

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**"Modelo de demanda de movilidad de los estudiantes del campus central de la Universidad Autónoma de Baja California en Mexicali B.C."**

**T E S I S**

que para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:

**SAUL GABRIEL ESPINOSA MAEDA**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. ALEJANDRO SÁNCHEZ ATONDO**

**MEXICALI, B. C.**

**JUNIO DE 2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría aprovechar esta hoja para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de esta investigación.

Al Dr. ALEJANDRO SÁNCHEZ ATONDO, un excelente maestro y director de esta investigación, con el que me encuentro en deuda por la confianza, orientación y supervisión brindada a lo largo de este tiempo, logrando con su apoyo una mejor formación profesional, adquiriendo nuevos conocimientos teóricos y experiencias vividas, que sin duda alguna, han marcado una etapa de mi vida.

A mi alma mater, la Universidad Autónoma de Baja California, por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, así como también, a los sinodales por su amable aceptación, por el tiempo y las recomendaciones que han mejorado esta investigación.

A mis padres les agradezco el esfuerzo que han hecho para que yo pueda cumplir mis sueños y mis metas, los consejos, las pláticas motivacionales, saber que siempre puedo contar con ellos y que si me pierdo ellos me regresan al camino, gracias por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Por último, pero no menos importante, a mi amada familia y amigos, que día con día me siguen dando lecciones de vida, gracias por los consejos, por la motivación y apoyo constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su infinito amor.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMIENTOS.....                                                                                | X         |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                                                                            | XX        |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                                                                      | X         |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                                                                       | X         |
| RESUMEN.....                                                                                        | X         |
|                                                                                                     | X         |
| ABSTRACT.....                                                                                       | XX        |
|                                                                                                     | XX        |
| <b>1. INTRODUCCION</b> .....                                                                        | <b>1</b>  |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                                                | 1         |
| 1.2. OBJETIVO.....                                                                                  | 3         |
| 1.3. HIPÓTESIS.....                                                                                 | 3         |
| <b>2. REVISION DE LITERATURA</b> .....                                                              | <b>4</b>  |
| 2.1. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....                                                      | 4         |
| 2.1.1 <i>Etapas de análisis de los sistemas de transporte</i> ....                                  | 4         |
| 2.1.2 <i>Análisis actual</i> .....                                                                  | 5         |
| 2.2. COMPORTAMIENTO DE MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES.....                                            | 8         |
| 2.2.1 <i>Generación de viajes</i> .....                                                             | 9         |
| 2.2.2 <i>Partición modal</i> .....                                                                  | 9         |
| 2.2.3 <i>Distancia de recorrido</i> .....                                                           | 10        |
| 2.3. MODELACIÓN DE DEMANDA Y ESTUDIANTES.....                                                       | 12        |
| <b>3. ANTECEDENTES</b> .....                                                                        | <b>13</b> |
| 3.1. CASO DE ESTUDIO: MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.....                                                | 13        |
| <b>4. METODOLOGIA</b> .....                                                                         | <b>20</b> |
| 4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS Y GENERACIÓN DE BASE DE DATOS.....                                        | 21        |
| 4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MOVILIDAD DE ESTUDIANTES VS POBLACIÓN EN GENERAL.....             | 21        |
| 4.2.1 <i>Clasificación de la población</i> .....                                                    | 21        |
| 4.2.2 <i>Recolección de información</i> .....                                                       | 22        |
| 4.2.3 <i>Calculo de indicadores</i> .....                                                           | 22        |
| 4.2.4 <i>Análisis de indicadores entre grupos</i> .....                                             | 22        |
| 4.3. MODELO DE DEMANDA DE ESTUDIANTES.....                                                          | 23        |
| 4.3.1 <i>Distribución de estudiantes</i> .....                                                      | 23        |
| 4.3.2 <i>Generación de viajes</i> .....                                                             | 23        |
| 4.3.3 <i>Partición modal de estudiantes</i> .....                                                   | 24        |
| 4.4. MODELACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....                                                      | 25        |
| 4.5. ASIGNACIÓN DE DEMANDA DE ESTUDIANTES EN EL TRANSPORTE PÚBLICO Y EVALUACIÓN DE INDICADORES..... | 26        |
| 4.6. PROPUESTAS DE MEJORA Y EVALUACIÓN.....                                                         | 27        |
| <b>5. RESULTADOS</b> .....                                                                          | <b>27</b> |
| 5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MOVILIDAD DE ESTUDIANTES VS POBLACIÓN EN GENERAL.....             | 27        |
| 5.1.1 <i>Tasa de Viajes</i> .....                                                                   | 28        |
| 5.1.2 <i>Distancia de recorridos</i> .....                                                          | 30        |
| 5.1.2.1 <i>Clasificación de recorridos</i> ..                                                       | 31        |
| 5.1.3 <i>Partición modal</i> .....                                                                  | 34        |
| 5.2. MODELO DE DEMANDA DE ESTUDIANTES.....                                                          | 38        |
| 5.2.1 <i>Distribución de estudiantes</i> .....                                                      | 38        |
| 5.2.3 <i>Generación de viajes</i> .....                                                             | 40        |
| 5.2.4 <i>Partición modal de estudiantes</i> .....                                                   | 42        |
| 5.3. MODELACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....                                                      | 44        |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.4. RESULTADOS DE ASIGNACIÓN.....                         | 47        |
| 5.5. PROPUESTAS DE MEJORA Y EVALUACIÓN.....                | 53        |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>                                | <b>58</b> |
| 6.1 CONCLUSIONES METODOLÓGICAS.....                        | 59        |
| 6.2 CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO.....                  | 60        |
| 6.3. APORTES DE INVESTIGACIÓN.....                         | 63        |
| 6.4 PROPUESTAS DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN POSTERIORES..... | 63        |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                | <b>64</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. MACRO VARIABLES Y RELACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MANHEIM.....                           | 6  |
| FIGURA 2. PROCESO DE DISEÑO Y PLANEACIÓN ACTUAL DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE.....                         | 7  |
| FIGURA 3. CAMPUS CENTRAL DE UABC.....                                                                    | 15 |
| FIGURA 4. RUTAS DE ATENCIÓN AL CAMPUS CENTRAL DE UABC.....                                               | 16 |
| FIGURA 5. KVR EN ZONAS METROPOLITANAS DE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS.....                                    | 17 |
| FIGURA 6. DERROTEROS DE RUTAS CONCESIONADAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DE MEXICALI..... | 19 |
| FIGURA 7. PROPUESTA METODOLÓGICA.....                                                                    | 20 |
| FIGURA 8. CLASIFICACIÓN DE RECORRIDOS POR ESTUDIANTES.....                                               | 32 |
| FIGURA 9. CLASIFICACIÓN DE RECORRIDOS POR ESTUDIANTES QUE TRABAJAN.....                                  | 33 |
| FIGURA 10. CLASIFICACIÓN DE RECORRIDOS POR POBLACIÓN EN GENERAL.....                                     | 33 |
| FIGURA 11. TASA DE VIAJES POR MODO DE TRANSPORTE.....                                                    | 35 |
| FIGURA 12. DISTANCIAS DE RECORRIDO POR MODO DE TRANSPORTE.....                                           | 36 |
| FIGURA 13. VIAJES DE ESTUDIANTES AL CAMPUS CENTRAL.....                                                  | 41 |
| FIGURA 14. MACRO-ZONAS.....                                                                              | 42 |
| FIGURA 15. MODELO DE OFERTA 2017.....                                                                    | 44 |
| FIGURA 16. PUNTOS DE PARADEROS EN EL MODELO DE OFERTA VIAL.....                                          | 45 |
| FIGURA 17. MODELO DE OFERTA VIAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO.....                                  | 46 |
| FIGURA 18. HORARIO DE DEMANDA.....                                                                       | 47 |
| FIGURA 19. VOLÚMENES DE FLUJO.....                                                                       | 51 |
| FIGURA 20. ZONAS CON ÁREA DE OPORTUNIDAD.....                                                            | 52 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Estudiantes universitarios de la ciudad.....                      | 14 |
| Tabla 2. Datos generales de rutas.....                                     | 18 |
| Tabla 3. Oferta vial del modelo.....                                       | 25 |
| Tabla 4. Valores Generales.....                                            | 28 |
| Tabla 5. Resultados ANOVA para generación de viajes.....                   | 29 |
| Tabla 6. Comparación de tasas de viajes.....                               | 29 |
| Tabla 7. Distancias promedio diarias.....                                  | 30 |
| Tabla 8. Resultados ANOVA distancias diarias.....                          | 31 |
| Tabla 9. Análisis de indicadores por modo de transporte.....               | 34 |
| Tabla 10. Resultados ANOVA para tasa de viajes por modo de transporte..... | 37 |
| Tabla 11. Resultados ANOVA para distancias por modo de transporte.....     | 37 |
| Tabla 12. Distribución de estudiantes.....                                 | 39 |
| Tabla 13. Viajes de estudiantes.....                                       | 40 |
| Tabla 14. Demanda de movilidad en el transporte público.....               | 43 |
| Tabla 15. Operación de las rutas actuales.....                             | 45 |
| Tabla 16. Resultados de la asignación de demanda de estudiantes.....       | 48 |
| Tabla 17. Porcentaje de uso del transporte público.....                    | 50 |
| Tabla 18. Zonas de mayor conflicto.....                                    | 51 |
| Tabla 19. Frecuencias propuestas.....                                      | 53 |
| Tabla 20. Evaluación de rutas.....                                         | 54 |
| Tabla 21. Evaluación de zonas críticas.....                                | 55 |
| Tabla 22. Resultados de la asignación de propuesta.....                    | 56 |
| Tabla 23. Indicadores generales.....                                       | 57 |

## **RESUMEN**

El mundo, incluyendo los sistemas de movilidad en todas sus latitudes, cambia muy rápido. No obstante, y aunque las técnicas de planificación de transporte han experimentado fuertes transformaciones en la últimas décadas, los problemas de transporte, particularmente en el caso urbano, no han variado gran cosa a nivel mundial en más de 40 años (de Dios Ortúzar 2012) y más bien, estos se han ido presentando con mayor intensidad en las ciudades en procesos de expansión en países en desarrollo. Tal es el caso de la ciudad de Mexicali, en donde la movilidad urbana es insustentable e históricamente la toma de decisiones se ha llevado a cabo de manera reactiva, con una orientación hacia el uso del automóvil particular.

Ante este escenario, en los últimos años se están haciendo esfuerzos para la incorporación de métodos de modelación del transporte en las etapas de planeación y diseño en la ciudad, tal es el caso de la construcción del “Modelo de oferta vial del sistema de transporte de la ciudad de Mexicali” (UABC 2017), y el “Estudio modelo de demanda del sistema de transporte de la ciudad de Mexicali” (UABC, 2019), y aunque con se ha logrado representar la movilidad general de la ciudad en un día promedio, para poder planear adecuadamente las intervenciones al sistema de transporte, es necesario un entendimiento desagregado de los distintos sectores de la población, específicamente los trabajadores y los estudiantes, este último ha sido poco estudiado en la ciudad.

Así mismo, el sistema de transporte público de la ciudad de Mexicali B.C está comprendido por autobuses y taxis de ruta, y pretende brindar un funcionamiento eficiente de rutas de transporte público, sin embargo, la información con la que se cuenta hace pensar que este ha sido planteado para atender las demandas de movilidad del sector productivo, y no la necesidad de los estudiantes.

Por lo tanto, con esta investigación se pretende lograr un mayor entendimiento de la movilidad de los estudiantes, que permita plantear modificaciones a la operación del sistema de transporte público, para que esta atienda de una mejor manera a la población estudiantil del campus central la Universidad Autónoma de Baja California. Para lo anterior, a partir de la información obtenida en instrumento de recolección de datos, se caracterizará la demanda de estudiantes del campus central de la UABC y posteriormente se asignará está a la oferta de transporte público de la ciudad para identificar áreas de oportunidad.

Con esto se podrá analizar la operación del sistema de transporte público asociado a la demanda de movilidad de los estudiantes de dicha universidad. Así mismo, se comprobará si el sistema de transporte público atiende de manera eficiente las demandas de movilidad de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali.

Así, el aporte de esta investigación se divide en dos puntos. Por un lado, aporta hacia un mayor entendimiento de la movilidad de los estudiantes, lo cual permitirá plantear intervenciones para que el sistema de transporte atienda de una mejor manera la demanda de movilidad de la población estudiantil. Por otro lado, el modelo de demanda estudiantil del campus central de la UABC en Mexicali, que será un insumo indispensable para el desarrollo del modelo de demanda de movilidad de la ciudad.

**Palabras clave:** Transporte, modelo de demanda, movilidad, estudiantes.

## **ABSTRACT**

The world, including mobility systems in all its latitudes, changes very fast. However, and although transport planning techniques have undergone strong transformations in recent decades, transport problems, particularly in the urban case, have not changed much worldwide in more than 40 years (de Dios Ortúzar 2012) and rather, these have been occurring with greater intensity in cities in expansion processes in developing countries. Such is the case of the city of Mexicali, where urban mobility is unsustainable and historically decision-making has been carried out reactively, with an orientation towards the use of private cars.

Given this scenario, in recent years efforts have been made to incorporate transportation modeling methods in the planning and design stages in the city, such is the case of the construction of the “Road supply model for the transportation system of the city of Mexicali ” (UABC 2017) , and the“ Model study of the demand for the transport system of the city of Mexicali ”(UABC, 2019), and although it has managed to represent the general mobility of the city on an average day In order to adequately plan the interventions to the transport system, a disaggregated understanding of the different sectors of the population, specifically workers and students, is necessary, the latter has been little studied in the city.

Likewise, the public transport system of the city of Mexicali BC is comprised of buses and route taxis, and aims to provide an efficient operation of public transport routes, however, the information available suggests that this has It has been raised to meet the mobility demands of the productive sector, and not the needs of students.

Therefore, this research aims to achieve a better understanding of student mobility, allowing modifications to be made to the operation of the public transport system,

so that it better serves the student population of the central campus of the University Autonomous of Baja California. For the above, from the information obtained in a data collection instrument, the demand of students from the central campus of the UABC will be characterized and later it will be assigned to the city's public transport offer to identify areas of opportunity.

With this, the operation of the public transport system associated with the mobility demand of the students of said university can be analyzed. Likewise, it will be verified if the public transport system efficiently meets the mobility demands of the students of the Autonomous University of Baja California in the city of Mexicali.

Thus, the contribution of this research is divided into two points. On the one hand, it contributes towards a better understanding of student mobility, which will make it possible to propose interventions so that the transport system better meets the demand for mobility of the student population. On the other hand, the student demand model of the UABC central campus in Mexicali, which will be an indispensable input for the development of the city's mobility demand model.

**Key words:** Transport, demand model, mobility, students.



# 1. INTRODUCCION

## 1.1. Planteamiento del problema

El mundo, incluyendo los sistemas de movilidad en todas sus latitudes, cambia muy rápido. No obstante, y aunque las técnicas de planificación de transporte han experimentado fuertes transformaciones en la últimas décadas, los problemas de transporte, particularmente en el caso urbano, no han variado gran cosa a nivel mundial en más de 40 años (de Dios Ortúzar 2012). Es por eso que es de suma importancia generar modelos de demanda de transporte para la planificación y estrategia en las ciudades que se encuentran en desarrollo, ya que estos modelos tienen la función de expresar la cantidad de viajes demandados durante un determinado periodo, contemplando un conjunto de variables explicativas, por ejemplo, cuando se considera la demanda de transporte público, estas variables incluyen características socioeconómicas de la población, la ubicación de los centros o puntos atráctores como: centros de trabajo, centros de salud, instituciones educativas o gubernamentales. Así mismo las propias características del sistema de transporte como: costos, tiempos, etc. (Rivera, Trujillo, and Vargas 2002).

Los modelos de transporte antes mencionados, al considerar numerosas variables explicativas en las proyecciones de movilidad y transporte de un caso de estudio, permiten plantear y evaluar estrategias para transitar hacia una movilidad urbana sustentable, la cual se caracteriza por ser un modelo de traslado saludable, de bajo consumo de carbono, que busca priorizar la calidad de vida urbana y el bienestar colectivo (Bamwesigye and Hlavackova 2019).

Para lograr una movilidad sustentable es necesario plantear estrategias de movilidad e intervenciones a los sistemas de transporte, respaldadas a través del desarrollo de modelos de demanda que reflejen de manera precisa el comportamiento de viaje de los diferentes sectores de la población, sin embargo la construcción de modelos de demanda normalmente se basa en la generación de viajes por motivo de trabajo (Wang, Khattak, and Son 2012).

Por otro lado, diversos estudios revelan que las dinámicas de movilidad de los estudiantes son diferentes a la población en general (Balsas 2003; J. Eom, Stone, and Ghosh 2009; Marzoughi 2011b; Zhou 2014). En este sentido, en las zonas urbanas donde existen campus universitarios con una alta concentración de estudiantes resulta imprescindible entender sus comportamientos de viaje, para desarrollar un modelo de demanda integrado, que permita a los encargados de la planeación del transporte de la ciudad, plantear estrategias e intervenciones para atender adecuadamente las demandas de movilidad de los estudiantes, así como de los diferentes sectores de la población.

Como ocurre en la mayoría de las ciudades de México que poblacionalmente están transitando de ser ciudades medias a convertirse en ciudades grandes y/o zonas metropolitanas, muchas de ellas no cuentan con suficiente información actualizada de sus sistemas de transporte, para poder planear de forma tal que sume en la eficiencia de los sistemas de actividades que emprende la población.

Tal es el caso de la ciudad de Mexicali, Baja California, en donde la escases de información y estudios sobre movilidad y transporte, ha obligado a que la toma de decisiones en materia de transporte se lleve a cabo de manera reactiva, lo cual se ha traducido en una movilidad no sustentable caracterizada por desplazamientos largos y una dependencia del automóvil particular con 62% de los viajes diarios realizados en este modo, así como un sistema de transporte público deficiente con una continua disminución de la demanda (Medina Ramirez and Veloz Rosas 2012). Así, la planeación y toma de decisiones en materia de infraestructura vial en la ciudad exhibe un área de oportunidad para introducir la utilización de métodos de modelación del transporte, que reflejen las distintas interacciones entre los usuarios y la oferta de movilidad.

Por lo tanto, la modelación de la demanda de transporte de la ciudad de Mexicali, debe considera los patrones y comportamiento de viaje del sector estudiantil, especialmente aquel asociado a los estudiantes universitarios en el campus central de la UABC (Universidad Autónoma de Baja California), ya que este campus genera la principal atracción de estudiantes universitarios al tener la mayor matrícula de estudiantes en comparación con el resto de los campus en la ciudad. Es por esto que el diseño y operación

del sistema de transporte público, exhibe áreas de oportunidad para mejorar el nivel de atención que brinda a la demanda de movilidad de los estudiantes del campus central.

El aporte de esta investigación se divide en dos puntos. Por un lado, aporta hacia un mayor entendimiento de la movilidad de los estudiantes, lo cual permitirá plantear modificaciones a la operación del sistema de transporte público, para que esta atienda de una mejor manera a la población estudiantil del campus central de la UABC. Por otro lado, entregará el modelo de generación de viajes por motivo de estudio a nivel universitario, el cual será un insumo valioso para el desarrollo del modelo de demanda de movilidad de la ciudad de Mexicali B.C.

## **1.2. Objetivo**

Caracterizar la demanda de movilidad de los estudiantes del campus central de la UABC y proponer mejoras al sistema de transporte público, para que atienda eficientemente la demanda de movilidad de los estudiantes del campus central la UABC.

## **1.3. Hipótesis**

Los estudiantes universitarios de Mexicali tienen dinámicas diferentes a la población en general, e invierten una cantidad considerable de tiempo y dinero para desplazarse diariamente al campus central universitario, por lo que modificaciones operativas del sistema de transporte público pueden entregar beneficios considerables para la movilidad urbana de este sector de la población.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Planeación del sistema de transporte**

El transporte es un elemento importante para el desarrollo urbano y una parte vital de la sociedad, y economía moderna, este debe proporcionar al individuo el acceso a los servicios básicos, como la salud, alimentación, educación, empleo y actividades recreativas (Gratiela & Viorela, 2013). La movilización diaria es prioridad para la producción y la productividad, para la seguridad física y emocional de las personas y para el desarrollo de la mayoría de las funciones humanas (Iracheta, 2011).

Los sistemas de transporte consisten en elementos físicos y organizacionales, los cuales interactúan entre sí para producir oportunidades de transporte, además de la demanda generada que aprovecha esas oportunidades para viajar de un lugar a otro (Manheim 1976). Es por eso que, el estudio de los sistemas y el diseño de las redes de transporte deben comprender la interacción de la oferta y la demanda. La red de transporte puede considerarse como el suministro, proporcionado para un determinado objetivo, y el público que viaja como la demanda, que decide si viajar y, qué rutas utilizar (Szeto and Lo 2004).

#### **2.1.1 Etapas de análisis de los sistemas de transporte**

Las técnicas para estudiar los sistemas de transporte y tomar decisiones han evolucionado con el paso de los años. Sin embargo, Robert E. Burns (1969) plantea en “Transport Planning: Selection of Analytical Techniques” que los enfoques y metodologías que se han desarrollado a lo largo del tiempo para analizar sistemas de transporte pueden agruparse en 4 etapas: cuello de botella, la cual busca resolver problemas de manera rápida, análisis de proyectos, que es basado en técnicas donde se busca comparar los costos y beneficios de los proyectos, programación lineal, que busca maximizar o minimizar algunas funciones objetivas para solucionar problemas, y simulación, donde se muestran problemas de un sistema y las posibles soluciones.

### 2.1.2. Análisis actual

Es evidente la complejidad que implica el análisis de los sistemas de transporte debido a los diversos problemas, contextos variados, enfoques técnicos e interrelación de variables. A pesar de esto, existe un principio básico propuesto por Manheim, (1984) el cual se basa en la existencia de una interacción entre el sistema de transporte y el sistema de actividades.

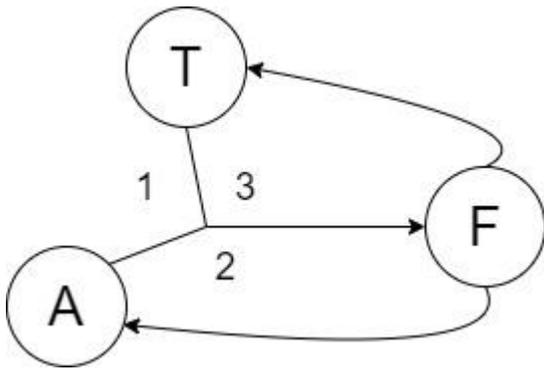
En ese sentido, para analizar el sistema de transporte de una determinada región, es necesario que este se presente como un sistema multimodal y su análisis no puede ser separado del sistema económico, político y social de la región. Así, se tienen que identificar tres macrovariables fundamentales para el análisis:

1. El sistema de transporte T, el cual tiene una infraestructura física, vehículos, operación y gobernanza.
2. El sistema de actividades A, esto es, el patrón de actividades sociales y económicas que se desarrollan en la región, las cuales están relacionadas con factores como población, ingreso, empleo, etcétera.
3. La estructura de flujos F, en otras palabras, orígenes, destinos, volúmenes de tránsito en las vialidades, etcétera.

De esta forma, de manera general el análisis se lleva a cabo en una de las tres relaciones siguientes (ver Figura 1): La relación tipo 1, que indica que los flujos actuales que se presentan en el sistema, son producto de la interacción entre los sistemas de transporte y actividades. Esta relación es la que se presenta diariamente, resultado de un equilibrio entre la oferta y la demanda.

A largo plazo, la estructura de flujos puede ocasionar que el sistema de actividades se modifique, dando lugar a la relación tipo 2. Esto es, por ejemplo, a raíz de los flujos en el sistema y los niveles de servicio que experimentan los usuarios, estos cambian su lugar de residencia para estar más “cerca” de su sitio de trabajo.

*Figura 1. Macro variables y relación del sistema de transporte de Manheim.*



Fuente: Fundamentals of Transportation Systems Analysis.

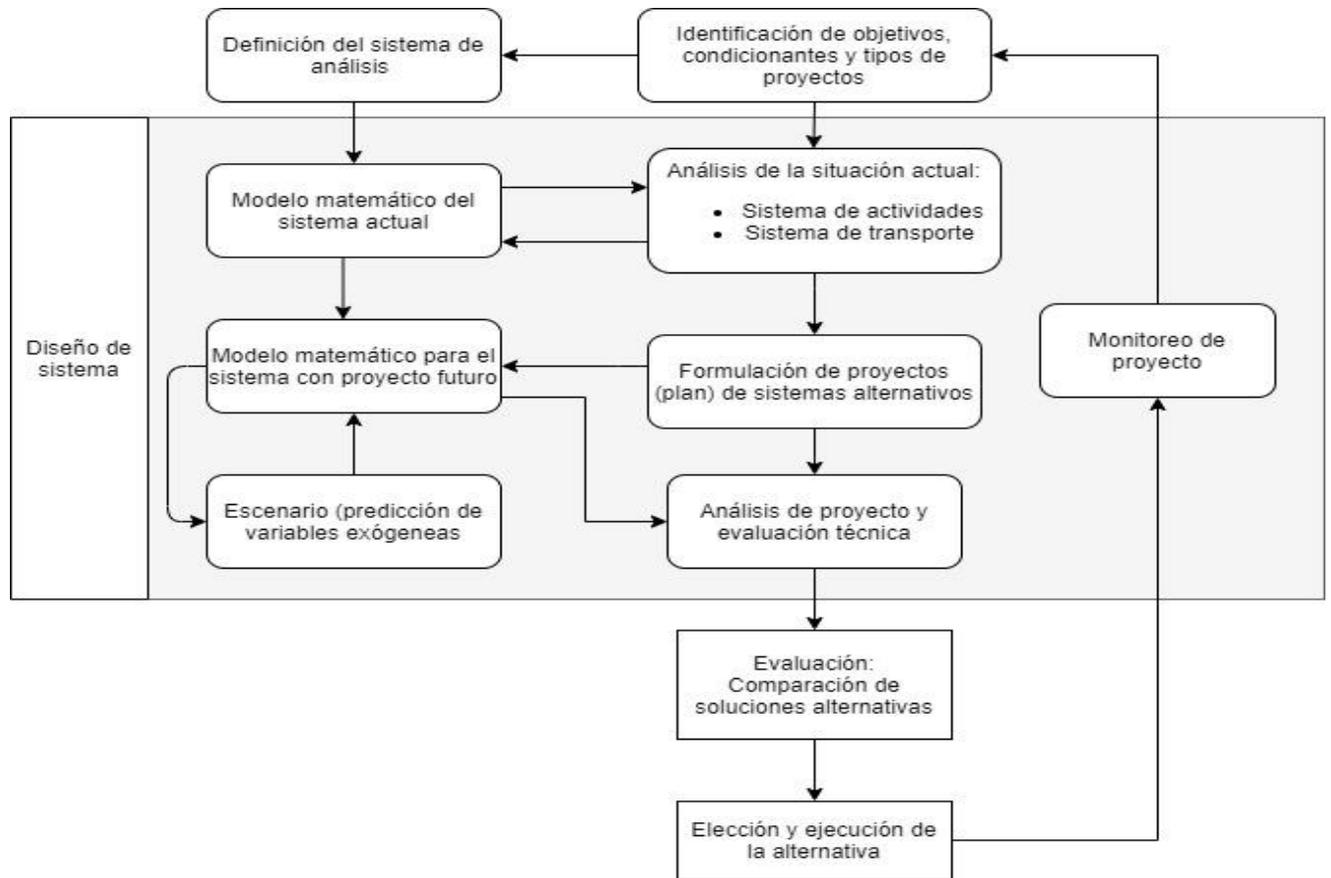
Y por otro lado, la relación tipo 3 que indica que la estructura de flujos obliga a que los operadores o el gobierno modifiquen la oferta del sistema de transporte. Esta relación puede presentarse con dos periodicidades: mediano o largo plazo. La primera de estas corresponde a intervenciones menores en el sistema, la mayoría relacionada con aspectos organizacionales como control de semáforos o reorganización de rutas de transporte público. Por otro lado, la relación a largo plazo tipo 3 tiene que ver con intervenciones mayores como podría ser la construcción de un distribuidor vial o una línea de metro.

Para poder analizar todas estas relaciones, el modelo de simulación utilizado para solucionar los problemas de logística del transporte de bienes, se adaptó para analizar el sistema de transporte integral tanto de pasajeros como de mercancías, y de esta forma dicho análisis sirva de apoyo para el ejercicio de planeación del sistema en general. Como explica Cascetta (2009), con el paso de los años, el reconocimiento de las distintas relaciones que existen en la operación de un sistema de transporte y la complejidad de las mismas, dio lugar a cambios en el propio proceso de planeación, la cual ya no es vista como una actividad que conduzca a la preparación de un plan "maestro" único que identifique un conjunto de proyectos que se implementarán durante un largo período de tiempo. Más bien, la planeación se ve ahora como un proceso más que como una actividad.

Un proceso de planeación da como resultado una secuencia de decisiones (planes o proyectos) tomadas en momentos diferentes, no necesariamente predefinidos, con cada

decisión tomando en cuenta los efectos de decisiones anteriores y factores exógenos. En este marco, el papel de los métodos cuantitativos para la definición y evaluación de proyectos alternativos es aún más relevante ya que aseguran una especie de "racionalidad dinámica" para todo el proceso. Esto se puede explicar en la siguiente figura, en donde se presenta el proceso de diseño y planeación actual de un sistema de transporte.

*Figura 2. Proceso de diseño y planeación actual de un sistema de transporte.*



Fuente: Planeación del sistema en general de Cascetta (2009).

En la franja central de la figura 2 se presentan las etapas del proceso de toma de decisiones, mientras que en el extremo izquierdo se muestran las fases de análisis y modelación que sirven de apoyo a estas. En la identificación de objetivos y condicionantes se toman en cuenta las perspectivas de quienes toman las decisiones. Posteriormente, dependiendo de los objetivos y alcances establecidos, se delimita en sistema de análisis y el nivel de detalle que será necesario.

Por otro lado, la etapa de análisis de la situación actual incluye el estado presente tanto del sistema de actividades como el del sistema de transporte y su relación. En ese sentido, se recopila información relativa a ambos sistemas y se analiza para identificar las principales deficiencias o puntos críticos respecto a los objetivos y condicionantes previamente establecidos. Los resultados de esta etapa, sirven para formular los proyectos/alternativas de solución y al mismo tiempo son los datos de entrada para la construcción del modelo matemático del sistema actual.

Después de generadas las alternativas, estas son incorporadas al modelo matemático de la situación actual, el cual está interrelacionado con el modelo de escenarios futuros de variables exógenas. Al trabajar juntos ambos modelos es posible hacer un análisis de los proyectos y su evaluación técnica. Por último, se comparan las distintas alternativas planteadas y se toma la decisión de ejecutar el o los proyectos que mejor resuelvan los puntos críticos y aporten para lograr los objetivos planteados.

Si adaptamos estas etapas propuestas por Cascetta al esquema general para analizar sistemas de transporte propuesto por Manheim, se concluye que primero se deben encontrar los factores o situaciones que dan lugar a la relación tipo 1, y posteriormente determinar acciones que se pueden implementar para propiciar la relación tipo 3. Por lo tanto, se debe iniciar por definir los objetivos y analizar la situación actual.

## **2.2. Comportamiento de movilidad de los estudiantes**

Se han realizado estudios para entender la movilidad de estudiantes y plantear soluciones viables, mediante un estudio realizado a los alumnos de la universidad de Virginia, Chen (2012) reafirma la idea de que los alumnos presentan un comportamiento diferente al resto de la población, esto con análisis ANOVA en donde se analizan tres factores, los cuales son: generación de viajes, partición modal y distancia de recorrido. Así mismo, diversos autores realizan análisis en base a estos tres factores.

### **2.2.1. Generación de viajes**

Diversos estudios principalmente en países desarrollados han analizado las demandas y el comportamiento de movilidad de los estudiantes, tal es el caso de Toronto, Canadá, donde Marzoughi (2011) presenta un análisis de cómo los estudiantes deciden transportarse con cuatro principales medios de transporte que son: caminar, bicicleta, transporte público, de escuela y automóvil como pasajero y como conductor. Los resultados revelan que los estudiantes realizan 2.5 viajes al día en promedio, los jóvenes prefieren viajar como pasajero en el auto, pero a cómo van creciendo una vez que pueden tener su licencia de manejo estos pasan a ser los conductores del automóvil.

Así, la generación de viajes por los estudiantes es variable y depende del contexto McDonald (2006) presenta un análisis de la encuesta aplicada en el 2001 por NTHS, donde se analizan los resultados de ciudades de Estados Unidos de América, donde se muestra que los jóvenes de 18 años realizan 3.5 viajes promedio al día y el 75% de estos son como pasajeros, los adultos realizan 4.3 viajes promedio diarios y el 90% de sus viajes son en vehículo privado. Así, como van creciendo los jóvenes comienzan a dejar de viajar con los padres a la edad de 18 años el 46% de viajes son sin padres.

### **2.2.2 Partición modal**

Para comprender el comportamiento de los estudiantes, la partición modal es un factor a considerar, es por ello que se han realizado análisis de este comportamiento, tal es el caso de Whalen, Páez, & Carrasco (2013) quienes buscan entender que factores influyen al momento de elegir un modo de transporte por los estudiantes, ya que ellos presentan un área de oportunidad de estudio. Los estudiantes de la universidad de McMaster en Hamilton, Canadá, una ciudad que presenta un alto índice de automóviles, muestra que la elección de modo de viaje está influenciada por una combinación de variables como el costo, decisiones individuales, la accesibilidad para poder caminar, etc. Los principales tipos de transporte analizados son: Caminar, Bicicleta, Autobús y carro. Los resultados arrojan que las decisiones que los estudiantes toman están en función al tiempo de viaje,

además que tienen una gran accesibilidad para poder estacionar los coches, lo cual influye en el uso de transporte privado.

Además, un análisis realizado por Eom (2009) en la Universidad estatal de Carolina muestra que los estudiantes que aún no se gradúan tienen más actividades que los ya graduados, mediante un análisis por modo de viaje, los cuales son: auto, transporte público, caminar, bicicleta, transporte en el campus y otros. El 60% de los viajes son realizados en modos no motorizados y el 40% en automóvil, debido a que la mayoría de los viajes son realizados dentro del campus caminando y los alumnos que viven fuera del campus utilizan el auto para ir de su casa al campus.

Para tomar la decisión de cómo viajar influyen factores como la zona de residencia, Jason, Mokhtarian, & Handy (2009) muestran que los usuarios se ven influenciados por la zona en la que residen para tomar la decisión de cómo realizar sus viajes, esto se debe a la ubicación de la zona, la accesibilidad que presenta al sistema de transporte público, o si bien prefieren realizar los viajes en automóvil. Los estudiantes presentan una mayor atracción al sistema de transporte público y a los viajes en modos no motorizados.

Al ser estudiantes universitario la mayoría se encuentran dentro de los 19-25 años lo cual según Hasnine, Lin, Weiss, & Habib (2018) indican que al estar dentro de este rango de edad los usuarios utilizan con mayor frecuencia los modos de viajes no motorizados o el sistema de transporte público, los usuarios con mayor edad son más propensos a utilizar los modos motorizados ya que al aumentar la edad estos buscan modos de transporte en los cuales deban realizar un menor esfuerzo físico y poco tiempo de traslado en los viajes diarios.

### **2.2.2. Distancia de recorrido**

En un esfuerzo para la clasificación de las distancias de recorrido de viajes Kim & Ulfarsson (2008) basados en la información del estado de Washington, definen los viajes cortos con una distancia de 2.25 km, y la distancia de caminata es de 0.6 km, los principales

modos de transporte son en automóvil con un 75%, seguido de caminatas y bicicletas, el autobús también entra solo con el 1% al igual que la bicicleta.

Así mismo, la ubicación es un factor que define las distancias de recorrido de los estudiantes, los cuales según Zhou (2014) mediante un análisis de los estudiantes de la Universidad de Los Ángeles, donde se muestra que prefieren elegir un lugar para vivir cercano o un punto donde puedan hacer uso del sistema de transporte público. Además de mostrar que los estudiantes presentan un comportamiento diferente en movilidad al resto de la población, propone implicaciones políticas para reducir el uso de automóviles ya que el clima y la oferta del transporte público son atractivas para los estudiantes.

Los estudiantes según Wang (2012) buscan residencias cercanas a la universidad, ya que estos prefieren realizar recorridos cortos para llegar a su destino, además prefieren realizar recorridos en modos no motorizados o en el transporte público, sin embargo, la distancia de su residencia al campus es clave para la realización diaria de sus viajes.

Por otro lado, la movilidad de los estudiantes universitarios no ha sido extensamente analizada en ciudades de economías en desarrollo, sin embargo, las pocas referencias dejan ver que en estos casos las dinámicas de movilidad son también distintas en cada caso de estudio. Danaf (2014) muestran que en Beirut, Líbano, los estudiantes tienen un 62% de uso de automóvil. Por otro lado, Chaves-flores (2015) indica que en el campus Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica los estudiantes tienen acceso a líneas de transporte para estudiantes las cuales transportan un 34% de los viajes diarios de los alumnos y el resto de los viajes son en mayor parte en el sistema de transporte público de la ciudad. Lo anterior, exhibe que los pocos estudios se han llevado a cabo generalmente en las grandes zonas metropolitanas de estos países, por lo que existen muy pocas referencias para entender la movilidad de estudiantes en ciudades medias y pequeñas de economías en desarrollo.

### **2.3. Modelación de demanda y estudiantes**

La movilidad de las personas en las ciudades está ligada a múltiples factores, los trabajos que analizan cambios en la movilidad se centran en la evolución de las redes de transporte. Sin embargo, la atención se pone en factores como el nuevo modelo productivo, el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones o los cambios sociodemográficos y culturales. Todos ellos tienen repercusiones directas sobre la movilidad (García Palomares 2008).

Los modelos de demanda de transporte tienen la función de expresar la cantidad de viajes demandados durante un determinado periodo, contemplando un conjunto de variables explicativas. En este sentido, el precio de los servicios ofrecidos y el ingreso del consumidor son determinantes para que un usuario elija movilizarse en cierto modo (Rivera et al. 2002). Este escenario hace que la modelación de la demanda sea fundamental en el análisis y diseño de sistemas de transporte público, ya que para el análisis de estos sistemas se debe contemplar una variedad de factores, con el fin de comprender como fue diseñado y las principales necesidades de movilidad que este busca satisfacer, tomando en cuenta la calidad, tarifas, tiempo de espera, rutas y capacidad (Zaragoza and Islas 2007).

Los modelos convencionales son agregados, en el sentido que predicen directamente la cantidad total de viajes por clase de usuario de una zona a otra. Así mismo, la predicción de los flujos origen-destino, se lleva a cabo por una serie de sub-modelos sucesivos que cuenta con las características socioeconómicas de las zonas de origen y destino, y por el tiempo o costo requerido para viajar entre ellos, aplicando relaciones analíticas basadas en ecuaciones matemáticas (Ben-Akiva et al. 2007).

Por otro lado, el análisis de la demanda de transporte asume que la demanda del mercado será el agregado de todas las demandas de los consumidores, y ésta será a su vez determinada por los mismos factores que afectan las demandas individuales. Sin embargo, los factores que determinan la demanda de transporte, pueden ser de mayor o menor intensidad en algunas regiones, incluso en ciertos momentos más que en otros, o

dependiendo de los motivos de viaje (Rivera et al. 2002). En ese sentido, la movilidad de los usuarios parte de las necesidades que estos presenten, ya sean por motivos laborales, académicos, recreativos, entre otros. Sin embargo, dado que son diferentes factores los que se presentan, se genera una oferta y demanda por la movilidad de estos, la cual varía dependiendo de cada usuario. Así mismo, se presenta el caso donde el destino es el mismo y se tiene un aumento en la demanda (García Palomares 2008).

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Caso de estudio: Mexicali, Baja California**

Mexicali se localiza en el noroeste de la República Mexicana ( $32^{\circ}40'N$ ,  $115^{\circ}27'W$ ), en el estado de Baja California y limita al norte con el estado de California, Estados Unidos. Al año 2018 se contaba con una población de 838,161 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 2.7% y la población económicamente activa representa poco más del 54.3% de la población total, en base a los datos reportados por el Consejo Nacional de Población (COPLADE B.C, 2018). Su clima es muy extremo, ya que en el verano se tienen temperaturas máximas de  $50^{\circ}C$ , mientras que en el invierno son de  $0^{\circ}C$  (García, 2007).

El sistema educativo estatal muestra que en Mexicali se tiene 32 universidades y una población estudiantil de 36,387 esto en el ciclo escolar 2018-2019. La ciudad cuenta con universidades públicas y privadas, entre ellas la UABC, la cual tiene una matrícula de 23,006 alumnos distribuidos en sus diferentes facultades, su campus central se encuentra situado al centro de la ciudad, el cual cuenta con 8 facultades con una matrícula de 11,545 que representan el 50% de la matrícula total de las 19 facultades en la UABC y representa el 32% del total de la población estudiantil universitaria de la ciudad (ver Tabla 1), esto en base al Informe de actividades de la UABC, (2019).

*Tabla 1. Estudiantes universitarios de la ciudad*

|                                              | MATRICULA<br>UNIVERSITARIA |
|----------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Mexicali B.C.</b>                         | 36,387                     |
| <b>UABC Mexicali</b>                         | 23,006                     |
| <b>Facultades del campus central UABC</b>    |                            |
| Facultad de Arquitectura y Diseño            | 1,310                      |
| Facultad de Derecho                          | 2,422                      |
| Facultad de Deportes                         | 616                        |
| Facultad de Artes                            | 448                        |
| Facultad de Ingeniería                       | 4,381                      |
| Facultad de Ciencias Sociales y Políticas    | 981                        |
| Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa | 781                        |
| Facultad de Idiomas                          | 606                        |
| <b>Total de alumnos del campus central</b>   | <b>11,545</b>              |

Fuente: Informe de actividades de la UABC, (2019).

Al encontrarse el campus de la universidad en una zona céntrica de la ciudad como se muestra en la figura 3, con una superficie de 0.58 km<sup>2</sup> de los cuales el 12% son destinados para estacionamientos, además de contar con dos paradas, las cuales se encuentran sobre la misma calle principal con solo una separación de 280 metros (ver Figura 3), lo que se traduce en una saturación en los paraderos y congestionamientos en los estacionamientos para los estudiantes. Estar en una zona céntrica de la ciudad ocasiona que se encuentren diversos comercios y puntos de interés aledaños al campus, por lo cual la atracción de viajes a esta zona de la ciudad presenta un reto de atención a las demandas de movilidad de los diferentes sectores de la población.

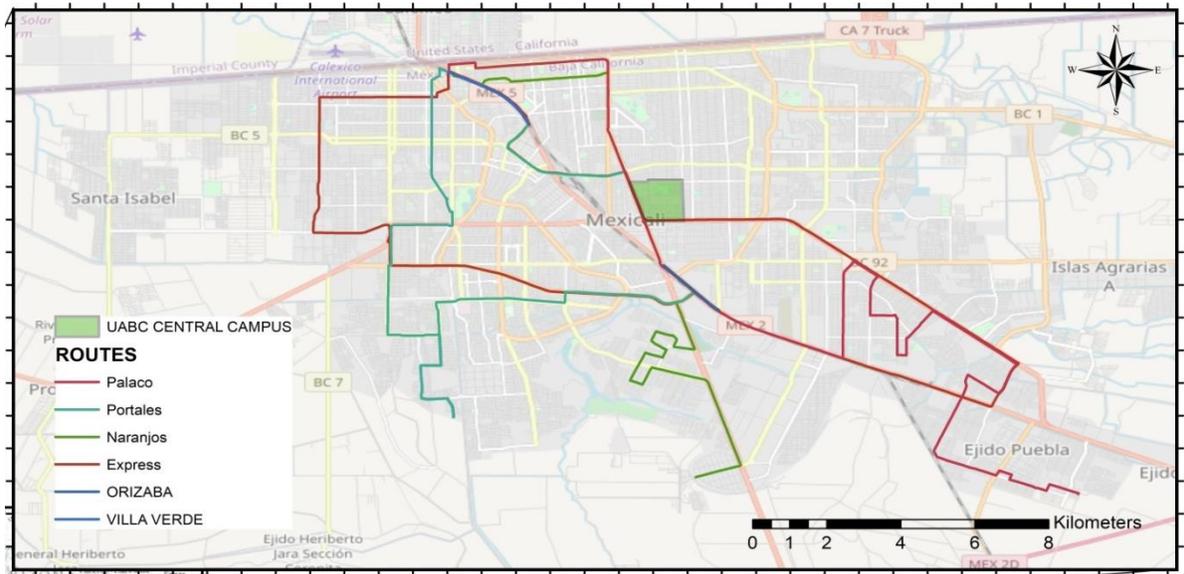
Figura 3. Campus central de UABC



Fuente: Elaboración propia.

Al no contar con dormitorios o estancias para que los estudiantes puedan desarrollarse a corta distancia del campus, se genera un problema, ya que las rentas de departamentos son altas y para los que viven en la periferia de la ciudad el tiempo y costo de traslado son un problema, ya que estos deben pasar más tiempo en el trayecto de su casa a la universidad y viceversa. Además de esta situación el campus central cuenta con las instalaciones de vicerrectoría, un teatro, biblioteca, centro de evaluaciones e instalaciones deportivas a las cuales acuden alumnos de otras facultades que se encuentran fuera de este campus. Al estar en el centro de la ciudad el sistema de transporte ofrece una oferta de movilidad en la cual los estudiantes tienen acceso a 6 rutas en un radio de 500 metros (ver Figura 4).

*Figura 4. Rutas de atención al campus central de UABC*



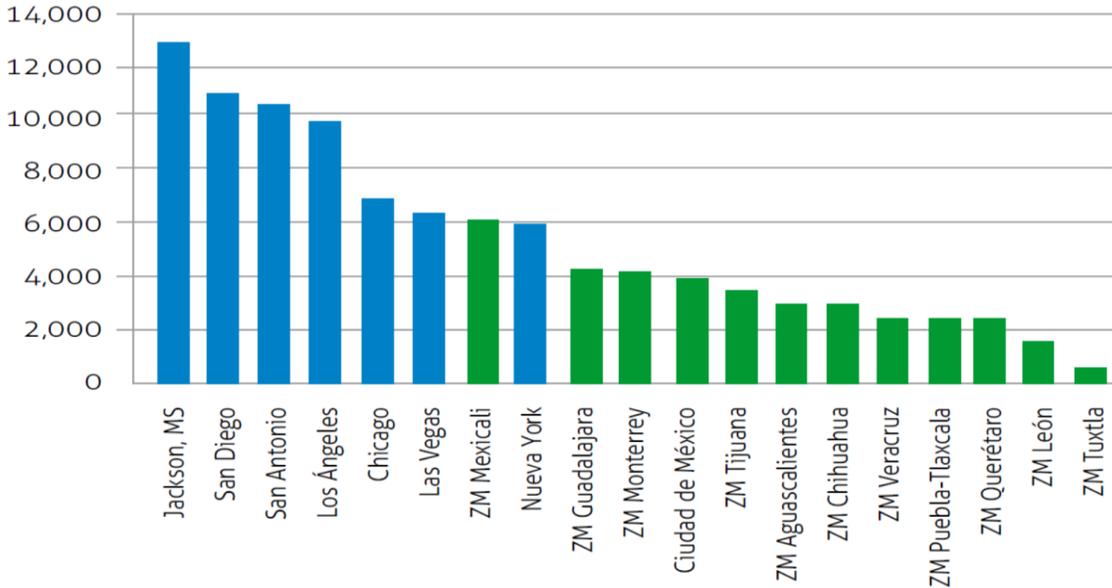
Fuente: Elaboración propia.

La estructura urbana y las dinámicas de movilidad coinciden con los estudios que sugieren que las estructuras dispersas no favorecen la movilidad cuando el lugar de residencia no ha sido elegido en función de los sitios laborales (Giuliano and Small, 1993; Hamilton, 1982), tal como ha sucedido en los últimos años, en los que el sector inmobiliario ha determinado el crecimiento urbano desordenado, buscando adquirir suelos baratos en las periferias de las ciudades (Medina Ramírez and Veloz Rosas, 2012).

Al ser una ciudad fronteriza le facilita a la población la adquisición de vehículos particulares (Hanson 2001). Lo anterior ocasiona que la tasa de motorización sea la segunda más alta de México, con 400 automóviles por cada mil habitantes. Así mismo, el indicador de kilómetro- vehículo recorrido per cápita es el más elevado del país con 6,000 km por habitante. En ese sentido, existe una clara dependencia del vehículo particular. Este fenómeno representa un problema en la movilidad urbana de la ciudad, ya que el transporte automotor es una de las principales fuentes emisoras de gases contaminantes y provoca efectos dañinos (Amárala, 2010).

En la figura 5 tomada del documento “Guía de estrategias para la reducción del uso del auto en ciudades mexicanas” (Medina Ramirez and Veloz Rosas 2012), se muestra que la ciudad de Mexicali tiene ya un nivel de uso de automóvil particular comparable a zonas metropolitanas de Estados Unidos como Chicago, Las Vegas y Nueva York, cuyo sector de transporte se considera insostenible.

*Figura 5. KVR en zonas metropolitanas de México y Estados Unidos*



Fuente: “Guía de estrategias para la reducción del uso del auto en ciudades mexicanas”

El sistema de transporte público está comprendido por autobuses y taxis de ruta (ver Tabla 2), y pretende brindar un funcionamiento eficiente de rutas de transporte público para la ciudad de Mexicali, que sirva para mejorar la calidad del servicio y la accesibilidad al sistema (IMIP and SIMUTRA 2011), sin embargo, la información con la que se cuenta, hace pensar que esta ha sido planteado para atender las demandas de movilidad del sector productivo, y no la necesidad de los estudiantes (ver Figura 6).

*Tabla 2. Datos generales de rutas.*

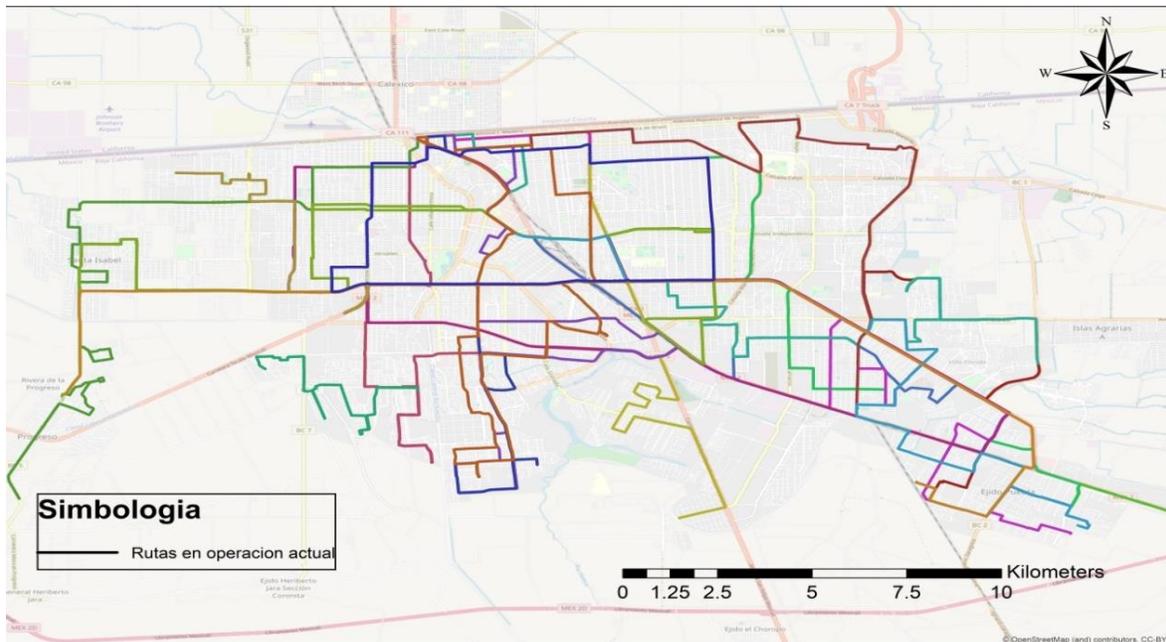
| CLAVE DE RUTA | ALIAS            | KM   | TIEMPO DE OPERACIÓN | CANTIDAD DE CICLOS | FS   | KM DE LA RUTA SIN SP |
|---------------|------------------|------|---------------------|--------------------|------|----------------------|
| AB03          | EJIDO SINALOA    | 31.7 | 16:50:00            | 84.17              | 1.27 | 9.08                 |
| AB04          | CONSTITUCION     | 36.5 | 14:50:00            | 25.43              | 1.84 | 5.22                 |
| AB05          | VALLE DORADO     | 29.1 | 17:00:00            | 68.00              | 1.50 | 9.44                 |
| AB06          | CARRANZA         | 29.1 | 14:05:00            | 16.57              | 1.57 | 2.97                 |
| AT01          | PALACO           | 33.8 | 16:40:00            | 71.43              | 1.79 | 5.20                 |
| AT04-08       | PORTALES         | 32.2 | 17:00:00            | 145.71             | 1.76 | 11.52                |
| ATE03         | NARANJOS         | 21.9 | 17:00:00            | 113.33             | 1.71 | 6.54                 |
| ATE09         | ORIENTE-OCCID    | 46.1 | 16:02:00            | 137.43             | 1.25 | 7.18                 |
| AZ01          | CALLE G          | 30.7 | 14:20:00            | 10.24              | 2.00 | 14.62                |
| EN01          | PROGRESO         | 34.8 | 16:00:00            | 80.00              | 1.52 | 27.29                |
| FA01          | FLORES MAGON     | 33.1 | 16:00:00            | 80.00              | 1.22 | 24.42                |
| FV01          | CALLE E          | 42.3 | 16:10:00            | 48.50              | 2.62 | 22.24                |
| FV02          | COMANDANCIA      | 18.5 | 16:05:00            | 87.73              | 1.75 | 2.56                 |
| MB03          | ORIZABA          | 35.6 | 16:00:00            | 45.71              | 2.00 | 14.76                |
| SM02          | NACIONALISTA     | 19.7 | 16:00:00            | 53.33              | 1.53 | 4.49                 |
| TC02          | VILLA VERDE      | 30.5 | 15:30:00            | 8.09               | 1.51 | 6.69                 |
| TC0507        | B. VISTA-CALLE I | 33.2 | 14:00:00            | 14.00              | 1.63 | 9.64                 |
| TC08          | EJIDO PUEBLA     | 31.9 | 16:50:00            | 144.29             | 1.59 | 2.17                 |
| TM04          | RIO PRESIDIO     | 25.8 | 15:50:00            | 39.58              | 1.39 | 1.55                 |

KM= Kilómetros, FS= Factor de sinuosidad, SP= Sobre piso

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de esto, los estudios de movilidad en Mexicali son escasos y no se han llevado a cabo de una forma periódica. La fuente oficial más reciente es el plan Maestro de Vialidad y Transporte del año 2011 que establece que el 84.4% de los desplazamientos se realizan en automóvil particular con un índice de 2.3 pasajeros por unidad, y el servicio de transporte público de la ciudad (autobuses y taxis de rutas) solo atiende el 11.42% de los viajes (IMIP and SIMUTRA 2011), este valor es contrastante con lo expuesto en el Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015, el cual indica que el 65% de los viajes se llevan a cabo en transporte público (ONU-Hábitat 2015).

*Figura 6. Derroteros de rutas concesionadas del sistema de transporte público colectivo de Mexicali*



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en los últimos años, se están haciendo esfuerzos para la incorporación de métodos de modelación del transporte en las etapas de planeación y diseño en la ciudad, tal es el caso de la construcción del “Modelo de oferta vial del sistema de transporte de la ciudad de Mexicali” durante el año 2017 (Mungaray-Moctezuma et al., 2017), el cual representa lo que el sistema de transporte ofrece para satisfacer las necesidades de desplazamiento de los viajeros en el área de estudio, incluyendo las características técnicas y operativas de la infraestructura de transporte. Este modelo representa, como lo establecen (Ben-Akiva et al. 2007) solo una parte de los trabajos necesarios para la modelación del sistema de transporte de un área de estudio, y necesita ser complementado por la modelación de la demanda de viajes de los usuarios con sus distintos motivos.

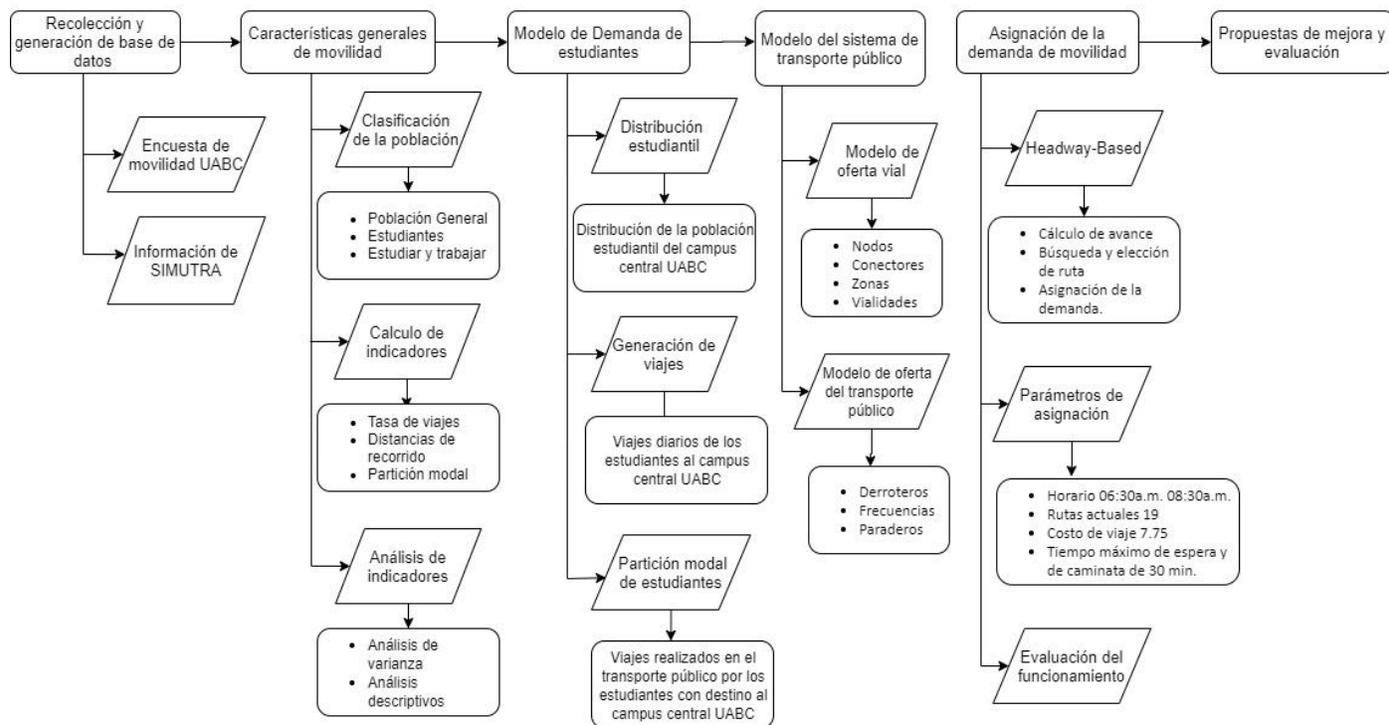
En este sentido, lo anterior exhibe que es necesario comprender las dinámicas de movilidad de los estudiantes del campus central de la UABC y proponer, a través de técnica de modelación de transporte, alternativas o modificaciones al sistema de transporte público de

la ciudad para atender mejor las necesidades de movilidad de este sector de la población, y permita que la ciudad transite hacia una movilidad sustentable.

## 4. METODOLOGIA

Se plantea una metodología general que consta de la implementación de 6 componentes particulares los cual se representan en la figura 7, donde se muestra el orden en que estos componentes deben realizarse, así mismo se muestran las derivaciones de estos.

*Figura 7. Propuesta metodológica*



Fuente: Elaboración propia.

## 4.1. Recolección de datos y generación de base de datos

La recopilación de datos parte de los resultados que se obtuvieron del diseño y aplicación de la encuesta por parte la UABC en el estudio de movilidad urbana. Basados en esta información se puede calcular los indicadores necesarios para realizar los análisis.

Para definir que los resultados por parte de la encuesta son significativos para el análisis se tomó como base, un nivel de confianza de 90% y un margen de error de 2.55% se aplica el cálculo estadístico a la muestra.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}}$$

Dónde: N = tamaño de la población, e = margen de error (porcentaje expresado con decimales), z = puntuación z. La puntuación z es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media, en este caso la z es igual a 1.65. El tamaño de la muestra requerido es de 960 respuestas validas lo cual es factible ya que se cuenta con 964.

## 4.2. Características generales de movilidad de estudiantes vs población en general.

La metodología desarrollada para lograr el objetivo de este apartado busca comprender las dinámicas de movilidad de los estudiantes del campus central de la UABC comparándolos con la demanda de movilidad que presenta la población en general de la ciudad.

### 4.2.1. Clasificación de la población

Tomando en consideración los aportes de distintas investigaciones (Danaf et al. 2014; de Dios Ortúzar 2012; Marzoughi 2011a; Zhou 2012), se clasificó la población de Mexicali

en tres grupos: estudiantes que solo se dedican al estudio, estudiantes que también trabajan y la población en general, la clasificación de estudiantes que solo estudian y que también trabajan está basada en los estudiantes del campus central de la UABC en Mexicali, para compararlos contra la población en general del resto de la ciudad.

#### **4.2.2. Recolección de información**

En base a la encuesta de movilidad aplicada por UABCL, la cual es una herramienta de recolección de datos en la ciudad, que recaba información sobre el hogar, con características sociodemográficas, ubicación de actividades, las características de los viajes que se realizan diariamente, la hora, modo de transporte y costo. Para esta investigación la población considerada fue de 3915 hogares y 964 respuestas de los alumnos del campus central de la UABC. Así mismo, una caracterización de la oferta de transporte público la cual indica las rutas de transporte con sus derroteros, longitudes, frecuencias y cobertura (IMIP and SIMUTRA 2011).

#### **4.2.3. Calculo de indicadores**

Se calculó para cada grupo de la población indicadores, estos son la tasa de viajes promedio diarios, la cual esta generada para cada grupo y por cada modo de viaje, el índice de kilómetros recorridos diarios, junto con una clasificación de viajes por distancia de recorrido, y la partición modal comprendida por: Automóvil como conductor, automóvil como acompañante, transporte público, bicicleta y otros los cuales están conformados por aplicaciones en línea como Uber, transporte privado y caminar.

#### **4.2.4. Análisis de indicadores entre grupos**

Con los indicadores por grupo se realizaron análisis descriptivos y análisis de varianza ANOVA (ANOVA por sus siglas en inglés, ANalysis Of VAriance). Estos análisis comparan la demanda de movilidad de la ciudad y definen el modo de transporte con mayor

demanda por los estudiantes, los estudiantes que trabajan y por la población en general. Como resultado de este método se podrán identificar áreas de oportunidad para el sistema de transporte e implicaciones en políticas de movilidad para atender de manera eficiente a las demandas de movilidad de los diferentes grupos de la población.

### **4.3. Modelo de Demanda de estudiantes**

#### **4.3.1. Distribución de estudiantes**

Para poder general el modelo de demanda de los estudiantes del campus central de la UABC, en base a la información recabada de la encuesta de movilidad que aplico UABC se tomaron los estudiantes que tienen por zona de estudio el campus central de la UABC, esto para poder tener el porcentaje de estudiantes del campus central por cada zona de la ciudad. Es importante mencionar que algunas zonas no cuentan con la información de los estudiantes, por lo cual se optó por tomar los valores de las zonas aledañas y obtener un promedio con esos valores, para así poder tener información de cada zona de la ciudad.

Así mismo, con el porcentaje de alumnos por zona se calculó la cantidad de alumnos que corresponden a cada zona basados en el porcentaje que representan, lo cual es resultado de la aplicación de la siguiente fórmula.

$$Ezc = Ez * Et$$

Dónde: Ezc= estudiantes correspondientes a cada zona, Ez= porcentaje de estudiantes por zona, Et= estudiantes totales del campus central, los estudiantes totales del campus son 11545 en base al Informe de actividades de la UABC, (2019). El resultado nos muestra cómo es la distribución de los estudiantes en la ciudad.

#### **4.3.2. Generación de viajes**

Para la generación de viajes es necesario conocer cuantos viajes realizan diariamente los estudiantes desde su hogar al campus central (Ve). Para esto fue necesario procesar los

resultados de la encuesta. En este sentido para cada estudiante de la muestra se identificó su total de viajes diarios y el porcentaje de los mismos que tienen como destino la zona donde se ubica el campus central de la UABC. Esto es realizado por cada zona y la cantidad de viajes varía según la distancia a la que se encuentra cada zona del campus central, por lo que se obtiene un valor  $V_e$  para cada una de las 100 zonas.

Al tener el total de alumnos por zona es necesario conocer el total de viajes que estos generan, para esto se tomaron los viajes que indicaron al responder la encuesta de movilidad por parte de los estudiantes. Para tener este resultado se aplicó la siguiente fórmula.

$$V_z = E_{zc} * V_e$$

Dónde:  $V_z$ = viajes de estudiantes por zona,  $E_{zc}$ = estudiantes correspondientes a cada zona,  $V_e$ = viajes de estudiantes con destino al campus central. Con estos resultados se puede obtener el total de viajes diarios que se generan por parte de los estudiantes en cada zona de la ciudad, lo que se traduce en la demanda de movilidad general de los estudiantes al campus central. Para representar la demanda de movilidad de los estudiantes del campus central de la UABC, se realizó una agrupación de zonas, con lo que se generaron macrozonas para representar la demanda de movilidad de los estudiantes.

#### **4.3.3. Partición modal de estudiantes**

En base a los resultados de la encuesta de movilidad, se tiene la información de los viajes generados de la partición modal en cada zona, con lo cual se puede calcular cual es el porcentaje de uso del sistema de transporte público por parte de los estudiantes que van al campus central de la UABC, para obtener la demanda de movilidad en el transporte público en cada zona por parte de los estudiantes del campus central de la UABC, es importante tener la generación de viajes por parte de los estudiantes del campus, se aplica la siguiente fórmula.

$$D_{tp} = V_z * T_{pe}$$

Dónde: 1. Esta fórmula es aplicada a cada zona, con lo cual se obtiene la demanda de movilidad en transporte público por parte de los estudiantes del campus central de la UABC.

#### 4.4. Modelación del sistema de transporte

Para el modelo del sistema de transporte se trabajó sobre el “Modelo de oferta vial del sistema de transporte de la ciudad de Mexicali” generado en el año 2017 por Mungaray-Moctezuma et al., (2017), el cual está realizado el software Visum y cuenta con información de vialidades, conectores, nodos, de los cuales se trabajó haciendo los ajustes necesarios para poder incorporar el modelo del transporte público. Como se muestra en la tabla 3 el modelo de oferta vial de la ciudad cuenta con nodos, conectores, zonas y vialidades, con las cuales se hicieron ajustes para que estas ofrecieran una mejor modelación al momento de agregar la información para modelar el sistema de transporte.

*Tabla 3. Oferta vial del modelo*

| OFERTA     | CANTIDAD |
|------------|----------|
| Nodos      | 787      |
| Conectores | 216      |
| Zonas      | 100      |
| Vialidades | 2,298    |

Fuente: Elaboración propia.

Además de estos ajustes se incorporaron al modelo de oferta los puntos de paraderos los cuales son en base de la información proporcionada por SIMUTRA, con la cual se obtuvo la ubicación de paraderos oficiales (203) y puntos de ascenso y descenso no oficiales donde regularmente los operadores se detienen (1,060), En total, 1,154 puntos de parada fueron modelados para el sistema de transporte, así mismo se realizaron los trazos de las rutas que se encuentran actualmente en funcionamiento, las cuales incluyen los derroteros, los horarios de atención, y las frecuencias con las que estas ofrecen el servicio diario.

## **4.5. Asignación de demanda de estudiantes en el transporte público y evaluación de indicadores**

Los viajes en transporte público de cada zona de la ciudad hacia el campus central, se distribuyen a través de distintas rutas. Esta distribución entre rutas se hace con el proceso “headway-based assignment”, el cual proyecta la elección de ruta de los usuarios del sistema a partir de impedancias que tienen que ver con la distancia, tiempo de caminata, costo, tiempo de espera, tiempo de viaje. Para el procedimiento “headway-based assignment”, cada línea se describe por la ruta de la línea, los tiempos de ejecución entre las paradas de línea y el avance. En realidad, es el perfil de tiempo que comprende cada ruta ya que el modelo está basado en el avance por los perfiles de tiempo.

En este procedimiento de asignación las líneas operan con un mismo avance cada uno en una sección compartida, y se llega al equilibrio mediante tres pasos operativos: Cálculo de avance, búsqueda y elección de ruta y asignación de la demanda. El primer paso es en base a los tiempos de operación de las rutas del sistema de transporte público, donde automáticamente se detectan las frecuencias, En el segundo paso, las posibles rutas entre un par de zonas de tráfico son detectadas y simultáneamente se especifica una distribución entre ellos. En el tercer paso, las rutas que se encontraron en la búsqueda se cargan con la demanda asignada para posteriormente realizar las evaluaciones de la asignación.

Por lo tanto, la demanda de viajes en transporte público hacia el campus central obtenida en el 4.3 se asigna a la oferta modelada en 4.4, utilizando el proceso headwayy asiggnment, con los siguientes parámetros:

- El horario que se asigna para el modelo es de 06:30:00 a.m. – 08:30:00 a.m. ya que es el horario de máxima demanda en el día.
- La espera máxima de una línea de transporte es de 30 min.
- El tiempo máximo de caminata es de 30 min.
- Solo se cuenta con un conector por zona.
- El costo por viaje de estudiantes es de 7.75 pesos y el transbordo es de 7.75 pesos.
- Se consideraron 19 rutas que operan actualmente.

- Las frecuencias están en base a cada ruta y varían entre ellas.

Después de llevar a cabo la asignación, se evaluó la forma en que el sistema de transporte público atiende actualmente la demanda de transporte de los estudiantes del campus central, esto mediante los promedios por zona de: tiempos, costos, distancias, que son obtenidos en la asignación.

#### **4.6. Propuestas de mejora y evaluación**

La evaluación del estado actual permitirá identificar áreas de oportunidad para mejorar, por un lado, el funcionamiento general del sistema y por otro lado, el nivel de atención a un sector que se identifica con muy poca oferta o accesibilidad hacia el campus central. Las distintas propuestas se incorporan en el modelo de oferta y se evalúa con una nueva asignación para compararlos contra los indicadores obtenidos en 4.5. Con esto se identifica cuáles serían buenas propuestas que ayudaran a brindar un mejor nivel de atención a los estudiantes del campus central.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Características generales de movilidad de estudiantes vs población en general.**

El análisis de resultados permitió caracterizar las dinámicas de movilidad de la población en general (ver Tabla 4), en función de la cantidad de viajes diarios promedio (4.12), las distancias promedio (5.44 km) y la partición modal, en donde la mayoría de los viajes se realizan en automóvil como conductor (61.45%) y posteriormente en transporte público (21.79%). Lo anterior exhibe que las dinámicas de movilidad de Mexicali son similares a ciudades estadounidenses donde el promedio de viajes es de 4.3 y se busca disminuir la dependencia del uso del automóvil particular ya que es los jóvenes lo utilizan para el 75%

de sus viajes mientras que los adultos realizan 90% en este modo (McDonald 2006). Así mismo, los resultados muestran que Mexicali exhibe un reparto modal similar al de la ciudad de Beirut, Líbano en donde el 56% de los viajes se llevan a cabo en automóvil privado (Danaf et al. 2014).

*Tabla 4. Valores Generales*

| CLASIFICACION                | ESTUDIAR | ESTUDIAR Y TRABAJAR | POBLACION EN GENERAL |
|------------------------------|----------|---------------------|----------------------|
| <b>Generación de viajes</b>  |          |                     |                      |
| Viajes diarios promedio      | 3.20     | 3.81                | 4.12                 |
| Distancia de viajes promedio | 4.92     | 5.57                | 5.44                 |
| <b>Modo de viaje</b>         |          |                     |                      |
| Automóvil como conductor     | 31.88%   | 36.88%              | 61.55%               |
| Automóvil como acompañante   | 22.18%   | 12.47%              | 7.25%                |
| Transporte publico           | 33.30%   | 42.26%              | 21.79%               |
| Bicicleta                    | 8.98%    | 4.07%               | 3.38%                |
| Otros                        | 3.65%    | 4.33%               | 6.03%                |
| Total                        | 100%     | 100%                | 100%                 |

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los resultados del análisis permiten identificar que los estudiantes generan 3.81 viajes promedio diarios, recorridos promedio de 5.57 km. y una disposición de transportes motorizados mayor al 70%. Este escenario muestra una similitud en la partición modal similar a la Universidad Estatal de Carolina del Norte donde, la población estudiantil utiliza de primera instancia el transporte en automóvil (69%) seguido de los viajes no motorizados (26%) (J. K. Eom, Stone, and Ghosh 2009).

### 5.1.1 Tasa de Viajes

El cálculo de viajes promedio a partir de las respuestas de cada uno de los grupos entregó para estudiantes y para estudiantes que trabajan de 3.2 y 3.8 viajes diarios respectivamente, así como 4.1 viajes promedio para la población en general. Los resultados del análisis

ANOVA confirman que las medias muestrales de los viajes entre las tres categorías no son iguales (ver Tabla 5) y por lo tanto, es posible establecer que en Mexicali, la movilidad diaria promedio de los estudiantes que trabajan es mayor a los que solamente se dedican a estudiar, así mismo, la población en general presenta un índice de viajes mayor al que presentan los estudiantes.

**Tabla 5.** Resultados ANOVA para generación de viajes

| CLASIFICACION     | GRADOS DE LIBERTAD | F     | TABLA F<br>P=0.95 | ACEPTACIÓN DE HO |
|-------------------|--------------------|-------|-------------------|------------------|
| Estudiantes       | 2                  | 54.83 | 3                 | <b>NO</b>        |
| Estudiar/Trabajar | 2068               |       |                   |                  |
| Población General |                    |       |                   |                  |

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de viajes de la población en general (4.12) no es distante de los viajes promedio diarios de un adulto en una ciudad estadounidense (4.3) (McDonald, 2006). De tal manera que, las tasas de viajes diarios de los estudiantes de la UABC, coinciden con estudios llevados a cabo en ciudades de países desarrollados (ver Tabla 6). En Richmond, Virginia, los estudiantes de la VCU realizan 4.85 viajes diarios (Chen, 2012), mientras que en Toronto, Canadá, el promedio de viajes diarios de los estudiantes es de 2.5 (Marzoughi, 2011).

**Tabla 6.** Comparación de tasas de viajes

| CIUDAD   | POBLACIÓN   | TASA DE VIAJES |
|----------|-------------|----------------|
| Mexicali | Estudiantes | <b>3.8</b>     |
| Richmond | Estudiantes | <b>4.85</b>    |
| Toronto  | Estudiantes | <b>2.5</b>     |

Fuente: Elaboración propia.

Este escenario refleja que, a pesar de ser una ciudad en desarrollo económico e influenciado por el espacio transfronterizo, las dinámicas de movilidad de su población en términos de frecuencia de viajes, son comparables con ciudades en países con economías desarrolladas. Así mismo, reafirma que las dinámicas de movilidad de los estudiantes son muy variables y dependen del contexto de cada ciudad.

### 5.1.2. Distancia de recorridos

El criterio de la toma de decisiones sobre en qué modo de viaje realizar los viajes diarios, está basado en la distancia que deben recorrer los usuarios para llegar a su destino (ver Tabla 7). En este escenario se muestra que los estudiantes que trabajan (5.57) realizan recorridos diarios promedio mayores a los de la población en general (5.44), lo cual es comprobable con los resultados del análisis ANOVA (ver Tabla 8) para las distancias promedio recorridas diarias, lo cual se traduce en un gasto económico y un mayor tiempo de recorrido de los estudiantes que trabajan para llegar a sus diferentes destinos.

*Tabla 7. Distancias promedio diarias*

| CLASIFICACION                                                                                               | MIN. KM. | MAX.KM. | KM.<br>RECORRIDOS | DS   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|-------------------|------|
| Estudiantes                                                                                                 | 0.95     | 17.93   | <b>4.92</b>       | 3.36 |
| Estudiar/Trabajar                                                                                           | 0.95     | 22.52   | <b>5.57</b>       | 3.73 |
| Población General                                                                                           | 0.66     | 23.75   | <b>5.44</b>       | 4.31 |
| MIN KM: Distancia mínima en Kilómetros<br>MAX KM: Distancia máxima en Kilómetros<br>DS: Desviación Estándar |          |         |                   |      |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8. Resultados ANOVA distancias diarias**

| CLASIFICACION     | GRADOS DE LIBERTAD | F      | TABLA F 0.95 | ACEPTACIÓN DE HO |
|-------------------|--------------------|--------|--------------|------------------|
| Estudiantes       | 2                  | 11.198 | 2.998        | <b>NO</b>        |
| Estudiar/Trabajar | 4363               |        |              |                  |
| Población General |                    |        |              |                  |

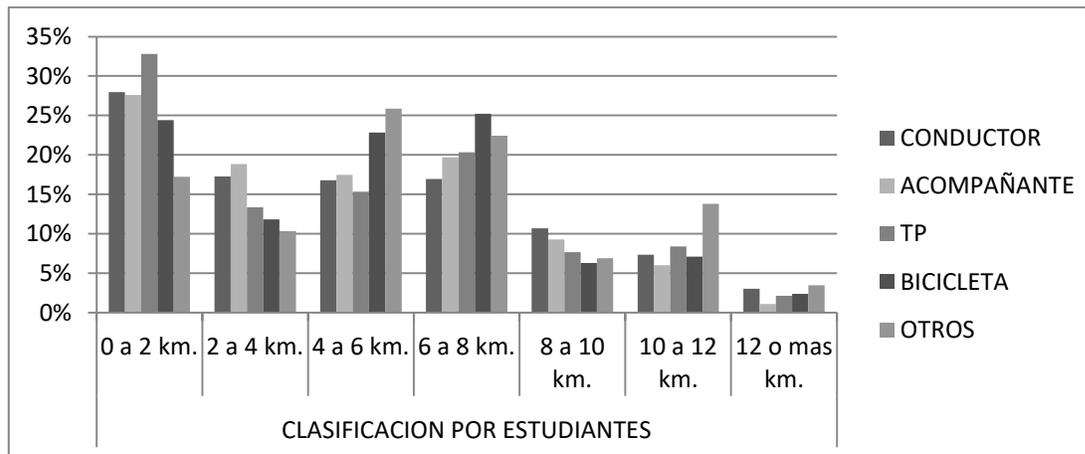
Fuente: Elaboración propia.

Al ser una ciudad dispersa, los usuarios en este caso los estudiantes y los estudiantes que también trabajan se ven en la necesidad de recorrer mayores distancias diarias, al igual que la población en general. Lo cual convierte los viajes promedios en viajes largos, ya que los viajes cortos están clasificados a no más de 2.5 km (Kim and Ulfarsson 2008). En Toronto, Canadá, los viajes cortos son considerados menores a 2 km. y los viajes de mayor distancia son realizados en automóvil (Marzoughi, 2011). En la ciudad de Mexicali los viajes que superan los 2 km son realizados en automóvil al igual que en Toronto.

#### **5.1.2.1. Clasificación de recorridos**

Los viajes cortos realizados por los estudiantes en la ciudad mayor mente son en transporte público y automóvil como conductor, al realizar viajes de mayor distancia los estudiantes buscan otros modos de transporte más accesibles a sus necesidades de movilidad, sin embargo, el uso de transportes motorizados presenta ser constante por los estudiantes, lo que abre un área de oportunidad para que el servicio de transporte público, ya que este puede competir con el uso del automóvil como conductor y como acompañante, además, puede atender una mayor cantidad de estudiantes aprovechando el uso constante del servicio, esto significaría una reducción del índice vehicular y una disminución en la contaminación del medio ambiente (ver Figura 8).

*Figura 8. Clasificación de recorridos por estudiantes.*

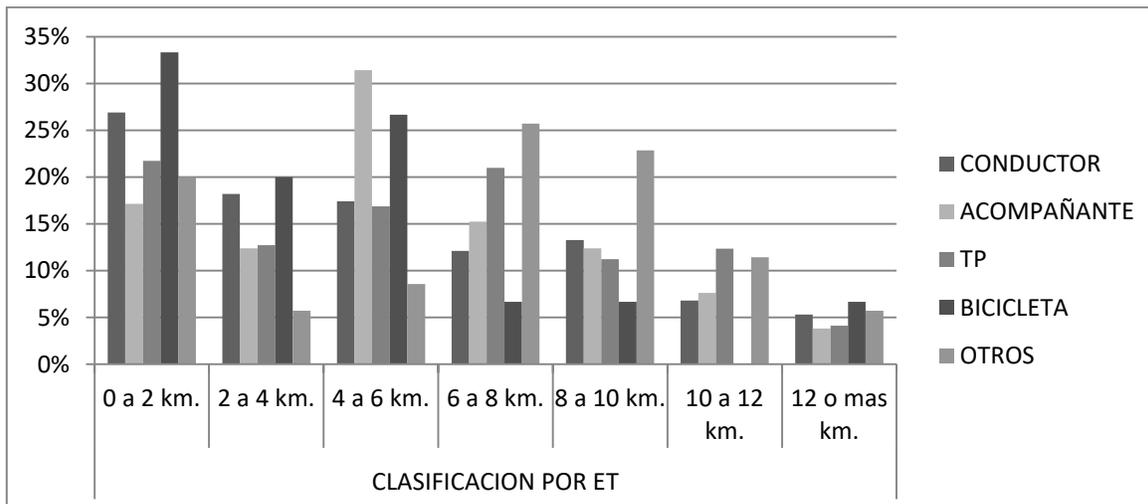


Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes que trabajan realizan viajes cortos de manera no motorizada y en automóvil como conductor, cuando las distancias de recorrido aumentan el tiempo de recorrido también lo hace, esto se ve reflejado en un problema para los estudiantes que trabajan, ya que los tiempos del servicio de transporte público pueden no ser atractivos para este grupo, por lo cual buscan otros modos de transporte para realizar sus viajes diarios. Este escenario abre un área de oportunidad para el sistema de transporte público ya que mejorando sus frecuencias pueden atender de manera más eficiente al grupo de estudiantes que trabajan (ver Figura 9).

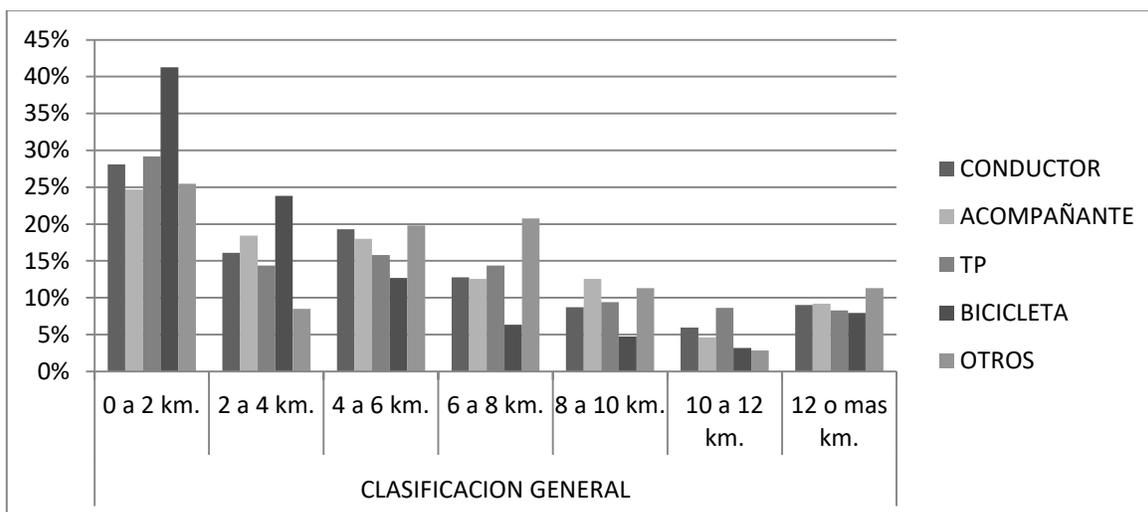
La población en general muestra una gran dependencia al automóvil como conductor, ya que este presenta un constante nivel de uso, aun cuando las distancias de recorrido sean mayores, sin embargo el uso del transporte público sigue siendo atractivo para la población en general, al presentar una demanda similar al automóvil como conductor, la oferta del sistema de transporte tiene un área de oportunidad, ya que al hacer mejoras en su servicio podría lograr que los usuarios prefieran este (ver Figura 10).

**Figura 9.** Clasificación de recorridos por estudiantes que trabajan.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10.** Clasificación de recorridos por población en general.



Fuente: Elaboración propia.

Este escenario revela, que el alto índice de automóviles particulares en la ciudad puede deberse a las condiciones de una ciudad dispersa. Esto causa que el promedio de kilómetros recorridos diarios llegue a superar los 5.5 km. además de que el 50% de sus viajes son en automóvil. En este sentido, es necesario analizar la cantidad y distancia de viajes en los distintos modos de transporte, de cada sector de la población.

### 5.1.3. Partición modal

Para la partición modal se realizó un análisis de tasa de viajes y de distancia de recorridos, esto para cada grupo de población y en los diferentes modos de transporte (ver Tabla 9). Este análisis muestra como es el comportamiento de los grupos de población en cada modo de transporte. En el uso del automóvil como conductor la población en general (3.83) y los estudiantes que trabajan (3.77) generan más viajes promedio que los estudiantes, al igual que sus distancias de recorrido, lo cual se debe, a que estos tienen una mayor necesidad de trasladarse a diversos lugares, lo que ocasiona que la tasa de viajes y las distancias sean mayores a las de los estudiantes que solo se dedican al estudio (ver Figura 11).

*Tabla 9. Análisis de indicadores por modo de transporte*

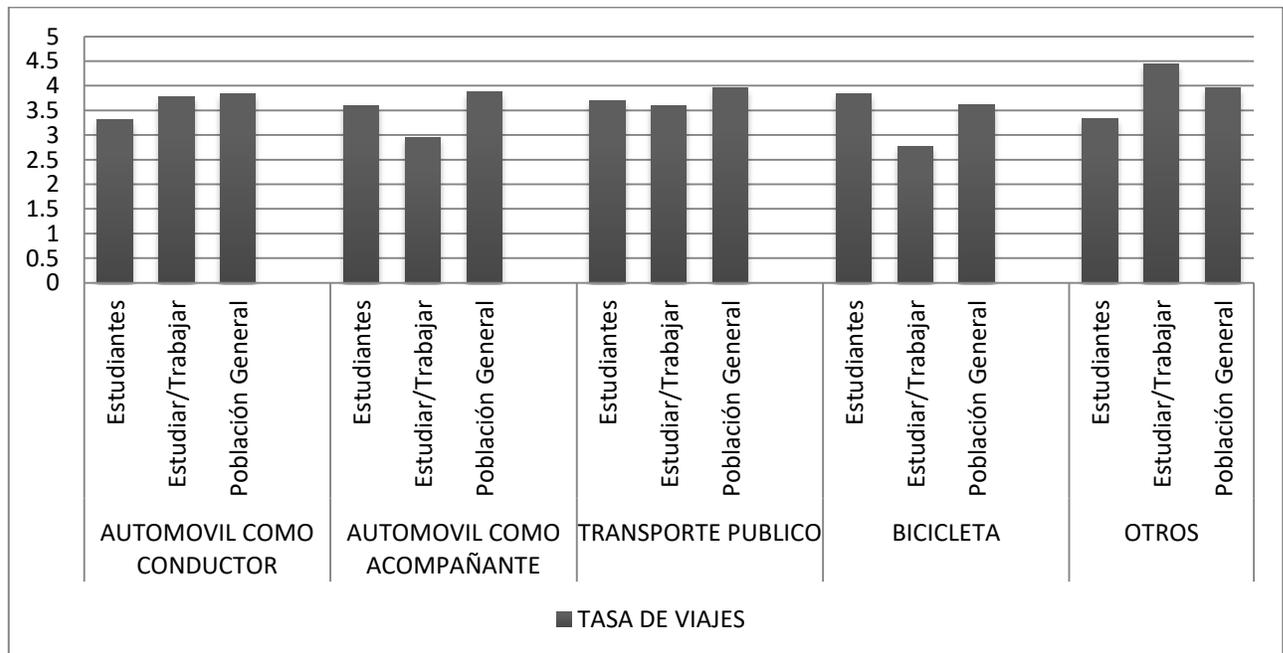
| MODO DE TRANSPORTE                | TASA DE VIAJES |      | DISTANCIAS RECORRIDAS |      |
|-----------------------------------|----------------|------|-----------------------|------|
|                                   | PROMEDIOS      | DS   | PROMEDIOS             | DS   |
| <b>AUTOMOVIL COMO CONDUCTOR</b>   |                |      |                       |      |
| Estudiantes                       | <b>3.32</b>    | 1.65 | <b>4.95</b>           | 3.42 |
| Estudiar/Trabajar                 | <b>3.77</b>    | 1.85 | <b>5.2</b>            | 3.68 |
| Población General                 | <b>3.83</b>    | 1.80 | <b>5.4</b>            | 4.30 |
| <b>AUTOMOVIL COMO ACOMPAÑANTE</b> |                |      |                       |      |
| Estudiantes                       | <b>3.6</b>     | 1.70 | <b>4.77</b>           | 3.18 |
| Estudiar/Trabajar                 | <b>2.95</b>    | 1.67 | <b>5.72</b>           | 3.61 |
| Población General                 | <b>3.88</b>    | 1.83 | <b>5.54</b>           | 4.27 |
| <b>TRANSPORTE PUBLICO</b>         |                |      |                       |      |
| Estudiantes                       | <b>3.7</b>     | 1.86 | <b>4.84</b>           | 3.43 |
| Estudiar/Trabajar                 | <b>3.59</b>    | 1.73 | <b>5.81</b>           | 3.82 |
| Población General                 | <b>3.96</b>    | 1.80 | <b>5.49</b>           | 4.35 |
| <b>BICICLETA</b>                  |                |      |                       |      |
| Estudiantes                       | <b>3.84</b>    | 1.97 | <b>5.04</b>           | 3.17 |
| Estudiar/Trabajar                 | <b>2.77</b>    | 1.30 | <b>4.46</b>           | 3.49 |
| Población General                 | <b>3.61</b>    | 2.29 | <b>4.26</b>           | 4.21 |
| <b>OTROS</b>                      |                |      |                       |      |

|                         |             |      |             |      |
|-------------------------|-------------|------|-------------|------|
| Estudiantes             | <b>3.34</b> | 2.07 | <b>5.84</b> | 3.33 |
| Estudiar/Trabajar       | <b>4.44</b> | 2.00 | <b>6.53</b> | 3.65 |
| Población General       | <b>3.96</b> | 1.98 | <b>5.98</b> | 4.16 |
| DS: Desviación Estándar |             |      |             |      |

Fuente: Elaboración propia.

En el modo automóvil como acompañante los resultados muestran (ver Tabla 9) que la población en general presenta la tasa de viajes promedio mayor de los tres grupos, lo que significa, que la población en general prefiere compartir un automóvil aun cuando las distancias promedio son mayores a 5km. convirtiendo los viajes promedio en viajes largos (ver Figura 11).

*Figura 11. Tasa de viajes por modo de transporte*



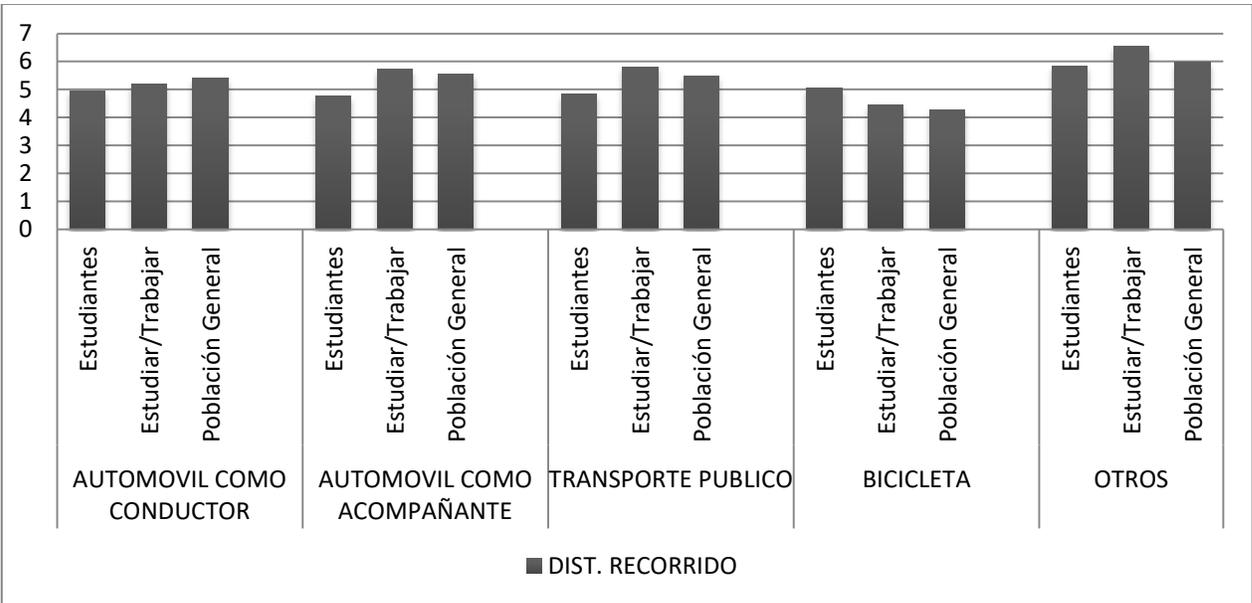
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados al analizar los modos no motorizados muestran que los estudiantes son quienes más generan viajes promedio y recorren mayores distancias promedio diarias en bicicleta (ver Figura 12), esto puede deberse a que el uso de la bicicleta no presenta un costo elevado por lo cual es accesible a las posibilidades de los estudiantes y al ser

estudiantes de tiempo completo no se tiene ingresos tan altos como para solventar los gastos de un automóvil o las tarifas del servicio de transporte público de la ciudad.

Al analizar la tasa de viajes por modo de transporte, se muestra que en los modos de transporte alternativo la tasa de viajes es en promedio mayor al resto de los modos, esto se debe a que pocos usuarios utilizan este servicio, sin embargo, este modo alternativo comparado con el transporte público o el uso de automóvil es uno de los que presentan el menor uso por los grupos de población, lo que muestra, que los usuarios al no tener acceso al sistema de transporte público o un automóvil particular, realizan en promedio más viajes diarios (ver Figura 12).

*Figura 12. Distancias de recorrido por modo de transporte*



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis ANOVA (ver Tabla 10) muestran que no hay una diferencia significativa en los modos de transporte más que en el automóvil como conductor, donde la población en general (3.83) supera a los estudiantes que trabajan (3.77), confirmando la dependencia al uso del automóvil como conductor de la población en general, esto se ve reflejado en el alto índice de automóviles y congestionamientos que se presentan en la ciudad. Este problema es un área de oportunidad para sistema de transporte ya que este

puede brindar un mejor servicio y hacer que los usuarios prefieran viajes en transporte público y así reducir las aglomeraciones de tránsito.

*Tabla 10. Resultados ANOVA para tasa de viajes por modo de transporte*

| MODO DE TRANSPORTE         | GRADOS DE LIBERTAD | F     | TABLA F 0.95 | ACEPTACIÓN DE HO |
|----------------------------|--------------------|-------|--------------|------------------|
| AUTOMOVIL COMO CONDUCTOR   | 2                  | 5.094 | 3.008        | <b>NO</b>        |
|                            | 729                |       |              |                  |
| AUTOMOVIL COMO ACOMPAÑANTE | 2                  | 2.418 | 3.036        | <b>SI</b>        |
|                            | 225                |       |              |                  |
| TRANSPORTE PUBLICO         | 2                  | 1.905 | 3.012        | <b>SI</b>        |
|                            | 568                |       |              |                  |
| BICICLETA                  | 2                  | 1.074 | 3.122        | <b>SI</b>        |
|                            | 73                 |       |              |                  |
| OTROS                      | 2                  | 1.127 | 3.105        | <b>SI</b>        |
|                            | 84                 |       |              |                  |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis ANOVA (ver Tabla 11) reflejan que en los otros modos de transporte los estudiantes que trabajan (6.53) no presentan una diferencia en sus medias muestrales con respecto a la población en general (5.98), lo cual indica que no tienen una diferencia significativa en el promedio de kilómetros recorridos, al igual que en los modos de transporte en automóvil como conductor y en bicicleta. No obstante cuando analizamos los modos en automóvil como acompañante y el transporte público estos si presentan una diferencia significativa, en la cual los estudiantes que trabajan realizan en promedio mayor distancia de recorrido que la población en general.

*Tabla 11. Resultados ANOVA para distancias por modo de transporte*

| MODO DE TRANSPORTE       | GRADOS DE LIBERTAD | F     | TABLA F 0.95 | ACEPTACIÓN DE HO |
|--------------------------|--------------------|-------|--------------|------------------|
| AUTOMOVIL COMO CONDUCTOR | 2                  | 2.372 | 3.001        | <b>SI</b>        |
|                          | 1794               |       |              |                  |

|                               |      |       |       |           |
|-------------------------------|------|-------|-------|-----------|
| AUTOMOVIL COMO<br>ACOMPAÑANTE | 2    | 4.662 | 3.008 | <b>NO</b> |
|                               | 707  |       |       |           |
| TRANSPORTE PUBLICO            | 2    | 6.772 | 3.002 | <b>NO</b> |
|                               | 1452 |       |       |           |
| BICICLETA                     | 2    | 1.072 | 3.041 | <b>SI</b> |
|                               | 202  |       |       |           |
| OTROS                         | 2    | 0.379 | 3.042 | <b>SI</b> |
|                               | 196  |       |       |           |

Fuente: Elaboración propia.

El análisis por modo de transporte público muestra que la población en general, los estudiantes, y los estudiantes realizan viajes promedio mayores a 3 viajes y sus recorridos diarios en promedio son de 5 km., mostrando el constante uso de este servicio, haciendo del sistema de transporte un servicio con gran área de oportunidad, ya que este se ve demandado por los tres grupos de población, esto se traduce en, que si el sistema de transporte aumenta frecuencias y su servicio es de mejor calidad y cobertura, podría competir directamente contra el transporte en automóvil lo cual sería factible para la disminución del índice vehicular y la reducción en tiempos de traslado para los usuarios.

## **5.2. Modelo de Demanda de estudiantes**

### **5.2.1. Distribución de estudiantes**

El análisis de los resultados muestra cuántos alumnos del campus central residen en cada zona, esta distribución se muestra en la tabla 12, donde se puede apreciar que la zona 42 tiene la mayor cantidad de alumnos con un total de 802 alumnos y 11 zonas presentan el mínimo de alumnos con solo 12 por cada zona, en promedio las zonas tienen 115 alumnos que residen en la zona y que su destino de estudio es el campus central.

*Tabla 12. Distribución de estudiantes*

| ZONA                                         | EZ    | EZC | ZONA | EZ    | EZC | ZONA | EZ    | EZC | ZONA   | EZ      | EZC   |
|----------------------------------------------|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|--------|---------|-------|
| 1                                            | 0.31% | 36  | 26   | 0.93% | 108 | 51   | 0.10% | 12  | 76     | 0.52%   | 60    |
| 2                                            | 0.31% | 36  | 27   | 0.62% | 72  | 52   | 0.31% | 36  | 77     | 0.41%   | 48    |
| 3                                            | 0.83% | 96  | 28   | 1.56% | 180 | 53   | 0.31% | 36  | 78     | 1.87%   | 216   |
| 4                                            | 0.83% | 96  | 29   | 0.31% | 36  | 54   | 0.21% | 24  | 79     | 0.62%   | 72    |
| 5                                            | 0.21% | 24  | 30   | 2.70% | 311 | 55   | 1.14% | 132 | 80     | 0.93%   | 108   |
| 6                                            | 0.10% | 12  | 31   | 1.04% | 120 | 56   | 1.14% | 132 | 81     | 1.45%   | 168   |
| 7                                            | 1.45% | 168 | 32   | 0.83% | 96  | 57   | 1.04% | 120 | 82     | 0.31%   | 36    |
| 8                                            | 1.35% | 156 | 33   | 0.73% | 84  | 58   | 1.24% | 144 | 83     | 0.10%   | 12    |
| 9                                            | 2.18% | 251 | 34   | 0.10% | 12  | 59   | 0.83% | 96  | 84     | 1.14%   | 132   |
| 10                                           | 1.35% | 156 | 35   | 0.62% | 72  | 60   | 1.76% | 204 | 85     | 0.41%   | 48    |
| 11                                           | 1.76% | 204 | 36   | 0.73% | 84  | 61   | 0.10% | 12  | 86     | 0.83%   | 96    |
| 12                                           | 0.73% | 84  | 37   | 1.45% | 168 | 62   | 1.97% | 228 | 87     | 2.07%   | 240   |
| 13                                           | 0.31% | 36  | 38   | 0.31% | 36  | 63   | 1.45% | 168 | 88     | 1.14%   | 132   |
| 14                                           | 0.10% | 12  | 39   | 3.42% | 395 | 64   | 0.93% | 108 | 89     | 0.10%   | 12    |
| 15                                           | 0.21% | 24  | 40   | 0.10% | 12  | 65   | 4.67% | 539 | 90     | 0.83%   | 96    |
| 16                                           | 0.52% | 60  | 41   | 1.66% | 192 | 66   | 0.41% | 48  | 91     | 1.14%   | 132   |
| 17                                           | 0.10% | 12  | 42   | 6.95% | 802 | 67   | 1.14% | 132 | 92     | 0.83%   | 96    |
| 18                                           | 0.10% | 12  | 43   | 0.31% | 36  | 68   | 0.21% | 24  | 93     | 0.93%   | 108   |
| 19                                           | 0.52% | 60  | 44   | 2.80% | 323 | 69   | 0.93% | 108 | 94     | 1.04%   | 120   |
| 20                                           | 0.73% | 84  | 45   | 1.56% | 180 | 70   | 0.21% | 24  | 95     | 0.41%   | 48    |
| 21                                           | 0.10% | 12  | 46   | 0.21% | 24  | 71   | 0.93% | 108 | 96     | 0.21%   | 24    |
| 22                                           | 0.21% | 24  | 47   | 2.49% | 287 | 72   | 1.04% | 120 | 97     | 0.52%   | 60    |
| 23                                           | 0.21% | 24  | 48   | 2.18% | 251 | 73   | 1.04% | 120 | 98     | 0.31%   | 36    |
| 24                                           | 0.62% | 72  | 49   | 0.31% | 36  | 74   | 1.87% | 216 | 99     | 3.22%   | 371   |
| 25                                           | 1.14% | 132 | 50   | 2.28% | 263 | 75   | 0.73% | 84  | 100    | 0.41%   | 48    |
| EZC=estudiantes correspondientes a cada zona |       |     |      |       |     |      |       |     | Total= | 100.00% | 11545 |
| EZ= porcentaje de estudiantes por zona       |       |     |      |       |     |      |       |     |        |         |       |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de analizar el porcentaje de estudiantes muestran la representación de la población estudiantil del campus central de la UABC. La zona con mayor porcentaje de estudiantes es la numero 42, la cual se encuentra aledaña al campus y concentra el 6.95 % del mismo (802 estudiantes). Así mismo, existen otras zonas que tienen altas concentraciones de estudiantes, como las zonas 39, 42, 44, 65 y 99, las cuales están ubicadas en las áreas del oeste, sur y en el sureste de la mancha urbana.

### 5.2.2. Generación de viajes

En la tabla 13 se muestran los viajes de los estudiantes del campus central por zona, estos viajes muestran la demanda de los estudiantes en los diversos modos de transporte, los cuales son en un día hábil de la semana, lo que se traduce que estos viajes no son realizados en su totalidad en un solo modo, los viajes están repartidos en el transporte público, en automóvil, caminando, por lo cual esta tabla solo muestra el total de viajes que se generan por cada zona. El total de viajes al campus central es de 15,808 al día, con un promedio por zona de 158, sin embargo en algunas zonas el rango de los viajes es variable ya que pueden ir de 11 viajes hasta los 1,165.

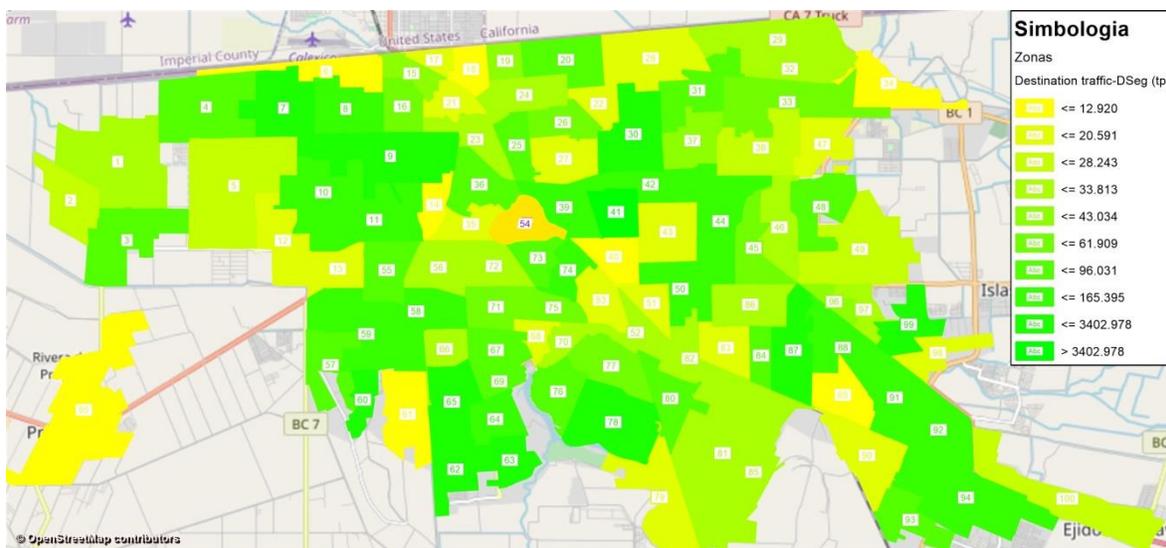
*Tabla 13. Viajes de estudiantes*

| ZONA | VE   | VIAJES |
|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|
| 1    | 1.33 | 48     | 26   | 1.50 | 162    | 51   | 1.00 | 12     | 76   | 1.50 | 90     |
| 2    | 1.00 | 36     | 27   | 1.75 | 126    | 52   | 1.34 | 48     | 77   | 1.50 | 72     |
| 3    | 1.38 | 132    | 28   | 1.14 | 205    | 53   | 1.33 | 48     | 78   | 1.12 | 241    |
| 4    | 1.14 | 109    | 29   | 1.67 | 60     | 54   | 1.50 | 36     | 79   | 1.33 | 96     |
| 5    | 1.00 | 24     | 30   | 1.48 | 460    | 55   | 1.18 | 156    | 80   | 1.34 | 144    |
| 6    | 1.00 | 12     | 31   | 1.33 | 160    | 56   | 1.22 | 161    | 81   | 1.46 | 245    |
| 7    | 1.23 | 206    | 32   | 1.25 | 120    | 57   | 1.22 | 146    | 82   | 1.00 | 36     |
| 8    | 1.58 | 247    | 33   | 1.00 | 84     | 58   | 1.42 | 204    | 83   | 1.00 | 12     |
| 9    | 1.25 | 314    | 34   | 2.00 | 24     | 59   | 1.29 | 123    | 84   | 1.34 | 177    |
| 10   | 1.50 | 234    | 35   | 1.33 | 96     | 60   | 1.25 | 254    | 85   | 1.00 | 48     |
| 11   | 1.21 | 247    | 36   | 1.86 | 156    | 61   | 1.00 | 12     | 86   | 2.14 | 205    |
| 12   | 1.43 | 120    | 37   | 1.46 | 245    | 62   | 1.21 | 275    | 87   | 1.22 | 293    |

|                                                         |      |     |    |      |      |    |      |     |     |        |       |
|---------------------------------------------------------|------|-----|----|------|------|----|------|-----|-----|--------|-------|
| 13                                                      | 1.67 | 60  | 38 | 1.67 | 60   | 63 | 1.34 | 225 | 88  | 1.10   | 145   |
| 14                                                      | 1.34 | 16  | 39 | 1.40 | 553  | 64 | 1.25 | 135 | 89  | 1.00   | 12    |
| 15                                                      | 1.50 | 36  | 40 | 1.00 | 12   | 65 | 1.24 | 670 | 90  | 1.50   | 144   |
| 16                                                      | 1.20 | 72  | 41 | 3.13 | 599  | 66 | 1.25 | 60  | 91  | 1.50   | 198   |
| 17                                                      | 1.34 | 16  | 42 | 1.45 | 1165 | 67 | 1.36 | 180 | 92  | 1.25   | 120   |
| 18                                                      | 1.00 | 12  | 43 | 1.00 | 36   | 68 | 1.50 | 36  | 93  | 1.34   | 144   |
| 19                                                      | 1.34 | 80  | 44 | 1.52 | 491  | 69 | 1.44 | 156 | 94  | 1.30   | 156   |
| 20                                                      | 1.29 | 108 | 45 | 1.15 | 207  | 70 | 1.00 | 24  | 95  | 1.00   | 48    |
| 21                                                      | 1.00 | 12  | 46 | 1.50 | 36   | 71 | 1.33 | 144 | 96  | 1.50   | 36    |
| 22                                                      | 1.00 | 24  | 47 | 1.21 | 347  | 72 | 1.33 | 160 | 97  | 1.20   | 72    |
| 23                                                      | 1.00 | 24  | 48 | 1.42 | 357  | 73 | 1.34 | 160 | 98  | 1.33   | 48    |
| 24                                                      | 1.67 | 120 | 49 | 2.33 | 84   | 74 | 1.56 | 335 | 99  | 1.19   | 440   |
| 25                                                      | 1.34 | 177 | 50 | 1.29 | 339  | 75 | 1.34 | 112 | 100 | 1.00   | 48    |
| VE= viajes de estudiantes con destino al campus central |      |     |    |      |      |    |      |     |     | Total= | 15808 |

Fuente: Elaboración propia.

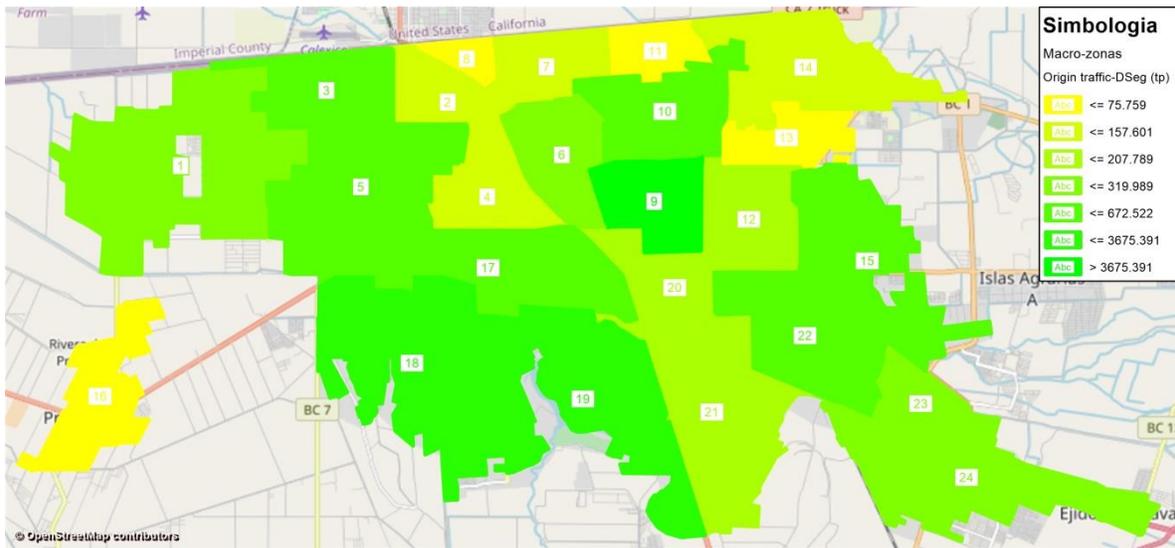
*Figura 13. Viajes de estudiantes al campus central*



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 13 la cantidad de zonas hace que sea complejo comprender la distribución de la demanda de viajes por lo que se agrupan en 24 macro-zonas que permitan obtener una representación gráfica más clara de la distribución de la demanda de viajes.

*Figura 14. Macro-zonas*



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 14 las macro-zonas agrupan la cantidad de estudiantes que van al campus central, la cantidad de estudiantes se concentran en las zonas residenciales más densas en el oeste, sur y en el sureste y así mismo existe una alta concentración en las zonas aledañas al campus central, lo cual tiene que ver con las residencias de los estudiantes foráneos que alquilan departamentos cercanos al campus.

### 5.2.3. Partición modal de estudiantes

La tabla 14 muestra los viajes que los estudiantes realizan en el transporte público para llegar al campus central, estos se obtienen al multiplicar la demanda por zona por su porcentaje de viajes en transporte público obtenido con los resultados de la encuesta. En total se generan 6600 viajes en transporte público, con un promedio de 66 viajes por zona. Esto corrobora los promedios generales de la partición modal obtenidos en la etapa de comparación de estudiantes y población en general.

El promedio de uso del transporte público por parte de los estudiantes es del 52%, sin embargo hay zonas donde este porcentaje es del 4% lo que muestra que hay áreas de oportunidad para atender zonas que no se están atendiendo de manera satisfactoria.

*Tabla 14. Demanda de movilidad en el transporte público*

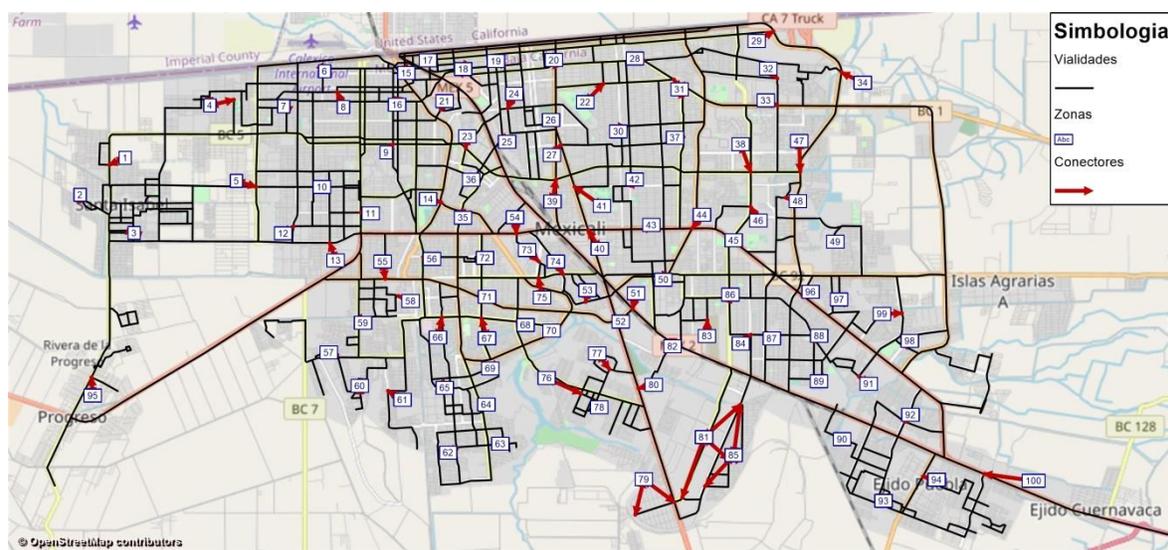
| ZONA                                                                                                                                                         | TPE     | DTP | ZONA | TPE     | DTP | ZONA | TPE     | DTP | ZONA | TPE     | DTP  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|------|
| 1                                                                                                                                                            | 66.67%  | 32  | 26   | 33.33%  | 54  | 51   | 100.00% | 12  | 76   | 80.00%  | 72   |
| 2                                                                                                                                                            | 66.67%  | 24  | 27   | 20.00%  | 25  | 52   | 68.75%  | 33  | 77   | 75.00%  | 54   |
| 3                                                                                                                                                            | 57.14%  | 75  | 28   | 6.67%   | 14  | 53   | 33.33%  | 16  | 78   | 70.59%  | 170  |
| 4                                                                                                                                                            | 71.43%  | 78  | 29   | 66.67%  | 40  | 54   | 100.00% | 36  | 79   | 16.67%  | 16   |
| 5                                                                                                                                                            | 100.00% | 24  | 30   | 52.80%  | 243 | 55   | 36.36%  | 57  | 80   | 48.64%  | 70   |
| 6                                                                                                                                                            | 100.00% | 12  | 31   | 40.00%  | 64  | 56   | 18.18%  | 29  | 81   | 14.29%  | 35   |
| 7                                                                                                                                                            | 84.62%  | 175 | 32   | 25.00%  | 30  | 57   | 50.00%  | 73  | 82   | 66.67%  | 24   |
| 8                                                                                                                                                            | 61.54%  | 152 | 33   | 52.80%  | 44  | 58   | 54.55%  | 111 | 83   | 100.00% | 12   |
| 9                                                                                                                                                            | 70.00%  | 220 | 34   | 52.80%  | 13  | 59   | 75.00%  | 92  | 84   | 49.82%  | 88   |
| 10                                                                                                                                                           | 66.67%  | 156 | 35   | 16.67%  | 16  | 60   | 88.24%  | 225 | 85   | 50.00%  | 24   |
| 11                                                                                                                                                           | 41.18%  | 102 | 36   | 57.14%  | 89  | 61   | 52.80%  | 6   | 86   | 25.00%  | 51   |
| 12                                                                                                                                                           | 14.29%  | 17  | 37   | 15.38%  | 38  | 62   | 73.68%  | 203 | 87   | 60.00%  | 176  |
| 13                                                                                                                                                           | 33.33%  | 20  | 38   | 52.80%  | 32  | 63   | 74.34%  | 167 | 88   | 66.67%  | 97   |
| 14                                                                                                                                                           | 52.80%  | 8   | 39   | 18.18%  | 101 | 64   | 75.00%  | 101 | 89   | 52.80%  | 6    |
| 15                                                                                                                                                           | 100.00% | 36  | 40   | 52.80%  | 6   | 65   | 38.64%  | 259 | 90   | 12.50%  | 18   |
| 16                                                                                                                                                           | 60.00%  | 43  | 41   | 6.25%   | 37  | 66   | 50.00%  | 30  | 91   | 63.64%  | 126  |
| 17                                                                                                                                                           | 100.00% | 16  | 42   | 14.93%  | 174 | 67   | 45.45%  | 82  | 92   | 75.00%  | 90   |
| 18                                                                                                                                                           | 45.24%  | 5   | 43   | 33.33%  | 12  | 68   | 51.39%  | 18  | 93   | 46.25%  | 67   |
| 19                                                                                                                                                           | 45.24%  | 36  | 44   | 22.22%  | 109 | 69   | 44.44%  | 69  | 94   | 80.00%  | 125  |
| 20                                                                                                                                                           | 57.14%  | 62  | 45   | 20.00%  | 41  | 70   | 100.00% | 24  | 95   | 25.00%  | 12   |
| 21                                                                                                                                                           | 100.00% | 12  | 46   | 100.00% | 36  | 71   | 33.33%  | 48  | 96   | 100.00% | 36   |
| 22                                                                                                                                                           | 52.80%  | 13  | 47   | 4.35%   | 15  | 72   | 20.00%  | 32  | 97   | 40.00%  | 29   |
| 23                                                                                                                                                           | 100.00% | 24  | 48   | 26.32%  | 94  | 73   | 52.96%  | 85  | 98   | 33.33%  | 16   |
| 24                                                                                                                                                           | 33.33%  | 40  | 49   | 52.80%  | 44  | 74   | 38.89%  | 130 | 99   | 45.16%  | 199  |
| 25                                                                                                                                                           | 43.67%  | 77  | 50   | 40.91%  | 139 | 75   | 51.39%  | 58  | 100  | 50.00%  | 24   |
| TPE= porcentaje de uso del transporte público por parte de los estudiantes por zona<br>DTP= demanda de movilidad en el transporte público de los estudiantes |         |     |      |         |     |      |         |     |      | Total=  | 6600 |

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Modelación del sistema de transporte

En la figura 15 se muestra la distribución de la oferta vial en la ciudad, donde cada zona tiene su conector, los cuales sirven para distribuir al usuario de la zona a un nodo donde pasan a trasladarse por una vialidad para llegar a otro nodo donde utilizan un conector para ingresar a otra zona, lo cual ocurre con cada zona de ciudad.

Figura 15. Modelo de oferta 2017



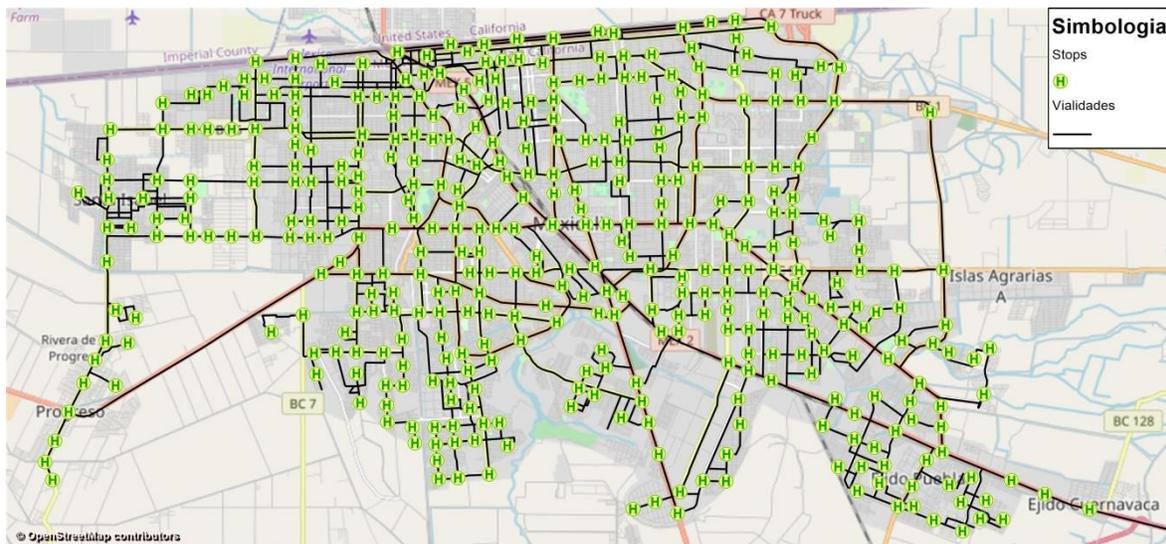
Fuente: Elaboración propia.

Al modelo de oferta se le incorporaron un total de 1,154 paraderos para el sistema de transporte. En la figura 16 se muestra la distribución de los paraderos incorporados al modelo de oferta vial para el sistema de transporte público con los cuales los usuarios podrán hacer uso del sistema de transporte público ya que estos paraderos son un acceso y descenso al sistema.

Así mismo, se agregaron 19 rutas, que se encuentran funcionando actualmente como se muestra en la tabla 15, se agregaron un total 286 unidades que operan con una frecuencia promedio de 28 minutos y un tiempo de operación promedio de 15 horas con 50 minutos, esta información es de un día hábil del sistema de transporte público. Esta información fue

obtenida por SIMUTRA mediante mediciones en campo, por lo que refleja la operación real del sistema.

*Figura 16. Puntos de paraderos en el modelo de oferta vial*



Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 15. Operación de las rutas actuales*

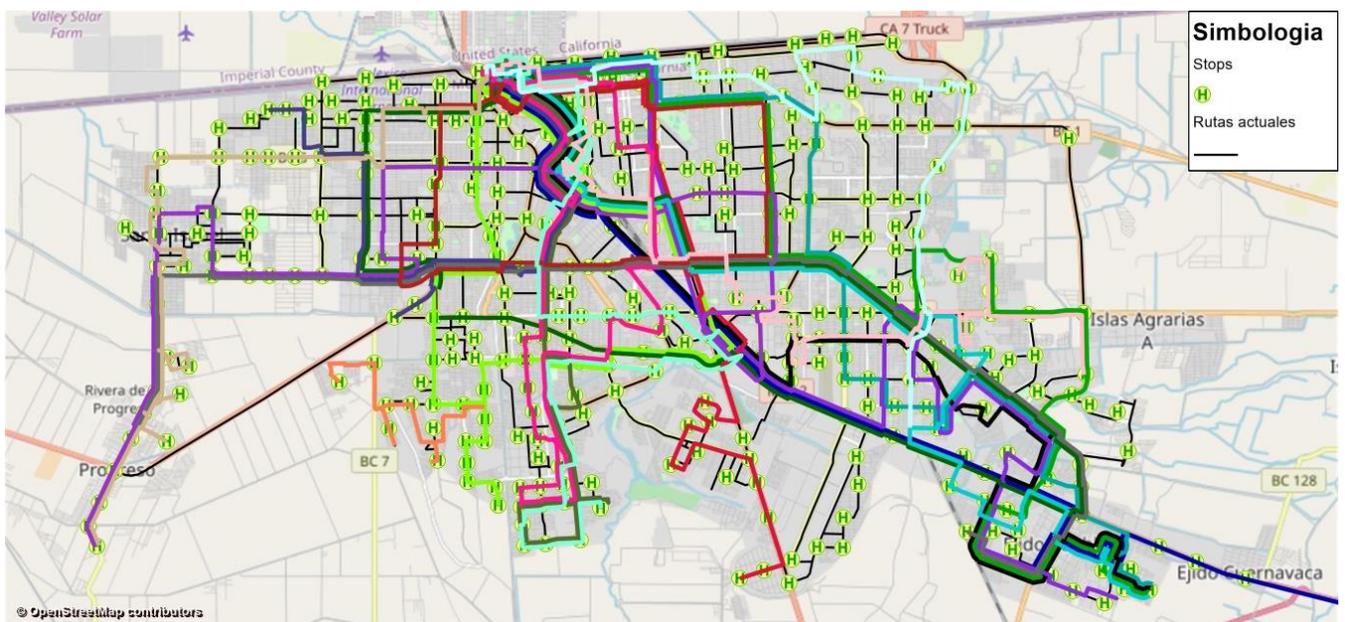
| RUTAS ACTUALES            | UNIDADES OPERANDO | FRECUENCIA | TIEMPO DE OPERACIÓN |
|---------------------------|-------------------|------------|---------------------|
| AB03-EJ.SINALOA-EXPRESS 1 | 14                | 00:12      | 16:50:00            |
| AB04-CONSTITUCION         | 7                 | 00:35      | 14:50:00            |
| AB05-VALLE DORADO         | 13                | 00:15      | 17:00:00            |
| AB06-CARRANZA             | 7                 | 00:51      | 14:05:00            |
| AT01-PALACO               | 16                | 00:14      | 16:40:00            |
| AT04-PORTALES             | 30                | 00:07      | 17:00:00            |
| ATE03-NARANJOS            | 18                | 00:09      | 17:00:00            |
| ATE09-EXPRESS RUTA 9      | 47                | 00:07      | 16:02:00            |
| AZ01-CALLE G              | 9                 | 01:24      | 14:20:00            |
| EN01-PROGRESO             | 15                | 00:12      | 16:00:00            |
| FA01-FLORES MAGÓN         | 13                | 00:12      | 16:00:00            |
| FV01-CALLE E              | 12                | 00:20      | 16:10:00            |

|                           |    |       |          |
|---------------------------|----|-------|----------|
| FV02-COMANDANCIA          | 12 | 00:11 | 16:05:00 |
| MB03-ORIZABA              | 16 | 00:21 | 16:00:00 |
| SM02-NACIONALISTA         | 12 | 00:18 | 16:00:00 |
| TC02-VILLA VERDE          | 9  | 01:55 | 15:30:00 |
| TC05-BELLA VISTA-CALLE I  | 2  | 01:00 | 14:00:00 |
| TC08-EJ.LAZARO CÁRDENAS   | 20 | 00:07 | 16:50:00 |
| TEM04-EXPRESS<br>PRESIDIO | 14 | 00:24 | 15:50:00 |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17 se muestra el modelo de oferta vial del sistema de transporte, donde se observa la interacción de los derroteros con los puntos de paraderos. El modelo está listo para asignar la demanda de movilidad de los estudiantes, así mismo se puede observar como algunas zonas de la ciudad presentan un área de oportunidad donde las rutas no están atendiendo directamente a la población, lo que se traduce en una pérdida de usuarios.

*Figura 17. Modelo de oferta vial del sistema de transporte publico*

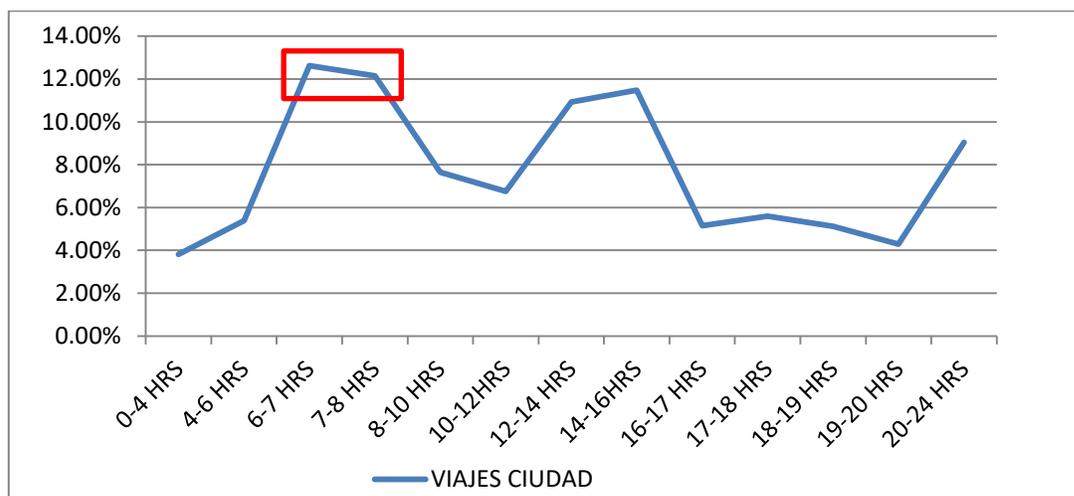


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Resultados de asignación

La asignación consideró los viajes al campus central en el periodo de 6:30 AM a 8:30 AM, ya que en este se concentra una cuarta parte de la demanda diaria (ver Figura 18), y es por lo tanto, el horario pico.

*Figura 18. Horario de demanda*



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16, se muestran los viajes origen-destino generado en cada zona con destino al campus central, la asignación resulta en un total de 4,532, dado que estos son el 35 % de los viajes de un día. Como resultado de la asignación se obtuvo una espera máxima de 15 minutos entre un transbordo, un viaje con tiempo de recorrido máximo de 1 hora con 30 minutos, distancia máxima de recorrido de 20 km. y un costo de viaje de 15.50 pesos debido a que realizaron un transbordo el cual tiene costo de 7.75 pesos.

*Tabla 16. Resultados de la asignación de demanda de estudiantes*

| ZONA | FAR  | FAR TOTAL | JRT | JRT TOTAL | NTR | WKD | WKT | ZONA | FAR  | FAR TOTAL | JRT | JRT TOTAL | NTR | WKD |
|------|------|-----------|-----|-----------|-----|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----------|-----|-----|
| 1    | 15.5 | 495       | 80  | 2539      | 1   | 0   | 5   | 51   | 7.75 | 93        | 27  | 320       | 0   | 0   |
| 2    | 7.75 | 186       | 82  | 1957      | 0   | 3   | 36  | 52   | 7.75 | 257       | 25  | 828       | 0   | 0   |
| 3    | 7.75 | 583       | 56  | 4182      | 0   | 1   | 11  | 53   | 7.75 | 124       | 37  | 598       | 0   | 1   |
| 4    | 15.5 | 1212      | 81  | 6327      | 1   | 1   | 16  | 54   | 7.75 | 278       | 41  | 1488      | 0   | 1   |
| 5    | 7.75 | 186       | 82  | 1961      | 0   | 2   | 30  | 55   | 15.5 | 878       | 47  | 2659      | 1   | 0   |
| 6    | 15.5 | 186       | 53  | 640       | 1   | 1   | 11  | 56   | 7.75 | 227       | 53  | 1551      | 0   | 1   |
| 7    | 7.75 | 1353      | 72  | 12591     | 0   | 2   | 26  | 57   | 7.75 | 567       | 69  | 5018      | 0   | 1   |
| 8    | 7.75 | 1176      | 63  | 9572      | 0   | 2   | 23  | 58   | 15.5 | 1721      | 64  | 7131      | 1   | 1   |
| 9    | 7.75 | 1705      | 45  | 9890      | 0   | 0   | 5   | 59   | 7.75 | 716       | 54  | 4980      | 0   | 0   |
| 10   | 7.75 | 1207      | 64  | 9942      | 0   | 1   | 14  | 60   | 15.5 | 3481      | 57  | 12820     | 1   | 0   |
| 11   | 7.75 | 789       | 56  | 5704      | 0   | 1   | 14  | 61   | 7.75 | 49        | 51  | 326       | 0   | 0   |
| 12   | 7.75 | 133       | 59  | 1004      | 0   | 1   | 17  | 62   | 15.5 | 3146      | 53  | 10808     | 1   | 0   |
| 13   | 7.75 | 155       | 53  | 1052      | 0   | 1   | 14  | 63   | 15.5 | 2589      | 55  | 9236      | 1   | 0   |
| 14   | 7.75 | 66        | 59  | 496       | 0   | 2   | 29  | 64   | 15.5 | 1566      | 46  | 4671      | 1   | 0   |
| 15   | 7.75 | 278       | 37  | 1343      | 0   | 0   | 4   | 65   | 15.5 | 4015      | 64  | 16553     | 1   | 1   |
| 16   | 7.75 | 334       | 39  | 1672      | 0   | 0   | 4   | 66   | 7.75 | 232       | 47  | 1398      | 0   | 0   |
| 17   | 7.75 | 124       | 39  | 625       | 0   | 1   | 8   | 67   | 7.75 | 633       | 41  | 3319      | 0   | 0   |
| 18   | 7.75 | 42        | 38  | 207       | 0   | 1   | 10  | 68   | 7.75 | 143       | 34  | 620       | 0   | 0   |
| 19   | 7.75 | 281       | 35  | 1277      | 0   | 0   | 7   | 69   | 15.5 | 1073      | 53  | 3692      | 1   | 1   |
| 20   | 7.75 | 477       | 27  | 1663      | 0   | 0   | 5   | 70   | 7.75 | 186       | 36  | 869       | 0   | 1   |
| 21   | 7.75 | 93        | 48  | 578       | 0   | 1   | 18  | 71   | 7.75 | 371       | 42  | 2015      | 0   | 1   |
| 22   | 7.75 | 98        | 49  | 620       | 0   | 1   | 20  | 72   | 15.5 | 495       | 43  | 1371      | 1   | 1   |
| 23   | 7.75 | 186       | 32  | 755       | 0   | 0   | 1   | 73   | 15.5 | 1317      | 47  | 4016      | 1   | 1   |
| 24   | 7.75 | 309       | 50  | 1985      | 0   | 1   | 20  | 74   | 7.75 | 1011      | 40  | 5249      | 0   | 1   |
| 25   | 7.75 | 597       | 36  | 2759      | 0   | 1   | 10  | 75   | 7.75 | 447       | 52  | 3019      | 0   | 2   |
| 26   | 7.75 | 418       | 24  | 1301      | 0   | 0   | 4   | 76   | 7.75 | 557       | 57  | 4107      | 0   | 1   |
| 27   | 7.75 | 195       | 26  | 656       | 0   | 0   | 3   | 77   | 7.75 | 418       | 37  | 1970      | 0   | 0   |
| 28   | 15.5 | 212       | 44  | 602       | 1   | 0   | 4   | 78   | 7.75 | 1318      | 44  | 7407      | 0   | 1   |
| 29   | 15.5 | 619       | 69  | 2765      | 1   | 1   | 15  | 79   | 7.75 | 124       | 60  | 961       | 0   | 0   |
| 30   | 7.75 | 1884      | 68  | 16507     | 0   | 3   | 42  | 80   | 7.75 | 544       | 40  | 2796      | 0   | 1   |
| 31   | 15.5 | 990       | 40  | 2540      | 1   | 0   | 5   | 81   | 7.75 | 271       | 63  | 2211      | 0   | 1   |
| 32   | 15.5 | 464       | 76  | 2281      | 1   | 2   | 26  | 82   | 7.75 | 186       | 30  | 707       | 0   | 0   |

|                                                                                                                                                  |      |      |    |      |   |   |    |    |      |      |     |       |      |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|------|---|---|----|----|------|------|-----|-------|------|---|---|
| 33                                                                                                                                               | 15.5 | 686  | 65 | 2893 | 1 | 2 | 29 | 83 | 7.75 | 93   | 56  | 668   | 0    | 2 |   |
| 34                                                                                                                                               | 15.5 | 196  | 56 | 707  | 1 | 0 | 5  | 84 | 7.75 | 682  | 49  | 4328  | 0    | 1 |   |
| 35                                                                                                                                               | 7.75 | 124  | 46 | 739  | 0 | 2 | 22 | 85 | 7.75 | 186  | 64  | 1526  | 0    | 1 |   |
| 36                                                                                                                                               | 7.75 | 689  | 33 | 2936 | 0 | 1 | 9  | 86 | 7.75 | 398  | 48  | 2465  | 0    | 2 |   |
| 37                                                                                                                                               | 15.5 | 584  | 47 | 1773 | 1 | 1 | 11 | 87 | 7.75 | 1361 | 41  | 7151  | 0    | 0 |   |
| 38                                                                                                                                               | 7.75 | 245  | 63 | 2004 | 0 | 2 | 26 | 88 | 7.75 | 749  | 53  | 5080  | 0    | 1 |   |
| 39                                                                                                                                               | 7.75 | 780  | 30 | 3037 | 0 | 0 | 6  | 89 | 7.75 | 49   | 54  | 344   | 0    | 1 |   |
| 40                                                                                                                                               | 7.75 | 49   | 24 | 154  | 0 | 0 | 0  | 90 | 15.5 | 278  | 58  | 1049  | 1    | 1 |   |
| 42                                                                                                                                               | 7.75 | 1347 | 48 | 8284 | 0 | 2 | 26 | 91 | 7.75 | 975  | 55  | 6863  | 0    | 1 |   |
| 43                                                                                                                                               | 7.75 | 93   | 27 | 327  | 0 | 0 | 4  | 92 | 7.75 | 696  | 55  | 4924  | 0    | 1 |   |
| 44                                                                                                                                               | 7.75 | 846  | 33 | 3563 | 0 | 0 | 3  | 93 | 15.5 | 1035 | 65  | 4310  | 1    | 1 |   |
| 45                                                                                                                                               | 7.75 | 321  | 30 | 1225 | 0 | 0 | 3  | 94 | 7.75 | 965  | 57  | 7048  | 0    | 1 |   |
| 46                                                                                                                                               | 7.75 | 278  | 46 | 1646 | 0 | 1 | 14 | 95 | 7.75 | 93   | 76  | 914   | 0    | 1 |   |
| 47                                                                                                                                               | 15.5 | 234  | 54 | 817  | 1 | 0 | 4  | 96 | 7.75 | 278  | 36  | 1285  | 0    | 0 |   |
| 48                                                                                                                                               | 15.5 | 1458 | 58 | 5436 | 1 | 1 | 15 | 97 | 7.75 | 223  | 47  | 1343  | 0    | 1 |   |
| 49                                                                                                                                               | 15.5 | 686  | 72 | 3180 | 1 | 1 | 15 | 98 | 7.75 | 124  | 55  | 879   | 0    | 1 |   |
| 50                                                                                                                                               | 7.75 | 1074 | 43 | 5985 | 0 | 1 | 22 | 99 | 7.75 | 1540 | 67  | 13248 | 0    | 2 |   |
| FAR= Costo en pesos JRT= tiempo total de viaje en min.<br>NTR= transbordos, WKD= distancia de caminata en km.<br>WKT= tiempo de caminata en min. |      |      |    |      |   |   |    |    | 100  | 7.75 | 186 | 76    | 1823 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

En promedio los estudiantes realizan recorridos de 8.5 km. con tiempos de recorrido de 48 minutos, regularmente realizan un transbordo por lo que gastan 15.50 pesos en un viaje esto sin considerar el viaje de regreso a casa por lo que sería otros 15.50 pesos dando un total de 31 pesos en promedio, este sería el gasto en el transporte público.

Con esta misma lógica se deduce que los estudiantes invierten en promedio más de 2 horas al día en el transporte público para poder realizar sus viajes, esto sí solo consideramos el promedio de tiempo en el recorrido, si bien observamos cuanto es el tiempo que emplean los alumnos que tardan más en realizar los viajes estaríamos hablando de más de 3 horas realizando sus viajes en un día.

En la tabla 17 se muestran los kilómetros de servicio que las rutas ofrecen, además de los kilómetros de servicio de los estudiantes que utilizan cada ruta, como se puede observar la ruta con mayor demanda es AT04-PORTALES con un porcentaje de 130% esto quiere decir que las unidades están saturadas, así mismo, se tienen rutas donde el porcentaje es de 0% lo que indica que los estudiantes no están haciendo uso de ellas.

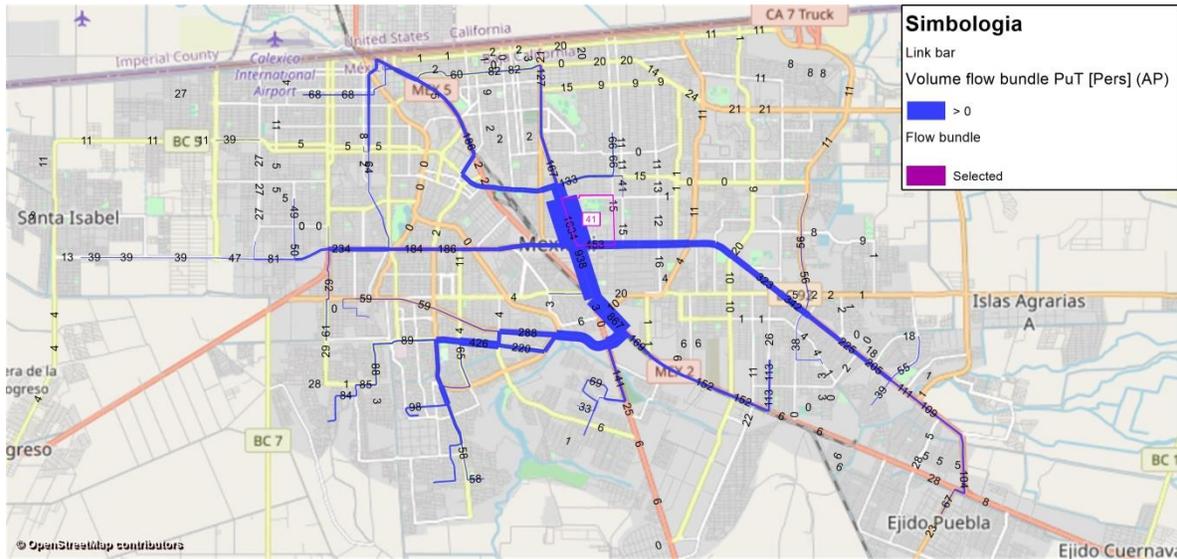
*Tabla 17. Porcentaje de uso del transporte público*

| RUTAS                      | KM. DE SERVICIO | KM. CON PASAJEROS | % DE USO |
|----------------------------|-----------------|-------------------|----------|
| AB03-EJ.SINALOA-EXPRESS 1  | 5263.96         | 16.91             | 0.32%    |
| AB04-CONSTITUCION          | 1970.65         | 68.83             | 3.49%    |
| AB05-VALLE DORADO          | 3631.38         | 263.25            | 7.25%    |
| AB06-CARRANZA              | 1108.20         | 0.00              | 0.00%    |
| AT01-PALACO                | 4699.12         | 3027.52           | 64.43%   |
| AT04-PORTALES              | 8835.29         | 11516.91          | 130.35%  |
| AT04-TRANSBORDO PORTALES   | 1950.43         | 284.55            | 14.59%   |
| ATE03-NARANJOS             | 4842.64         | 3478.45           | 71.83%   |
| ATE09-EXPRESS RUTA 9       | 12535.46        | 7548.86           | 60.22%   |
| AZ01-CALLE G               | 675.79          | 5.69              | 0.84%    |
| EN01-PROGRESO              | 5639.23         | 230.90            | 4.09%    |
| FA01-FLORES MAGON          | 5367.28         | 654.93            | 12.20%   |
| FV01-CALLE E               | 4058.72         | 1888.07           | 46.52%   |
| FV02-COMANDANCIA           | 3268.45         | 842.76            | 25.78%   |
| MB03-ORIZABA               | 3065.17         | 1496.28           | 48.82%   |
| SM02-NACIONALISTA          | 2132.58         | 232.91            | 10.92%   |
| TC02-VILLA VERDE           | 548.31          | 21.52             | 3.92%    |
| TC05-BELLA VISTA-CALLE I   | 961.57          | 0.76              | 0.08%    |
| TC08-EJ.LAZARO CARDENAS    | 9264.65         | 2810.47           | 30.34%   |
| TEM04-EXPRESS RIO PRESIDIO | 2065.31         | 426.02            | 20.63%   |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19 se puede observar el volumen de los flujos en el sistema de transporte por parte de los estudiantes que van al campus central, estos flujos muestran la mayor concentración de viajes en la hora punta mañana.

*Figura 19. Volúmenes de flujo*



Fuente: Elaboración propia.

Las zonas con una mayor área de oportunidad se presentan en la tabla 18, estas muestran los indicadores más elevados, sus viajes en promedio presentan 1 transbordo con el costo de 15.50 pesos, tiempos de recorrido mayores a 40 minutos, distancias de caminata mayores a 500 metros los cuales son la distancia máxima de caminata para acceder al sistema de transporte público, por lo que el tiempo de caminata es mayor a los 10 minutos.

*Tabla 18. Zonas de mayor conflicto*

| ZONA | FAR  | JRT   | NTR  | WKD   | WKT   |
|------|------|-------|------|-------|-------|
| 4    | 15.5 | 80.9  | 1.00 | 1.08  | 16.23 |
| 6    | 15.5 | 53.42 | 1.00 | 0.738 | 11.09 |
| 29   | 15.5 | 69.26 | 1.00 | 1.032 | 15.49 |
| 32   | 15.5 | 76.19 | 1.00 | 1.733 | 25.99 |
| 33   | 15.5 | 65.36 | 1.00 | 2.223 | 28.53 |
| 37   | 15.5 | 47.02 | 1.00 | 0.7   | 10.58 |
| 48   | 15.5 | 57.8  | 1.00 | 0.988 | 14.84 |
| 49   | 15.5 | 71.84 | 1.00 | 1.006 | 15.07 |
| 58   | 15.5 | 64.21 | 1.00 | 1.198 | 17.97 |

|    |      |       |      |       |       |
|----|------|-------|------|-------|-------|
| 65 | 15.5 | 63.91 | 1.00 | 1.424 | 21.38 |
| 69 | 15.5 | 53.36 | 1.00 | 0.682 | 10.23 |
| 72 | 15.5 | 42.93 | 1.00 | 1.136 | 16.53 |
| 73 | 15.5 | 47.25 | 1.00 | 1.34  | 19.57 |
| 90 | 15.5 | 58.42 | 1.00 | 0.936 | 14.05 |
| 93 | 15.5 | 64.53 | 1.00 | 1.176 | 17.63 |

FAR= Costo en pesos JRT= tiempo total de viaje en min.

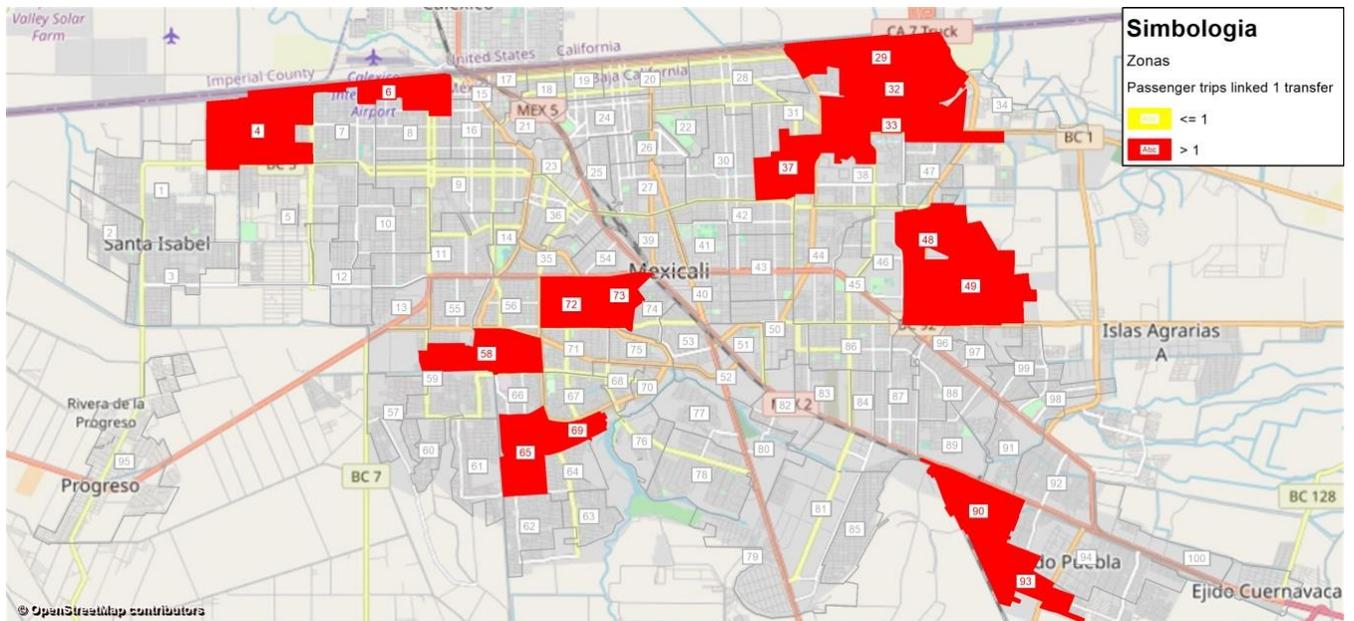
NTR= transbordos, WKD= distancia de caminata en km.

WKT= tiempo de caminata en min.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 se muestran las 15 zonas que presentan un área de oportunidad en la ciudad, las cuales como se menciona anteriormente tienen características que muestran una atención desfavorable para los estudiantes que viajan hacia el campus central.

*Figura 20. Zonas con área de oportunidad*



Fuente: Elaboración propia.

## 5.4. Propuestas de mejora y evaluación

Como primera propuesta, busca reducir el tiempo de las frecuencias más elevadas del transporte público, como se muestra en la tabla 19 estas tres rutas tienen frecuencias mayores a 30 minutos e incluso llegan hasta 1 hora con 55 minutos, por lo cual se propone que la frecuencia máxima sea de 20 min para estas rutas que atienden al campus central.

*Tabla 19. Frecuencias propuestas*

| RUTAS                    | FRECUENCIA ACTUAL | FRECUENCIA PROPUESTA |
|--------------------------|-------------------|----------------------|
| TC02-VILLA VERDE         | 01:55             | 00:20                |
| AZ01-CALLE G             | 01:24             | 00:20                |
| TC05-BELLA VISTA-CALLE I | 01:00             | 00:20                |

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, una segunda propuesta de mejora, es el transbordo gratuito, con lo cual el gasto en el transporte público por los estudiantes será reducido, siendo de 7.75 aun cuando estos realizan transbordo. Esta acción alentará al uso del transporte público y será más atractivo para los estudiantes.

Para analizar estas propuestas se realizaron los ajustes de costo y tiempo en los parámetros del modelo, esto generó una nueva versión. Para poder identificar si estas propuestas son favorables se tomaron en cuenta las zonas críticas que en el punto 5.4 se mostraron.

En la tabla 20 se muestran los resultados de los indicadores en las rutas del sistema de transporte, en donde el promedio de uso aumento al 29%, además, se redujo el porcentaje de uso de las rutas que se encontraban saturadas, así mismo, las rutas que presentaban poco uso por parte de los estudiantes aumentaron su porcentaje, tal es el caso de la ruta TC05-BELLA VISTA-CALLE I, la cual tenía el 0.08% y aumento a 67.25%. Con esto se corrobora que la propuesta es factible para que el sistema de transporte atienda de una manera más eficiente la demanda de movilidad de los estudiantes.

*Tabla 20. Evaluación de rutas*

| RUTAS                      | USO ACTUAL | USO PROPUESTA | DIFERENCIA |
|----------------------------|------------|---------------|------------|
| AB03-EJ.SINALOA-EXPRESS 1  | 0.32%      | 0.21%         | 0.11%      |
| AB04-CONSTITUCION          | 3.49%      | 0.75%         | 2.74%      |
| AB05-VALLE DORADO          | 7.25%      | 6.08%         | 1.17%      |
| AB06-CARRANZA              | 0.00%      | 0.02%         | 0.02%      |
| AT01-PALACO                | 64.43%     | 57.68%        | 6.75%      |
| AT04-PORTALES              | 130.35%    | 120.33%       | 10.02%     |
| AT04-TRANSBORDO PORTALES   | 14.59%     | 13.58%        | 1.01%      |
| ATE03-NARANJOS             | 71.83%     | 66.37%        | 5.46%      |
| ATE09-EXPRESS RUTA 9       | 60.22%     | 59.71%        | 0.51%      |
| AZ01-CALLE G               | 0.84%      | 4.53%         | 3.69%      |
| EN01-PROGRESO              | 4.09%      | 3.93%         | 0.16%      |
| FA01-FLORES MAGON          | 12.20%     | 13.18%        | 0.98%      |
| FV01-CALLE E               | 46.52%     | 12.95%        | 33.57%     |
| FV02-COMANDANCIA           | 25.78%     | 14.84%        | 10.95%     |
| MB03-ORIZABA               | 48.82%     | 49.01%        | 0.19%      |
| SM02-NACIONALISTA          | 10.92%     | 11.19%        | 0.27%      |
| TC02-VILLA VERDE           | 3.92%      | 15.55%        | 11.63%     |
| TC05-BELLA VISTA-CALLE I   | 0.08%      | 67.25%        | 67.17%     |
| TC08-EJ.LAZARO CARDENAS    | 30.34%     | 30.35%        | 0.02%      |
| TEM04-EXPRESS RIO PRESIDIO | 20.63%     | 21.17%        | 0.54%      |

Fuente: Elaboración propia.

Al no realizar el cobro del transbordo para los estudiantes estos reducen sus gasto, como se muestra en la tabla 21 los estudiantes de las zonas críticas solo gastan 7.75 aun cuando estos siguen realizando transbordos, así mismo al aumentar las frecuencias los estudiantes de las zonas 72, 90 y 93 dejaron de realizar transbordos, además en la zona 90 la distancia de caminata y el tiempo de caminata se redujeron ya que estos no realizan transbordos.

*Tabla 21. Evaluación de zonas críticas*

| ZONA | ACT.<br>FAR | PROP.<br>FAR | ACT.<br>JRT | PROP.<br>JRT | ACT.<br>NTR | PROP.<br>NTR | ACT.<br>WKD | PROP.<br>WKD | ACT.<br>WKT | PROP.<br>WKT |
|------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 4    | 15.5        | 7.75         | 80.9        | 80.59        | 1           | 1            | 1.08        | 1.069        | 16.23       | 16.07        |
| 6    | 15.5        | 7.75         | 53.42       | 53.42        | 1           | 1            | 0.738       | 0.738        | 11.09       | 11.09        |
| 29   | 15.5        | 7.75         | 69.26       | 69.32        | 1           | 1            | 1.032       | 1.03         | 15.49       | 15.45        |
| 32   | 15.5        | 7.75         | 76.19       | 76.25        | 1           | 1            | 1.733       | 1.739        | 25.99       | 26.08        |
| 33   | 15.5        | 7.75         | 65.36       | 64.86        | 1           | 1            | 2.223       | 2.211        | 28.53       | 28.4         |
| 37   | 15.5        | 7.75         | 47.02       | 45.6         | 1           | 1            | 0.7         | 0.628        | 10.58       | 9.44         |
| 48   | 15.5        | 7.75         | 57.8        | 57.5         | 1           | 1            | 0.988       | 0.958        | 14.84       | 14.39        |
| 49   | 15.5        | 7.75         | 71.84       | 55.6         | 1           | 1            | 1.006       | 0.404        | 15.07       | 6.07         |
| 58   | 15.5        | 7.75         | 64.21       | 64.21        | 1           | 1            | 1.198       | 1.197        | 17.97       | 17.95        |
| 65   | 15.5        | 7.75         | 63.91       | 62.29        | 1           | 1            | 1.424       | 1.038        | 21.38       | 15.59        |
| 69   | 15.5        | 7.75         | 53.36       | 52.63        | 1           | 1            | 0.682       | 0.668        | 10.23       | 10.03        |
| 72   | 15.5        | 7.75         | 42.93       | 43.15        | 1           | 0            | 1.136       | 1.156        | 16.53       | 16.81        |
| 73   | 15.5        | 7.75         | 47.25       | 48.1         | 1           | 1            | 1.34        | 1.415        | 19.57       | 20.67        |
| 90   | 15.5        | 7.75         | 58.42       | 61.89        | 1           | 0            | 0.936       | 0.262        | 14.05       | 3.93         |
| 93   | 15.5        | 7.75         | 64.53       | 65.41        | 1           | 0            | 1.176       | 1.189        | 17.63       | 17.83        |

FAR= Costo en pesos JRT= tiempo total de viaje en min.  
 NTR= transbordos, WKD= distancia de caminata en km.  
 WKT= tiempo de caminata en min.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 22 se puede observar los resultados de las modificaciones de propuesta, donde se obtuvo una espera máxima de 10 minutos entre un transbordo, un viaje con tiempo de recorrido máximo de 1 hora con 23 minutos, distancia máxima de recorrido de 18 km. y un costo de viaje de 7.75 pesos, debido a el cobro del transbordo para los estudiantes se propone que sea gratuito.

*Tabla 22. Resultados de la asignación de propuesta*

| ZONA | FAR  | FAR<br>TOTAL | JRT | JRT<br>TOTAL | NTR | WKD | WKT | ZONA | FAR  | FAR<br>Total | JRT | JRT<br>TOTAL | NTR | WKD | WKT |
|------|------|--------------|-----|--------------|-----|-----|-----|------|------|--------------|-----|--------------|-----|-----|-----|
| 1    | 7.75 | 248          | 80  | 2550         | 1   | 0   | 5   | 51   | 7.75 | 93           | 27  | 320          | 0   | 0   | 2   |
| 2    | 7.75 | 186          | 83  | 1986         | 0   | 3   | 38  | 52   | 7.75 | 257          | 25  | 828          | 0   | 0   | 3   |
| 3    | 7.75 | 583          | 57  | 4261         | 0   | 1   | 12  | 53   | 7.75 | 124          | 37  | 598          | 0   | 1   | 15  |
| 4    | 7.75 | 606          | 81  | 6303         | 1   | 1   | 16  | 54   | 7.75 | 278          | 42  | 1495         | 0   | 1   | 18  |
| 5    | 7.75 | 186          | 82  | 1972         | 0   | 2   | 30  | 55   | 7.75 | 439          | 47  | 2658         | 1   | 0   | 2   |
| 6    | 7.75 | 93           | 53  | 640          | 1   | 1   | 11  | 56   | 7.75 | 227          | 54  | 1574         | 0   | 1   | 19  |
| 7    | 7.75 | 1353         | 72  | 12591        | 0   | 2   | 26  | 57   | 7.75 | 567          | 69  | 5018         | 0   | 1   | 19  |
| 8    | 7.75 | 1176         | 63  | 9595         | 0   | 2   | 23  | 58   | 7.75 | 861          | 64  | 7131         | 1   | 1   | 18  |
| 9    | 7.75 | 1705         | 45  | 9868         | 0   | 0   | 5   | 59   | 7.75 | 716          | 54  | 4980         | 0   | 0   | 2   |
| 10   | 7.75 | 1207         | 64  | 9944         | 0   | 1   | 14  | 60   | 7.75 | 1740         | 57  | 12826        | 1   | 0   | 7   |
| 11   | 7.75 | 789          | 57  | 5755         | 0   | 1   | 14  | 61   | 7.75 | 49           | 51  | 326          | 0   | 0   | 0   |
| 12   | 7.75 | 133          | 60  | 1023         | 0   | 1   | 17  | 62   | 7.75 | 1573         | 52  | 10501        | 1   | 0   | 0   |
| 13   | 7.75 | 155          | 53  | 1066         | 0   | 1   | 15  | 63   | 7.75 | 1294         | 54  | 9017         | 1   | 0   | 6   |
| 14   | 7.75 | 66           | 58  | 492          | 0   | 2   | 29  | 64   | 7.75 | 783          | 45  | 4582         | 1   | 0   | 0   |
| 15   | 7.75 | 278          | 37  | 1340         | 0   | 0   | 4   | 65   | 7.75 | 2007         | 62  | 16134        | 1   | 1   | 16  |
| 16   | 7.75 | 334          | 39  | 1672         | 0   | 0   | 4   | 66   | 7.75 | 232          | 47  | 1396         | 0   | 0   | 4   |
| 17   | 7.75 | 124          | 39  | 624          | 0   | 1   | 8   | 67   | 7.75 | 633          | 41  | 3318         | 0   | 0   | 1   |
| 18   | 7.75 | 42           | 38  | 206          | 0   | 1   | 10  | 68   | 7.75 | 143          | 34  | 620          | 0   | 0   | 1   |
| 19   | 7.75 | 281          | 35  | 1276         | 0   | 0   | 7   | 69   | 7.75 | 536          | 53  | 3642         | 1   | 1   | 10  |
| 20   | 7.75 | 477          | 27  | 1662         | 0   | 0   | 5   | 70   | 7.75 | 186          | 36  | 869          | 0   | 1   | 8   |
| 21   | 7.75 | 93           | 48  | 576          | 0   | 1   | 17  | 71   | 7.75 | 371          | 42  | 2015         | 0   | 1   | 9   |
| 22   | 7.75 | 98           | 49  | 620          | 0   | 1   | 20  | 72   | 7.75 | 248          | 43  | 1378         | 1   | 1   | 17  |
| 23   | 7.75 | 186          | 31  | 744          | 0   | 0   | 1   | 73   | 7.75 | 659          | 48  | 4088         | 1   | 1   | 21  |
| 24   | 7.75 | 309          | 50  | 1985         | 0   | 1   | 20  | 74   | 7.75 | 1011         | 40  | 5262         | 0   | 1   | 17  |
| 25   | 7.75 | 597          | 36  | 2747         | 0   | 1   | 10  | 75   | 7.75 | 447          | 53  | 3033         | 0   | 2   | 25  |
| 26   | 7.75 | 418          | 24  | 1300         | 0   | 0   | 4   | 76   | 7.75 | 557          | 57  | 4107         | 0   | 1   | 10  |
| 27   | 7.75 | 195          | 26  | 654          | 0   | 0   | 3   | 77   | 7.75 | 418          | 37  | 1970         | 0   | 0   | 2   |
| 28   | 7.75 | 106          | 44  | 601          | 1   | 0   | 4   | 78   | 7.75 | 1318         | 44  | 7407         | 0   | 1   | 10  |
| 29   | 7.75 | 309          | 69  | 2767         | 1   | 1   | 15  | 79   | 7.75 | 124          | 60  | 961          | 0   | 0   | 0   |
| 30   | 7.75 | 1884         | 67  | 16347        | 0   | 3   | 41  | 80   | 7.75 | 544          | 40  | 2795         | 0   | 1   | 9   |
| 31   | 7.75 | 495          | 40  | 2533         | 1   | 0   | 5   | 81   | 7.75 | 271          | 63  | 2211         | 0   | 1   | 12  |
| 32   | 7.75 | 232          | 76  | 2283         | 1   | 2   | 26  | 82   | 7.75 | 186          | 30  | 707          | 0   | 0   | 2   |
| 33   | 7.75 | 343          | 65  | 2871         | 1   | 2   | 28  | 83   | 7.75 | 93           | 56  | 666          | 0   | 2   | 23  |
| 34   | 7.75 | 98           | 56  | 704          | 1   | 0   | 5   | 84   | 7.75 | 682          | 49  | 4328         | 0   | 1   | 8   |

|                                                                                                                                                  |      |      |    |      |   |   |    |    |      |      |     |       |      |   |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|------|---|---|----|----|------|------|-----|-------|------|---|----|----|
| 35                                                                                                                                               | 7.75 | 124  | 46 | 735  | 0 | 2 | 22 | 85 | 7.75 | 186  | 64  | 1527  | 0    | 1 | 13 |    |
| 36                                                                                                                                               | 7.75 | 689  | 33 | 2902 | 0 | 1 | 9  | 86 | 7.75 | 398  | 47  | 2435  | 0    | 2 | 20 |    |
| 37                                                                                                                                               | 7.75 | 292  | 46 | 1719 | 1 | 1 | 9  | 87 | 7.75 | 1361 | 41  | 7151  | 0    | 0 | 1  |    |
| 38                                                                                                                                               | 7.75 | 245  | 63 | 1991 | 0 | 2 | 26 | 88 | 7.75 | 749  | 53  | 5095  | 0    | 1 | 10 |    |
| 39                                                                                                                                               | 7.75 | 780  | 30 | 3014 | 0 | 0 | 6  | 89 | 7.75 | 49   | 53  | 333   | 0    | 1 | 9  |    |
| 40                                                                                                                                               | 7.75 | 49   | 24 | 153  | 0 | 0 | 0  | 90 | 7.75 | 139  | 62  | 1112  | 0    | 0 | 4  |    |
| 42                                                                                                                                               | 7.75 | 1347 | 47 | 8209 | 0 | 2 | 26 | 91 | 7.75 | 975  | 54  | 6848  | 0    | 1 | 14 |    |
| 43                                                                                                                                               | 7.75 | 93   | 27 | 321  | 0 | 0 | 4  | 92 | 7.75 | 696  | 55  | 4924  | 0    | 1 | 11 |    |
| 44                                                                                                                                               | 7.75 | 846  | 32 | 3508 | 0 | 0 | 3  | 93 | 7.75 | 518  | 65  | 4369  | 0    | 1 | 18 |    |
| 45                                                                                                                                               | 7.75 | 321  | 29 | 1207 | 0 | 0 | 3  | 94 | 7.75 | 965  | 57  | 7056  | 0    | 1 | 10 |    |
| 46                                                                                                                                               | 7.75 | 278  | 45 | 1631 | 0 | 1 | 14 | 95 | 7.75 | 93   | 76  | 915   | 0    | 1 | 16 |    |
| 47                                                                                                                                               | 7.75 | 117  | 54 | 811  | 1 | 0 | 3  | 96 | 7.75 | 278  | 36  | 1283  | 0    | 0 | 2  |    |
| 48                                                                                                                                               | 7.75 | 729  | 58 | 5408 | 1 | 1 | 14 | 97 | 7.75 | 223  | 47  | 1360  | 0    | 1 | 11 |    |
| 49                                                                                                                                               | 7.75 | 343  | 56 | 2461 | 1 | 0 | 6  | 98 | 7.75 | 124  | 55  | 879   | 0    | 1 | 16 |    |
| 50                                                                                                                                               | 7.75 | 1074 | 43 | 5963 | 0 | 1 | 22 | 99 | 7.75 | 1540 | 67  | 13310 | 0    | 2 | 24 |    |
| FAR= Costo en pesos JRT= tiempo total de viaje en min.<br>NTR= transbordos, WKD= distancia de caminata en km.<br>WKT= tiempo de caminata en min. |      |      |    |      |   |   |    |    | 100  | 7.75 | 186 | 76    | 1823 | 0 | 1  | 14 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se puede observar los resultados totales de la primera asignación de demanda contrastados con los resultados de la asignación con propuestas de mejora, donde se muestra que en la hora punta mañana el costo de viaje disminuye en 14,808 lo que se traduce en un ahorro para los estudiantes debido a que no se gasta en transbordos, al tiempo total de viaje se le reduce 31 horas, el total de transbordos es reducido en 84, la distancia de recorrido total se reduce 153 km., así mismo el tiempo de caminata se reduce en 38 horas.

**Tabla 23. Indicadores generales**

| EVALUACIÓN GENERAL DE INDICADORES                                                                                                                 |            |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| VIAJES CON DESTINO AL CAMPUS                                                                                                                      |            |            |            |
| INDICADORES                                                                                                                                       | ACTUAL     | PROPUESTA  | DIFERENCIA |
| FAR TOTAL                                                                                                                                         | 65664.37   | 50856.38   | 14808.00   |
| JRT TOTAL                                                                                                                                         | 342661.55  | 340769.92  | 1891.63    |
| NTR                                                                                                                                               | 1910.71    | 1825.95    | 84.76      |
| WKD TOTAL                                                                                                                                         | 5938.99    | 5785.60    | 153.39     |
| WKT TOTAL                                                                                                                                         | 87716.05   | 85388.86   | 2327.19    |
| DÍA COMPLETO                                                                                                                                      |            |            |            |
| INDICADORES                                                                                                                                       | ACTUAL     | PROPUESTA  | DIFERENCIA |
| FAR TOTAL                                                                                                                                         | 131,328.75 | 101,712.75 | 29,616.00  |
| JRT TOTAL                                                                                                                                         | 685,323.11 | 681,539.84 | 3,783.26   |
| NTR                                                                                                                                               | 3,821.42   | 3,651.89   | 169.53     |
| WKD TOTAL                                                                                                                                         | 11,877.99  | 11,571.20  | 306.78     |
| WKT TOTAL                                                                                                                                         | 175,432.10 | 170,777.71 | 4,654.39   |
| FAR= Costo en pesos, JRT= tiempo total de viaje en min.<br>NTR= transbordos, WKD= distancia de caminata en km.<br>WKT= tiempo de caminata en min. |            |            |            |

Fuente: Elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES

Después de haber realizado esta investigación, es posible confirmar la hipótesis planteada que establece que los estudiantes universitarios de Mexicali tienen dinámicas diferentes a la población en general, lo cual puede ser explicado con los análisis estadísticos y de varianza, donde se muestra la diferencia en el comportamiento de los estudiantes contrastándolos con la población en general.

Así mismo, la hipótesis establece que los estudiantes invierten una cantidad considerable de tiempo y dinero para desplazarse diariamente al campus central universitario, lo cual es corroborado con los resultados de la asignación de la demanda de movilidad de los estudiantes en el transporte público, donde se obtienen los indicadores totales de tiempo y gasto en la hora punta mañana de un día. Por lo que modificaciones operativas del sistema de transporte público pueden entregar beneficios considerables para la movilidad urbana de este sector de la población.

Por otro lado, es posible también obtener conclusiones relacionadas a las consideraciones metodológicas, así como particulares al caso de estudio.

## **6.1. Conclusiones metodológicas**

La encuesta de movilidad aplicada por UABC muestra datos socioeconómicos de estudiantes del campus central, con los que fue posible realizar esa investigación, ya que esta información proporciona los datos con los que se realizaron los análisis de esta investigación. Sin embargo se presentaron impedimentos al momento de depurar la información, ya que algunas encuestas no contaban con la información completa, así mismo se rescataron datos valiosos para los análisis.

Los resultados de analizar el comportamiento de movilidad de estudiantes y la población en general son diferentes en base a la tasa de movilidad, distancias de recorrido y partición modal, así mismo, los resultados corroboran las diferencias de movilidad, tal como la literatura y diversos análisis lo indican (Eom, 2009; Limanond, 2011; Marzoughi, 2011; Whalen, 2013; Zhou, 2012).

Para asignar la demanda en el software Visum se siguieron los pasos del manual donde se indica detalladamente los puntos que se deben seguir para la asignación del método Headway, además en base a los ejemplos que presenta esta manual, donde se muestra paso a paso como realizar un análisis específico en un caso de estudio que brinda el software, esto para poder comprender los modos de asignación y análisis de la misma.

Al encontrarse la ciudad en un periodo de expansión, aplicar cambios al transporte público para hacer lo más atractivo para los usuarios genera una demanda inducida, donde se aumenta la oferta del transporte público para aumentar la demanda de los usuarios, con esto se busca beneficiar a la expansión brindando atención a las nuevas áreas residenciales, industriales, comerciales y educativas que se incorporan a la mancha urbana o que se buscan atender dentro de la misma.

## **6.2. Conclusiones del caso de estudio**

En la ciudad de Mexicali B.C. el comportamiento de los 11,545 estudiantes del campus central de la UABC, exhibe un comportamiento diferente al de la población en general, estas diferencias significativas se ven reflejadas en sus tasas de movilidad, en las distancias recorridas promedio diarias y en los modos de transporte donde realizan sus viajes diarios, por lo cual se realizó un análisis comparativo de la población en general con los estudiantes y los estudiantes que trabajan.

El comportamiento particular de los estudiantes en comparación al resto de la población, se debe, a que el sistema de transporte público no atiende adecuadamente sus necesidades de movilidad, en base a que este presenta características con las cuales se muestra que ha sido diseñado para atender demandas particulares y específicas, sin una visión integral de un sistema de transporte eficiente para toda la ciudad. El sistema de transporte público tiene un diseño un tanto, radial, con muchas rutas sinuosas, las cuales van al centro de la ciudad, lo que muestra que este servicio atiende los viajes por trabajo o consumo dejando de lado la demanda estudiantil.

Al encontrarse el campus de la universidad en una zona céntrica de la ciudad, para los estudiantes genera un problema ya que las rentas de departamentos son altas y para los que viven en la periferia de la ciudad el tiempo y costo de traslado son un problema, ya que estos deben pasar más de una hora en el trayecto de su casa a la universidad y viceversa, lo que pone a los estudiantes en un dilema, si prefieren vivir cerca de la universidad y pagar rentas altas por la zona o sacrificar el tiempo en los traslados. Una solución para este

problema sería que las tarifas de transbordo en el sistema de transporte público fueran gratuitas, lo que se traduciría en una mayor atracción de usuarios y no solo de estudiantes, también la población en general sería atraída al servicio de transporte público, sin embargo esto no afectaría al sistema de transporte, dado que los usuarios incrementarían.

Como se muestra en los resultados los estudiantes deben hacer largos recorridos diarios para llegar al campus e incluso hacer más de 3 viajes que en promedio son en el transporte público, este escenario puede afectar en el rendimiento académico de los estudiantes ya que deben pasar más tiempo fuera de sus casa para poder cumplir con el horario escolar y además el tiempo que emplean en los recorridos que deben hacer diariamente para asistir a la universidad, lo cual refleja el compromiso de los estudiantes de la UABC para cumplir sus metas. Una solución para este problema, ya que las distancias de recorrido promedio son mayores a 5 km. debido a los orígenes de los viajes, si bien se aumentan las frecuencias de las unidades del sistema de transporte ya que al reducir su tiempo de espera y de traslado este sería más atractivo para los estudiantes e incluso para la población en general.

Los estudiantes que trabaja muestran con los resultados, que sus demandas de movilidad son diferentes a las de la población en general, sin embargo sus tasas de viajes y sus distancias de recorridos presentan similitudes, lo que se traduce en una gran área de oportunidad para ser atendidos, si bien no viajan de la misma manera que la población en general si utilizan el transporte público y pueden presentar un gran mercado para este servicio. Estos resultados son un insumo valioso para los encargados de las tomas de decisiones como lo es SIMUTRA el cual puede tomar en cuenta la necesidad de movilidad de este grupo de la población para futuras modificaciones en los trazos de rutas o la incorporación de nuevas.

El automóvil como acompañante es un modo que utiliza la población en muchas ocasiones para ahorrar en transporte, sin embargo los usuarios que viajan en este modo pueden interpretarse como un mercado potencial para el transporte público, ya que son usuarios que no están siendo atendidos, esto puede deberse a que no tienen acceso a rutas de transporte,

los tiempos de traslado son muy elevados e incluso las tarifas de transporte pueden ser muy elevadas, si estos puntos clave son atendidos por los tomadores de decisiones, los usuarios que viajan como acompañantes serían atendidos por el servicio de transporte.

El análisis de gasto por los estudiantes en el transporte público de la ciudad muestra que la población estudiantil gasta 131,328 pesos en base al cobro de un viaje y el cobro de transbordos por lo que al retirar el cobro de transbordos estos estarían gastando 101,712 pesos al día, lo que muestra un ahorro de 29,616 pesos, lo que se traduce en un ahorro para los estudiantes, sin embargo, este análisis es considerando la misma demanda, por lo que al momento de aplicar estas modificaciones la atracción de estudiantes al sistema de transporte se incrementaría debido al ahorro que tendrá diariamente, ya que si un estudiante gasta actualmente al día 31 pesos ya que realiza 4 viajes y cada uno de ellos le cuesta 7.75, a la semana este estudiante estaría gastando considerando que asiste 5 días a al campus 155 pesos, este gasto total sin cobro de transbordo sería de 77.5 dando a los estudiantes un ahorro del 50% en sus gastos de transporte semanales.

La oferta de transporte público para el campus central de la UABC está comprendida por 6 rutas que atienden directamente al campus, estas rutas se conectan con las 13 rutas restantes donde los estudiantes que no tienen un acceso directo a las rutas que atienden directamente pueden hacer uso del resto y realizar un transbordo para llegar al campus, por lo cual la propuesta de transbordo gratuito es un beneficio para los estudiantes y a su vez para el sistema de transporte al aumentar la demanda de estudiantes.

Así mismo, al tener una alta demanda de movilidad por parte de los estudiantes de UABC en el transporte público, se recomienda que esta institución realice colaboraciones con los tomadores de decisiones de la ciudad, basados en los resultados de los análisis de la investigación y de investigaciones hechas por UABC, con lo cual se podrán tomar en cuenta las demandas de movilidad de los estudiantes universitarios para hacer modificaciones en el sistema de transporte que atiendan de una manera más eficiente a los estudiantes y la población en general.

Sin embargo, la universidad puede tomar decisiones para ayudar a los estudiantes en beneficio a la movilidad, estas decisiones se traducen en propuestas, una de ellas es generar un fondo de apoyo para los estudiantes que utilizan el transporte público, esto sería por medio de una reducción en la cuota de estacionamiento y aplicar una cuota de transporte público para brindar el apoyo a los estudiantes que utilizan este modo de transporte para llegar a los diversos campus de la UABC.

### **6.3. Aportes de investigación**

Este estudio es un primer esfuerzo para tratar de mejorar el nivel de atención que brinda el servicio de transporte público de la ciudad a los estudiantes del campus central de UABC, sin duda en un análisis posterior se recomienda analizar detalladamente los orígenes y destinos de los estudiantes para valorar el trazado de las rutas o proponer nuevas.

Los resultados de esta investigación ayudan a entender de mejor manera la dinámica de movilidad de los estudiantes universitarios en una ciudad de un país en desarrollo y se espera que este aporte les sirva a otras ciudades con contextos similares para mejorar la demanda de atención al sector estudiantil ya que estos muestran un área de oportunidad de análisis.

Los resultados del modelo de demanda de los estudiantes son un insumo valioso para hacer robusto el modelo general de la ciudad, este modelo se incorporara para poder considerar de una manera desagregada los viajes con motivo de estudio al campus central de la UABC en conjunto con los viajes de estudiantes a diversos campus y los viajes de la población en general, dando como resultado un modelo general robusto para la ciudad, el cual servirá para los tomadores de decisiones.

### **6.4. Propuestas de líneas de investigación posteriores**

Como nuevas áreas de oportunidad para realizar modelos de demanda, se motiva a realizar modelos para el resto de los campus universitarios de la ciudad, con lo cual se buscaría un modelo que integre la demanda de estudiantes de toda la ciudad a los diferentes campus,

esto proporcionaría insumos valiosos para el modelo general de la ciudad, así se podrá tener en conjunto el comportamiento general de los estudiantes y la población en general como ocurre actualmente en el sistema de transporte público.

Así mismo, la generación de un modelo de demanda general de la población el cual incluye la demanda de movilidad de todos los usuarios en los diversos modos de transporte, donde se tome en cuenta la demanda en transporte público y transporte privado, asignado a la hora punta mañana, para obtener un modelo de demanda general que represente la movilidad actual. Con el cual se podrán identificar nuevas áreas de oportunidad para la mejora de la oferta vial y de transporte de la ciudad.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Amarales, M. 2010. “Control de Las Emisiones Para El Transporte Automotor.” *Centro de Investigación Y Desarrollo Del Transporte*, 8.

Balsas, Carlos J. L. 2003. “Sustainable Transportation Planning on College Campuses.” 10:35–49.

Bamwesigye, Dastan and Petra Hlavackova. 2019. “Analysis of Sustainable Transport for Smart Cities.”

Ben-Akiva, Moshe, Jon Bottom, Song Gao, Haris N. Koutsopoulos, and Yang Wen. 2007. “Towards Disaggregate Dynamic Travel Forecasting Models.” *Tsinghua Science and Technology* 12(2):115–30.

Cascetta, Ennio. 2009. “TRANSPORTATION SYSTEMS Springer Optimization and Its Applications.” *Transportation Research* 10(6):371–75.

Chaves-flores, Gabriel, Escuela De Ingeniería Civil, Universidad De Costa Rica, Henry Hernández-vega, and Universidad De Costa Rica. 2015. “Desempeño y Calidad de Servicio de Autobuses Externos de La Universidad de Costa Rica.” 13–22.

- Chen, Xueming. 2012. "Transportation Planning and Technology Statistical and Activity-Based Modeling of University Student Travel Behavior." (December):37–41.
- Danaf, Mazen, Maya Abou-Zeid, and Isam Kaysi. 2014. "Modeling Travel Choices of Students at a Private, Urban University: Insights and Policy Implications." *Case Studies on Transport Policy* 2(3):142–52.
- de Dios Ortúzar, Juan. 2012. *Modelos de Demanda de Transporte*. Ediciones UC.
- Eom, Jin Ki, John R. Stone, and Sujit K. Ghosh. 2009. "Daily Activity Patterns of University Students." *Journal of Urban Planning and Development* 135(4):141–49.
- Eom, JK, JR Stone, and SK Ghosh. 2009. "Daily Activity Patterns of University Students." *Journal of Urban Planning and Development* 135(4):141–50.
- García-Cueto, O. R., E. Jáuregui-Ostos, D. Toudert, and Adalberto Tejeda-Martinez. 2007. "Detection of the Urban Heat Island in Mexicali, BC, México and Its Relationship with Land Use." *Atmósfera* 20(2):111–31.
- García Palomares, Juan Carlos. 2008. "Incidencia En La Movilidad de Los Principales Factores de Un Modelo Metropolitano Cambiante." *EURE (Santiago)* 34(101):5–24.
- Giuliano, Genevieve and Kenneth A. Small. 1993. "Is the Journey to Work Explained by Urban Structure?" *Urban Studies* 30(9):1485–1500.
- Gratiela, Branza and Cristea Viorela-Georgiana. 2013. "SUSTAINABLE TRANSPORT'S INDICATORS. COMPARATIVE STUDY: EU-27 AND ROMANIA." *Analele Universitatii Maritime Constanta* 14(19).
- Hamilton, Bruce W. 2016. "Wasteful Commuting Author ( s): Bruce W . Hamilton and Ailsa Röell Source : Journal of Political Economy , Vol . 90 , No . 5 ( Oct . , 1982 ), Pp . 1035-1053 Published by : The University of Chicago Press Stable URL : [Http://Www.Jstor.Org/Stable/1837132](http://www.jstor.org/stable/1837132) A." 90(5):1035–53.
- Hanson, Gordon H. 2001. "U . S . – Mexico Integration and Regional Economies : Evidence from Border-City Pairs."

- Hasnine, Md Sami, Tian Yang Lin, Adam Weiss, and Khandker Nurul Habib. 2018. "Determinants of Travel Mode Choices of Post-Secondary Students in a Large Metropolitan Area: The Case of the City of Toronto." *Journal of Transport Geography* 70(April 2017):161–71.
- IMIP and SIMUTRA. 2011. "Plan Maestro de Vialidad y Transporte de Mexicali, B.C." 296.
- Iracheta Cenecorta, Alfonso. 2011. "La Necesidad de Una Política Pública Para El Desarrollo de Sistemas Integrados de Transporte En Grandes Ciudades Mexicanas." *Revista INVI* 26(71):133–42.
- Jason, Xinyu, Patricia L. Mokhtarian, and Susan L. Handy. 2009. "The Relationship between the Built Environment and Nonwork Travel : A Case Study of Northern California." *Transportation Research Part A* 43(5):548–59.
- Kim, Sungyop and Gudmundur F. Ulfarsson. 2008. "Curbing Automobile Use for Sustainable Transportation: Analysis of Mode Choice on Short Home-Based Trips." *Transportation* 35(6):723–37.
- Limanond, Thirayoot, Tanissara Butsingkorn, and Chutima Chermkhunthod. 2011. "Travel Behavior of University Students Who Live on Campus : A Case Study of a Rural University in Asia." *Transport Policy* 18(1):163–71.
- Manheim, M. L. 1984. "Fundamentals of Transportation Systems Analys." *Cambridge, MA: The MIT Press.*
- Manheim, Marvin L. 1976. "Transportation Systems Analysis: A Personal View." *Transportation Research* 10(6):371–75.
- Marzoughi, Reihane. 2011a. "Teen Travel in the Greater Toronto Area : A Descriptive Analysis of Trends from 1986 to 2006 and the Policy Implications." *Transport Policy* 18(4):623–30.
- Marzoughi, Reihane. 2011b. "Teen Travel in the Greater Toronto Area: A Descriptive Analysis of Trends from 1986 to 2006 and the Policy Implications." *Transport Policy*

18(4):623–30.

Mcdonald, Noreen C. 2006. “Exploratory Analysis of Children ’ s Travel Patterns.” 1–7.

Medina Ramirez, Salvador and Jimena Veloz Rosas. 2012. *Guía de Estrategias Para La Reducción Del Uso Del Auto En Ciudades Mexicanas*. México.

Mungaray-Moctezuma, et al. 2017. *Modelo de Oferta Vial Del Sistema de Transporte de La Ciudad de Mexicali, Baja California*. Mexicali, Baja California.

ONU-Hábitat. 2015. *Reporte Nacional de Movilidad Urbana En México 2014-2015*. México.

Rivera, Víctor M. Islas, César Rivera Trujillo, and Guillermo Torres Vargas. 2002. “Estudio de La Demanda de Transporte.” *Publicación Técnica* (213):146.

Son, Sanghoon, Asad Khattak, and Ju Yin Chen. 2011. “Comparative Analysis of University Students’ Acquisition and Use of Travel Information.” *Transportation Research Record* (2243):46–54.

Szeto, W. Y. and Hong K. Lo. 2004. “A Cell-Based Simultaneous Route and Departure Time Choice Model with Elastic Demand.” 38:593–612.

UABC, Vicerrectoria. n.d. *Informe Actividades 2019*.

Wang, Xin, Asad Khattak, and Sanghoon Son. 2012. “What Can Be Learned from Analyzing University Student Travel Demand?” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2322:129–37.

Whalen, Kate E., Antonio Páez, and Juan A. Carrasco. 2013. “Mode Choice of University Students Commuting to School and the Role of Active Travel.” *Journal of Transport Geography* 31:132–42.

Zaragoza, Martha Lelis and Victor Islas. 2007. “Análisis de Los Sistemas de Transporte.” 1(307):1–61.

Zhou, Jiangping. 2012. “Sustainable Commute in a Car-Dominant City: Factors Affecting

Alternative Mode Choices among University Students.” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 46(7):1013–29.

Zhou, Jiangping. 2014. “From Better Understandings to Proactive Actions: Housing Location and Commuting Mode Choices among University Students.” *Transport Policy* 33:166–75.