismo de la movilidad con fines laborales fue la emisión de gases contaminantes, específicamente el CO₂, de tal forma que Natura emitió 772 tCO₂/año y por cada persona empleada 2.8 tCO₂/año. En contraste, Acervo emitió 428 tCO₂/año y 0.3 tCO₂/año por cada persona empleada, es decir, Acervo es 45% más eficiente ambientalmente que Natura.

Con respecto a las huellas de carbono, es decir, la cantidad de superficie de bosques que se necesitarían para mitigar las emisiones de CO₂ generadas por la movilidad laboral de ambos desarrollos, Natura necesitaría 148 ha/año y por cada persona 0.55 ha/año, en cambio, Acervo requeriría 82 ha/año y 0.3 ha/año per cápita, de tal forma que la huella de Acervo es 45% menor que Natura.

Figura 36.

Comparación de las huellas de Acervo y Natura vs el área del CUT



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura y simulación de movilidad laboral de Acervo

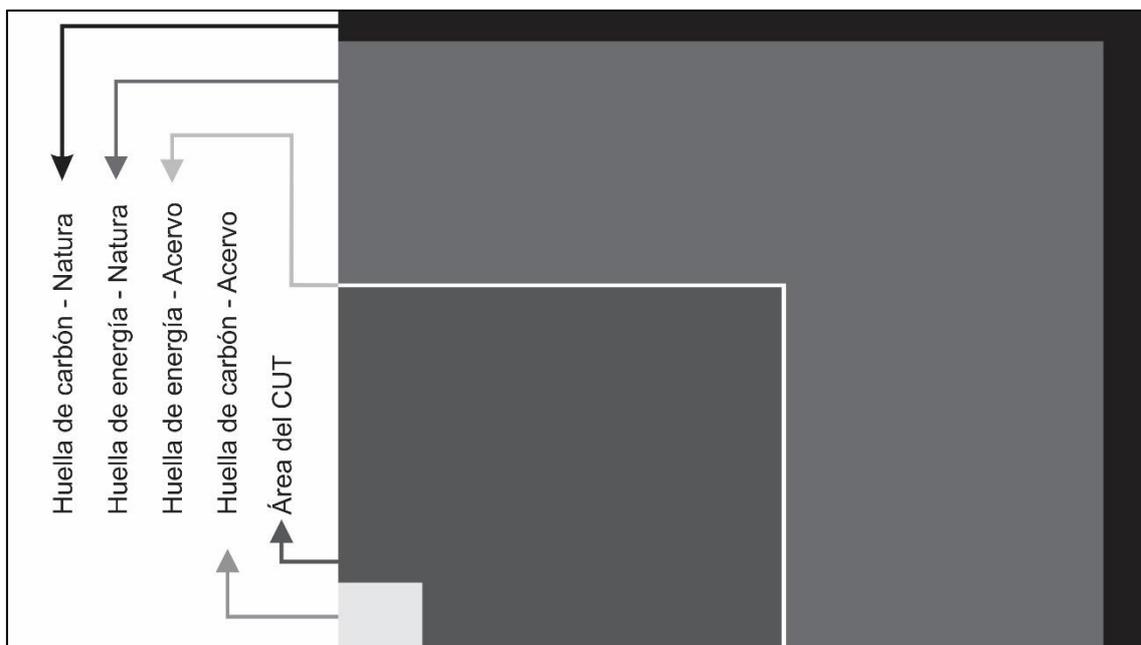
En resumen, se comprobó que el modelo de Desarrollo Orientado al Transporte es eficiente energética y ambientalmente en comparación al modelo disperso y suburbano, en materia de movilidad laboral. Sin embargo, se debe aclarar que dicha eficiencia está dada en un escenario donde el 77% de los residentes empleen el transporte sostenible y el 23% restante usen el automóvil.

No obstante, el uso exclusivo del automóvil en un complejo vertical como lo es Acervo, perdería su cualidad DOT y las consecuencias de insostenibilidad serían peor que el modelo disperso. Ejemplo de ello es que el modelo de simulación demostró que las personas que emplearían el automóvil para su movilidad laboral en Acervo tendrían un metabolismo igual a las personas que habitan en Natura (2.8 tCO₂/año por vehículo).

Caso contrario, si todos los residentes de Acervo emplearan el sistema de transporte sostenible, tendrían una emisión de 88 tCO₂/año equivalente a 17 ha/año o bien 0.3 tCO₂/año equivalente a 0.06 ha/año per cápita, es por esta razón que, si la política de movilidad y vivienda se da dentro de los parámetros de la sostenibilidad, los resultados serán realmente prometedores en comparación del actual modelo suburbano y disperso que sigue arraigándose en la forma de urbanizar el Área Metropolitana de Guadalajara.

Figura 37.

Comparación de las huellas de Acervo y Natura en el mejor escenario de movilidad



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura y simulación de movilidad laboral de Acervo

Es evidente que Acervo sobre Natura (modelo compacto vs disperso) tiene mayores beneficios energéticos y ambientales, pero, ¿Cuál es el precio que implica vivir en la centralidad vs la dispersión? La literatura reconoce que, en materia de movilidad, vivir en zonas densas genera ahorros en los desplazamientos cotidianos, tanto en tiempo como en capital, ejemplo ir al trabajo. Bajo este principio se ha realizado una comparativa económica entre el valor de la vivienda y los gastos relacionados a la movilidad laboral.

Expuesto lo anterior, en promedio los desplazamientos con fines laborales que se generan en Natura (modelo suburbano), son de 98 minutos y cada vehículo consume cinco litros de gasolina al día, de tal forma que en un año cada habitante habría invertido 1,960 horas (81.6 días) viajando en automóvil, he invertido 122,700 pesos en suministro de combustible.

En cambio, por cada habitante de Acervo que empleen el transporte sostenible invertirá en promedio 48 minutos y 23.5 pesos al día, de esta manera, el gasto anual en tiempo sería igual a 960 horas (40 días) y \$5,688 al año. Por el otro lado, las personas que usen el automóvil, su movilidad laboral les costaría alrededor de 93 minutos y cinco litros de combustible al día, al año habrán invertido 1,860 horas (77.5 días) y gastado \$24,528.

Tabla 27.

Costo económico y social (tiempo) per cápita de la movilidad laboral en Natura y Acervo

Residencia	Movilidad	Tiempo (horas/año)	Costo (MXN)
Natura	Automóvil	1,960	\$24,528
Acervo	Transporte sostenible	960	\$5,688
Acervo	Automóvil	1,860	\$24,528

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura y simulación de movilidad laboral de Acervo

La tabla 29 simplifica de manera concisa que el modelo DOT a través de Acervo, puede tener ahorros económicos y sociales significativos, si la movilidad laboral se da por medio de los sistemas de transportes sostenibles, de no ser así, y si el automóvil funge como el único medio para acceder, al menos en materia laboral, representaría el mismo coste que el modelo disperso (Natura).

Ahora bien, al comparar los costos habitaciones, de acuerdo a la encuesta O-D Natura, el valor promedio de las residencias en el fraccionamiento suburbano fue de \$2,000,000, precios parecidos al complejo Acervo, cuyo valor del departamento más

económico se anuncia en \$2,150,000, además a este valor fijo, se le debe agregar el valor actual⁷¹ del vehículo para quienes emplean el automóvil en su movilidad laboral, que en promedio ronda en \$182,403.

De tal forma que una persona que habita en Natura, en un lapso de 10 años habría invertido para su movilidad laboral una cantidad de \$245,280, en cambio una persona que habite en Acervo y ejerza su movilidad en la red de transporte sostenible solo habría invertido \$56,880, es decir, su movilidad tendría un ahorro económico del 77%.

Tabla 28.

Costo económico de la movilidad laboral en un periodo de 10 años en Natura y Acervo

Tiempo	Modelo urbano	Costo transporte (MXN)	Inversión automóvil	Depreciación automóvil	Total
10 años	Natura	\$245,280	\$182,403	\$118,803	\$546,486
10 año	Acervo TS ⁷²	\$56,880	\$0	\$0	\$56,880
10 años	Acervo	\$245,280	\$182,403	\$118,803	\$546,486

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta O-D Natura y simulación de movilidad laboral de Acervo

De tal forma que una persona que habite en Acervo y profese su movilidad en los medios de transporte sostenibles, en 25 años habría ahorrado un poco más la mitad del valor del departamento más económico, en comparación si ejerciera su movilidad en automóvil, que como bien se ha demostrado es posible que suceda.

⁷¹ Se ha considerado el valor actual en el mercado del año 2020, de acuerdo a cada vehículo, esto incluye marca, submarca y modelo.

⁷² Personas que habitarían en Acervo y usarían el transporte sostenible

Capítulo 5

Conclusiones

5.1 El modelo disperso

La forma de crecimiento urbano corresponde a una lógica económica, social, ambiental y cultural que no puede negarse a su realidad, la idea de incremento está presente en la memoria urbana y no se niega a su raciocinio. Las urbes modernas son el reflejo de un comportamiento ascendente y no descendente, bajo este principio no se puede esperar que la ciudad de Guadalajara llegue a un máximo nivel de crecimiento y de forma repentina comience un proceso de decadencia.

Más bien, los factores económicos, políticos y sociales han coincidido, que la forma de progreso está delimitada en cuan grande puede ser la urbe, al menos se muestra que poseer el título de segunda ciudad más grande de México hablando demográficamente crea una sensación de orgullo y pertenencia que no puede ser menospreciada y cuanto más grande sea la urbe mayor es la sensación de progreso y desarrollo y esto lo sabe muy bien la clase política que apuesta a mantener dicha categoría.

Pero no todo crecimiento es bueno, existen dos facetas, el desarrollo basado en las necesidades económicas, sociales y ambientales de la urbe, tal y como pasó hasta la década de los setenta, misma pareció haber conciliado los problemas sociales y ambientales con una economía emergente, no obstante, se manifestó otro tipo de crecimiento después de los ochenta, se exteriorizó de forma dispersa, sobre la cual existe un matiz de intereses económicos y formas diferentes de habitar la ciudad.

Por un lado, se encuentran sectores élites que han fijado su vivienda sobre espacios con un alto grado de movilidad, sobre grandes desarrollos comerciales y carreteros, emulando el estilo de vida de países de economías desarrolladas, con notables patrones de consumo, como lo es el uso del automóvil sobre el cual se funda su forma de acceder. Con el caso aquí estudiado, se demostró que la movilidad basada en el uso del automóvil no es sostenible, daña el ambiente natural, social y económico.

Con las huellas de carbono y energía en base a la movilidad se manifiesta la cantidad de carga que representan los consumos actuales per cápita para los habitantes suburbanos y dispersos, es más que evidente que este patrón de consumo (movilidad) no

es rentable para el ecosistema urbano por la generación de contaminantes criterios que afectan directamente la salud de los habitantes, pero a la vez contribuye al calentamiento global por los gases de efecto invernadero (GEI).

Por otra parte, a pesar que no fue el tema a desarrollar, es importante abordar el análisis sobre un sector que por necesidad habitacional han establecido sus viviendas sobre la periferia, en áreas marginadas, carentes de servicios básicos entre ellos de transporte, que han quedado segregados del dinamismo económico, social y cultural de la ciudad, es decir, el sector que realmente sufre las consecuencias del desarrollo disperso y de las desiguales territoriales de la forma en se ha realizado la ciudad.

Y es por esta razón que el crecimiento no es una dimensión que pueda expresarse en cantidades; número de hectáreas, habitantes y/o casas en un determinado tiempo, existen condiciones más allá, que surgen durante y después del crecimiento, en el entendido que la ciudad como bien lo señaló Castell, esta ha sido fundada sobre red, sobre la cual coexisten relaciones entre todos los puntos de la ciudad, por lo que la conectividad y accesibilidad son clave para la supervivencia urbana.

El éxito de las relaciones humanas en parte, está delimitada por los conductos que permiten el vínculo entre los puntos de la urbe, ya sea a través de vías, arterias o medios de transporte. Si el crecimiento de la ciudad no permite la circulación y conexión entre los nuevos entornos urbanos y el resto de la ciudad, entonces surgirán inconvenientes que pueden desencadenar un aserie de problemas económicos, sociales y ambientales, difícil de remediar a corto plazo y dudosos a largo plazo.

Por eso, el crecimiento urbano no puede ser medido en dimensiones que representen magnitudes escalares o vectoriales como si fuesen objetos inertes, más bien el crecimiento debe estar representado en lo bien que es gestado y planificado el territorio, de tal manera que permita un crecimiento articulado, conectado y cercano entre los nuevos espacios urbanizados y el resto urbano, sobre el cual habitan sujetos dinámicos, espontáneos y libres.

Sin embargo, la circulación no es garantía a pesar que existan las condiciones necesarias para el flujo, en el caso aquí expuesto del modelo suburbano y disperso, se comprobó que, una movilidad basada en el uso exclusivo del automóvil puede resultar contraproducente. De tal forma que la movilidad urbana se vuelve el componente fundamental para medir el grado de habitabilidad de una urbe, si una ciudad es planificada desde el territorio y sus dimensiones sociales, su crecimiento permitirá que la movilidad

urbana sea eficiente y eficaz y sobre esa misma base, los beneficios se amplíen, principalmente los ambientales.

De tal modo que se ha propuesto una nueva forma de medir la salud urbana, gracias al planteamiento metodológico que conllevó un análisis exhaustivo de diferentes modelos y sobre el cual se fundó una base para proponer al coeficiente de ralentí como una variable indispensable del consumo de energía de la movilidad urbana, que no es más que una expresión de circulación urbana y su relación con el uso excesivo del automóvil privado, dicho diagnóstico médico-urbano es una aproximación teórica para comprender la insostenibilidad de la movilidad de una ciudad por medio del metabolismo urbano, postulado como sobrepeso y obesidad urbana, no obstante, el concepto requiere de una mayor aproximación metodológica y fundamentación matemática. A la cual apuesto que colegas y estudiosos del área pronto abordaran para nutrir dicha teoría.

Por consiguiente, la metodología para calcular el consumo de combustible es la aportación más valiosa de la investigación, pues de cierta forma se innovó un método práctico para la obtención de dicho cálculo, que puede ser replicado en otros escenarios siempre y cuando se conozcan las variables que el modelo matemático implica, de no ser así se sugiere revisar los métodos existentes.

Además, dentro de los aprendizajes metodológicos, durante la investigación se encontraron limitaciones en la recolección de datos, en el sentido que los colectivos con extractos económicos altos como el caso de Los Robles, existe un hermetismo por parte de los residentes lo cual no permite una recolección de datos óptimos, de igual forma al aplicar la encuesta nunca se tuvo contacto directo con los residentes porque las reglas internas de los fraccionamientos no lo permiten. No obstante, con la ayuda de un vínculo que permita adentrarse al menos a un residente se pudo haber seguido una recolección de datos por medio de una bola de nieve, la cual si permitiría un acercamiento directo con el sujeto de estudio y con ello seguramente una mejor recolección de datos.

A pesar de las limitaciones se pudo llevar a cabo la recolección de datos y por medio de la muestra, comprobar que el modelo suburbano tiene una plena dependencia al automóvil privado para sus viajes con fines laborales y, por ende, el metabolismo de la movilidad aumenta el consumo de recursos energéticos y la emisión de gases contaminantes, haciendo de este modo de habitar la ciudad en un desarrollo insostenible.

5.2 El modelo DOT

Con respecto al Desarrollo Orientado al Transporte fue complicado establecer una metodología para desarrollar las respectivas subhuellas ecológicas, al ser un nuevo concepto urbano para Guadalajara no existe complejo alguno que nos permita obtener datos reales de los desplazamientos que se generan, lo más cercano a un DOT es Acervo y este aún se encuentra en etapa de construcción, razón por lo cual se procedió a realizar un modelo de simulación, de esta forma fue posible establecer un comportamiento de movilidad laboral extrapolando los datos obtenidos por el modelo disperso, sin embargo, dicho escenario refleja un comportamiento de movilidad que puede tener un parecido a la realidad o definitivamente ni uno.

Por consiguiente, queda esperar que Acervo este habitado y en un futuro realizar una encuesta origen destino para conocer las formas y modos de movilidad laboral que ejercerán los habitantes, de esta manera se tendrá una certeza si el DOT a través de Acervo mantiene la eficiencia energética y ambiental que el modelo de simulación reveló. Dicha labor puede quedar para una futura investigación o bien, para algún investigador que retome el estudio y cuya experiencia aquí plasmada sirva de apoyo.

Es importante mencionar que la sostenibilidad de Acervo a través del DOT solo es posible por medio de la movilidad, es decir, gracias a los sistemas de transporte que tienen un potencial para que los habitantes utilicen los diferentes medios, de esta forma se eficiente la energía que ya es usada por los medios de transporte, desde la cual este estudio se basó para concluir que el DOT es un modelo con bajo impacto ambiental, por el simple hecho de presentar huellas de energía y carbono muy pequeñas que en un corto plazo son fáciles de mitigar o sustituir.

Sin embargo, Acervo visto desde el entorno urbano, no se asemeja en nada a un modelo sostenible, por el hecho que no es incluyente para las clases bajas que en su gran mayoría sufren las verdaderas atrocidades de vivir en la dispersión, y es que, lo que los ha llevado a habitar en las periferias es a consecuencia de su baja capacidad económica para adquirir propiedades con mayor accesibilidad, es decir, de acuerdo a sus condiciones socio-económicas nunca tendrán la posibilidad de habitar en Acervo, de esta forma el modelo DOT no contempla una dimensión social y económica, en donde las viviendas tengan precios competitivos para todos los sectores de la sociedad.

Para lograr una reurbanización sostenible como se pretende por medio del DOT se requiere de una política social que convierta al DOT en una herramienta que contemple

las tres dimensiones del desarrollo sostenible y logre un equilibrio desde lo ambiental, social y económico, erradicando los intereses inmobiliarios que comienzan adentrarse a la vivienda vertical, de no ser así, con el paso del tiempo se generará una gentrificación en la ciudad central.

Y es que vivir en zonas céntricas bien conectadas, tiene un precio y esto lo saben bien los desarrolladores inmobiliarios, la proximidad a las estaciones de transporte masivo normalmente se asocia con valores de propiedad más altos. Desafortunadamente, en ciudades donde se han desarrollado DOT han sido objeto de intereses económicos, en donde los precios de las viviendas se han incrementado, generando cambios demográficos asociados a la gentrificación (Jones y Ley, 2016, p.11).

En esta orden de ideas, la gentrificación como proceso socio-económico se relaciona a residentes ricos de clase media y alta que buscan una mejor calidad de vida con una buena localización en áreas centrales bien conectadas, los cuales adquieren departamentos en edificios, en donde encuentren privacidad, se aíslan del resto vecinal, al igual que modelo suburbano buscan separación y seguridad de las clases bajas que ya viven en los alrededores (Gilga, 2014, p.48).

Bajo esta idea se da una exclusión social, las clases altas evitan tajantemente convivir o compartir espacios con clases inferiores, es decir, con este tipo de vivienda clasista, el DOT situado sobre los corredores de transporte masivo no tendría propósito alguno, porque los residentes no usarían el medio de transporte a fin de evitar contacto con personas de clases inferiores y con ello vendría una alta tasa de motorización, incluso para evitar todo tipo de relación con el exterior, dentro de su infraestructura, llegan a tener diferentes servicios como gimnasios, albercas, parques, lugares de fiesta y tiendas, tal y como Acervo lo es.

Incluso existe una posibilidad que con el tiempo esta zona gane demanda y los espacios donde las clases bajas rentan vivienda, sean desplazados para dar entrada a modelos de vivienda vertical que la clase alta puede pagar (Gilga, 2014, p.48). Existe una posibilidad latente, que Acervo sea el ápice de una reurbanización clasista disfrazada de modelo de desarrollo sostenible y orientado al transporte y es que, en muchos casos, los gobiernos municipales promueven la gentrificación como parte de la regeneración o revitalización urbana (Jaffe y Koning, 2016, p.37) como está sucediendo en estos momentos con la política de rehabitar Guadalajara o como ya ha pasado en América Latina con el caso de Santiago, Chile (ver Innocenti, Mora y Fulgueiras, 2014).

Es una realidad que estos modelos de vivienda no corresponden a estratos de escasos recursos, ellos de alguna manera están destinados a vivir en la periferia en lugares cada vez más dispersos, ya lo decía Hall (1996) “la ironía esta pues en que la ciudad de las torres es absolutamente satisfactoria para los habitantes de clase media que Le Corbusier había imaginado viviendo graciosas, elegantes y cosmopolitas vidas” (p.250).

A pesar que este modelo de vivienda es amigable con el medio ambiente, al concentrar más personas en menos espacio y con ello reducir la expansión urbana, pero si este no impacta en los patrones de movilidad, por más que implementen automóviles “cero” emisiones, tal y como lo expresa Santamarta (2002, p106): incluso unos hipotéticos automóviles que utilizasen hidrógeno o electricidad, obtenido a partir de células fotovoltaicas, no acabarían con los atascos ni la congestión y seguirían necesitando carreteras y un lugar donde aparcar, además de la exclusión social que generaría, desde esta perspectiva el modelo de Desarrollo Orientado al Transporte sería insostenible.

En fin, para que el DOT cumpla con el desarrollo sostenido, debe contemplar una dimensión social para así asegurar una mejor oferta económica, en donde todos los habitantes de esta metrópolis tengan la posibilidad de habitar en Guadalajara. Para ello Burchard (2017) propone un nuevo concepto, denominado: Vivienda Asequible Orientada al Transporte (VAOT) que consiste en ofertar vivienda por debajo del precio del mercado orientada a sectores de bajos ingresos en desarrollos DOT actuales o futuros, o en proximidad a las estaciones o corredores de transporte masivo.

Referencias

- ArcGIS-Esri. (15 de Abril de 2020). *ArcGis online*. Obtenido de <http://www.arcgis.com/home/index.html>
- Acervo. (6 de marzo de 2020). *Acervo Central Living*. Obtenido de <https://www.marhnoshabitat.mx/departamentos-en-guadalajara-acervo>
- Aceves, J., de la Torre, R., & Safa, P. (2004). Fragmentos urbanos de una misma ciudad: Guadalajara. *Espiral, estudio sobre Estado y Sociedad*, 277-320.
- Aguilar, A. G. (2009). Urbanización periférica e impacto ambiental. El suelo de conservación en la Ciudad de México. En A. G. Aguilar, & I. Escamilla, *Periferia urbana deterioro ambiental y reestructuración metropolitana* (págs. 21-96). México: Miguel Ángel Porrúa.
- Aguilar, A. G., & Escamilla, I. (2011). *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Alarcón, P. (2011). Movilidad urbana, consumo de energía y calidad del aire. *DOSSIER Energía y Ambiente*, 15-17.
- Alcalá Sánchez, I. (2015). *Estudio de Caso*. Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtenido de <http://www.fd.uach.mx/alumnos/2016/04/04/ESTUDIO%20DEL%20CASO.pdf>
- Alviso Carranza, C. (2017). Transformaciones de la masculinidad de los tranviarios de Guadalajara durante el Porfiriato. *Historelo; Revista de Historia Regional y Local*, 165-196. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/historelo.v9n18.59125>
- Alviso Carranza, C. (2013). Los tranviarios de Guadalajara: su lucha sindical. *Letras Historicas*, 185-208.
- Amar , A., & Byambajargal, G. (Dirección). (2009). *Home (Original Motion Picture Soundtrack)* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=SWRHxh6XepM>
- AMIM. (24 de Marzo de 2020). *Agencia Metropolitana de Servicios de Infraestructura para la Movilidad*. Obtenido de <https://amim.mx/index.html>
- An, F., & Ross, M. (1993). Model of Fuel Economy with Applications to Driving Cycles and Traffic Management. *Transportation Research Record*, 105-114.
- Antequera, J. (2005). *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*.
- Arellano, A. (2018). EL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA: AGENDA, PROYECTOS Y “GATOPARDISMO”. *Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública*, 11-32.

- Arias, P. (1979). El proceso de industrialización en Guadalajara, Jalisco: siglo XX. *CISINAH / El Colegio de Michoacán*, 1-47.
- Arvizu Fernández, J. L. (2011). Biocombustibles derivados del maíz. En C. Leon, & R. Rodríguez, *El cultivo del maíz, temas selectos volumen 2* (págs. 31-37). España: Mundi prensa.
- Banco Mundial. (2019). *Datos Banco Mundial*. Recuperado el 1 de Mayo de 2020, de Emisiones de CO2 del consumo de combustible líquido: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.LF.KT>
- Barton, J. (2006). Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. *EURE*, 27-45.
- Bocanegra López, H. L. (Febrero de 2005). Estimación de una matriz origen-destino a partir de aforos vehiculares. Monterrey, Nuevo León, México: UNAL.
- Borja, J. (2003). La ciudad es el espacio público. En P. Ramírez, *Espacio público y reconstrucción ciudadana* (págs. 59-87). México, D.F.: Miguel Angel Porrúa.
- Borja, J. (Marzo de 2012). Revolución urbana y derechos ciudadanos: Claves para interpretar las contradicciones de la ciudad actual . *Tesis doctoral de Jordi Borja*. Barcelona, España.
- Box, P., & Oppenlander, J. (1985). *Manual de Estudios de Ingeniería de Transito*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Braudel, F. (1983). *The Wheels of Commerce*. New York: Book Club Associates.
- Brindle, R. (2003). Kicking the habit (Part 1): some musings on the meaning of 'Car Dependence'. *Road & Transport Research*, 61-73.
- Bruegmann, R. (2005). *Sprawl : A Compact History*. Chicago: University of Chicago Press. Obtenido de <https://web-a-ebscobhost-com.wdg.biblio.udg.mx:8443/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMjYwMDgxX19BTg2?sid=f86cdb21-0981-443a-a842-b5785d430e93@sessionmgr4010&vid=8&format=EB&rid=2>
- Brundtland. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Tokyo: ONU.
- Burchard, A. (2017). *Hacia una estrategia de Vivienda Asequible Orientada al Transporte (VAOT) en la Ciudad de México*. Ciudad de México: ITDP.
- Burchell, R., Shad, N., Phillips, H., Downs, a., Seskin, s., Davis, J., . . . Gall, M. (1998). *The Costs of Sprawl Revisited*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bustamante, K. (agosto de 2014). Análisis de la situación actual de las emisiones del Ingenio Central Progreso, Veracruz. Xalapa, Veracruz, México: UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

- Cabrales Barajas, L. F. (2018). Paisaje industrial y sus representaciones: La fábrica “La Parisiense” de Guadalajara durante el Porfiriato. *PatryTer*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.26512/patryter.v1i2.9355>
- Cabrales Barajas, L. F., & Canosa Zamora, E. (2001). Segregación residencial y fragmentación urbana: los fraccionamientos cerrados en Guadalajara. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 223-253.
- Calonge Reillo, F. (2019). *Hacia la periferia: las movilidades de las clases populares*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá.
- Campos Chacón, M. T. (20 de Mayo de 2013). Diseño de una Metodología para la Estimación de Consumo Energético y Emisiones Contaminantes en Flotas de Transporte por Carretera. Sevilla, España. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20334/fichero/PFC+M.TERESA_Vdefinitiva.pdf
- Candelaria Martínez, B., Ruiz Rosado, O., Gallardo López, F., Pérez Hernández, P., Martínez Becerra, Á., & Vargas Villamil, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la gricultura , una revisión. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 999-1010.
- Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades*. Barcelona: Ediciones del Serval.
- Capron, G., & Pérez López, R. (2016). La experiencia cotidiana del automóvil y del transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Alteridades*, 11-22.
- Carballo Penela, A., & García Negro, M. (2008). Hacia el desarrollo sostenible de organizaciones y empresas: la huella ecológica y su aplicación a un productor de mejillón en Galicia (España). *Revista Luna Azul*, 8-26.
- Cass, N., Shove, E., & Urry, J. (2005). Social exclusion, mobility and access. *The Sociological Review* , 539-555.
- Castells, M. (1978). *La cuestión urbana*. Barcelona: siglo xxi de españa editores.
- Castells, M. (1989). Social movements and the informational city. *Hitotsubashi Journal of Social Studie*, 197-206.
- Caudillo Cos, C. (2016). De la casa al Trabajo, evolución de la movilidad laboral. En A. Mohar, *Tendencias territoriales determinantes del futuro de la Ciudad de México* (págs. 117-151). México: Consejo Económico y Social de la Ciudad de México / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología .
- Ceballos Herrera, F. A. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 413-423.

- CEJ. (2013). *Costos económicos Y ambientales de los autos en el Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Latin America Capital.
- Centro Mario Molina. (2014). *Modelo de ciudad sustentable, Caso: Merida*. Centro Mario Molina.
- Cernuschi, E. (2005). *Cuatro siglos en cuatro ruedas*. Montevideo: IDEJO.
- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis : A Global Inquiry*. Washington, D.C: Island Press.
- Cervero, R., & Sullivan, C. (2011). TODs for Tots. *Planning*, 26-31.
- COFEPRIS. (31 de Diciembre de 2017). *Clasificación de los contaminantes del aire ambiente*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/2-clasificacion-de-los-contaminantes-del-aire-ambiente>
- CONASAMI. (19 de Diciembre de 2014). *CONASAMI*. Obtenido de Nuevos salarios mínimos 2015: http://www.conasami.gob.mx/boletin_nvos_sal_2015.html#inicio
- CONUEE. (s/f). *Automovilista Efciente*. México: Secretaría de Energía (SENER). Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/87979/guiaaumovilef.pdf>
- Córdova, M. (2010). La movilidad urbana y el transporte: en búsqueda de un nuevo paradigma. En G. d. Jalisco, *DOS DÉCADAS EN EL DESARROLLO DE JALISCO 1990-2010* (págs. 161-180). Guadalajara.
- Coronado, A. (1991). Estudios de inegiería de transito para la planeación regional del transporte carretero. *Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tansito*. Monterrey, N.L., México: Universidad Autonoma de Nuevo León.
- Covarrubias, A. (2013). Motorización tardía y ciudades dispersas en América Latina: definiendo sus contornos; hipotetizando su futuro. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 12-43.
- CRE. (26 de Septiembre de 2019). *Consulta los precios de Hidrocarburos y las Tarifas de Electricidad Vigentes*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cre/articulos/consulta-los-precios-de-hidrocarburos-y-las-tarifas-de-electricidad-vigentes?idiom=es>
- CRE. (2020). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019*. Ciudad de México: Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537538/2019.pdf>
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. United States America: SAGE .
- Cruz Solís, H., Jiménez Huerta, E. R., Palomar Anguas, M. d., & Corona Medina, J. P. (2008). La expansión metropolitana de Guadalajara en el municipio de

- Tlajomulco de Zúñiga (México). *Serie Geográfica - Profesora María de los Ángeles Díaz Muñoz, In Memoriam*, 223-234.
- Delgado Ramos, G. C. (2012). Metabolismo urbano y transporte. En G. C. Delgado Ramos, *Transporte, ciudad y cambio climático* (págs. 129-196). Ciudad de México: UNAM.
- Dematteis, G. (1996). Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades. *La Ciudad Dispersa suburbanización y nuevas periferias* (págs. 9-17). Barcelona: CCCB.
- Díaz, C. (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *Interdisciplina*, 51-70.
- DINA. (07 de Junio de 2020). *Autobuses DINA*. Obtenido de <http://www.dina.com.mx/autobuses.html#especiales>
- Doménech, J. L. (2010). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. España: AENOR ediciones.
- Domínguez, A. (2016). *Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehíuclar en Tijuana, B.C.* Tijuana: CICESE.
- El Informador. (5 de Septiembre de 2017). Oferta inmobiliaria de la ZMG asciende a 24 mil MDP. *El Informador*. Obtenido de <https://www.informador.mx/Economia/Oferta-inmobiliaria-de-la-ZMG-asciende-a-24-mil-MDP-20170905-0084.html>
- EPA. (15 de Mayo de 2020). *Green Vehicle Guide*. Obtenido de <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-rating>
- Equipo Académico. (2009). *La Segunda Revolución Industrial*. La bisagra.
- Evans, L., & Herman, R. (1978). Automobile Fuel Economy on Fixed Urban Driving Schedules. *Transportation Science*, 137-152.
- Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D. (2002). *Measuring Sprawl And Its Impact*. Washinton, DC: Smart Growth America.
- Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca en América Latina*. México D.F.: Editorial Nueva Imagen.
- Felicísimo, A. (s/f). *Conceptos básicos, modelos y simulación*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35805151/Tema_1.pdf?1417539119=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_basicos_modelos_y_simulacion.pdf&Expires=1591300955&Signature=CYjx8VWb4Rdrtm2h7zWVaGrhs6B3F-9kgNN073fHvZJQWG6YJe~PIaP50yku~Fz
- Fischer-Kowalski , M., & Haberl, H. (2000). El metabolismo socioeconómico. *Ecosistemas humanos y biodiversidad*, 21-33.

- Flyvbjerg, B. (2006). Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry*, 219-245.
- Frumkin, H., Frank, L., & Jackson, R. (2004). *Urban Sprawl and Public Health: Designing, Planning, and Building for Healthy Communities*. Washington, DC: Island Press.
- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Infinito.
- Gilga, A. (2014). Consumption Practices and Local Belonging Among Condominium Residents in Mexico City. En P. Watt, & P. Smets, *Mobilities and Neighbourhood Belonging in Cities and Suburbs* (págs. 42-59). New York: PALGRAVE MACMILLAN .
- Gobierno de Guadalajara. (23 de Noviembre de 2017). *Presentan primer proyecto de Desarrollo Orientado al Transporte en Guadalajara*. Recuperado el 31 de Marzo de 2019, de <https://guadalajara.gob.mx/comunicados/presentan-primer-proyecto-desarrollo-orientado-al-transporte-guadalajara>
- Gobierno de Guadalajara. (5 de Enero de 2018). Decreto que aprueba el plan parcial de desarrollo urbano distrito 1 centro metropolitano, subdistrito urbano 5 centro histórico. *Gaceta Municipal*, págs. 1-324. Obtenido de <https://transparencia.guadalajara.gob.mx/sites/default/files/GacetaTomoIEjemplar1Secc4aEnero5-2018.pdf>
- Gobierno de Guadalajara. (21 de Agosto de 2019). *Con Rehabilitar La Ciudad buscamos el buen crecimiento y redensificación de Guadalajara*. Obtenido de <https://guadalajara.gob.mx/noticias/rehabilitar-ciudad-buscamos-buen-crecimiento-redensificacion-guadalajara>
- Gobierno de Jalisco. (2017). Con el Paseo Fray Antonio Alcalde se renueva un importante el espacio urbano. doi:<https://www.youtube.com/watch?v=u9Vf6061k3Y>
- Gobierno de Jalisco. (23 de Marzo de 2020). Mi Macro Periférico. Guadalajara, Jalisco, México. Obtenido de <https://mimacro.jalisco.gob.mx/>
- Gobierno de México. (23 de agosto de 2018). *Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios*. Obtenido de Maíz grano cultivo representativo de México: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- Gómez Díaz de León, C., & De León de la Garza, E. A. (2014). Método comparativo. En G. Tamez González, & K. Sáenz López, *Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la investigación en ciencias sociales* (págs. 223-251). México: Tirant Humanidades.
- González Merino, A., & Castañeda Zavala, Y. (2008). Biocombustibles, biotecnología y alimentos, impactos sociales para México. *Nueva Época*, 55-83.

- González, E. (25 de AGOSTO de 2015). *Guadalajara, segunda ciudad con mayor contaminación por ozono en el país*. Obtenido de https://www.iteso.mx/web/general/detalle?group_id=2749333
- Gonzalez, G. (2009). *Urban Sprawl, Global Warming, and the Empire of Capital*. SUNY Press. Obtenido de <https://web-a-ebcohost.com.wdg.biblio.udg.mx:8443/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTIyOTA0MI9fQU41?sid=f86cdb21-0981-443a-a842-b5785d430e93@sessionmgr4010&vid=6&format=EB&rid=2>
- Google Earth Engine. (20 de Abril de 2020). *Google Earth Engine*. Obtenido de <https://earthengine.google.com/>
- Google Maps. (23 de Abril de 2020). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/preview>
- Google Traffic. (23 de Abril de 2020). *Google Traffic*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@20.6417009,-103.321856,12.5z>
- Gordillo, C. (2016). *Características y experiencias de los sistemas de bicicletas públicas en América Latina y consideraciones para la implementación del SBP en Bogotá*. Colombia: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Gorelik, A. (1 de Agosto de 2003). *Lo moderno en debate: ciudad, modernidad, modernización*. Obtenido de Punto de vista en BazarAmericano.com: [http://rodolfogiunta.com.ar/Historia%20urbana/Lo%20moderno%20en%20debate%20\(Adrian%20Gorelik\).pdf](http://rodolfogiunta.com.ar/Historia%20urbana/Lo%20moderno%20en%20debate%20(Adrian%20Gorelik).pdf)
- Graham, S., & Marvin, S. (2002). *SPLINTERING URBANISM*. New York: Routledge.
- Gutiérrez Pulido, H., Mariscal González, M., Almanzor García, P. P., Ayala Dávila, M., Gama Hernández, V., & Lara Garza, G. (2011). *2010 Diez Problemas de la Población de Jalisco; Una Perspectiva Sociodemográfica*. Guadalajara: Gobierno de Jalisco.
- Hall, P. (1996). *Ciudades del mañana, historia del urbanismo en el siglo XX*. España: Ediciones del Serbal.
- Hannerz, U. (1986). *Exploración de la ciudad. Hacia una antropología urbana*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Harvey, D. (20018). *París, capital de la modernidad*. Madrid, España: Ediciones Akal.
- Hernández Sampeiri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: MCGRAW-HILL.
- Hine, J. (2011). Mobility and Transport Disadvantage. En M. Grieco, & J. Urry, *Mobilities: new perspectives on transport and society* (págs. 21-39). London: Ashgate publishing limited.

- Ibarra, G., & Moreno, A. (2014). La conversión social de Santa Mónica en una ciudad sustentable. *EURE*, 173-192.
- IIEG. (2019). *Empleo IMSS*. Obtenido de <https://iieg.gob.mx/general.php?id=5&idg=212>
- IIEG-Gobierno de Jalisco. (2010). *Diez Problemas de la Población de Jalisco: Una Perspectiva Sociodemográfica*. Guadalajara : Gobierno de Jalisco.
- IMEPLAN. (2015). *SUPERFICIE AMG*. Obtenido de <http://imeplan.mx/en/ciudad>
- IMEPLAN. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: IMEPLAN.
- IMEPLAN. (20 de marzo de 2020). *Evaluación DOT 1/3*. Obtenido de <https://imeplan.mx/en/entrevistas/evaluacion-dot-13>
- IMEPLAN-SIGmetro. (13 de noviembre de 2019). *SIGmetro*. Obtenido de <http://sigmetro.imeplan.mx/map>
- IMTJ. (2016). *ESTUDIOS TÉCNICOS PARA EMITIR LA DECLARATORIA DE NECESIDAD Y RESOLUCIÓN ESTABLECEDORA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA* . Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.
- IMTJ. (2018). *Encuesta de satisfacción de los usuarios del transporte público en el Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Polymetrix.
- INECC. (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- INECC. (2020). *Portal de Indicadores de Eficiencia*. Obtenido de <https://www.inecc.gob.mx/ecovehiculos/ecovehiculos/index.html>
- INEGI. (1980). *X Censo General de Población y Vivienda 1980*.
- INEGI. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*.
- INEGI. (2010). *XIII Censo de Población y Vivienda 2010*.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*.
- INEGI. (20 de Octubre de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx>
- INEGI. (2018). *Población del municipio de Guadalajara*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=0200001000100000>
- INEGI. (3 de Marzo de 2018). *Población rural y urbana*. Obtenido de http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P
- INEGI. (2018). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158

- INEGI. (12 de Mayo de 2020). *Transporte Urbano de Pasajeros*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/transporteurbano/default.html#Tabulados>
- INEGI. (2107). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México*. México: INEGI.
- INEGI. (XI Censo General de Población y Vivienda 1990). 1990.
- INMUVI. (2015). *Programa de población y vivienda para el municipio de Guadalajara*. Guadalajara .
- Innocenti , D., Mora , P., & Fulgueiras , M. (2014). *¿Densificación como vía para conciliar negocio inmobiliario e integración social? El caso de la comuna de Santiago de Chile* . Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco. (2013). *El ruido del transporte público en el Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.
- IPCC. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC*. PNUMA. Obtenido de <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>
- IPCC. (2001). *Working Group I: The scientific basis*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume Energy*. Hayama, Japón: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2013). *Resumen del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático*. OMN Y PNUMA.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change; Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- ITDP; USAID; CUADRA. (2016). *Análisis de mercado inmobiliario de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Cuadra Urbanismo.
- Jacobs, J. (2011). *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Madrid: Capitan Swing .
- Jaffe, R., & Koning, A. (2016). *Introducing Urban Anthropology*. London and New York: Routledge.
- Jaramillo, S. (2011). *Construcción en altura: mecanismo económico y acciones de política (La “Participación en Plusvalías” y el “Suelo Creado”)*. Bogotá, D. C., Colombia : Universidad de los Andes–Facultad de Economía–CEDE.
- Jones, C. E., & Ley, D. (2016). Transit-oriented development and gentrification along Metro Vancouver’s low-income SkyTrain corridor. *The Canadian Geographer* , 9-22.

- Kazes, R. (2009). Los estudios de casos y el problema de la selección de la muestra Aportes del Sistema de Matrices de Datos. *Revista Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 71-89. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3396/339630252005.pdf>
- Koenigsegg. (22 de Febrero de 2016). *Koenigsegg*. Recuperado el 08 de Mayo de 2020, de Apples, Oranges, Weights and Measures: <https://www.koenigsegg.com/apples-oranges-weights-and-measures/>
- Ladd, B. (2008). *Autophobia Love and Hate in the Automotive Age*. Chicago: University of Chicago.
- Lange, C. (2011). Dimensiones culturales de la movilidad urbana. *Revista INVI*, 87-106.
- Li, D., Lakshmanan, T., Ho, C.-Y., & Anderson, W. (2009). An empirical analysis of household choices on housing and travel mode in Boston. *Springer-Verlag*, 423-438.
- Lizarraga, C. (2012). Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas. *Eure*, 99-125.
- López Moreno, E. (1996). *La vivienda social: una historia*. México: Universidad de Guadalajara.
- López-Gay, A. (2011). ¿Vuelve el centro? Caracterización demográfica de los procesos de reurbanización. En I. Pujadas Rúbies, J. Bayona, A. García Coll, F. Gil Alonso, C. López Villanueva, D. Sánchez Aguilera, & T. Vidal Bendito, *Población y espacios urbanos* (págs. 163-180). Barcelona: Departament de Geografia Humana de la UB y Grupo de Población de la AGE.
- Lucas, K. (2013). Transport and Social Exclusion: Where Are We Now? En H. Rau, *Mobilities: new perspectives on transport and society* (págs. 207-222). Galway: School of Political Science and Sociology.
- Lund, H., Willson, R., & Cervero, R. (2006). A re-evaluation of travel behavior in California TODS. *Journal of Architectural and Planning Research*, 247-263.
- Maldonado, C. E. (2014). ¿Qué es un sistema complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 71-93.
- Manderscheid, K. (2011). Unequal Mobilities. En M. Grieco, & J. Urry, *Mobilities: new perspectives on transport and society* (págs. 27-50). London: Ashgate publishing limited.
- Marhnos habitad. (31 de marzo de 2020). *Acervos*. Obtenido de <https://www.marhnos.com.mx/marhnos-llega-guadalajara-primer-dot/>
- Martínez Carazo, P. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & Gestión*, 165-193.
- Medina Ortega, M. (2015). *Guadalajara Metrópolis Próspera*. ONU-HABITAT.

- Medina, S., & Patlán, M. (2016). *MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE DOT EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA*. México: ITDDP.
- Metrobús. (2012). *Reporte de reducción de emisiones*. Ciudad de México.
- México como vamos. (26 de AGOSTO de 2018). *¿MEXICO COMO VAMOS?* Obtenido de *¿MEXICO COMO VAMOS?*: <http://www.mexicocomovamos.mx/wp-content/uploads/2015/08/Exportaciones-5agosto.pdf>
- MiBici. (24 de Marzo de 2020). *MiBici*. Obtenido de <https://www.mibici.net/es/>
- MinCyt. (2008). *Insumos para la producción de biocombustibles, estudio exploratorio*. Buenos Aires, Argentina: MinCyt.
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2009). Movilidad cotidiana y sostenibilidad, una interpretación desde la geografía humana. *Boletín de la A.G.E.*, 193-216.
- Mitsubishi-Motors. (23 de Abril de 2020). *¿Qué es y cómo funciona el sistema de frenos ABS?* Obtenido de <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/funcionamiento-frenos-abs/>
- Montenegro, G. (2018). Edificación de gran altura y paisaje metropolitano. Reedificación versus reurbanización en Bogotá. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 1-22. doi:<https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n2.68505>
- Moovit App. (04 de Junio de 2020). *Moovit*. Obtenido de <https://moovitapp.com/>
- Mora, F. (2016). Guadalajara-pasado-presente-futuro. *II Coloquio de Invierno de la Red de Políticas Públicas* (págs. 1-55). Guadalajara: Instituto de Investigación en Políticas Públicas y Gobierno.
- Moreno López, R. (16 de 02 de 2020). La Sostenibilidad en el Proyecto Arquitectónico y Urbanístico. *La huella ecológica*. Madrid, Madrid, España. Obtenido de http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/la_huella_ecologica.pdf
- Morrison, A. (05 de Marzo de 2020). *Dacomedores*. Obtenido de Tranvías de Guadalajara : <http://dacomedores.tripod.com/gdl/>
- Motta, J., & Almasi, F. (2017). Gestión y planificación por procesoproyecto para el mejoramiento de villas y asentamientos de gran escala. El caso de la Re-Urbanización de Villa 20 en la CABA. *MAYU*, 145-168.
- Mumford, L. (1961). *The City in the History*. (E. Revol , Trad.) New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Mumford, L. (1971). *Técnica y Civilización*. Barcelona: Alianza Universidad.
- Mumford, L. (2009). *Lewis Mumford: Textos Escogidos*. Buenos Aires: Ediciones Godot.
- Muñiz, I., Rojas, C., Busuldu, C., García, A., Filipe, M., & Quintana, M. (2016). Forma urbana y Huella Ecológica en el Área Metropolitana de Concepción (Chile). *EURE*, 209-230.

- Naess, P. (2001). Urban Planning and Sustainable Development. *European Planning Studies*, 503-524.
- Natura Bosque Residencial. (30 de Marzo de 2020). *Natura Bosque Residencial*. Obtenido de <http://www.naturabosqueresidencial.com.mx/portal/index.php>
- Nechyba, T., & Walsh, R. (2004). Urban Sprawl. *Journal of Economic Perspectives*, 177-200.
- Núñez, B. (2007). Grandes desarrollos habitacionales en la Zona Conurbada de Guadalajara. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 111-137.
- Obregón Biosca, S. A., & Bueno Ortiz, C. O. (2015). Dispersión urbana e integración funcional al núcleo central Caso de estudio: Zona Metropolitana de Querétaro, México. *Gestión y Política Pública*, 491-531.
- Observatorio Ciudadano de Calidad de Vida; Jalisco como vamos. (2016). *Encuesta de percepción ciudadana sobre la calidad de vida 2016*. Guadalajara, Jalisco, México. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1XZCY9ctunie22bqf_YLOR5-5Zr_i_qAY/view
- ONU. (2014). *World Urbanization Prospects*. New York: Highlights .
- ONU. (30 de abril de 2019). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- ONU. (01 de Mayo de 2020). *Cambio climático*. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- ONU-HABITAT. (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012*. Brasil: Habitat.
- ONU-HABITAT. (2016). *Atlas de la expansión urbana*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de <http://atlasofurbanexpansion.org/cities/view/Guadalajara>
- Ornelas, V. (19 de 02 de 2018). Los problemas de vivir en las orillas del AMG. *MILENIO*.
- Ortuño, S. (2009). *El mundo del petróleo : Origen, usos y escenarios*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Ortúzar, J. d. (2000). *Modelos de Demanda de Transporte*. Mexico, D.F.: ALFAOMEGA.
- Osorio Lara, E. J., & Blanco Ochoa, K. (2016). Construyendo la ciudadanía metropolitana: el caso del Área Metropolitana. *Ciudades, Estado y Política*, 89-103.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Springer Science+Business Media B.V.*, 135-160.
- Pérez Vega, I. (12 de Noviembre de 2019). En enero deben arrancar proyectos de vivienda social en el Centro Histórico de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Obtenido de <http://udgtv.com/noticias/en-enero-deben-arrancar-proyectos-vivienda-social-centro-guadalajara/>

- Pérez, H. (2015). *Física General*. Ciudad de México: Grupo editorial patria.
- Posada Henao, J. J., & González Calderón, C. (2013). Consumo de combustible en vehículos para transporte por carretera -modelos predictivos-. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 35-46. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v12n23/v12n23a04.pdf>
- Quigley, J. (1998). Urban Diversity and Economic Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 127-138.
- Rascón Chávez, O. (2012). Estado actual, perspectiva e impactos en el medio ambiente del transporte de México. En G. C. Delgado Raos, *Transporte, ciudad y cambio climático* (págs. 65-102). Ciudad de México: UNAM.
- Rojas, J. P. (2005). Zapopan, imágenes de una ciudad conurbada. En A. Peregrina, & E. García. Zapopan, Jalisco: El Colegio de Jalisco.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008&lng=es&tlng=es
- Romero, H., & Vásquez, A. (2004). *Ordenamiento territorial y desarrollo sustentable a escala regional, ciudad de Santiago y ciudades intermedias en Chile*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria S.A.
- Sabatini, F. (2006). *La segregación social del espacio en las ciudades de América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Salazar, L., Bahena, H., & Martínez, R. (2014). *Probabilidad y estadística*. México: Grupo Editorial Patria.
- Sánchez del Real, C. (2008). *Memoria histórica, patrimonio urbano y modelos de centralidad. La destrucción del centro histórico de Guadalajara*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Santamarta, J. (2002). *El automóvil devora la ciudad*. Barcelona: Boletín CF+S 28.
- SEDESOL. (2010). *La expansión de las ciudades 1980-2010*. Obtenido de http://www.academia.edu/30672852/_La_expansi%C3%B3n_de_las_ciudades_1980-2010_por_SEDESOL
- SENER. (2019). *Balance Nacional de Energía 2018*. Ciudad de México: Gobierno de México.
- Sennett, R. (1994). *Carne y piedra*. Madrid: Alianza Editorial.

- Serafy, S. E. (1989). The Proper calculation of Income from Depletable Natural Resources. En Y. Ahmad, S. Serafy, & E. Lutz, *Environmental Accountin for Sustasinable Developme* (págs. 10-18). Washington, D.C.: The World Bank.
- Sheller, m. (2011). Sustainable Mobility and Mobility Justice: Towards a Twin Transition. En M. Grieco, & J. Urry, *Mobilities: new perspectives on transport and society* (págs. 289-304). London: Ashgate publishing limited .
- SIAP. (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Recuperado el 8 de Junio de 2020, de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SITEUR. (7 de Junio de 2020). *Innovación y tecnología en los trenes de la Línea 3*. Obtenido de <http://siteur.gob.mx/noticias/item/innovaci%C3%B3n-y-tecnolog%C3%ADa-en-los-trenes-de-la-l%C3%ADnea-3.html>
- Solís Ávila, J. C., & Sheinbaum Pardo, C. (2015). Consumo de energía y emisiones de CO2 del autotransporte en México y escenarios de mitigación . *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 7-23.
- Stake, R. E. (1994). Case studies. En N. Denzin, & Y. Lincoln, *Handbook of qualitative research* (págs. 236-247). Sage Publications, Inc.
- Sustaineble America. (11 de Junio de 2018). *The Truth About Idling a Vehicle*. Recuperado el 30 de Abril de 2020, de <https://sustainableamerica.org/blog/the-truth-about-idling-infographic>
- Swyngedouw, E. (1997). Neither Global Nor Local: 'Glocalization' and the Politics of Scale. En K. Cox, *Spaces of Globalization: Reasserting the Power of the Local* (págs. 137-166). New York/London: Guilford/Longman.
- Valles, M. (2002). *Entrevistas cualitativas*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Vázquez Piombo, P. (2014). *El desarrollo urbano en Guadalajara*. Guadalajara.
- Velásquez, C. (2012). *Ciudad y desarrollo sostenible*. Barranquilla-Bogotá: Universidad del Norte.
- Venegas Herrera, A., Medina Ortega, M., & Castañeda Huizar, P. (2016). LA ORGANIZACIÓN URBANA DE GUADALAJARA A PARTIR DE SUS ACTIVIDADES ECONÓMICAS. *21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México* (págs. 1-30). Mérida, Yucatán: AMECIDER – ITM.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). *Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Santiago de Chile: LOM ediciones.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). A Definition of "Carbon Footprint". *ISAUK Research & Consulting*.

- Woldeamanuel, M., Cyganski, R., Schulz, A., & Justen, A. (2009). Variation of households' car ownership across time: application of a panel data model. *Springer Science+Business Media*, 371-387.
- Zeller, O. (2011). *Historia de la Europa Urbana III. La ciudad moderna*. Valencia, España: Puv.

Anexos

Anexo 1.

Diseño de la encuesta Origen -Destino para los habitantes de Natura

 <p>UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ MAESTRÍA EN MOVILIDAD URBANA, TRANSPORTE Y TERRITORIO</p>	 <p>CUT CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ</p>																														
<p>ENCUESTA ORIGEN - DESTINO FRACCIONAMIENTO NATURA, ZAPOPAN</p>																																
FECHA <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>																																
1. DATOS DEL DOMICILIO																																
<p>N° HABITANTES _____</p> <p>N° AUTOMÓVILES _____</p> <p>N° PERSONAS TRABAJAN _____</p> <p>CUAL FUE SU ÚLTIMA RESIDENCIA (COLONIA Y MUNICIPIO): _____</p>	<p>De las personas que laboran ¿Cuántas usan el automóvil para ir al trabajo? _____</p> <p>¿Cada persona usa su propio automóvil? _____</p> <p>Si la respuesta fue negativa explicar como comparten el automóvil _____</p>																															
2. PREFERENCIA POR EL HOGAR																																
<p>En una escala del 1 al 5 (en donde 1 es la calificación más baja y 5 la más alta). Como calificaría las razones por la que adquirió su propiedad en el fraccionamiento</p> <table border="1"><tr><td>SEGURIDAD</td><td>①</td><td>②</td><td>③</td><td>④</td><td>⑤</td></tr><tr><td>ESPACIO Y CONFORT</td><td>①</td><td>②</td><td>③</td><td>④</td><td>⑤</td></tr><tr><td>BENEFICIOS AMBIENTALES</td><td>①</td><td>②</td><td>③</td><td>④</td><td>⑤</td></tr><tr><td>UBICACIÓN</td><td>①</td><td>②</td><td>③</td><td>④</td><td>⑤</td></tr><tr><td>PRECIO</td><td>①</td><td>②</td><td>③</td><td>④</td><td>⑤</td></tr></table>	SEGURIDAD	①	②	③	④	⑤	ESPACIO Y CONFORT	①	②	③	④	⑤	BENEFICIOS AMBIENTALES	①	②	③	④	⑤	UBICACIÓN	①	②	③	④	⑤	PRECIO	①	②	③	④	⑤	<p>Antes de adquirir su propiedad en NATURA ¿Consideró la posibilidad de comprar un departamento en un edificio?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>De ser afirmativa su respuesta ¿Cuál fue la razón por la que no adquirió el departamento?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
SEGURIDAD	①	②	③	④	⑤																											
ESPACIO Y CONFORT	①	②	③	④	⑤																											
BENEFICIOS AMBIENTALES	①	②	③	④	⑤																											
UBICACIÓN	①	②	③	④	⑤																											
PRECIO	①	②	③	④	⑤																											
3. DATOS DE MOVILIDAD (Si se comparte el automóvil solo considere los datos del destino final)																																
PERSONA 1 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR AL TRABAJO <input type="radio"/> HOMBRE <input type="radio"/> MUJER																																
<p>¿Cuántos días a la semana trabaja? _____</p> <p>¿Tiene un horario fijo de entrada y salida? _____</p> <p style="text-align: center;">De tener un horario fijo, escenifique sus horarios</p> <table border="1"><tr><td>Hora de salida de casa al trabajo</td><td>Hora de llegada al trabajo</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>Hora de salida del trabaja a casa</td><td>Hora de llegada a casa</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td></tr></table> <p style="text-align: center;">De no tener un horario fijo, responda las siguientes preguntas:</p> <p>¿Cuánto tiempo hace para llegar a su trabajo? _____</p> <p>¿Cuanto tiempo hace para llegar a su casa? _____</p>	Hora de salida de casa al trabajo	Hora de llegada al trabajo	_____	_____	Hora de salida del trabaja a casa	Hora de llegada a casa	_____	_____	<p>DESTINO LABORAL</p> <p>MUNICIPIO _____</p> <p>COLONIA _____</p> <p>REFERENCIA _____</p> <p>CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO</p> <p>MARCA _____</p> <p>MODELO _____</p> <p>AÑO _____</p> <p>TIPO DE COMBUSTIBLE _____</p>																							
Hora de salida de casa al trabajo	Hora de llegada al trabajo																															
_____	_____																															
Hora de salida del trabaja a casa	Hora de llegada a casa																															
_____	_____																															

PERSONA 2 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR AL TRABAJO HOMBRE MUJER

¿Cuántos días a la semana trabaja? _____

¿Tiene un horario fijo de entrada y salida? _____
De tener un horario fijo, escenifique sus horarios

Hora de salida de casa al trabajo _____	Hora de llegada al trabajo _____
Hora de salida del trabaja a casa _____	Hora de llegada a casa _____

De no tener un horario fijo, responda las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo hace para llegar a su trabajo? _____

¿Cuanto tiempo hace para llegar a su casa? _____

DESTINO LABORAL

MUNICIPIO _____

COLONIA _____

REFERENCIA _____

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

MARCA _____

MODELO _____

AÑO _____

TIPO DE COMBUSTIBLE _____

PERSONA 3 QUE USA EL AUTOMÓVIL PARA IR AL TRABAJO HOMBRE MUJER

¿Cuántos días a la semana trabaja? _____

¿Tiene un horario fijo de entrada y salida? _____
De tener un horario fijo, escenifique sus horarios

Hora de salida de casa al trabajo _____	Hora de llegada al trabajo _____
Hora de salida del trabaja a casa _____	Hora de llegada a casa _____

De no tener un horario fijo, responda las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo hace para llegar a su trabajo? _____

¿Cuanto tiempo hace para llegar a su casa? _____

DESTINO LABORAL

MUNICIPIO _____

COLONIA _____

REFERENCIA _____

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

MARCA _____

MODELO _____

AÑO _____

TIPO DE COMBUSTIBLE _____

4. DATOS ECONÓMICOS

Este apartado servirá para realizar un análisis económico de la relación entre el modo la vivienda y la forma de transporte. Tenga la seguridad que su respuesta será anónima y absolutamente confidencial al igual que todo el formulario anterior.

¿CUAL ES EL VALOR DE SU PROPIEDAD?

<input type="checkbox"/> ENTRE 1 Y 2 MILLONES DE PESOS	<input type="checkbox"/> ENTRE 2 Y 3 MILLONES DE PESOS	<input type="checkbox"/> ENTRE 3 Y 4 MILLONES DE PESOS	<input type="checkbox"/> MÁS DE 4 MILLONES DE PESOS
---	---	---	--

La Universidad de Guadalajara y el CUTONALÁ a través del programa de la Maestría en Movilidad Urbana, Transporte y Territorio le agradece la información brindada, la cual es importante para comprender uno de los fenómenos urbanos más importantes de nuestra ciudad como lo es la movilidad.



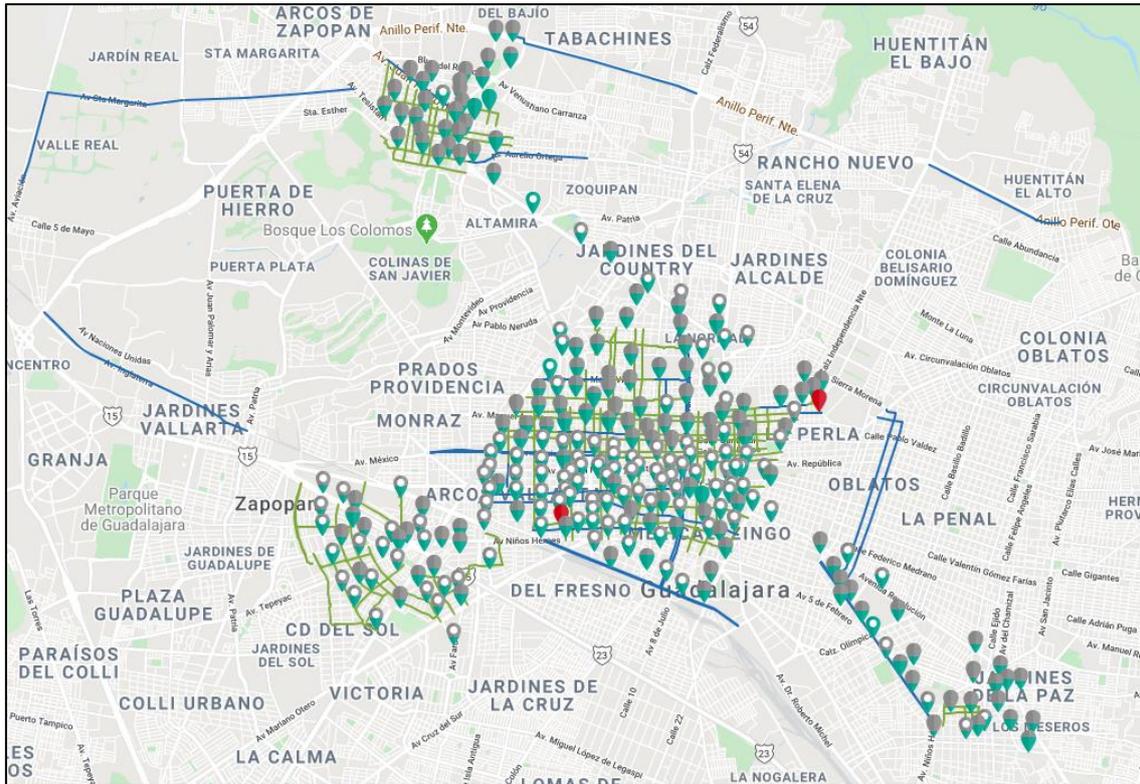
COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA EN
MOVILIDAD URBANA,
TRANSPORTE Y TERRITORIO

DR. FERNANDO CALONGE REILLO
COORDINADOR
Tel: 33 20 00 23 00 Extensión: 64023

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.

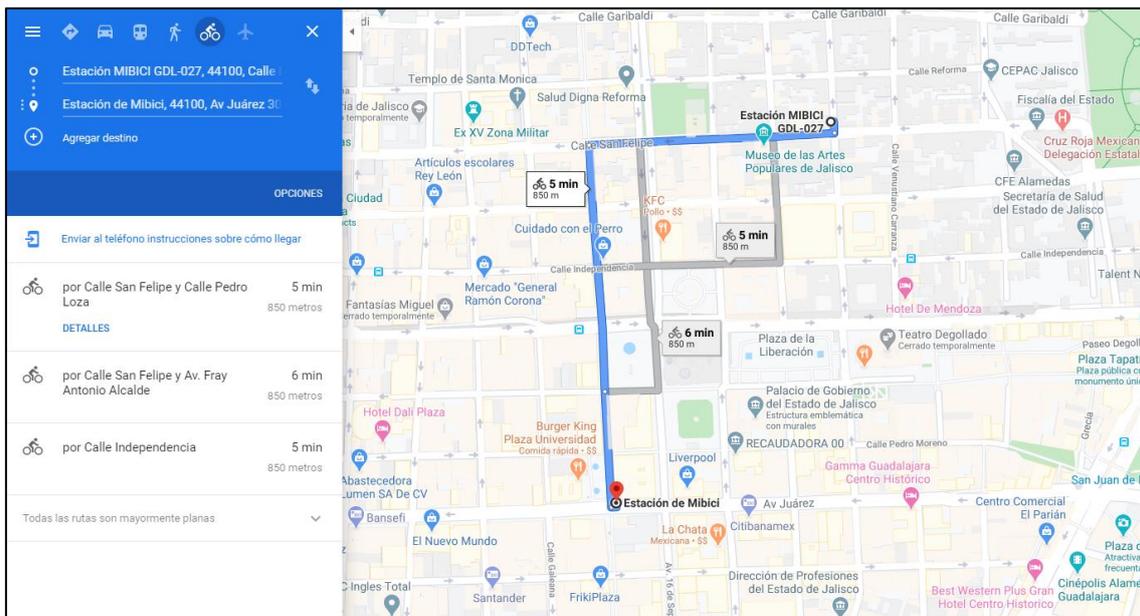
Mapa de ubicación de ciclopuertos del sistema MiBici



Fuente: MiBici, 2020

Anexo 3.

Ejemplo de simulación para viajes en bicicleta del modelo compacto



Fuente: MiBici, 2020

Anexo 4.

Producción agrícola para el estado de jalisco en 2019

Cultivo	Superficie (ha)		Producción	Rendimiento (udm/ha)	PRM (\$/udm)	Valor (miles de peso)
	Sembrada	Cosechada				
Cacahuate	672.81	672.81	1,014.83	1.51	15,772.08	16,005.98
Cártamo	4,525.46	4,525.46	12,456.61	2.75	4,246.55	52,897.65
Girasol	869	869	1,387.41	1.6	7,987.52	11,081.96
Canola	19	19	24.11	1.27	6,950.00	167.56
Maíz	589681.1	589681.1	3818365	6.48	4357.18	16637295.46
Betabel	152.17	152.17	3,434.58	22.57	7,100.44	24,387.01
Sorgo	30,501.78	30,501.78	169,287.59	5.55	3,897.12	659,733.40

Fuente: Elaboración propia en base a datos de SIAP, 2020

Anexo 5.

Tabla de depreciación de un automóvil promedio de Natura

Años	Valor	Depreciación
1	182,403	18,240.3
2	164,162.7	16,416.2
3	147,746.4	14,774.6
4	132,971.7	13,297.1
5	119,674.6	11,967.4
6	107,707.1	10,770.7
7	96,936.4	9,693.6
8	87,242.7	8,724.2
9	78,518.5	7,851.8
10	70,666.6	7,066.6
Total		118,803

Fuente: Elaboración propia en base al valor de un vehículo promedio en Natura

Anexo 6.

Etanol obtenido por hectárea según el tipo de cultivo

Cultivo	Biomasa kg/ha	Biomasa fermentable			Etanol	
		%	kg/ha	l/ha	Biomasa l/kg	l/ha
Caña de azúcar	70,000	30	21,000	22,581	0.35	7,350
Maíz	8,500	70	5,950	6,398	0.42	2,499
Betabel	50,000	40	20,000	21,505	0.08	1,600
Sorgo	7,500	35	2,625	2,823	0.54	1,428
Yuca o mandioca	208,00	16	33,280	35,785	0.03	998

Fuente: Elaboración propia con datos de MinCyt, 2008, p.27

Anexo 7.

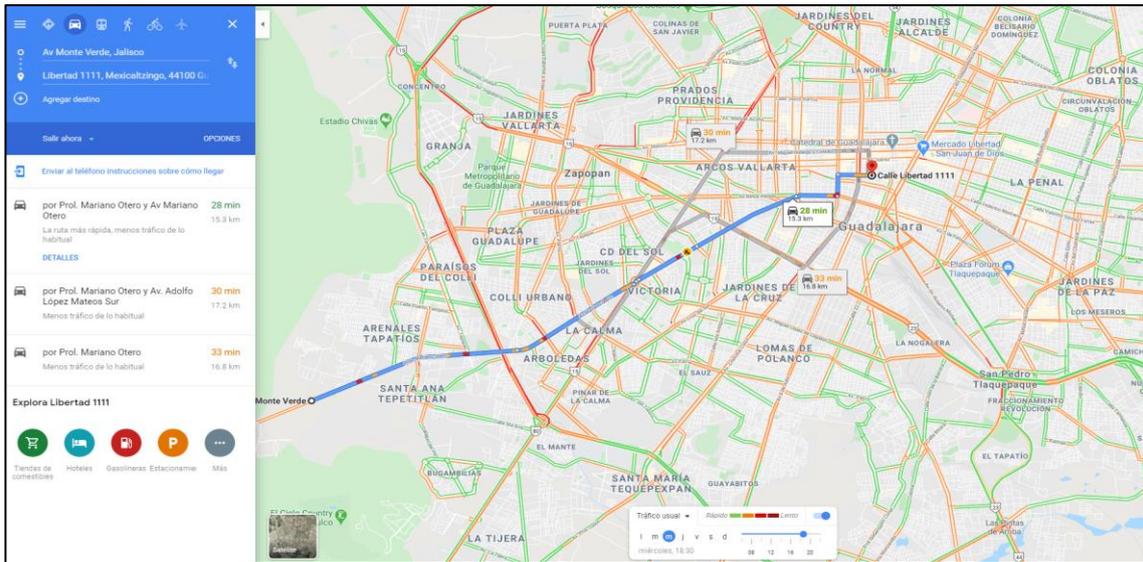
Biodiésel obtenido por hectárea según el tipo de cultivo

Cultivo	Semilla kg/ha	Aceite			Biodiésel
		%	kg/ha	l/ha	l/ha
Algas – mat seca	9,849	70	6,849	7,660	7,354
Fruto de palma	25,000	20	5,000	5,950	5,712
Jatropha	3,500	40	1,400	1,505	1,445
Resino	2,500	50	1,250	1,344	1,290
Cacahuete	2,000	50	995	1,070	1,027
Canola	2,000	44	880	946	908
Girasol	1,960	40	784	843	809
Tung	3,000	20	600	645	619
Soja	2,700	18	486	523	502
Cártamo	1,200	40	480	516	495
Algodón	930	16	149	160	154

Fuente: Elaboración propia con datos de MinCyt, 2008, p.22

Anexo 8.

Mapa de ejemplo de las mediciones hechas por Google Traffic



Fuente: Google Traffic, 2020

Anexo 9.

Eco-Etiquetado de vehículos del INECC

Eco-Etiquetado de vehículos

Detalles de vehículo:
 FIAT / UNO / 2016
 Versión: ATTRACTIVE 5PTAS 1.4L 4CIL 85HP MAN

ESPECIFICACIONES

Transmisión: MAN ⬇
 Combustible: Gasolina ⬇
 Motor: Cilindros: 4
 Potencia: 85 HP
 Tamaño: 1.4 L

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Valores de rendimiento en condiciones controladas ⚠

Rendimiento en Ciudad: 16.40 km/L
 Rendimiento en Carretera: 21.47 km/l

Valores de rendimiento estimados por Eco-vehículos ⚠

Rendimiento Combinado: 18.35 km/l
 Rendimiento Ajustado: 13.76 km/l ⚠
 Gasto Anual Estimado de Combustible: \$ 18,500 ⬇

EMISIONES CONTAMINANTES

Emisión de CO₂: 169 g/km ⬇
 Emisión Anual Estimada de CO₂: 2,535 kg ⬇
 Emisión de NO_x: 47 g/1000km

MÁS INFORMACIÓN

Categoría: AUTOS SUBCOMPACTOS
 Fotografía: [Consulta de precio y fotografía](#)

Calificación de desempeño de gases de efecto invernadero:

8

(10 = Más eficiente)

Calificación de desempeño de contaminantes al aire:

5

(10 = Más limpio)

(10 = Más eficiente)

10	?	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
9	?	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B
8	?	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C
7	?	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D
6	?	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E
5	?	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F
4	?	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G
3	?	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H
2	?	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I
1	?	T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J
0	?	U	T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Calificación de contaminantes al aire (local)
(10 = Más limpio)

Fuente: INECC, 2020