



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

**Secretaría De Investigación y Estudios de
Posgrado**

**EVALUACION DEL CORREDOR UNO DE
PUEBLA**

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y
TRANSPORTE**

Presenta:

ING. JAVIER STALIN VAZQUEZ SALAZAR

Asesor de tesis:

DR. OSCAR SANCHEZ FLORES

BUAP



Oficio No. 0378/2014

C. JAVIER STALIN VÁZQUEZ SALAZAR

Pasante de la Mtria. de Ing. en Tránsito y Transporte
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Evaluación del corredor de transporte público uno de Puebla**. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Tránsito y Transporte. Asignándose como Asesor al Dr. Oscar Sánchez Flores.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Zaragoza, a 6 de enero de 2014.

M.I. EDGAR IRAM VILLAGRÁN ARROYO
DIRECTOR

DIRECCIÓN

C.c.p. Dr. Oscar Sánchez Flores, Asesor del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

GJS/JACI/sco*

H. Puebla, de Z. a 15 de febrero de 2014

M. I. EDGAR IRAM VILLAGRÁN ARROYO
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
PRESENTE

Por medio de la presente el suscrito **Dr. Oscar Sánchez Flores** Asesor del tema de tesis denominada **"EVALUACIÓN DEL CORREDOR DE TRANSPORTE PÚBLICO UNO DE PUEBLA"**, elaborada por el **Ing. Javier Stalin Vázquez Salazar** según autorización del tema en oficio N° 0378/2014 de fecha 6 de enero de 2014 y siendo ello requisito necesario para su defensa en el examen de grado de **Maestro en Ingeniería de Tránsito y Transporte**, me permito informar a usted, que después de haber revisado la mencionada tesis, no existe inconveniente alguno en autorizar la impresión de la misma.

Haciendo de su conocimiento anterior para los fines legales a los que haya lugar

Atentamente

Puebla, Puebla 15 de febrero de 2014



Dr. Oscar Sánchez Flores

Asesor de Tesis

C. C. P. Dr. Gabriel Jiménez Suárez.- Secretario de investigación y Estudios de Posgrado facultad de Ingeniería de la B. U. A. P.

C. C. P. M. I. Jorge A. Caraza Islas.- Coordinador de la Maestría en Tránsito y Transporte de la Facultad de Ingeniería de la B. U. A. P.

DEDICATORIA

A Matías por ser mi razón de vivir

Contenido

EVALUACION DEL CORREDOR UNO DE PUEBLA	I
TESIS	I
MAESTRO EN INGENIERIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE	I
ING. JAVIER STALIN VAZQUEZ SALAZAR	I
INTRODUCCIÓN	XI
Planteamiento del problema	XII
Justificación	XII
Objetivo general.....	XIV
Objetivos específicos.....	XIV
Hipótesis.....	XV
Metodología	XV
Alcance	XVI
Limitaciones	XVI
Estructura del documento	XVI
CAPITULO 1	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1. EL TRANSPORTE PÚBLICO.....	1
1.1. Sistemas de Transporte Público	1
1.1.1. Sistemas de transporte tradicionales.....	2
1.1.2. Sistemas integrados de transporte	3
1.2. Caracterización del sistema Integrado de Transporte Público	4
1.2.1. Integración Física.....	6
1.2.2. Integración Operativa.....	10
1.2.3. Integración tarifaria.....	12
1.3. Elementos básicos para el dimensionamiento y programación del servicio	15
1.4. Indicadores de desempeño del transporte público	17
1.5. Caracterización y modelado de sistemas de transporte masivo	19
1.5.1. Generación de viajes	20
1.5.2. Distribución de viajes	21
1.5.3. Partición modal	21
1.5.4. Asignación	21

1.5.5.	Equilibrio	25
CAPITULO II	27
2.	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA CHACHAPA TLAXCALANCINGO	27
2.1.	Zona de estudio.....	27
2.1.1.	El estado de Puebla y municipios.....	27
2.1.2.	Delimitación de la cuenca de estudio	28
2.2.	Análisis y diagnóstico de la situación sin proyecto	30
2.2.1.	Metodología para elaborar diagnóstico.....	30
2.2.2.	Análisis de la oferta	31
	Rutas consideradas en el diagnóstico	31
2.2.3.	Descripción de la demanda	36
	Principales orígenes y destinos	37
2.2.4.	Movimientos principales.....	40
2.2.5.	Regulaciones y tarifas.....	42
2.2.6.	Diagnóstico.....	42
2.3.	Descripción de la situación con proyecto	45
2.3.1.	Descripción de la oferta	46
2.3.2.	Descripción de la demanda	61
2.3.3.	Regulaciones y Tarifas	61
CAPITULO III	62
3.	EVALUACION DE LA SITUACION SIN PROYECTO Y CON PROYECTO MEDIANTE UN MODELO DE TRANSPORTE	62
3.1.	Calibración de la herramienta de asignación a redes para la evaluación.....	62
3.1.1.	Descripción de la metodología.....	62
3.1.2.	Caracterización de la oferta	64
3.1.3.	Caracterización de la demanda	69
3.1.4.	Equilibrio y ajuste del modelo de asignación.....	70
3.1.5.	Caracterización de la situación sin y con proyecto	72
3.2.	Evaluación de la situación sin proyecto	73
3.2.1.	Operativos	73
3.2.2.	Dimensionamiento	74
3.2.3.	Indicadores de desempeño	76

3.3.	Evaluación de la situación con proyecto	76
3.3.1.	Operativos	77
3.3.2.	Dimensionamiento	77
3.3.3.	Indicadores de desempeño	79
3.4.	Resultados	79
CAPITULO IV		81
ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES.....		81
4.1.	Desde el punto de vista de indicadores de desempeño	81
4.1.1.	Tiempo de recorrido en la hora de máxima demanda.....	81
4.1.2.	Tiempo de espera.....	82
4.1.3.	Tiempo de transbordo.....	83
4.1.4.	Tiempo total de viajes	84
4.1.5.	Número de unidades.....	85
4.1.6.	Intervalo de paso.....	85
4.2.	Impactos generados en la situación con proyecto.....	86
4.2.1.	Desde el punto de vista social	86
4.2.2.	Impactos sobre el tráfico.....	89
4.2.3.	Impactos sobre el empleo	90
4.2.4.	Impactos ambientales	91
Conclusiones		92
Recomendaciones		96

Índice de figuras

Figura 1. 1.	Vialidad del sistema de transporte Transmilenio de Bogotá	7
Figura 1. 2.	. Configuración típica de una vía para un corredor BRT.....	7
Figura 1. 3.	Separación de vías Transmilenio Bogotá - Colombia	8
Figura 2. 1.	Ubicación del municipio de Puebla	28
Figura 2. 2.	Colonias del municipio de Puebla y zona conurbada	28
Figura 2. 3.	Eje central y colonias de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo	29
Figura 2. 4.	Disposición de rutas seleccionadas en la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo.....	32
Figura 2. 5.	Disposición de las rutas de mayor incidencia en el corredor.....	33

Figura 2. 6. Trazo de rutas y paradas principales.....	41
Figura 2. 7. Trazo del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo.....	46
Figura 2. 8. Corredor RUTA y sus paradas.....	47
Figura 2. 9. Corredor central del sistema RUTA.....	48
Figura 2. 10. Unidades de transporte del sistema RUTA.....	49
Figura 2. 11. Terminales de Chachapa y Tlaxcalancingo.....	50
Figura 2. 12. Corredor Chachapa Tlaxcalancingo y sus paradas.....	50
Figura 2. 13. Estación Carmen Serdán del sistema RUTA.....	52
Figura 2. 14. Tarjeta de pago electrónico del sistema RUTA.....	52
Figura 2. 15. Lectores de tarjetas electrónicas y torniquetes de validación.....	53
Figura 2. 16. Puntos de recarga de pago electrónico.....	53
Figura 2. 17. Unidades de transporte para rutas alimentadoras del sistema RUTA.....	54
Figura 2. 18. Recorrido de la ruta 1 Malacatepec.....	56
Figura 2. 19. Recorrido de la ruta alimentadora 2 Santa Clara.....	57
Figura 2. 20. Recorrido de la ruta Tonantzintla.....	57
Figura 2. 21. Recorrido de la ruta San Antonio Cacalotepec.....	58
Figura 2. 22. Recorrido de la ruta 6 Auchan.....	58
Figura 2. 23. Recorrido de la ruta 6 Mega.....	59
Figura 2. 24. Recorrido de la ruta 8, Bosques Zavaleta.....	59
Figura 2. 25. Recorrido de la ruta 9, Bosques Centro.....	60
Figura 3. 1. Metodología empleada para estimar la demanda de pasajeros en cada escenario.....	64
Figura 3. 2. Caracterización de la red de vialidades.....	65
Figura 3. 3. Caracterización de las rutas y paradas de transporte (Ruta 32 Bosques – Zavaleta)	66
Figura 3. 4. Comparativa de volúmenes por ruta.....	71
Figura 3. 5. . Comparativa de volúmenes por derrotero.....	71
Figura 3. 6. Rutas consideradas en la situación sin proyecto.....	73
Figura 3. 7.- Distribución del volumen modelado.....	74
Figura 3. 8.- Distribución de la sección de máxima demanda modelada.....	74
Figura 3. 9. Distribución del intervalo modelado.....	75
Figura 3. 10.- Distribución de las unidades modelada.....	75
Figura 3. 11. Situación con proyecto, corredor y alimentadoras.....	76
Figura 3. 12. Distribución del volumen modelado de la situación con proyecto.....	77
Figura 3. 13. Distribución de la sección de máxima demanda modela de la situación con proyecto	78
Figura 3. 14. Distribución del intervalo modelado para la situación con proyecto.....	78
Figura 3. 15. Distribución de las unidades modeladas para la situación con proyecto.....	79
Figura 4. 1. Histograma de tiempos de recorrido de la situación sin y con proyecto.....	82
Figura 4. 2. Histograma de tiempos de recorrido.....	83

Figura 4. 3. Histograma de tiempos de transbordo	84
Figura 4. 4. Interior de las unidades del sistema RUTA.....	86
Figura 4. 5. Validación de tarjetas y torniquetes de paso para el sistema RUTA.....	87
Figura 4. 6. Área de ascenso – descenso para las unidades de RUTA.....	87
Figura 4. 7. Personas en bicicleta circulando por el corredor	88
Figura 4. 8. Personas en bicicleta circulando por el corredor	88
Figura 4. 9. Personas cruzando por el carril exclusivo para el sistema RUTA	89

Índice de Tablas

Tabla 2. 1. Colonias y población considerada en la cuenca Chachapa -Tlaxcalancingo	29
Tabla 2. 2. Colonias y población considerada	30
Tabla 2. 3. Rutas de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo.....	31
Tabla 2. 4. Rutas de mayor incidencia en el corredor	33
Tabla 2. 5. Número de unidades de las rutas de mayor incidencia de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo	34
Tabla 2. 6. Clasificación vehicular de las rutas de mayor incidencia en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo	34
Tabla 2. 7. Clasificación vehicular de las principales rutas de la cuenca.....	35
Tabla 2. 8.- Tiempos de ciclo de las principales rutas de la cuenca	35
Tabla 2. 9. Kilómetros recorridos por ruta	36
Tabla 2. 10. Número de pasajeros transportados diariamente	37
Tabla 2. 11. Principales orígenes de viajes en la cuenca.....	37
Tabla 2. 12. Principales municipios de destino	38
Tabla 2. 13. Motivos de viaje	38
Tabla 2. 14. Otros motivos de viaje.....	39
Tabla 2. 15. Frecuencia de viaje	39
Tabla 2. 16. Costo de viaje por pago de tarifa.....	39
Tabla 2. 17. Tiempo de viaje	40
Tabla 2. 18.- Comportamiento de Ascensos - descensos de una ruta en la SMD.....	41
Tabla 2. 19. Cuadro resumen de la situación sin proyecto	43
Tabla 2. 20. Rutas alimentadoras del corredor RUTA	47
Tabla 2. 21. Servicios del corredor RUTA	49
Tabla 2. 22. Paradas del sistema RUTA	51
Tabla 2. 23. Especificaciones de las rutas alimentadoras	55
Tabla 2. 24. Especificaciones de las rutas auxiliares	55
Tabla 2. 25. Especificaciones de las rutas auxiliares	56
Tabla 2. 26. Identificación de los modos de transporte.....	61
Tabla 2. 27. Costo del pasaje para los modos de transporte	61
Tabla 3. 1. Parámetros de la red de vialidades	65

Tabla 3. 2. Datos operativos de las rutas	67
Tabla 3. 3. Datos operativos de las paradas.....	68
Tabla 3. 4. Caracterización de la demanda	69
Tabla 3. 5. Caracterización de la demanda en TransCad.	70
Tabla 3. 6. Caracterización de la situación sin y con proyecto.....	72
Tabla 3. 7. Comparativa de resultados de la situación con y sin proyecto	80
Tabla 4. 1. Comparativa de indicadores de tiempos de recorrido	81
Tabla 4. 2. . Comparativa de indicadores de tiempos de espera	82
Tabla 4. 3. Comparativa de indicadores en tiempo de transbordo	83
Tabla 4. 4. Comparativa de indicadores en cantidad de unidades	85
Tabla 4. 5. . Comparativa de indicadores del intervalo de paso	85

INTRODUCCIÓN

El transporte desde la antigüedad ha significado un papel importante para la movilidad tanto de las personas, el comercio y la interacción social, convirtiéndose actualmente en una necesidad de desarrollo y un instrumento de eficiencia, que permite movilizarse de un lugar a otro.

El mundo, incluido el transporte, está cambiando día con día y en la actualidad se encuentran muchos de los mismos problemas de transporte del pasado: la congestión, la contaminación, los accidentes de tránsito. Aunque los problemas en el transporte aparecen en nuevas formas, ahora tenemos la enseñanza de situaciones anteriores para desarrollar soluciones técnicas para resolverlos. La tecnología de la información ha avanzado para desarrollar nuevas concepciones del transporte. (Ortuzar 2011)

El sistema de transporte público permite acceder a trabajos, educación y servicios públicos de esta manera conectar a las personas con su vida diaria, independientemente del nivel social, educación o propósito del viaje. En ciudades en donde el tráfico es un problema, el transporte público eficiente permite una mejor movilidad de los ciudadanos de las áreas congestionadas.

Sin embargo, algunas ciudades han descuidado este sistema siendo muy deficiente sin generar motivación para su uso y como consecuencia de esto tenemos congestión, contaminación y altos niveles de accidentes de tránsito. (ITDP 2011)

A nivel mundial el transporte público está evolucionando, ciudades como Curitiba – Brasil, Bogotá – Colombia o Quito – Ecuador han cambiado su transporte tradicional por sistemas integrados de transporte público como una solución viable para la movilidad urbana. Estas ciudades han implementado sistemas de corredores, acompañadas de políticas públicas de transporte que cumplan las necesidades de movilidad cotidiana de la población transformando las ciudades en espacios más vivibles.

Muchas ciudades de la República Mexicana preocupadas por la movilidad de las personas han implementado sistemas de transporte masivo, tal es el caso de la ciudad de León

Guanajuato con el primer sistema BRT de México o México D. F. con su sistema de METRO y el sistema BRT de Insurgentes.

Las autoridades del estado de Puebla buscando mejorar el transporte en la zona metropolitana han realizado estudios de transporte de donde se contempla la construcción de un sistema integrado de transporte mediante seis corredores iniciando con el corredor Chachapa – Tlaxcalancingo (Programa Sectorial de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla).

Planteamiento del problema

En Enero de 2013, el Gobierno del Estado de Puebla, implementó el corredor de transporte masivo, Chachapa – Tlaxcalancingo. Este corredor se encuentra constituido por un sistema troncal y nueve rutas alimentadoras que brindan el servicio. Desde la puesta en marcha del corredor se han generado protestas de parte de los usuarios y personas afectadas por este servicio mediante manifestaciones sociales.

Con este cambio las condiciones de movilidad de los usuarios se modificaron con la puesta en marcha del proyecto. ¿En qué medida se modificaron?, ¿será el sentido de esta variación lo que genera malestar en los usuarios?

Considerando esto, se plantean dos preguntas de investigación para el desarrollo de esta tesis:

- *¿Cuáles han sido las variaciones en términos de tiempos de traslado para los usuarios entre la situación con y sin proyecto?*
- *¿Desde el punto social, se atiende con el proyecto un mayor número de usuarios con una mejor calidad de servicio?*

Justificación

El corredor implementado por el Gobierno del Estado de Puebla pretende atender la movilidad de oriente a poniente de la zona metropolitana de Puebla uniendo los municipios de Amozoc – Puebla – San Andrés Cholula con una ruta troncal y nueve rutas alimentadoras o auxiliares. Este proyecto planteaba la necesidad de mejorar las condiciones

de movilidad prevalecientes a través de una reestructuración de las rutas tradicionales y una situación del modelo de producción tradicional (hombre – camión) a uno empresarial que tome ventaja de las particularidades de la producción de este servicio: economías de escala y de red. En el aspecto ecológico, se destaca que con este nuevo servicio de transporte se reduciría sensiblemente la contaminación por la emisión de gases contaminantes. Un objeto adicional planteado fue brindar un mejor servicio a sus usuarios, tanto en comodidad como en tiempos de viaje y costos generalizados menores con respecto a la situación antes del proyecto. En efecto el principal objetivo del corredor de transporte Chachapa-Tlaxcalancingo es atender y resolver un problema social, en particular, el de los residentes de la zona metropolitana que requiere una mejora del transporte público ya que en la situación sin el corredor se cuenta con un sistema de transporte deficiente y que ocasiona problemas en la ciudad.

Sin embargo desde la fecha en que inicio operaciones ha tenido una serie de inconvenientes y reclamos por parte de la ciudadanía que se ve afectada por este nuevo servicio. Por ejemplo podemos destacar:

- Desempleo y la falta de información como destaco la prensa local (Rojas González, 2013)
- Servicio de RUTA es ineficiente (Hernández Alcantara, 2013)
- Mayor gasto en transporte al realizar más transbordos (line, 2013)

En este trabajo de tesis, se pretende analizar con un enfoque técnico esta situación. Para ello se plantea una evaluación ex post, es decir “antes” y “después” de la puesta en marcha del proyecto. El “antes” corresponde a la situación de referencia o situación sin proyecto misma que corresponde a las condiciones de movilidad con el servicio tradicional que operaba antes de la modificación o puesta en operación del proyecto. El “después” corresponde a la situación con proyecto y representa las condiciones de movilidad prevalecientes con el proyecto en operación. Para esta evaluación, las condiciones de movilidad se limitan a la cuenca oriente-poniente llamada Chachapa-Tlaxcalancingo conformada por el territorio conformado por el conjunto de colonias atendidas por el trazo de las rutas tradicionales. La evaluación plantea determinar el impacto en las condiciones

de movilidad de forma cuantitativa considerando los siguientes indicadores: tiempos de recorrido, tiempos de transbordo, tiempos de espera y número de personas atendidas. Para la cuantificación de los indicadores en situación con y sin proyecto se empleará un modelo de asignación de redes de transporte público.

Objetivo general

Realizar una evaluación ex post del desempeño del sistema de transporte en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo entre la situación con el servicio tradicional y la situación con el proyecto de modernización denominado Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA). El termino desempeño se cuantificará considerando la perspectiva del usuario. Se considera, por un lado, el tiempo de traslado del conjunto de usuarios en un día laboral promedio y por otro lado la demanda atendida expresada a partir del número de usuarios que utilizan el servicio. El tiempo de traslado se evaluará considerando el tiempo a bordo de la unidad, el tiempo de espera y el tiempo de trasbordo.

Objetivos específicos

- Investigar y establecer una base teórica de los sistemas integrados de transporte, indicadores de desempeño y modelos de asignación.
- Analizar las condiciones de movilidad en la cuenca de transporte Chachapa Tlaxcalancingo y elaborar un diagnóstico de la operación y los servicios de transporte público ofertados en la situación sin proyecto en la cuenca de captación del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo.
- Determinar mediante el modelo de asignación de redes calibrado para replicar la situación actual sin proyecto, el dimensionamiento e indicadores de desempeño de la situación con y sin proyecto del sistema de transporte de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.
- Realizar un análisis comparativo del desempeño del sistema de transporte en situación sin proyecto (ex) y con proyecto (post) en términos de tiempos

Hipótesis

Las modificaciones en los tiempos de traslado de los usuarios que se desplazan en la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo podría ser la fuente que explique la insatisfacción de los usuarios en caso que estas hayan empeorado con la puesta en operación del proyecto

Metodología

- Investigar y desarrollar una base teórica para definir conceptos relativos a los temas a tratar, como son sistemas integrados de transporte, indicadores de desempeño y modelado de sistemas de transporte público.
- Analizar la problemática de movilidad de la situación sin proyecto en la cuenca de captación del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo. Mediante encuestas O – D se analizará cuáles son los problemas de movilidad que existen en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo y elaborar un diagnóstico de la operación y los servicios de transporte público ofertados en la situación con proyecto en la cuenca de captación del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo. Mediante un estudio de campo de levantamiento de rutas y servicios se determinará un diagnóstico de los servicios ofertados
- Calibrar un modelo de asignación de redes de transporte público que replique las condiciones de desempeño sin proyecto de la cuenca en estudio. A partir de los datos de campo y una herramienta computacional (TransCad) se calibrará un modelo de asignación para simular las condiciones de funcionamiento a la sección de máxima demanda y evaluar el desempeño en función de los tiempos del sistema en la situación sin y con proyecto de rutas del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo. Mediante un estudio de campo de encuestas a bordo de las unidades con estudios de ascenso descenso y costos del transporte.

- Determinar mediante el modelo de asignación de la situación sin proyecto un modelo a la situación con el proyecto y dimensionar el sistema de rutas tanto la alternativa antes del corredor como la situación actual del corredor Chachapa Tlaxcalancingo y obtener sus indicadores de desempeño. Desde el modelo de asignación obtenido para la situación con proyecto replicar esas condiciones a la situación con proyecto.

Alcance

- Para evaluar el desempeño se analizará los tiempos de viaje, tiempos de espera, tiempos de transbordo y el número de usuarios
- Con la información obtenida se realizará el modelo de asignación considerando el periodo de máxima demanda

Limitaciones

- Este estudio se limita a la zona de estudio y a las rutas de transporte de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo
- Este modelo es aplicado para el año 2013, al ser el año de inicio de operación del servicio del corredor.

Estructura del documento

El documento está estructurado en cuatro capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo 1, se establece el marco teórico y contextual de la tesis. Se introduce las definiciones de los conceptos utilizados como son los relativos a los sistemas integrales de transporte, los indicadores de desempeño y las nociones fundamentales de modelación mismas que serán empleadas en el cuerpo de este documento. Se establecen los conceptos de contexto del análisis como son: cuenca de estudio, rutas, derroteros, unidades espaciales de análisis, zonificación y estudios previos.

En el capítulo 2 se describe las condiciones de movilidad en la cuenca de transporte Chachapa Tlaxcalancingo y se elabora un diagnóstico de la operación y los servicios de transporte público ofertados en la situación sin proyecto en la cuenca de captación del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo.

En el capítulo 3, partiendo de la información recolectada se genera un modelo de asignación para replicar la situación sin proyecto y dimensionar la situación sin y con proyecto y obtener sus indicadores

En el capítulo 4 mediante el modelo de asignación calibrado para la situación sin proyecto, se obtendrá el dimensionamiento e indicadores de desempeño de la situación con y sin proyecto del sistema de transporte de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo y finalmente se realizará un análisis completo que incluye incluir los comentarios finales y recomendaciones.

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1. EL TRANSPORTE PÚBLICO

Para entender el transporte público es necesario definir algunos conceptos y diferencias entre las formas de transporte como son el tradicional y el sistema integrado de transporte público, los componentes de un sistema integrado y su dimensionamiento, así como también los modelos de asignación de redes; con esta finalidad se desarrollarán cada uno de estos aspectos:

1.1. Sistemas de Transporte Público

Un sistema se define como el conjunto de elementos relacionados entre sí y encaminados hacia ciertos objetivos y metas. Para el caso del transporte se puede definir como un sistema básico para el funcionamiento de una ciudad en donde su operación influye de manera directa en la eficiencia del conjunto de sus actividades y en la calidad de vida de sus habitantes (Molinero, 2005).

Sistema de transporte público es la interacción entre; la red vial (infraestructura), redes de transporte (modos de transporte y operadores que compiten o se complementan) y los sistemas de gestión del transporte como son las leyes, reglas y control. (Ortuzar & Willumsen, 2011).

Considerando el crecimiento poblacional y vehicular que se tiene año con año en las ciudades del mundo, los sistemas de transporte se vuelven deficientes, es por eso que, el transporte público debe evolucionar de manera favorable de acuerdo a este crecimiento.

Mientras que en algunas ciudades se ha vuelto suficiente en servicio mediante combis otras ciudades con Sao Pulo Brasil ya se vuelve deficiente el servicio mediante el sistema de Metro, es por esto que el sistema de transporte será de acuerdo a las necesidades, requerimientos y crecimiento de cada ciudad.

1.1.1. Sistemas de transporte tradicionales

En gran parte de América Latina y México no es la excepción los operadores del sector privado han dominado el transporte público, manejando este sin regulaciones ni control sin lograr satisfacer las necesidades de los usuarios, razones como esta son las que llevan a los usuarios a cambiarse al transporte privado. A continuación se detallan las principales razones por las cuales los usuarios tienden a cambiarse al transporte privado:

Inconveniencia para la localización de estaciones y frecuencia de servicio.- No tienen definidos los horarios de servicio, aunque se sabe a la que hora que inicia y que finaliza el servicio, las frecuencias no son fijas, ya que las unidades pasan de acuerdo como vayan llegando a las paradas. Ciudades como Puebla, en donde se pueden observar dos o tres unidades de la misma ruta mismo tiempo en una parada es uno de los indicadores que el transporte público tradicional no cuenta con regulaciones o programación del servicio.

Se presta el servicio a orígenes y destino poco importantes.- Las rutas generalmente son propuestas por los concesionarios y no se cuenta con un respaldo técnico que justifique los lugares por donde funcionan las rutas.

Falta de seguridad que brindan los conductores y calidad de mantenimiento de las unidades.- Los conductores en su afán de recaudar más pasaje se mantienen en una constante competencia con las demás unidades (guerra del centavo) lo que provoca inseguridad por parte de los usuarios al circular con velocidades mayores a las permitidas en las ciudades, frenadas bruscas y ser propenso a accidentes de tránsito. Por otra parte las unidades de servicio de transporte público son improvisados, ya que sus elementos no son contruidos técnicamente ni considerando factores ergonómicos que permitan comodidad al usuario.

El transporte público se vuelve más lento al no contar con paradas determinadas.- El transporte público tradicional realiza sus paradas en donde el usuario le solicite, ya sean estas cada cuadra o de acuerdo a la necesidad del usuario. Aunque es parte de la cultura esto lo único que consigue que la velocidad comercial del transporte público sea lenta al generar demoras en cada parada que realiza el transporte público.

Exceso de pasajeros en el interior de las unidades.- El hecho de no tener estudios técnicos de las necesidades de los usuarios implica que las unidades en la hora de máxima demanda tenga falta de oferta y con ello las unidades circulan con exceso de pasajeros. Caso contrario sucede en las horas valle del servicio en donde las unidades circulan con pocos usuarios. Estas dos situaciones son ocasionadas a que no se realiza un estudio técnico para definir la cantidad de unidades y las frecuencias de servicio.

La falta de infraestructura en paradas y sistemas de información.- Los sistemas de transporte tradicionales generalmente no cuentan con infraestructura en sus paradas, dificultando con ello el ascenso o descenso de las personas con capacidades especiales, niños y tercera edad. Aunque en las unidades se cuenta con la información de los lugares por los que se dirige al no tener paradas establecidas no existe información alguna del recorrido de la ruta o rutas que circulan por determinada vialidad.

En gran parte del mundo los servicios convencionales son lentos, poco frecuentes, poco convenientes e incómodos y reconocidos por su falta de servicio

1.1.2. Sistemas integrados de transporte

Comprende una integración a nivel empresarial, en donde los operadores del transporte se convierten en socios de esta, se cuenta con una programación de servicios y reglamentos internos para tener mejor organización que en los sistemas de producción tradicional, pero presenta desventajas ante este como son:

Oposición por los sectores afectados (sistemas de transporte tradicionales).- Los operadores del transporte tradicional, generalmente se oponen al cambio a un sistema más organizado, ya que se piensa que de esta manera se tendrá pagos menores por sus servicios.

Capacidad técnica inadecuada.- Para la planeación de un sistema integrado se requiere de personal capacitado para tal función, tanto técnico para elaborar procesos de programación, como económicos para llevar la contabilidad de toda una empresa.

Falta de voluntad por parte de las autoridades encargadas del proyecto.- En muchas ciudades del mundo existe temor por parte de las autoridades o los tomadores de decisiones a protestas de los operadores del transporte público tradicional o los usuarios del transporte público por el cambio que se genera implementar un sistema integrado de transporte, razón por la cual los proyectos de modernización del transporte no se llevan a cabo. Muchas de las ciudades que han implementado sistemas integrados de transporte han tenido problemas por protestas en los primeros años de funcionamiento, pero con el paso del tiempo los usuarios y operadores se van acoplado al cambio.

1.2. Caracterización del sistema Integrado de Transporte Público

Según ISOTOPE (1997) y QUATTRO (1998) la integración se define como “la forma en que las partes de la red de transporte público son encajadas en la cadena de movilidad global”.

Según el IRSPT1 (2003) se define la integración como: “*La integración es el proceso organizativo a través del cual los elementos del sistema de transporte público (redes e infraestructuras, tarifas y billeteaje, información y marketing, etc.) son, a través de los modos y los operadores, el objeto de una interacción conjunta y más eficiente, produciendo un mejor resultado global que a la vez también mejora el estado y la calidad de los servicios de cada componente del sistema en particular.*”

El Sistema Integrado de Transporte Público es una red de transporte que ofrece fácil acceso, cobertura y calidad en toda la ciudad, con una integración física, operacional y

tarifaria. El objetivos del sistema es tener instalaciones adecuadas para brindar un óptimo servicio de transporte, mediante paradas específicas, contar con la infraestructura específica para esta función, permite al usuario que se pueda movilizar tanto en el corredor principal como en rutas alimentadoras generalmente mediante una tarifa unificada, que implica menores costos al hacer transbordos. Otro beneficio de este sistema es que el pago se lo puede realizar tanto en efectivo o mediante pago por tarjeta, con ello los conductores se dedican únicamente a conducir. El sistema cuenta con un centro de control e información en donde se puede saber la ubicación de cada unidad y planificar de mejor manera el servicio de acuerdo a las necesidades (ITDP, 2010). A continuación se presenta una tabla resumen de un sistema integrado de transporte.

FISICA	INFRAESTRUCTURA DE VIAS	VIAS
		ANCHO DE CARRIL
		SEPARACION
	ÁREA DE ESTACION Y ESTACIONES	
	TERMINALES	PARADAS
		PLATAFORMAS
PATIOS		
OPERATIVA	RED DE SERVICIOS	SISTEMAS CERRADOS
		SISTEMAS ABIERTOS
	ESQUEMA DE OPERACIÓN	SERVICIOS TRONCOALIMENTADOS
		SERVICIOS DIRECTOS
	SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTA	
PROGRAMACIÓN DEL SERVICIO		
TARIFARIA	FORMAS DE COBRO	ZONAL
		PLANA
	ELEMENTOS DE COBRO	MEDIO DE PAGO
		PUNTOS DE VENTA
		LECTORES DE TARJETA
		COMPUTADORA CENTRAL
	SISTEMA DE RECAUDO	
	SISTEMA DE COBRO	DIRECTO EN MONEDA
		ELECTRÓNICO
MIXTO		

1.2.1. Integración Física

La integración física corresponde a todas las infraestructuras necesarias y auxiliares para que el servicio de transporte se preste en condiciones adecuadas de comodidad y atención para el usuario, los operadores y las unidades, incluye la infraestructura en puntos específicos como en los ejes de circulación:

Los elementos principales de la infraestructura son:

1.2.1.1. Infraestructura de la vía de bus;

Los sistemas de transporte integrados generalmente cuentan con un carril confinado, exclusivo para uso del transporte público, el cual permite una mejor movilidad en tiempos de recorrido

Las vías.- Deben construirse según un estándar capaz de soportar el uso de los vehículos articulados considerando su peso, y el de sus ocupantes, otro de los parámetros a considerar el tiempo de duración de este, ya que al tener un material de baja calidad lo que puede implicar es un costo de mantenimiento elevado. Adicional a esto se debe considerar el clima en el cual funcionará el corredor, ya sea este frío, tropical o seco.

La zona de la vía con mayor consideración es de la estación ya que está sometida a mayores esfuerzos por el hecho de que aquí se darán las frenadas y acelerones de los autobuses.

Considerando todo esto la mejor opción es el concreto hidráulico, aunque amerita un costo de inversión inicial su costo de mantenimiento es menor y el tiempo de duración se considera hasta de 10 años (ITDP, 2010).

El costo del pavimento puede significar hasta el 50% de inversión del total del proyecto, por lo que es muy necesario tener en cuenta todas las características y la factibilidad que genera.

Ancho del carril.- No existe una regla que indique el ancho del carril para un sistema BRT, pero la medida significará seguridad o comodidad en el manejo. Generalmente se utiliza carriles de 3,5 metros (Figura 1.1) pero también existen ciudades como Quito – Ecuador en donde el ancho de carril de su sistema Trole bus en algunos tramos es de apenas 3 metros. El ancho de carril permite facilidad al conducir, mientras que en un carril de 3 metros será más compleja la conducción y por ende se está más propenso de accidentes de tránsito. La figura 1. 2. nos muestra una configuración típica de un corredor BRT con un ancho de vía de 3,5 metros.



Figura 1. 1. Vialidad del sistema de transporte Transmilenio de Bogotá¹

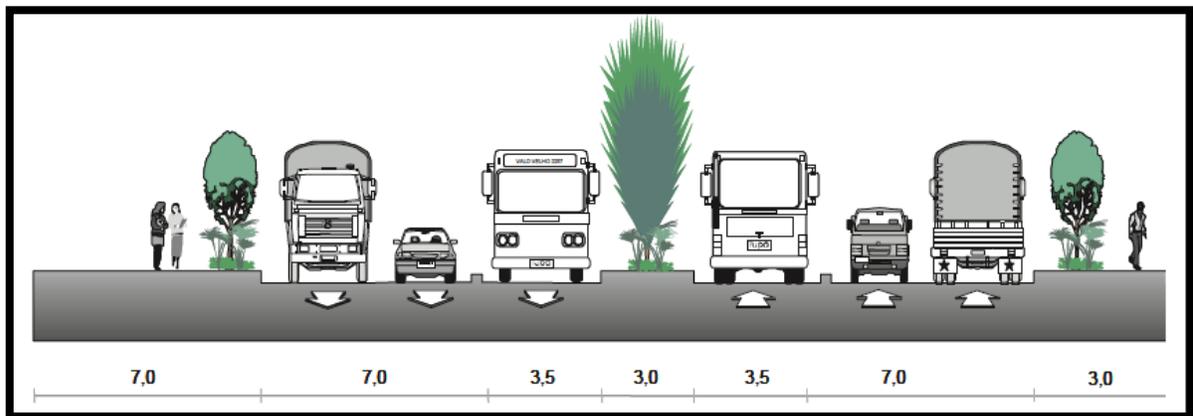


Figura 1. 2. . Configuración típica de una vía para un corredor BRT²

¹ Imagen tomada de (ITDP, 2010)

² Imagen tomada de: (ITDP, 2010)

Separación de carriles.- El objetivo de la separación de carriles es no permitir al tráfico mixto ingresar en el carril exclusivo para el transporte público. Estos pueden ser mediante elementos físicos como son: barreras, bolardos, bordillos, paredes, etc. (Figura 1.3.) En el caso de que se ubiquen barreras muy grandes, esto perjudica para que el autobús abandone el corredor en el caso de algún inconveniente u obstrucción. En el caso de usar un separador debe ser lo suficientemente grande para evitar que los vehículos privados lo puedan cruzar pero lo suficientemente pequeño para que un autobús lo pueda atravesar sin ocasionar daño a la unidad, tiene que ser resistente para soportar el peso del autobús y que no se dañe. La estética debe estar presente en esta consideración junto con la seguridad peatonal, para ser más atractivo y seguro a sus usuarios.



Figura 1. 3. Separación de vías Transmilenio Bogotá - Colombia³

1.2.1.2. Área de estación y estaciones

El espacio en las intersecciones y en las estaciones generalmente será más ancho que a lo largo del corredor para permitir la correcta movilidad de los autobuses, debe permitir que exista cambio de las unidades, en el caso de que exista algún inconveniente en una estación

³ Imagen tomada de: (ITDP, 2010)

se pueda cambiar el servicio por otro autobús. Las intersecciones deber ser lo suficiente amplias para que el autobús pueda girar sin generar problemas a otras unidades o al tráfico mixto considerando los ángulos de giro que tenga este

Las estaciones de un sistema integrado de transporte se constituyen de: Paradas, áreas de transición, infraestructura de integración

Las dimensiones de una estación van de acuerdo al diseño operacional, la cantidad de usuarios y la frecuencia del servicio. Pero además de la cantidad de servicio mucho influye la estética y la comodidad que este tenga o como pueda motivar su uso a los usuarios, es por esto que el diseño arquitectónico y gráfico de una estación puede tener un papel determinante en el funcionamiento de un sistema integrado de transporte (ITDP, 2010)

1.2.1.3. Terminales

Son los lugares de llegada o salida de los autobuses, donde que se realiza el cierre de circuito de las rutas (que lleguen a esa terminal) tanto alimentadoras como del corredor.

Especificaciones.- Para la llegada de los alimentadores, la terminal debe estar a nivel de piso, con un espacio para que el vehículo pueda detenerse con un tiempo de terminal.

Paradas.- Las paradas se encuentran generalmente en la parte central del corredor para permitir el ascenso-descenso de los usuarios, de esta manera optimizar el servicio y que el funcionamiento sea por los dos lados de la parada. La altura del piso se encuentra a la misma altura de las puertas de las unidades de transporte para el fácil entrada y salida de las unidades.

Para las alimentadoras al tener el servicio con unidades más pequeñas no es necesario tener infraestructura en las paradas, pero se vuelve imperativo tener las paradas bien definidas para brindar un mejor servicio y menores tiempos de recorrido.

Tamaño de la plataforma de espera.- Esta afecta directamente en la comodidad de los usuarios dependiendo de la cantidad de usuarios que tenga el sistema. La longitud debe ser de acuerdo al largo de las unidades de transporte con las cuales se trabaje ya sean estas

articuladas o biarticuladas, además debe ser suficiente para albergar a los sistemas de cobro, controles de ingreso, salidas y entradas al sistema, este puede ser tan grande como sea necesario ya que no afectará el derecho de vía.

Patios.- Llamada también como encierro o depósito, es el área para estacionamiento de las unidades o el lugar en donde se guardan las unidades al momento que se encuentran fuera de servicio. Generalmente suelen contener oficinas para actividades relacionadas con la operación del sistema. Además es el lugar en donde se registran las actividades de las unidades y el mantenimiento que sea requerido. Al día siguiente que el operador requiera sacar las unidades de transporte tendrá que llenar una hoja de registro para su salida. El tamaño de esta dependerá de la cantidad de unidades que se tenga que albergar en este patio.

1.2.2. Integración Operativa

Se refiere a la coordinación de las características de los servicios para que atiendan eficientemente las necesidades de movilidad de los usuarios, implica que las características de los servicios que se encuentran definidos entre sí y son monitoreados a través de un sistema de control e intervención de la operación en forma coordinada con los demás elementos que confluyen en el sistema de transporte masivo, se alcanza con varios componentes que son: una red de servicios, un esquema de operación, una flota vehicular, un programa de servicios y de un sistema de gestión de la flota

1.2.2.1. Red de servicios

Es el programa de servicios de todo un sistema de transporte y estos pueden ser:

- Sistemas cerrados
- Sistemas abiertos

Sistemas cerrados.- Son los sistemas que limitan su ingreso únicamente a ciertos operadores o rutas del transporte público. Los vehículos que pueden ingresar a un sistema

de transporte pueden estar condicionados por; la cantidad de usuarios que movilice, capacidad de las unidades o por la demanda que tenga una ruta.

Sistemas abiertos.- Son aquellos sistemas que contando con un carril exclusivo, permiten el acceso a este de cualquier tipo de unidad de transporte público. En este sentido cualquier unidad de transporte público podrá ingresar en una vialidad o carril confinado. La desventaja de este tipo de sistemas es que al tener mayor cantidad de unidades de transporte reduce la velocidad comercial de un sistema de transporte

1.2.2.2. Esquema de operación

El esquema de operación nos indica en la forma en la cual trabaja un sistema y puede ser:

Servicios tronco alimentados.- Es un servicio en donde las rutas auxiliares brindan servicio a zonas que no cuentan con carriles confinados, son operadas con autobuses convencionales que recogen usuarios desde las cuencas de captación hacia terminales, estaciones o viceversa.

Servicios directos.- Son los servicios en los cuales se transporta directamente al usuario desde un origen hacia un destino deseado, generalmente utilizando una sección del corredor, cubren el servicio en líneas de servicio paralelas en donde la demanda es mayor y operan en vías con tráfico mixto. La principal desventaja de este tipo de servicio es que se tiene que utilizar autobuses de mayor tamaño para cubrir la sección de máxima demanda, aunque la demanda de pasaje cambie notoriamente a lo largo de su servicio. Es un servicio menos eficiente que el de corredor tronco alimentado ya que su velocidad comercial promedio es menor al tener que funcionar con el tráfico mixto.

1.2.2.3. Flota vehicular

Son las unidades con las cuales se brinda el servicio, para la selección de las unidades se deben considerar aspectos referentes a demanda

1.2.2.4. Sistema de gestión de flota

La función de este sistema es ubicar los vehículos generalmente mediante un sistema de GPS. Además se puede determinar características de: velocidad, dirección y ocupación. Toda esta información se puede ingresar a un sistema que permite programar servicios de acuerdo a la velocidad y demanda existente.

1.2.2.5. Programación del servicio

Se considera como la calidad del servicio de transporte público considerando aspectos referentes a la comodidad y seguridad que brindan las unidades de transporte, los tiempos para la realización del viaje y la infraestructura que facilita el servicio. (MOLINERO, 2008)

Los programas de servicio pueden realizarse en función de:

- Día de la semana; una programación de lunes a viernes y otra para el fin de semana y festivos.
- Periodos del día: Generalmente en la programación del servicio se considera una programación para la hora de máxima demanda y otra programación para las horas valles, ya que la demanda será distinta entre estos dos horarios.

1.2.3. Integración tarifaria

Es la armonización de la tarifa de todos los servicios de transporte de manera tal que el usuario atienda sus necesidades de movilidad a precios asequibles incentivando con ello el uso del transporte público, para este fin existen diferentes esquemas de integración: tarifa

plana, tarifa única, tarifa zonal, etc. Además se requiere tanto de un sistema de cobro como de un sistema de recaudo.

Un sistema tarifario bien planificado puede reducir los tiempos de abordaje y salida de vehículos y de esta manera mejorar la eficiencia de un sistema de transporte.

1.2.3.1. Esquemas de integración tarifaria

El esquema de integración tarifaria se refiere a las formas de cobro y los elementos que lo constituyen.

Formas de cobro

Tarifa plana.- Esta forma de cobro por el transporte público es constante e independiente de la distancia recorrida, por lo que se convierte en una manera sencilla de pago por parte del usuario. Este tipo de tarifa se lo realiza al ingresar a una unidad de transporte y su cobro suele ser rápido. Además puede ser beneficioso para ciertas personas que usan en transporte durante recorridos con distancias grandes, pero también resulta perjudicial para personas que usan el transporte público durante trayectos cortos en donde el pago se la tarifa es total, esta consideración es más notoria en ciudades grandes, ya que para ciudades pequeñas las distancias de viaje suelen ser relativamente uniformes.

Tarifa zonal.- De los sistemas de cobro con diferentes tarifas es la forma más sencilla de cobro, en donde el parámetro a considerar es la distancia recorrida. Para este fin se divide a la ciudad en zonas, y el costo será diferente si el usuario va de una zona a otra que si viaja en la misma zona y puede ser más elevada si el usuario se moviliza a más de dos zonas. Este tipo de tarifa presenta ventajas tanto para los usuarios ya que su pago lo realizará de acuerdo a la distancia recorrida y en tramos cortos el pago será inferior así como así como también para el prestador de servicios ya que podrá cobrar más de acuerdo la distancia que recorra el usuario.

Elementos que lo constituyen

Medio de pago.- Son las formas de realizar el pago, estos pueden ser pagos mediante sistemas electrónicos, tickets pre pagados o mediante pago en efectivo.

Puntos de venta o recarga.- Para sistemas pre pagados o electrónicos los puntos de venta o recarga son los lugares en donde se puede adquirir el pasaje para el uso de un sistema de transporte público. Estos pueden ser incluidos como parte del sistema al tener puntos de recarga antes de ingresar a una estación de transporte o puntos de recarga externos como son centros comerciales o tiendas cercanas al sistema de transporte.

Lectores de tarjeta.- Son los elementos encargados de validar las tarjetas electrónicas y descontar el saldo que tenga la misma por el cobro del servicio del transporte público

Computadora central.- Un sistema integrado de transporte requiere de un sistema central que permita controlar y mantener una base de datos de los usuarios del sistema. Suele estar junto con un sistema integrado operacional para tener la información del número de usuarios como los horarios de máxima demanda. Además con el número de usuarios se puede saber los ingresos que tenga el sistema.

1.2.3.2. Sistema de recaudo

El sistema de recaudo es la concesión a una empresa para administrar los valores que sean recolectados por un sistema de transporte, esta empresa será la encargada de realizar el pago a los operadores del transporte, siguiendo lo estipulado en los contratos.

1.2.3.3. Sistema de cobro

Directo en moneda.- Para sistema de transporte tradicionales es la forma de pago más común, tanto por su sencillez como también por su facilidad para implementar. Generalmente este pago se lo realiza al conductor de la unidad de transporte y en sistemas de transporte que están organizados este pago puede realizarse antes de ingresar a una estación mediante sistemas recaudadores que puede ser una urna o caja colectora. Un

ejemplo de esto es la ciudad de Quito – Ecuador, que en su sistema integrado de transporte (TROLEBUS) tiene un modo de cobro mediante pago en efectivo que se lo realiza antes de ingresar a las estaciones.

Electrónico (tarjeta, monederos).- Esta forma de cobro implica la compra de una evidencia de pago o boleto que al usar un sistema de transporte debe ser verificado y aceptado como sustituto del pago en efectivo. Para estaciones suelen ubicarse en la entrada a la misma y cuando esta forma de cobro se lo realiza en las unidades de transporte el lector de tarjetas se encuentra en el interior en donde el conductor de la unidad tendrá que verificar la validación del pago.

Mixto.- En algunos sistemas en donde los usuarios no están completamente acoplados a sistemas de cobro electrónicos se utilizan los dos sistemas, permitiendo al usuario elegir su forma de pago. Este presenta una ventaja ya que los usuarios al no disponer de un tarjeta de pre pago podrán acceder al sistema mediante un pago en efectivo.

1.3. Elementos básicos para el dimensionamiento y programación del servicio

El dimensionamiento de una red de transporte público y de sus rutas individuales influye directamente es su funcionamiento, desempeño y resultados económicos, es por esto que para su diseño se deben considerar los siguientes elementos:

Intervalo.- Según molinero 1998 “*el intervalo es la porción de tiempo entre dos salidas sucesivas de vehículos de transporte público en una ruta*”. En este aspecto se considera tanto la necesidad (demanda) de los usuarios en tiempos de espera pero también por parte de los proveedores del servicio (oferta), hay que buscar un equilibrio de acuerdo a la cantidad de pasajeros y la capacidad de las unidades para que los costos de operación resulten rentables para la ruta y en tiempos sea conveniente para el usuario. La unidad son los minutos.

$$i = \frac{60}{N}$$

Frecuencia.- Según Molinero 1998 “Es el número de unidades que pasan por un punto dado de la ruta durante una hora”.

$$f = \frac{60}{i}$$

Su unidad es unidades/hora.

Capacidad vehicular.- es el número de espacios disponibles para pasajeros, considerando tanto sentados como de pie. Es un valor especificado por el fabricante del vehículo y puede ser tanto por espacio físico o por el peso máximo de la unidad de transporte.

Sección de máxima demanda (SMD).- es la hora del día en la cual ocurre la máxima demanda de pasajeros de una ruta. Establece la cantidad o demanda de diseño para un servicio. Se puede obtener de acuerdo a un estudio de ascensos y descensos.

Tiempos de recorrido.- Es el tiempo que tarda una unidad de transporte público desde su terminal de salida hasta su terminal de llegada (un derrotero).

Este tiempo se puede medir arriba de la unidad de transporte, de acuerdo al sistema de control de las unidades o por monitoreo GPS, para unidades de transporte público se lo representa en minutos.

Velocidad de operación.- Es la velocidad promedio de la unidad de transporte en todo el recorrido de un derrotero. Es expresado en Km/min.

$$v = \frac{L_{\text{corredor}}}{t_{\text{recorrido}}}$$

Tiempo de terminal.- es el tiempo que una unidad de transporte espera en la terminal antes de realizar su siguiente recorrido.

Factor de ocupación.- Es un indicador de la cantidad de pasajeros que van en una unidad de transporte en relación con su capacidad, este indicador se considera para la comodidad

de los pasajeros a bordo de un autobús, ya que a mayor valor indica que el autobús circula con mayor saturación o mayor cantidad de pasajeros de pie.

Tamaño del parque vehicular.- Es el número de unidades de transporte con las que cuenta una ruta o sistema. El tamaño del parque automotor debe ser el suficiente para cumplir las necesidades de movilidad a la hora de máxima demanda, debe ser planificado para brindar un servicio con capacidades óptimas y buscar un equilibrio para que no exista ni sobre oferta ni sobre demanda.

$$N = \frac{SMD * F_{ocupación}}{C}$$

1.4. Indicadores de desempeño del transporte público

El indicador de desempeño “*Es la expresión cuantitativa construida a partir de variables cuantitativas o cualitativas, que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros (cumplimiento de objetivos y metas establecidas), reflejar los cambios vinculados con las acciones del programa, monitorear y evaluar sus resultados. Los indicadores de desempeño pueden ser indicadores estratégicos o indicadores de gestión*”. (SHCP, 2011)

Aplicando eso al transporte público podemos decir que es la cuantificación de los beneficios o perjuicios que trae consigo la implementación de un proyecto. Este puede afectar a una sociedad de distintas maneras; cambiar su forma de uso del transporte al tener paradas establecidas, modificar sus tiempos de recorridos o el uso de mayor número de unidades para llegar a su destino o hasta en su propio estilo de vida. El beneficio o perjuicio ocurre como resulta del cambio de efectos en la implementación de un proyecto. (Molinero, 2005)

Indicadores de desempeño relacionados al viaje

Estos indicadores tienen un impacto directamente social, ya que representan una ventaja o desventaja a los usuarios al modificar tiempos de recorrido, costos y accesibilidad, también pueden ser al modificar la movilidad del transporte mixto y reducir el congestionamiento debido al mayor uso del transporte público (Molinero, 2005).

El valor económico que se asigna al tiempo del usuario, es de acuerdo al tiempo que le lleva desde su origen a su destino, por lo que se pueden considerar los siguientes indicadores de acuerdo a esto:

Tiempo de caminata.- Es el tiempo que le lleva al usuario acceder a un servicio de transporte público. Para su estimación se considera la velocidad a la que el peatón camina, de acuerdo a las circunstancias de accesibilidad.

Tiempo de espera.- Es el tiempo que un usuario tiene que esperar hasta que llegue una unidad de transporte público.

Tiempo de recorrido.- Es el tiempo que el usuario recorre a bordo de la unidad de transporte y se puede estimar a partir de la distancia promedio de recorrido.

Tiempo de transbordo.- Es el tiempo que le lleva a un usuario cambiar de una unidad de transporte a otra o de una modalidad de transporte a otra.

Población beneficiada.- Es el total de personas que encuentran un beneficio a ofrecer un nuevo sistema de transporte.

Factor de comodidad.- Este factor indica que tan cómodo realizará el viaje el usuario, considerando la capacidad de la unidad y el número de pasajeros que se desplacen en esta.

Tiempo en abordar la unidad.- Es el tiempo que le lleva al usuario abordar la unidad de transporte, considerando la demanda que tenga el sistema en cada parada.

Tiempo de bajar del vehículo.- Es el tiempo que le toma a un usuario descender de una unidad de transporte, considerando los usuarios que tenga está en su interior al momento del descenso o las facilidades físicas de la unidad que brinde para esta acción.

Transbordos.- Es el número de cambios de unidades de transporte que tiene que realizar el usuario para llegar desde su origen a su destino

1.5. Caracterización y modelado de sistemas de transporte masivo

Son los recursos que cuenta un sistema destinados al transporte público en la zona de estudio, la descripción de sus componentes y características de funcionamiento.

Estos datos se pueden obtener a partir de estudios de campo, inventarios o encuestas. Esta información es:

- Derroteros y paradas
- Horarios y tiempos de recorrido
- Frecuencias (hora valle y máxima demanda)
- Tarifas
- Características de vehículos (marca, modelo, capacidad)

Además requiere información respecto al funcionamiento operativo del sistema y son:

- Pasajeros transportados
- Kilómetros recorridos por vehículo

Las necesidades de movilidad comprende la demanda que tiene un sistema. Esta información se puede obtener a partir de encuestas y pueden ser:

- Características individuales de los usuarios en el lugar de residencia (encuestas domiciliarias)
- Características de los desplazamientos (origen destino o ascenso - descenso)

Un modelo de transporte es la representación de una parte del entorno real o de un sistema de interés que se centra en los elementos más considerables. Estos modelos intentan replicar el sistema de interés y su comportamiento por medio de ecuaciones matemáticas basadas en ciertas declaraciones teóricas al respecto.

La modelación del transporte contribuye a mejorar en la toma de decisiones y la planificación en materia de transporte, los modelos de transporte con solo una parte en la planificación: las prácticas administrativas, un marco institucional, profesionales calificados y buenos niveles de comunicación con los tomadores de decisiones, los medios

y el público son algunos de los otros requisitos para un sistema de planificación eficaz. Por otra parte, la modelación del transporte y la toma de decisiones se pueden combinar de diferentes maneras, dependiendo de la experiencia local, las tradiciones y la experiencia. Sin embargo, antes de discutir cómo elegir un método de modelización y planificación vale la pena esbozar algunas de las principales características de los sistemas de transporte y sus problemas asociados.

Los problemas del transporte cada día son más considerables a nivel mundial, aunque los países industrializados llevan un paso adelante en los sistemas de transporte, los países en vías de desarrollo toman acciones para mejorar cada día los sistemas de transporte. Con el crecimiento del parque automotor mundial ha dado lugar a demoras, contaminación ambiental, congestión y accidentes y con ello mayor demanda que la cantidad de vialidades de transporte. Para mitigar esta situación se pretende motivar al uso del transporte público.

Un modelo de transporte se realiza en cuatro etapas:

- Generación y atracción de viajes
- Distribución de viajes
- Partición modal
- Asignación

1.5.1. Generación de viajes

La etapa del modelo de generación de viajes tiene como objetivo predecir el número de viajes totales generados (O_i) y atraídos a (D_j) de cada zona de estudio. Se puede conseguir de acuerdo a las encuestas origen destino tanto familiares o abordo.

La producción de viajes tiene que ver únicamente con los traslados que salen de cada zona, por lo que el objetivo de este paso es estimar el número total de viajes por propósito que son producidos o que son originados en cada zona, la matriz de viajes se obtienen a través de estudios de encuestas origen destino (Ortuzar & Willumsen, 2011).

1.5.2. Distribución de viajes

Luego de obtener los vectores futuros de producción y atracción de viajes el siguiente paso es la distribución de viajes, en dicha distribución se pretende encontrar la manera en cómo se distribuyen las producciones y atracciones entre los distintos pares O-D que nos representará la matriz de viajes futuros. Para la obtención de dicho modelo se supone la utilización de cualquier modelo aceptado que puede ser (Ortuzar & Willumsen, 2011):

- Factor de crecimiento uniforme
- Simplemente acotado
- Doblemente acotado “Fratar”
- Triplemente acotado

1.5.3. Partición modal

Los modelos de partición modal son usados para analizar y predecir las elecciones de los viajeros, tanto individuales o en grupos, hacen de los modos de transporte disponibles para efectuar los viajes. El propósito de la partición modal es predecir el reparto modal de todos los viajes realizados sin embargo, consideramos que la mejor alternativa para evaluar por ejemplo una nueva línea de metro o tren o un corredor de BRT será utilizar el método Logit Multinomial ya que considera las probabilidades por medio de una función de utilidad (Ortuzar & Willumsen, 2011).

1.5.4. Asignación

El modelo de asignación estiman los patrones de; la provisión de niveles de servicio, tiempos del viaje, las distancias y los costos asociados con viajes entre el flujo de tráfico en

la red vial tomando como base la matriz con los flujos entre cada par origen-destino (Ortuzar & Willumsen, 2011).

La asignación de un sistema de transporte público se puede dar considerando 4 factores

- Tiempo de recorrido
- Costo del viaje
- Valor del tiempo
- Comodidad:

Métodos de asignación

La distinción más fundamental en la asignación del transporte público es el basado en la frecuencia y la programación. En este los tiempos no se considera explícitamente, pero al modelar se refiere a los intervalos de la ruta o a su inversa (frecuencias de servicio).

Por lo tanto, no es posible calcular de manera explícita los atributos que los usuarios consideran en relación con las opciones de ruta individuales, pero sólo los valores medios que se relacionan con esa línea (TAG, 2006).

Enfoques basado en la frecuencia y programación

El modelado está basado en la frecuencia.- Constituye el enfoque clásico que es generalmente el más simple, que requiere menos datos de entrada y menos poder de cómputo que los enfoques basados en programación. Se corresponde con el enfoque del estado clásica, constante a la asignación de tráfico de carretera de equilibrio de usuario y por lo tanto permite el uso de algunas de las mismas técnicas.

Los enfoques basados en la programación del servicio.- Se han desarrollado más recientemente y son cada vez más ampliamente utilizados, en parte por el incremento en el cálculo computacional, además este enfoque refleja los tiempos de llegada y salida de vehículos reales en el momento en que los usuarios tomen sus decisiones. Este enfoque permite a los modeladores a tener en cuenta la dinámica de la oferta y la demanda, y calcular la dinámica y la variación del nivel de los atributos de servicio.

En comparación con los modelos basados en la frecuencia, la gran ventaja de los enfoques basados en programación es que las cargas de los vehículos se pueden predecir por servicios específicos en puntos concretos en el tiempo. Esto no significa necesariamente que el enfoque basado en la programación es el mejor en cada situación. En particular, si la llegada y salida de pasajeros de vehículos son muy variables, los enfoques basados en la frecuencia podrían dar resultados más realistas, mientras que los esfuerzos de datos y de cálculo extra de los enfoques basados en programación pueden ser innecesarios con sistemas de alta frecuencia.

A pesar de sus ventajas teóricas de los métodos basados en programación, adolecen de una serie de desventajas prácticas:

- Los resultados pueden ser muy sensibles con un tiempo específico, aunque se podría argumentar que sólo un trabajo basado en el tiempo puede dar resultados realistas
- Puede ser difícil predecir con exactitud el horario
 - a) para un esquema que todavía no existe
 - b) por varios años en el futuro
- La forma en que los servicios poco confiables se deben manejar no está claro
- Los tiempos son mucho más altos que para los enfoques basados en la frecuencia. Estos pueden ser tanto como 10 veces más.

A menudo, un pasajero en una parada cuenta con una selección de las rutas, se hace referencia a las rutas comunes, que lo llevará directamente o indirectamente a su destino. Las líneas pueden ser diferentes en su atractivo, tal vez debido a la comodidad (material rodante), el tiempo de viaje hasta el destino, el número de cambios, la probabilidad de la disponibilidad de asientos, tal vez incluso el dinero, etc. Y esta diferencia puede estar relacionada con el operador que presta el servicio. Un dilema frecuentemente encontrada por el usuario del transporte público es si usar el siguiente vehículo en una ruta correspondiente o esperar para una línea más atractiva. Esto se conoce como el problema de

la línea común. La disponibilidad de información a los usuarios a través de indicadores de tiempos precisos puede de cierta manera resolver este dilema (TAG, 2006).

Criterios para elegir el enfoque del método de asignación

Servicios de alta y baja frecuencia. Si los servicios operan con una frecuencia baja, el modelado de asignación de redes de transporte público debe tener en cuenta la diferencia entre el tiempo deseado de viajes para los pasajeros y la salida y llegada real del vehículo. Si los servicios operan con una alta frecuencia, generalmente es suficiente para reflejar la hora de salida deseada en la matriz OD y diferencias entre la hora de salida deseada y la hora de salida del vehículo puede ser tratada como una constante. , por ejemplo, la mitad del progreso. El umbral aceptado para distinguir los servicios de 10 – 15 minutos. Si el servicio funciona con esta frecuencia se puede suponer un servicio uniforme, ya que los usuarios no suelen comprobar los horarios. Si los servicios funcionan por encima del umbral se convertirán en servicios específicos. Considerando esto se deduce que los modelos basados en la frecuencia son menos adecuados para los servicios que operan con intervalos mayores que el umbral.

Información al pasajero y puntualidad de servicio. Cuanto más información que un viajero tiene, y cuanto más fiable es esta información, mayor será la elección del servicio en lugar de basarse en la ruta y por lo tanto un enfoque basado en el horario será más válido. Modelos basados en la frecuencia será más conveniente si los servicios operan con baja puntualidad e información a los usuarios.

La regularidad de servicio. La regularidad de servicio es una cuestión independiente de la puntualidad. En este caso se trata de los intervalos regulares entre las llegadas de los vehículos en lugar de demoras imprevistas. Los modelos basados en la frecuencia asumen una parte igual de pasajeros entre las carreras de este servicio. Si un servicio no está previsto que llegue con intervalos regulares podría dar lugar a errores de línea de carga en los modelos basados en la frecuencia.

Escala de red. Debido a la descripción más detallada de la red y por la representación de la oferta y la demanda, los enfoques basados en programación computacional son más exigentes. Los tiempos de funcionamiento pueden ser hasta 10 veces superiores.

La variación en el comportamiento del usuario. Si la variación en el comportamiento del usuario es un tema importante, se necesitan modelos que utilizan una asignación de equilibrio estocástico para el usuario. El factor de dispersión se puede utilizar para modelar la diferente percepción del costo de los diferentes viajeros. La asignación de equilibrio estocástico del usuario se puede aplicar a los modelos basados en la programación como en la frecuencia.

También se debe aplicar esta asignación para reflejar el comportamiento de usuarios ocasionales en redes complejas, ya que estos usuarios no conocen todas las posibilidades de enrutamientos disponibles por lo que no se restringe a la de menor costo.

1.5.5. Equilibrio

El supuesto básico que se utiliza para la asignación es el principio de en donde se considera que; ningún usuario puede reducir su tiempo de viaje al cambiar de itinerario.

De esta manera su puede tener dos enfoques:

- Enfoque determinista
- Enfoque estocástico

Enfoque determinista.- La asignación basada en la frecuencia determinista asigna pasajeros a rutas aceptables en proporción a las frecuencias de línea pertinentes. En muchos casos se considera sólo un camino aceptable, lo que lleva a una cesión de todo o nada. Esto es atractivo en términos de reducción de los tiempos de ejecución y simplificar costos, pero puede resultar difícil de validar.

Enfoque estocástico.- La asignación estocástica reconoce las variaciones individuales en la percepción del costo generalizado. Todos los pasajeros que todavía están eligiendo su opción más económica percibida, pero esto puede no ser la misma para todos, ya que no necesariamente están de acuerdo en lo que es la opción más barata. Un elemento aleatorio adicional se puede agregar a la asignación por no sólo el supuesto de que la percepción costo de pasajeros incluye un “término de error”, sino también por el supuesto de que los horarios de salida de vehículos son ligeramente al azar. Ambos supuestos darán lugar a tráfico que se divide entre más caminos que en el caso determinista, que refleja mejor lo que sucede en la vida real.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA CHACHAPA TLAXCALANCINGO

Para analizar, diagnosticar, monitorear y hacer propuestas relacionadas con cualquier sistema de transporte, se requiere conocer ciertos aspectos referentes a la oferta y demanda que se presentan en el lugar donde opera el sistema analizado. La oferta corresponde a la red de transporte público y a las características del conjunto de servicios ofrecidos a los usuarios. La demanda tiene que ver con el uso de los servicios que el sistema proporciona, así como con las características de los usuarios y sus necesidades de movilidad.

El diagnóstico está orientado a describir las características de oferta, demanda y la forma de operación de la situación sin y con proyecto de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. Se contempla la situación sin proyecto y la modernización con un sistema integral de transporte (corredor Chachapa – Tlaxcalancingo RUTA).

2.1. Zona de estudio

2.1.1. El estado de Puebla y municipios

El estado de Puebla se encuentra en la parte centro oriente de la república Mexicana, colinda con el estado de Veracruz al este, al poniente con los estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y Morelos y con los estados de Oaxaca y Guerrero al sur. Cuenta con una superficie de 34,251 Km², que es el 1,7% del territorio nacional, cuenta con 217 municipios y su capital es el Municipio de Puebla de Zaragoza (INEGI 2010). El municipio de Puebla se encuentra conurbado con cinco municipios más que son: San Andrés Cholula, San Pedro Cholula, Cuautlancingo, Coronango y Amozoc de Mota. Figura 2.1.



Figura 2. 1. Ubicación del municipio de Puebla

2.1.2. Delimitación de la cuenca de estudio

Para delimitar la zona de estudio se considera la movilidad de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo en sentido oriente a poniente, un nivel de agregación espacial por colonias, (ADHOC, junio de 2012 estudio de movilidad, sistema de transporte masivo, Chachapa– Tlaxcalancingo). Para lograr esto se trabajó con los estudios del SINCE 2010 por colonias obtenidos del INEGI. Figura 2.2.

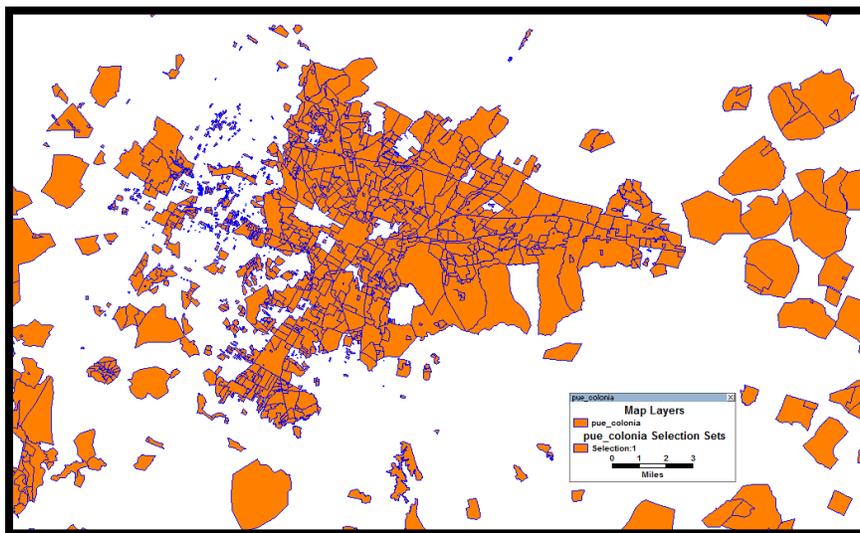


Figura 2. 2. Colonias del municipio de Puebla y zona conurbada

La zona metropolitana de Puebla tiene un total de 2171 colonias de las cuales 266 tienen cobertura de transporte público que opera en el eje central de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. Figura 2.3. Se puede apreciar en color amarillo la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo y en azul el eje central.

A partir del eje central o eje de transporte se consideraron las rutas que brindan servicio a lo largo de la cuenca y en función de estas considerando a los lugares a donde brindan el servicio se consideró las colonias.

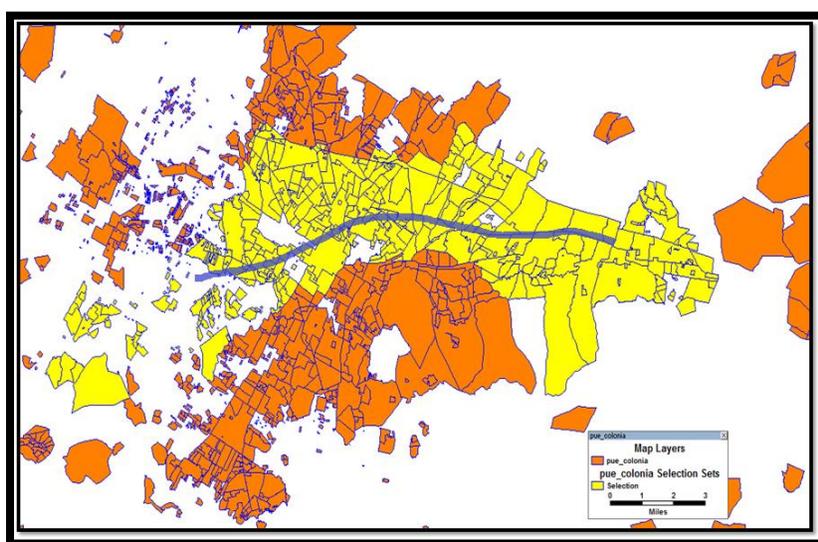


Figura 2. 3. Eje central y colonias de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo

La cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo tiene influencia en tres municipios del estado de Puebla, en sus colonias y la población de la siguiente manera (Tabla 2.1):

	PUEBLA	AMOZOC	SAN ANDRES CHOLULA	TOTAL
TOTAL DE COLONIAS	490	37	45	572
TOTAL DE LA POBLACION	1507901	96882	99359	1704142
COLONIAS CONSIDERADAS	201	30	35	266
POBLACION CONSIDERADAS	651046	72354	69734	793134
%COLONIAS CONSIDERADAS	41.02%	81.08%	77.78%	46.50%
%POBLACION CONSIDERADAS	43%	75%	70%	46.54%

Tabla 2. 1. Colonias y población considerada en la cuenca Chachapa -Tlaxcalancingo

Considerando un buffer de las colonias por las cuales circula pasa el corredor a una distancia de 500 metros se obtuvo (Tabla 2.2.):

	PUEBLA	AMOZOC	SAN ANDRES CHOLULA	TOTAL
TOTAL DE COLONIAS	490	37	45	572
TOTAL DE LA POBLACION	1507901	96882	99359	1704142
BUFFER COLONIAS	112	23	10	145
BUFFER POBLACION	416884	69384	18843	505111
% COLONIAS	23%	62%	22%	25.35%
% POBLACION	27.65%	71.62%	18.96%	29.64%

Tabla 2. 2. Colonias y población considerada

2.2. Análisis y diagnóstico de la situación sin proyecto

2.2.1. Metodología para elaborar diagnóstico

Para elaborar el diagnóstico se parte de:

- Análisis de la oferta
- Análisis de la demanda

Para el análisis de la oferta se considera las encuestas a conductores para obtener; inventario de rutas, trazos de la red de transporte y paradas, mientras que el análisis de la demanda se realiza a partir de la información de campo; ascensos –descensos que permite conocer la sección de máxima demanda y el perfil de carga, encuestas origen- destino que permite obtener la distribución espacial de viajes, perfil del usuario, tiempos de viaje los costos que este genera. Mediante estos estudios se puede establecer los indicadores de desempeño de las rutas como son: Índice de pasajeros por kilómetro, las vueltas de cada ruta, vehículos kilómetro, etc.

2.2.2. Análisis de la oferta

Rutas consideradas en el diagnóstico

Partiendo de la zonificación antes indicada, se consideran las rutas de transporte que brindan el servicio en esta cuenca, para su análisis de factibilidad en el corredor. En la situación sin proyecto del corredor troncal se consideró de manera inicial un total de 29 rutas distribuidas en 6 foráneas y 23 urbanas.

	RUTA	
1	RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	urbana
2	RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	urbana
3	RUTA 52 BOSQUES, CAPU	urbana
4	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	urbana
5	RUTA JBS - SANTA MAGO	urbana
6	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	urbana
7	RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	urbana
8	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	urbana
9	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	urbana
10	RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	urbana
11	RUTA 28 - SANTA ANITA	urbana
12	RUTA M21 SAN APARICIO - CANAL, RINCON	urbana
13	RUTA 3 ESTRELLAS	urbana
14	RUTA 6	urbana
15	RUTA PERIMETRAL II	urbana
16	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	urbana
17	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	urbana
18	RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	urbana
19	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	urbana
20	RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	urbana
21	RUTA PERIMETRAL 3	urbana
22	RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	urbana
23	RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	urbana
24	RUTA TLAXCALANCINCO-NACUZARI	foránea
25	TONANZINTLA- FEDERAL	foránea
26	LAMSA- FEDERAL	foránea
27	MALACATEPEC-OCOYUCAN-PUEBLA MOP	foránea
28	OCOYUCAN-PUEBLA ROP	foránea
29	ACAPETLAHUACAN- FEDERAL	foránea

Tabla 2. 3. Rutas de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo

En la figura 2.4. Se indica cómo se encuentran dispuestas las rutas

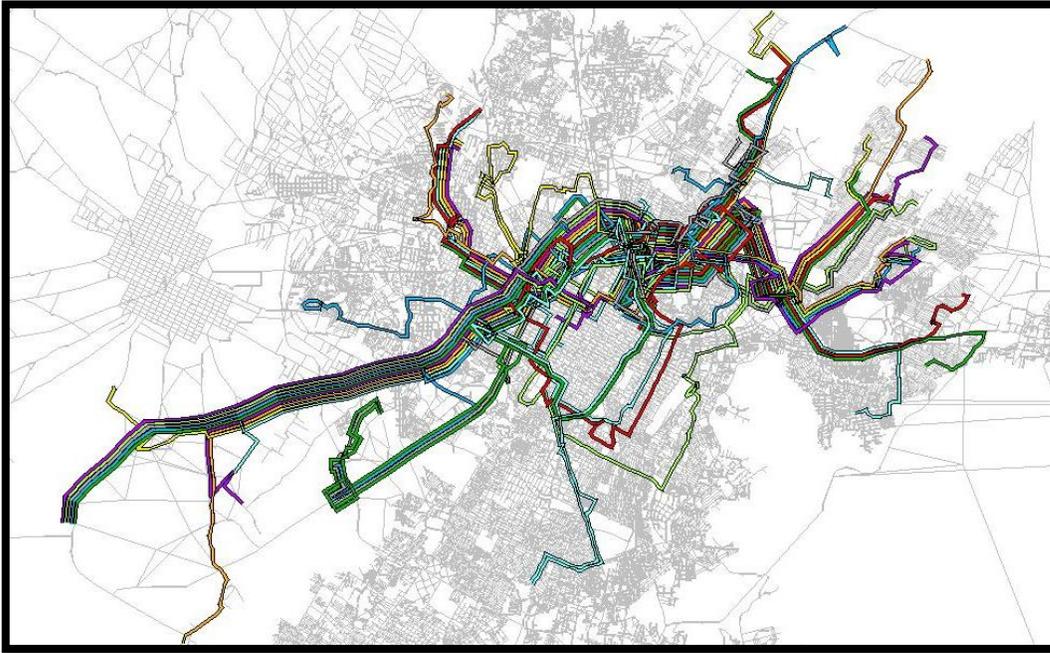


Figura 2. 4. Disposición de rutas seleccionadas en la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo

Selección de rutas

De las 29 rutas consideradas se seleccionó las de mayor influencia sobre la cuenca de transporte considerando tres aspectos principales:

A: Físico: Que recorra algún tramo de las vialidades principales el cual inicia en el periférico y boulevard Atlixco, continua sobre boulevard Atlixco hasta la 10 poniente, baja por esta última avenida hasta la diagonal Defensores de la Republica y se extiende sobre esta vía hasta llegar a la terminal de Chachapa.

Afectación. Se considera que una ruta tendría una afectación importante en su demanda por la puesta en servicio del sistema de transporte masivo si más del 25% de sus ascensos/descensos ocurren sobre el eje del corredor.

Demanda: Dado que el criterio de afectación es relativo y depende de la demanda total de la ruta, se define un criterio absoluto de demanda que es el que permitirá dar viabilidad financiera al proyecto incorporando solo las rutas que permitan generar economías de escalas en la producción del servicio.

Considerando estos factores se limitó el estudio a 10 rutas de transporte que son las más significativas en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. Estas rutas seleccionadas son:

RUTA
RUTA 28 - SANTA ANITA
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZVALETA
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO
RUTA 52 BOSQUES, CAPU
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA
RUTA JBS - SANTA MAGO
RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA
RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI

Tabla 2. 4. Rutas de mayor incidencia en el corredor

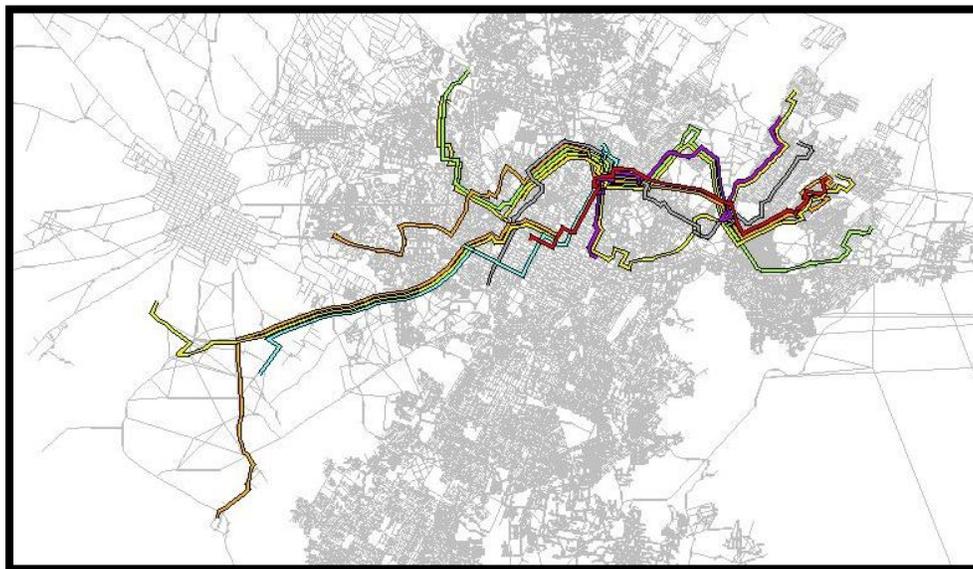


Figura 2. 5. Disposición de las rutas de mayor incidencia en el corredor

Número de unidades

El número de unidades permite saber el dimensionamiento del servicio de cada una de las rutas, de esto tenemos, que la ruta con mayor número de unidades es Ruta JBS – Santa

Mago con 78 unidades y la de menor es Ruta Tlaxcalancingo – Nacozeni con 15 unidades, con un promedio de 43 unidades del total.

RUTA	NUMERO DE UNIDADES	%
RUTA 28 - SANTA ANITA	27	6
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALITA	40	9
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	46	11
RUTA 52 BOSQUES, CAPU	50	12
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	43	10
RUTA JBS - SANTA MAGO	78	18
RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC	30	7
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	53	12
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	51	12
RUTA TLAXCALANCINGO, NACOZENI	15	3
TOTAL	433	100
PROMEDIO	43	

Tabla 2. 5. Número de unidades de las rutas de mayor incidencia de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo

Clasificación vehicular

Mediante la clasificación vehicular podemos saber cómo es el parque vehicular de acuerdo a las unidades y con ello determinar la capacidad de las mismas. De acuerdo a la tabla la ruta con mayor cantidad de autobuses es Ruta JBS – Santa Mago con 78 unidades en las cuales todos son autobuses. De acuerdo a la tabla 2.6. Se tiene que de acuerdo a la clasificación vehicular se tiene mayor cantidad de autobuses funcionando en la cuenca con el 46% del total y el de menor cantidad son los microbuses con el 6%

Nombre de la ruta	ParqueVeh	Autobús	Minibús	Microbús	Van
RUTA 28 - SANTA ANITA	27	3	0	14	10
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALITA	40	20	4	16	0
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	46	22	9	15	0
RUTA 52 BOSQUES, CAPU	50	4	0	46	0
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	43	0	0	0	43
RUTA JBS - SANTA MAGO	78	78	0	0	0
RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC	30	35	0	0	0
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	53	13	7	30	0
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	51	13	7	29	0
RUTA TLAXCALANCINGO, NACOZENI	15	15	0	0	0
TOTAL	433	203	27	150	53

Tabla 2. 6. Clasificación vehicular de las rutas de mayor incidencia en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo

parque vehicular	frecuencia	%
Autobús	203	46.35
Minibús	27	6.16
Microbús	155	35.39
Van	53	12.10
	438	100

Tabla 2. 7. Clasificación vehicular de las principales rutas de la cuenca.

Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo permite saber la velocidad promedio a la cual circulan las unidades de transporte, se obtuvieron los siguientes datos en donde se tiene que la ruta con el mayor tiempo es Ruta JBS – Santa Mago con un tiempo de 234 minutos y la de menor tiempo es Ruta 28 – Santa Anita con un tiempo de 80 minutos.

RUTA	ENTRE SEMANA (PAX/DIA)	FIN DE SEMANA (PAX/DIA)
RUTA 28 - SANTA ANITA	80	78
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZVALETA	151	149
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	131	137
RUTA 52 BOSQUES, CAPU	164	166
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	145	141
RUTA JBS - SANTA MAGO	234	234
RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	182	183
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	112	112
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	100	100
RUTA TLAXCALANCINGO, NACAZARI	122	122
promedio	142	142

Tabla 2. 8.- Tiempos de ciclo de las principales rutas de la cuenca

Kilómetros recorridos por vuelta según la ruta

Permite saber el recorrido que realiza cada unidad por vuelta y se tiene que la de mayor recorrido es la ruta 61 San Antonio Abad – Galaxia con 76 kilómetros recorridos y la de menor es la ruta 32 Bosques con 27 kilómetros.

RUTA	km/recorridos	%
RUTA 28 - SANTA ANITA	41	10
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALITA	30	8
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	27	7
RUTA 52 BOSQUES, CAPU	36	9
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	76	19
RUTA JBS - SANTA MAGO	44	11
RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	38	10
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	S/D	0
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	S/D	0
RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	100	26
TOTAL	392	100
promedio	49	

Tabla 2. 9. Kilómetros recorridos por ruta

2.2.3. Descripción de la demanda

Mediante las encuestas realizadas a los usuarios se puede elaborar la descripción de la demanda de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo, las encuestas origen y destino que se realizan a los usuarios del transporte público nos permite analizar cómo se comporta la movilidad de los usuarios además se puede establecer el modelo de asignación de transporte, para analizar cada una de los indicadores de desempeño

Para el estudio de movilidad se utilizó el estudio realizado por la empresa ADHOC 2012 en dónde; se realizaron 4681 encuestas, de las cuales 3620 fueron de origen destino y 1061 de preferencia declarada. Las encuestas se realizaron en 23 rutas que representan el 74% de la información y el 26% en las 6 rutas foráneas.

De este estudio se determinó lo siguiente:

Número de pasajeros transportados diariamente

Considerando las rutas de transporte público con mayor incidencia en el corredor permite saber la movilidad que existe por cada ruta y saber las de mayor demanda que para este

caso es la ruta Tlaxcalancingo con 463 pasajeros, mientras que la Ruta JBS – Santa Mago es la de menor demanda con 202 usuarios.

RUTA	pasajeros/ día	%
RUTA 28 - SANTA ANITA	221	7
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	222	7
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	431	14
RUTA 52 BOSQUES, CAPU	421	13
RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	170	5
RUTA JBS - SANTA MAGO	202	6
RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	362	11
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	350	11
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	310	10
RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	463	15
TOTAL	3152	
promedio	315	

Tabla 2. 10. Número de pasajeros transportados diariamente

Principales orígenes y destinos

Considerando el origen.- El principal origen de los viajes es el municipio de Puebla con un total de 107704 viajes que representa el 59,9% del estudio de movilidad considerando las rutas del estudio.

Municipio de origen	viaje	%
PUEBLA	107704	59,9
SAN ANDRÉS CHOLULA	21134	11,8
ATLANGATEPEC	8639	4,8
SAN PEDRO CHOLULA	4933	2,7
TLAXCALA	3999	2,2
ATLIXCO	3930	2,2
IXTACUIXTLA DE MARIANO MATAMOROS	3653	2,0
ESPAÑITA	2704	1,5
AMAZOC	2100	1,2
HUEYOTLIPAN	2030	1,1
CUAUTINCHÁN	1862	1,0
Otro	17166	9,5
Total	179854	100

Tabla 2. 11. Principales orígenes de viajes en la cuenca

Considerando el destino.- Considerando el lugar de destino el principal es el municipio de Puebla con un total de 106371 viajes que representa el 59,1% del total del estudio de movilidad.

Municipio de destino	viaje	%
PUEBLA	106371	59,1
SAN ANDRÉS CHOLULA	15271	8,5
ATLANGATEPEC	11303	6,3
SAN PEDRO CHOLULA	6303	3,5
ATLIXCO	4858	2,7
IXTACUIXTLA DE MARIANO MATAMOROS	4840	2,7
OCOYUCAN	3590	2,0
TLAXCALA	3216	1,8
ESPAÑITA	2434	1,4
HUAMANTLA	2123	1,2
AMAZOC	1951	1,1
CUAUTINCHÁN	1853	1,0
Otro	15741	8,8
TOTAL	179854	100

Tabla 2. 12. Principales municipios de destino

Motivo de viajes.- Mediante el motivo de viaje, se puede observar que el principal es por trabajo con 81343 viajes que representa el 45,8%, siendo este el más importante motivo de movilidad en el estudio

Motivo	viajes	%
trabajo	81343	45,8
Escuela	30435	17,1
Compras	25741	14,5
Otro	40106	22,6
sin dato	2229	
	177625	100

Tabla 2. 13. Motivos de viaje

Otros motivos de viaje.-

otro motivo	viajes	%
casa	5874	16,9
deportes	371	1,1
médico	4003	11,5
personal	5059	14,5
recreación	2384	6,9
trámites	2907	8,4
visita	14191	40,8

Tabla 2. 14. Otros motivos de viaje

Frecuencia de viaje.- Los usuarios viajan 5 días a la semana un total del 33,1 %, y las personas que viajan los 6 días de la semana son el 21,8 %.

Viajes semanales	Viajes	%
1	28644	16.2
2	19557	11.1
3	15074	8.5
4	6469	3.7
5	58581	33.1
6	38511	21.8
7	9949	5.6
Sin dato	3069	
total	176785	100%

Tabla 2. 15. Frecuencia de viaje

Costo de viaje por pago de tarifa.- El 74,2% de los usuarios de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo realizan un pago por transporte de hasta 6 pesos.

Costo del viaje,\$	Viajes	%
Hasta 6	131,859	74.2
6.1 a 10	11,685	6.6
10.1 a 15	24,601	13.8
15.1 a 30	8,322	4.7
30.1 a 50	768	0.4
Más 50	437	0.2

Tabla 2. 16. Costo de viaje por pago de tarifa

Tiempo de viaje.-De acuerdo al tiempo de viajes, el 31 % de los usuarios realizan su traslado en un tiempo entre 16 a 30 minutos, el 24,1 lo realizan entre 31 a 45 minutos

Tiempo de viaje, min	Viajes	%
Hasta 15	24734	14
16 a 30	54765	31
31 a 45	42628	24.1
46 a 60	32699	18.5
61 a 90	17845	10.1
91 a 120	3144	1.8
121 a 180	705	0.4
Más 180	140	0.1

Tabla 2. 17. Tiempo de viaje

De lo descrito anteriormente y considerando la hora de máxima demanda se estableció una matriz inicial de 15875 viajes.

2.2.4. Movimientos principales

Mediante el estudio de ascensos – descensos se construye el perfil de carga de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo y establecer los movimientos principales de los usuarios.

En la movilidad en el corredor se realizó el estudio de ascenso descenso, el cual está determinado de acuerdo a cada una de las rutas de transporte y tomando como paradas las más representativas de cada línea. En la figura se puede apreciar la ruta con las parada más significativas a las mismas se les asigna un ID para identificarlas y en la tabla se puede apreciar como de acuerdo a cada parada está asignado el número de usuarios que suben (ON) a la unidad, los que descienden (OFF) y el total de abordos (RIDERSHIP).

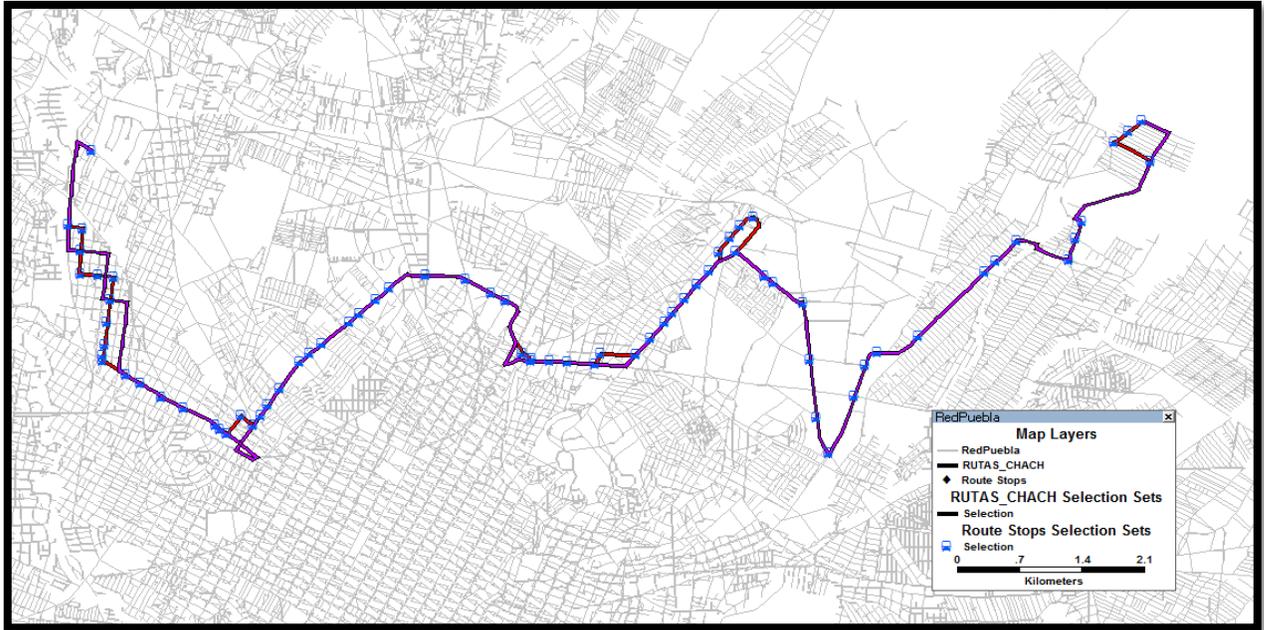


Figura 2. 6. Trazo de rutas y paradas principales

ID RUTA	PARADA	ASCENSOS (pax/parada)	DESCENSOS (pax/parada)	ABORDOS (pax/unidad)
1	1	0	0	0
1	2	12	6	6
1	3	0	2	4
1	4	0	4	0
1	5	4	0	4
1	6	12	0	16
1	7	2	0	18
1	8	0	0	18
1	9	2	4	16
1	10	12	0	28
1	11	4	0	32
1	12	2	0	34
1	13	0	0	34
1	14	2	0	36
1	15	2	0	38
1	16	0	0	38
1	17	0	0	38

Tabla 2. 18.- Comportamiento de Ascensos - descensos de una ruta en la SMD

2.2.5. Regulaciones y tarifas

No existe un método específico —hoja de cálculo o base de datos oficial— con el que la autoridad mantenga un monitoreo pertinente del costo del servicio. Aunque sí se cuenta con un esquema de tarifa autorizada para el servicio de transporte público. La tarifa es de \$6.

Es una costumbre en los transportistas solicitar un incremento anual de la tarifa sin mayores consideraciones y, muchas veces, sin fundamento técnico.

Faltan mecanismos que ayuden a contabilizar el ingreso percibido por el cobro de la tarifa y, con ello, disminuir la evasión que actualmente se presenta. Ante la necesidad de los transportistas de contar con finanzas sanas, la introducción de instrumentos tecnológicos en el cobro de la tarifa representa una opción viable para reducir la fuga de ingresos.

Para el cobro en cada una de las unidades de transporte el pago lo realiza el usuario a los conductores, el mismo que tiene que hacer las veces tanto de conductor como de cobrador

2.2.6. Diagnóstico

En la tabla 2.19 se presenta un cuadro resumen de las rutas y consideraciones de funcionamiento de la situación sin proyecto de la cuenca Chachapa - Tlaxcalancingo:

Unidades de transporte. El servicio de transporte público en las rutas con incidencia directa sobre la cuenca se presta mediante unidades de baja y mediana capacidad sin ningún diseño o planeación para tal fin

Principales orígenes – destino.- Considerando los principales orígenes y destinos se tiene que el 72.9 de la movilidad se realiza entre los municipios (Puebla, Amozoc y San Andrés Cholula) que es por donde pasa el eje central de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.

Además de este diagnóstico tenemos que:

La red de transporte de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo se encuentra constituida por una estructura irregular predominantemente radial, que no sigue ningún patrón geométrico

determinado, lo cual se manifiesta por las rutas radiales y diametrales que convergen en la zona centro.

OFERTA		
RUTAS DE TRANSPORTE	FORANEAS (rutas)	6
	URBANAS(rutas)	23
PRINCIPALES RUTAS	(rutas)	10
CLASIFICACION VEHICULAR	AUTOBUS (unidades)	203
	MINIBUS(unidades)	27
	MICBOBUS(unidades)	155
	VAN(unidades)	53
TIEMPO DE CICLO	PROMEDIO (min)	142
KILOMETROS RECORRIDOS	PROMEDIO (Km/día)	49
DEMANDA		
PASAJEROS	PROMEDIO (pax/día)	315
MOTIVO DE VIAJE	movilidad obligada	62.90%
	movilidad no obligada	37.10%
FRECUENCIA DE VIAJE	frecuente	54.90%
	esporádico	45.10%
COSTO DE VIAJE	6 PESOS	74.20%
	MAYOR A 6 PESOS	25.80%
TIEMPO DE VIAJE	15 MINUTOS	14%
	16 A 30 MINUTOS	31%
	31 A 45 MINUTOS	24.10%
	46 A 60 MINUTOS	18.50%
	MAYOR A 60 MINUTOS	12.40%

Tabla 2. 19. Cuadro resumen de la situación sin proyecto

Lo anterior ocasiona una gran concentración en las principales vialidades del centro de la ciudad; esto, a su vez, impacta de manera importante en el desempeño del sistema de tránsito de la ciudad. En términos generales, hay exceso de oferta y una competencia abierta, al no tener un esquema que defina y controle la operación del sistema

Sobrepiso.- Las rutas de transporte a lo largo de la cuenca compiten al menos con una que realiza un recorrido similar, así se genera una competencia desleal por la captación de usuarios y problemas de accidentes y congestión. El sobrepiso se presenta

principalmente en en vialidades como: Blvd. Atlixco y Diagonal defensores de la República.

Costos de operación.- Debido al esquema hombre-camión, a la actual red de transporte público, al estado del parque vehicular y a la falta de programas de servicio, hay altos costos de operación en las diferentes rutas de transporte público con incidencia directa sobre la cuenca. Ello origina un margen pequeño de utilidad que no permite la profesionalización del transportista ni la renovación del parque vehicular.

Mínima infraestructura de apoyo al transporte

Oficinas y lugar de encierro. Las agrupaciones de transporte, y en sí el sistema de transporte público de la cuenca Chachapa Tlaxcalancingo, cuentan con una mínima infraestructura, inapropiada en la mayoría de los casos para ofrecer un servicio de calidad a los usuarios. De las 29 rutas de transporte que operan, ninguna presenta áreas formales de mantenimiento y encierro de unidades (excepto las foráneas o de largo itinerario). Asimismo, todas carecen de equipo o herramienta adecuados; en la mayoría de casos, el mantenimiento —de carácter correctivo por lo regular— se realiza en talleres externos a las agrupaciones. De igual manera, se estableció la carencia de instalaciones adecuadas para la administración, el mantenimiento, la operación y el resguardo de las unidades. Por lo común, la infraestructura se limita a pequeñas oficinas con el mobiliario indispensable para trámites internos de cada agrupación.

Traslape de rutas.- Varias rutas de transporte realizan recorridos similares con pequeñas diferencias en su trazo por lo que existe una sobre oferta del servicio de transporte. Con esto el parque automotor que brinda el servicio a lo largo de la cuenca esta sobre dimensionado.

Competencia.- Al no tener un control de tiempos en las rutas de servicio existe competencia de parte de los conductores por recoger usuarios del transporte, como consecuencia de esto tenemos:

- Existe poco respeto por el usuarios

- Formas de conducir inapropiadas sin considerar límites de velocidad o frenadas excesivamente bruscas.
- Formas de conducir sin respetar señales de tránsito
- Realizan paradas en cualquier lugar de la ruta, poniendo en riesgos a los demás usuarios de las vialidades.

Tiempo de recorrido.- Los tiempos de recorrido no son fijos, todo lo contrario varían de acuerdo a la disposición del conductor, ya que en ciertos tramos de la ruta en donde no recoge pasaje van a muy baja velocidad.

Derroteros incompletos.- Los conductores en su afán de recoger más pasaje no recorren todo el derrotero y no realizan su recorrido total. Cuando se dan situaciones como estas obligan a sus usuarios a cambiarse a otra unidad y aunque no es necesario pagar por el nuevo servicio es una incomodidad para el usuario realizar esta actividad.

Perdida de tiempos e inseguridad en cobro de pasaje.- El conductor de una unidad tiene que conducir la unidad y cobrar a los usuarios por lo que muchas de las veces por realizar esta segunda actividad tiene que estar parado en una vialidad para cobrar el pasaje. Además al tener que dar el cambio por el pasaje se dedica a conducir y contar el dinero, con ello es inseguro y más propenso a sufrir accidentes.

2.3. Descripción de la situación con proyecto

Para la situación con proyecto se consideró las condiciones con la implementación del corredor Chachapa – Tlaxcalancingo implantado por el gobierno del estado de Puebla en Enero del 2013. En la figura 2.7 Se puede observar la ubicación del corredor y las vialidades por las que recorre.

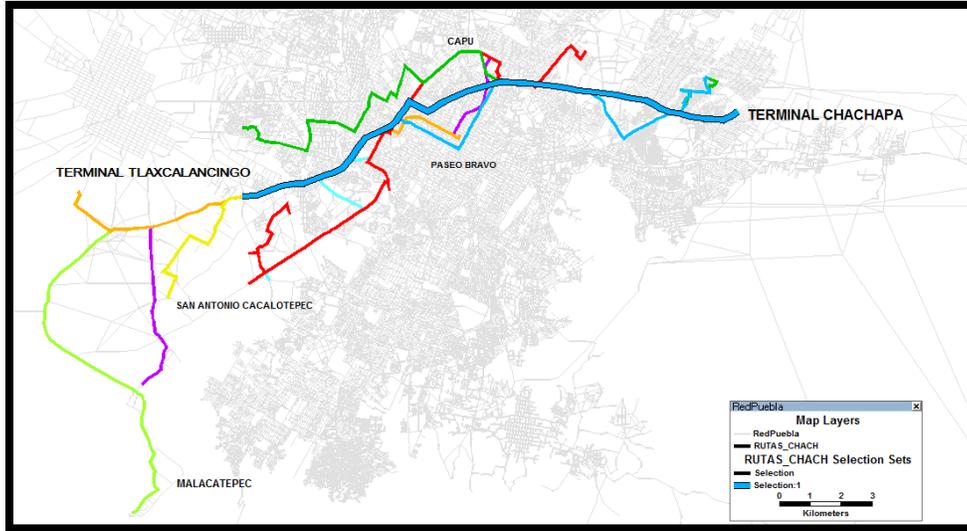


Figura 2. 7. Trazo del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo

2.3.1. Descripción de la oferta

Para describir la oferta se consideran las rutas implementadas en el sistema, mediante el corredor y rutas alimentadoras / auxiliares. Para este efecto se analizan *rutas alimentadoras* a las que cumplen una función de únicamente alimentar usuarios al corredor, *rutas auxiliares* a aquellas que funcionan en paralelo al corredor y no cumplen la función de alimentadoras y *alimentadoras/ auxiliares* a aquellas que cumplen las dos funciones, que aparte de alimentar con pasaje al corredor también tienen un recorrido en paralelo al corredor.

2.3.1.1. Rutas consideradas

Para la situación con proyecto se considera:

Un corredor de transporte central

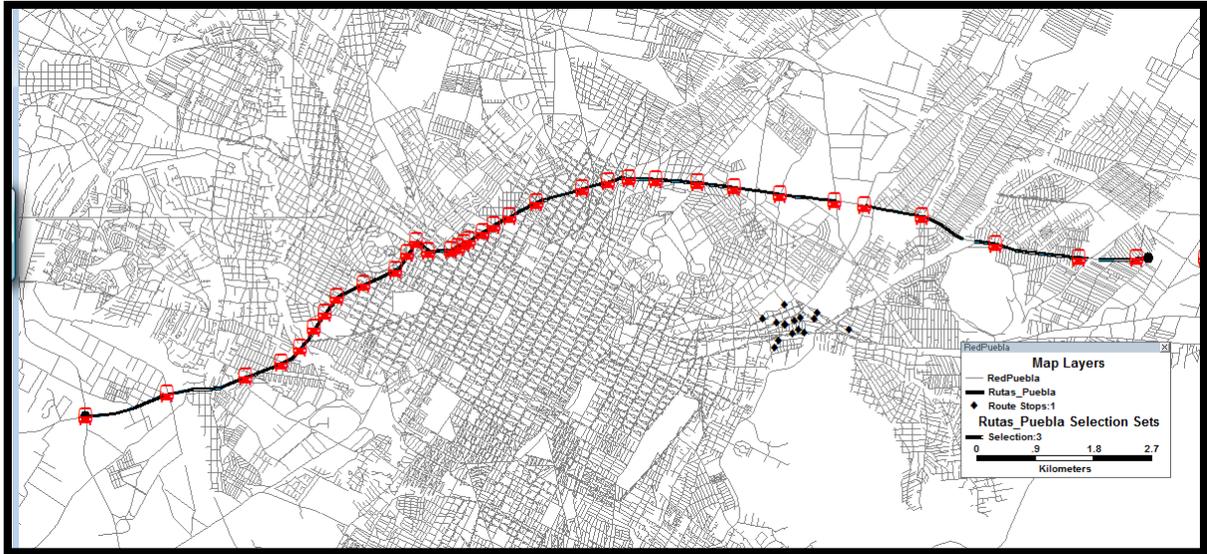


Figura 2. 8. Corredor RUTA y sus paradas

Rutas alimentadoras.- Como complemento al corredor se implementaron rutas alimentadoras y auxiliares.

RUTAS	TIPO
1 MALACATEPEC	ALIMENTADOR
4 SAN ANTONIO	ALIMENTADOR
6 AUCHAN	AUXILIARES
6 MEGA	AUXILIARES
8 BOSQUES ZAVALITA	AUXILIARES
9 BOSQUES CENTRO	AUXILIARES
2 SANTA CLARA MERCADO HIDALGO	AUX/ALIM
3 TONANTZINTLA	AUX/ALIM

Tabla 2. 20. Rutas alimentadoras del corredor RUTA

Eliminación de rutas de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.- Las rutas de mayor incidencia en el corredor se retiraron de circulación estas son:

RUTAS
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN
RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA
RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA
RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI
RUTA 36 - MEGA
RUTA 36 - AUCHAN
RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO
RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA

2.3.1.2. *Especificaciones del corredor*

Carril confinado.- Para el servicio se cuenta con un carril confinado por sentido que circula por las vialidades Blvd. Atlixco, 10 poniente, Defensores de la República.

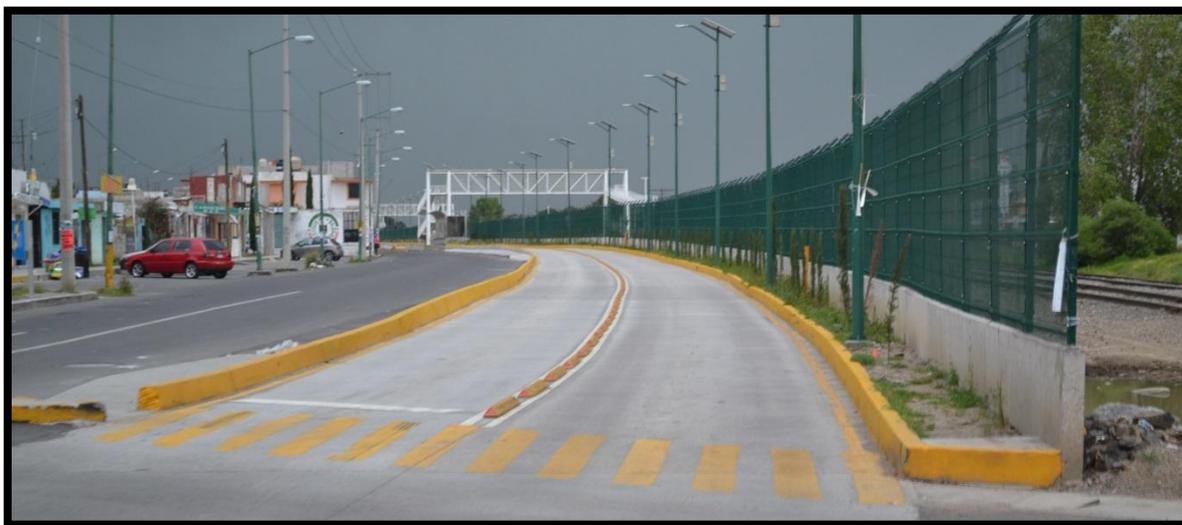


Figura 2. 9. Corredor central del sistema RUTA

Unidades de transporte.- Para brindar el servicio de transporte público en el corredor central (RUTA) se lo realiza a través de vehículos articulados (6 unidades) y autobuses con capacidad de 80 pasajeros (16 unidades).



Figura 2. 10. Unidades de transporte del sistema RUTA

Frecuencias de servicio y tiempo de ciclo

Considerando la hora de máxima demanda se tiene un servicio de acuerdo a la siguiente tabla:

RUTAS	TIPO	LONGITUD (KM)	NUMERO UNIDADES	INTERVALO (MIN)	TIEMPO DE DERROTERO (MIN)	TIEMPO DE CICLO (MIN)
CHACHAPA - TLAXCALANCINGO	TRONCAL	18,5	22	6	50	100

Tabla 2. 21. Servicios del corredor RUTA

El tiempo de ciclo del corredor se vuelve una ventaja ya que no es influenciado por el tráfico que exista en las vialidades siendo este independiente al funcionar mediante un carril confinado.

Terminales.- El corredor cuenta con dos terminales que son origen y destino del servicio y son:

- Terminal de Tlaxcalancingo
- Terminal Chachapa



Figura 2. 11. Terminales de Chachapa y Tlaxcalancingo

Estaciones

Para facilidad de ascenso y descenso y eliminar pérdidas de tiempo por sistemas de cobro el corredor central cuenta con estaciones ascenso y descenso. Para este objetivo cuenta con 36 paradas ubicadas a lo largo de su recorrido y son:

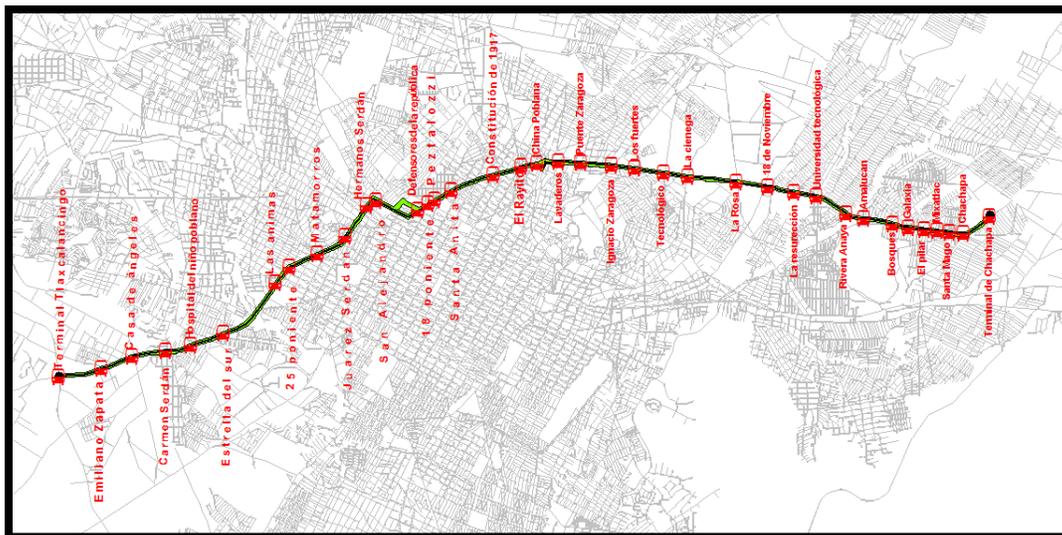


Figura 2. 12. Corredor Chachapa Tlaxcalancingo y sus paradas

N° de parada	parada	distancia a la parada anterior
	terminal Tlaxcalancingo	0
1	Emiliano zapata	810
2	casa de ángeles	688
3	Carmen Serdán	411
4	Hospital del niño poblano	342
5	estrella del sur	336
6	Las animas	917
7	25 poniente	378
8	Matamoros	541
9	Juárez Serdán	644
10	Hermanos Serdán	640
11	San Alejandro	439
12	Defensores de la república	321
13	18 poniente	534
14	Pestalozzi	390
15	Santa Anita	466
16	Constitución de 1917	444
17	El Rayito	301
18	China Poblana	337
19	Lavaderos	375
20	Puente Zaragoza	480
21	Ignacio Zaragoza	408
22	Los fuertes	422
23	Tecnológico	418
24	La Ciénega	458
25	La Rosa	773
26	18 de Noviembre	448
27	La resurrección	529
28	Universidad tecnológica	493
29	Rivera Anaya	326
30	Amalucan	437
31	Bosques	881
32	Galaxia	442
33	El pilar	435
34	Mixatlac	519
35	Santa Mago	486
36	Chachapa	432
	Terminal de Chachapa	400

Tabla 2. 22. Paradas del sistema RUTA

En la figura 2. 13. Se puede apreciar la estación Carmen Serdán que forma parte del corredor RUTA.



Figura 2. 13. Estación Carmen Serdán del sistema RUTA

Sistema de cobro.- Para el uso del servicio de transporte RUTA, tanto en las estaciones como en las terminales el pago se lo realiza mediante una tarjeta electrónica, la misma que tiene un costo de 12.50 pesos mexicanos⁴. Figura 2.14



Figura 2. 14. Tarjeta de pago electrónico del sistema RUTA⁵

⁴ Información tomada de: <http://rutapuebla.mx/tarjetas-de-prepago-de-ruta-puebla/>

⁵ Imagen tomada de:

http://periodicodigital.com.mx/notas/usuarios_de_ruta_son_victimas_de_fraude_pagan_200_pesos_por_la_tarjeta#.UuGPudK3XIU

Lectores de tarjetas.- Al ingreso de las terminales y estaciones se cuenta con lectores de tarjetas que mediante un torniquete permite al usuario ingresar al sistema



Figura 2. 15. Lectores de tarjetas electrónicas y torniquetes de validación

Puntos de recarga.- Para la recarga de crédito para las tarjetas se las puede realizar antes del ingreso al sistema mediante sistema de recarga automáticos.



Figura 2. 16. Puntos de recarga de pago electrónico

Costo del viaje.- El costo del viaje en el sistema de transporte RUTA tiene un costo de 6 pesos mexicanos.

2.3.1.3. Especificaciones de Rutas alimentadoras / auxiliares

Unidades de transporte

Con el objetivo de brindar un mejor servicio todas las unidades de transporte de servicio alimentadoras se unificaron a autobuses de 60 pasajeros de capacidad, con ello buscar reducir el parque vehicular que brinda servicio en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.



Figura 2. 17. Unidades de transporte para rutas alimentadoras del sistema RUTA

Descripción de las rutas

El sistema de rutas no es en esencia un sistema de rutas alimentadoras, ya que no se cuenta con estaciones de transferencia y únicamente en donde se realiza una alimentación como tal es en la terminal de Tlaxcalancingo. Se cuenta con un sistema de rutas atípico el cual funcionan en paralelo con el corredor troncal.

Rutas 1 Malacatepec y 2 San Antonio Cacalotepec.- Son las dos únicas rutas que funcionan como alimentadoras al corredor troncal; para la ruta 1 su origen lo realiza en Malacatepec y su destino es la terminal de Tlaxcalancingo e inversa, cumpliendo las funciones de una ruta alimentadora al corredor.

RUTAS	TIPO	LONGITUD (KM)	NUMERO UNIDADES	INTERVALO (MIN)	TIEMPO DE DERROTERO (MIN)	TIEMPO DE CICLO (MIN)
1 MALACATEPEC	ALIMENTADOR	40,2	28*	12	60	120
4 SAN ANTONIO	ALIMENTADOR	13,8		12	25	50

Tabla 2. 23. Especificaciones de las rutas alimentadoras

* Comparte sus unidades con la ruta alimentadora 2 Y 3.

Rutas auxiliares

Se consideran rutas auxiliares ya que funcionan en paralelo con el corredor. Estas brindan el servicio a los lugares por los cuales no circula el corredor.

RUTAS	TIPO	LONGITUD (KM)	NUMERO UNIDADES	INTERVALO (MIN)	TIEMPO DE DERROTERO (MIN)	TIEMPO DE CICLO (MIN)
6 AUCHAN	AUXILIARES	44,5	25	10	65	130
6 MEGA	AUXILIARES	44,1		10	60	120
8 BOSQUES ZAVALITA	AUXILIARES	47,5	44	10	75	150
9 BOSQUES CENTRO	AUXILIARES	27,2		10	60	120

Tabla 2. 24. Especificaciones de las rutas auxiliares

Aunque su recorrido se realiza cercano al corredor no recogen y dejan pasaje en alguna de las paradas o terminales del corredor.

Rutas auxiliares/alimentadoras

Este tipo de sistema habitualmente no usado funciona en ciertos tramos en paralelo al corredor, para el caso de las 2 rutas funcionan en la misma vialidad del corredor en el tramo terminal Tlaxcalancingo – C. C. El triángulo. Este tipo de servicio no se debería usar ya que en vez de ser apoyo al sistema perjudica ya que lleva usuarios que podría circular por el corredor.

En estas rutas se comparten las unidades junto con las rutas 1 y 4.

RUTAS	TIPO	LONGITUD (KM)	NUMERO UNIDADES	INTERVALO (MIN)	TIEMPO DE DERROTERO (MIN)	TIEMPO DE CICLO (MIN)
2 SANTA CLARA MERCADO HIDALGO	AUX/ALIM	18,4	28*	12	70	140
3 TONANTZINTLA	AUX/ALIM	10,7		15	50	100

Tabla 2. 25. Especificaciones de las rutas auxiliares

* Comparte sus unidades con la ruta alimentadora 1 y 4.

Recorrido de rutas

Las rutas realizan los siguientes recorridos:

Ruta 1. La ruta 1 realiza su origen en Malacatepec y su destino en la terminal de Tlaxcalancingo y viceversa recorriendo Santa Clara Ocoyucan, San Bernabe Temoxtitla y San Francisco Acatepec como se puede ver en la figura 2. 18. En donde se puede apreciar el recorrido y las paradas más representativas.

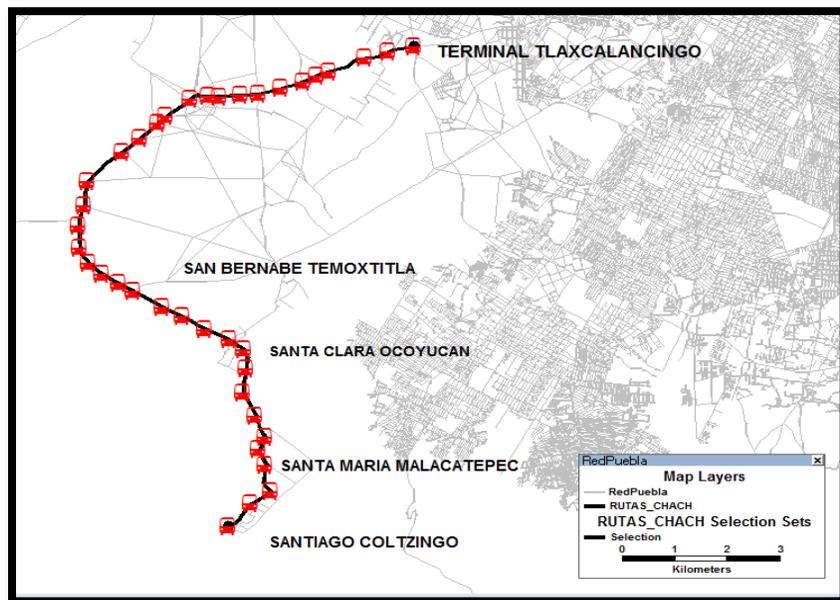


Figura 2. 18. Recorrido de la ruta 1 Malacatepec

Ruta 2.- La ruta 2 realiza su origen en Santa Clara Ocoyucan y su destino en las calles 15 Norte y Blvd. Norte (Mercado Hidalgo). En la figura 2.19 Se puede apreciar cómo es su recorrido considerado por derroteros.

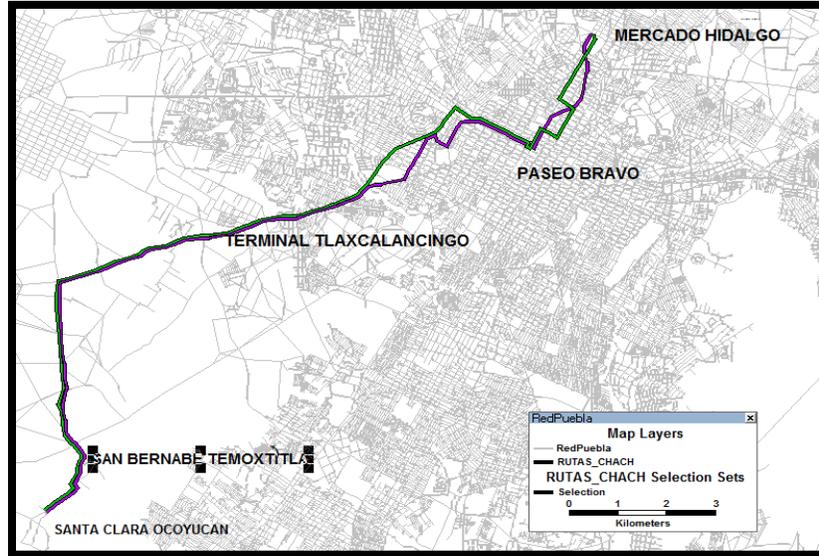


Figura 2. 19. Recorrido de la ruta alimentadora 2 Santa Clara

Ruta 3.- La ruta 3 inicia su recorrido en Tonantzintla, pasa por la terminal de Tlaxcalancingo y termina su recorrido en la calle 9 norte y 6 poniente y viceversa. En la figura 2.20. Se puede apreciar el recorrido de esta ruta.

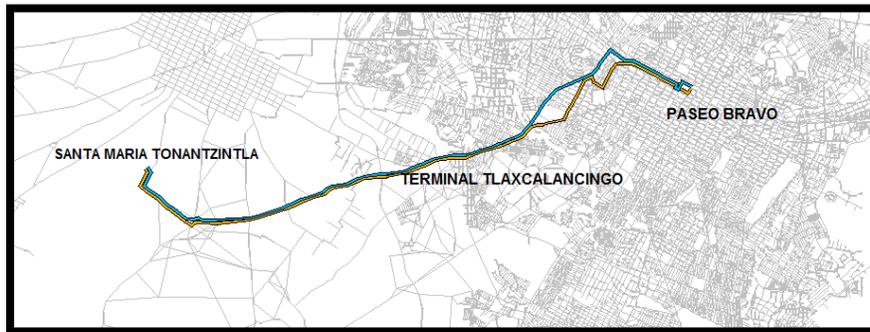


Figura 2. 20. Recorrido de la ruta Tonantzintla

Ruta 4.- Realiza su origen en San Antonio Cacalotepec y su destino en la terminal de Tlaxcalancingo y viceversa. En la figura 2.21 Se puede apreciar el recorrido mediante sus dos derroteros.

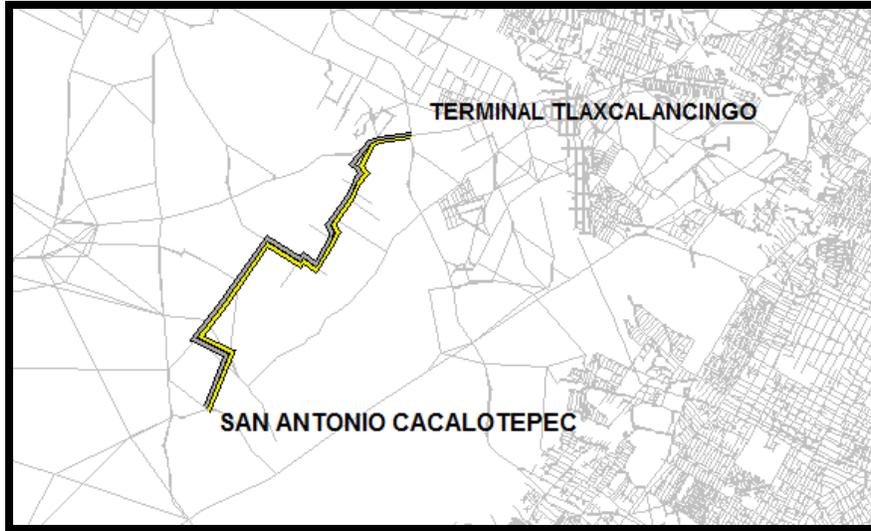


Figura 2. 21. Recorrido de la ruta San Antonio Cacalotepec

Ruta 6 Auchan.- Esta ruta inicia su recorrido en la caseta de cobro en la vía Puebla – Atlixco y su destino es el estadio Cuauhtémoc y viceversa.

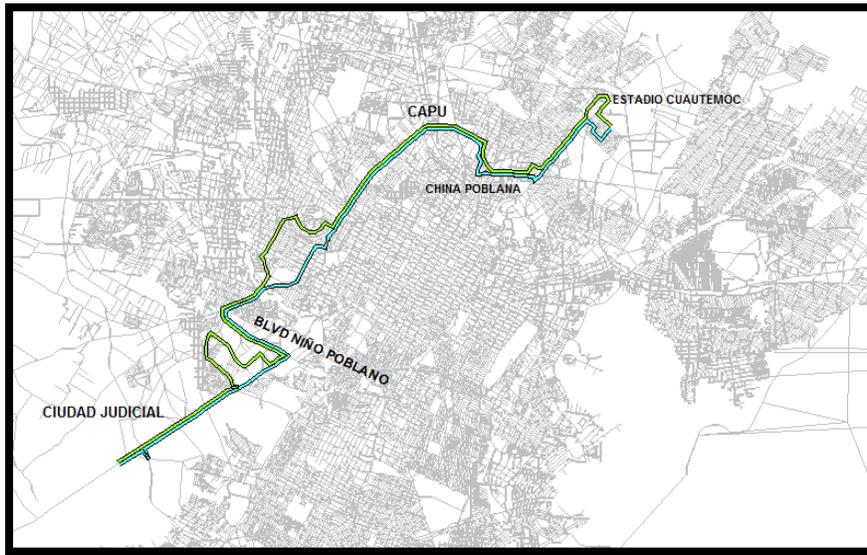


Figura 2. 22. Recorrido de la ruta 6 Auchan

Ruta 6 Mega.- Esta ruta realiza un recorrido similar a la ruta 6 Auchan, con su origen en la caseta de cobro de la vía Puebla – Atlixco con su destino en el estadio Cuauhtemoc y viceversa, con la diferencia que realiza su recorrido por el circuito Juan Pablo II.

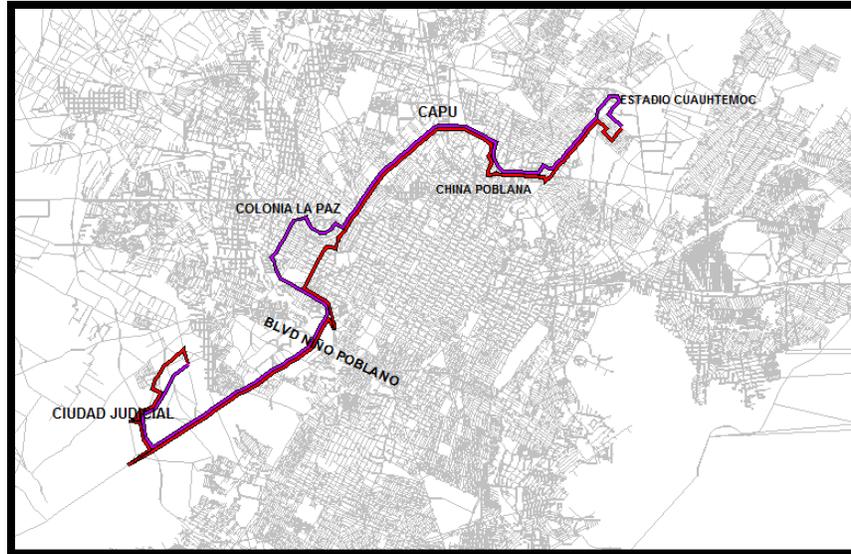


Figura 2. 23. Recorrido de la ruta 6 Mega

Ruta 8 Bosques Zavaleta.- Esta ruta inicia su recorrido en bosques de San Sebastian y termina su recorrido en Zavaleta.

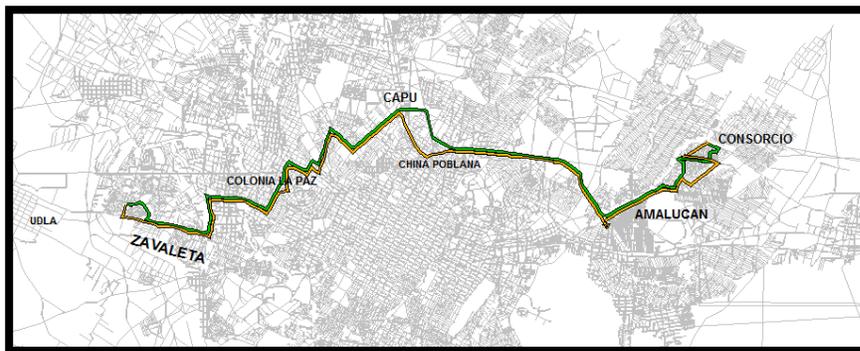


Figura 2. 24. Recorrido de la ruta 8, Bosques Zavaleta

Ruta 9 Bosques – centro.- Esta ruta inicia su recorrido en Bosques de San Sebastián y su destino es en Blvd. Norte y 6 poniente.

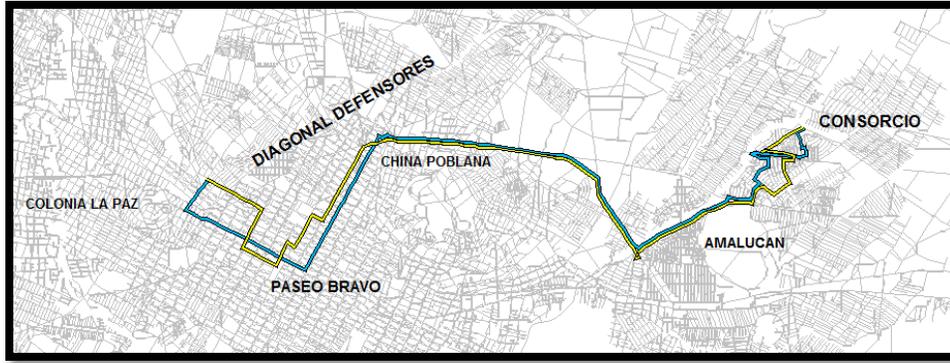


Figura 2. 25. Recorrido de la ruta 9, Bosques Centro

Sistema de cobro.- Para el cobro en las rutas alimentadoras se cuenta con un sistema lector de tarjetas para pagos electrónicos o se lo puede realizar en dinero en efectivo al conductor, este se encargará de entregar un boleto como comprobante del pago.

Costo del pasaje.- El costo por el uso de las rutas alimentadoras tiene un costo de 6 pesos mexicanos. Un usuario al usar una ruta alimentadora o auxiliar y quiere acceder al corredor central tendrá que realizar un pago de 1,5 pesos adicionales por el uso de este.

A continuación se presenta un cuadro resumen de la información de las rutas de la situación con proyecto considerando las alimentados/auxiliares y el corredor:

RUTAS	TIPO	UNIDADES	LONGITUD	VELOCIDAD	INTERVALO	CAPACIDAD	PARADAS
1 MALACATEPEC	ALIM	28	16.62	30	12	240	38
2 SANTA CLARA MERCADO HIDALGO	AUX/ALIM		19.71	15	12	240	50
3 TONANTZINTLA	AUX/ALIM		14.87	14	15	200	63
4 SAN ANTONIO	ALIM		5.48	17	12	240	17
6 AUCHAN	AUX	25	19.46	21	10	280	67
6 MEGA	AUX		22.50	20	10	280	67
8 BOSQUES ZAVALETA	AUX	44	22.83	19	10	280	123
9 BOSQUES CENTRO	AUX		15.16	15	10	280	103
CORREDOR	CORREDOR	22	17.53	22	6	1100	38

2.3.2. Descripción de la demanda

La demanda considerada en la situación con proyecto, se considera la misma que para la situación sin proyecto, ya que la movilidad en las dos será la misma matriz de viajes considerando los pares orígenes destino, es decir la matriz considerada de 15875 viajes en la hora de máxima demanda.

2.3.3. Regulaciones y Tarifas

La forma de pago a lo largo de todas las rutas alimentadoras es una tarifa plana, y al ingresar al corredor central tiene un pago adicional de 1,5 pesos mexicanos o viceversa, por lo que se considera:

Para establecer la forma de cobro diferenciado se establece la tabla 2.26. En donde se identifican las formas de transporte existentes en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.

MODO	MODO ID
REMANENTE	1
TRONCAL	2
ALIMENTADORA	3

Tabla 2. 26. Identificación de los modos de transporte

Mediante la tabla 2.27 se indican la forma de cobro al realizar transbordos en los diferentes modos de transporte de la tabla 2.26

DE	A	COSTO	TARIFA
1	1	1	6
1	2	1	6
1	3	1	6
2	1	1	6
2	2	1	6
2	3	1	1.5
3	1	1	6
3	2	1	1.5
3	3	1	0

Tabla 2. 27. Costo del pasaje para los modos de transporte

CAPITULO III

3. EVALUACION DE LA SITUACION SIN PROYECTO Y CON PROYECTO MEDIANTE UN MODELO DE TRANSPORTE

Para realizar la evaluación de la situación sin proyecto se parte de la información enseñada en el capítulo II, que a partir de la descripción de la red vial y el estudio de ascensos – descensos se caracteriza en un kit computacional (TransCad) con la información de y especificaciones de funcionamiento. A partir de la información de origen – destino de la situación sin proyecto se calibra y ajusta un modelo de transporte para caracterizar la situación con proyecto.

3.1. Calibración de la herramienta de asignación a redes para la evaluación

3.1.1. Descripción de la metodología

El proceso de modelación se refiere a todas las etapas necesarias para la caracterización de la oferta y la demanda y la determinación de un estado de referencia considerando el equilibrio del sistema de transporte en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. Entendiendo la caracterización como la representación de una realidad a partir de un modelo ya sea semántico, formal, resoluble o alimentado. La caracterización de la oferta incluye, por un lado, la representación tanto de los diferentes modos de transporte que se encuentran en interrelación en la zona de estudio como de las infraestructuras necesarias para su funcionamiento.

La caracterización de la demanda permite representar las necesidades de movilidad y las preferencias de elección de las personas que se desplazan en un área de estudio fija. Con tal objeto se define y obtiene la distribución espacial y temporal de los desplazamientos a través de una matriz origen-destino referida a un periodo determinado del día (la hora de

máxima demanda) mientras que las características de elección se generan por medio de encuestas origen/destino.

Finalmente, el estado de referencia considerado se calcula de la relación oferta y demanda, previamente caracterizados, a través de la asignación de los usuarios a las redes de transporte. El objetivo de esta última, consiste hallar una distribución espacial de los viajes, a partir de un criterio de equilibrio, que sea estable y que a su vez sirva para representar la realidad observada durante los trabajos de campo. Dicho proceso se denomina ajuste o calibración del modelo de asignación. Esta situación de referencia puede emplearse posteriormente para compararla con escenarios futuros, que contemplen la modificación de la oferta, con la intención de conocer si dicha acción impactará de manera positiva o negativa al conjunto de usuarios o a las condiciones de funcionamiento del sistema de transporte.

La estimación de la demanda para los diversos escenarios de alimentación del corredor Chachapa-Tlaxcalancingo se obtuvo a través de la metodología sintetizada en la Figura 3.1. El enfoque utilizado para desarrollarla fue la modelación a nivel ruta y a nivel de usuario que consiste en representar toda la red actual de rutas, la red de vialidades y la demanda de los usuarios del transporte público en las condiciones más críticas de funcionamiento, correspondientes al periodo de máxima demanda. (ADHOC, 2012)

La metodología descrita se compone de cinco actividades principales mismas que se describen a continuación:

- Actividades previas
- Colecta de información en campo
- Análisis y procesamiento de la información
- Modelación inicial
- Calibración y ajuste

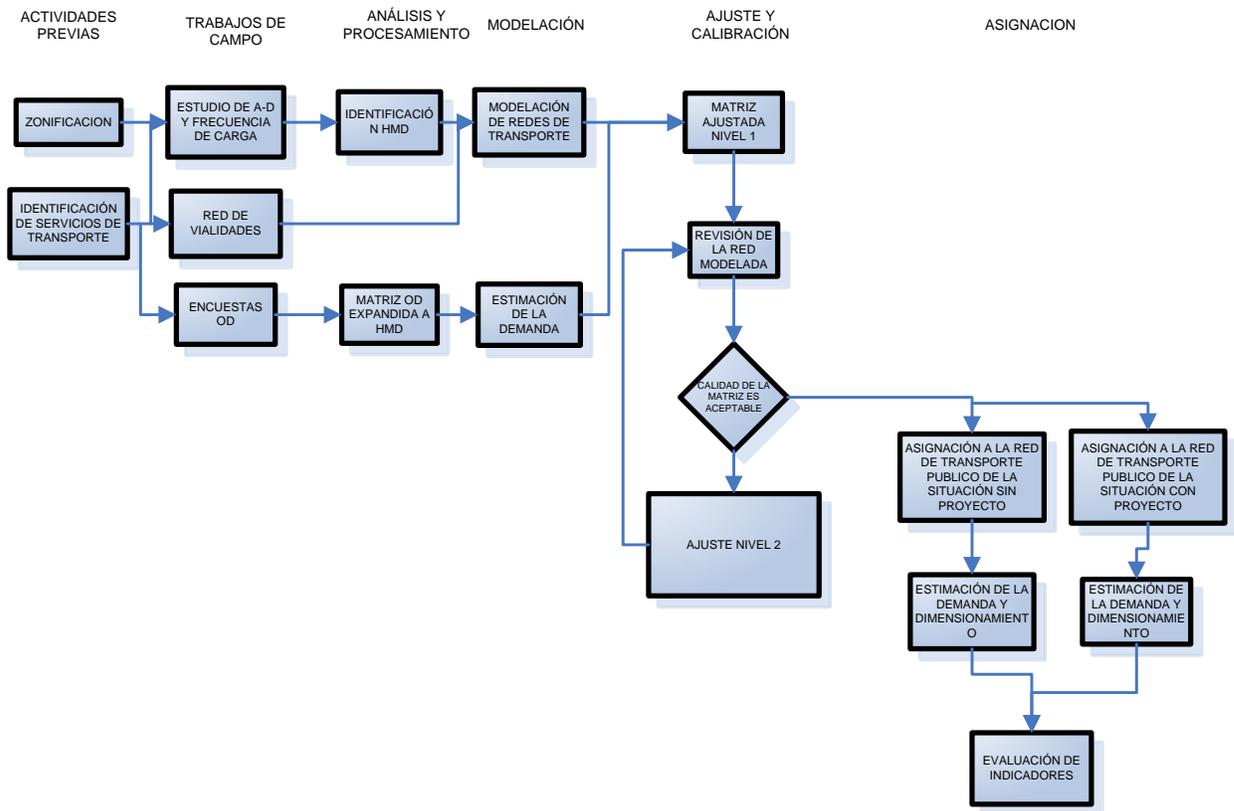


Figura 3. 1. Metodología empleada para estimar la demanda de pasajeros en cada escenario

3.1.2. Caracterización de la oferta

En la caracterización de la oferta se indica las principales características de las vialidades y redes de transporte público en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo que son el objeto de estudio. En cada una de estas se recogen los parámetros que permiten establecer las características de funcionamiento sobre la oferta de transporte, mediante los estudios anteriormente descritos con el objeto de incorporarla a un modelo de demanda.

Esta comprende las siguientes actividades:

Red de vialidades

La red de vialidades para el modelo del corredor Chachapa – Tlaxcalancingo fue generada en el paquete computacional TransCad. Para su desarrollo se utilizó la traza urbana de la Zona Metropolitana de Puebla hecha por el Instituto Nacional de Geografía y Estadísticas (INEGI), que fue empleada para el trazo de arcos y nodos.

Mediante la información de la red de Puebla se ubicaron los nodos y arcos, se verificó la topología de la red y la conectividad entre nodos y arcos, además se integró todos los tramos y sus respectivas intersecciones, así como generar los centroides de cada una de las colonias de la Zona metropolitana de Puebla. Figura 3.2. De esto se obtuvo la tabla 3.1.

Además de la información detallada de la red vial de la Zona Metropolitana de Puebla se generan arcos y nodos de cada uno de los centroides de las colonias que son zonas de atracción y generación de viajes. Para conectar se realizó la conexión de centroides, que son los conectores desde las zonas hacia la red vial. Estos se determinaron de acuerdo a las zonas de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. Los centroides van conectados a la red vial a través de cuatro conectores que son los más cercanos a la red.

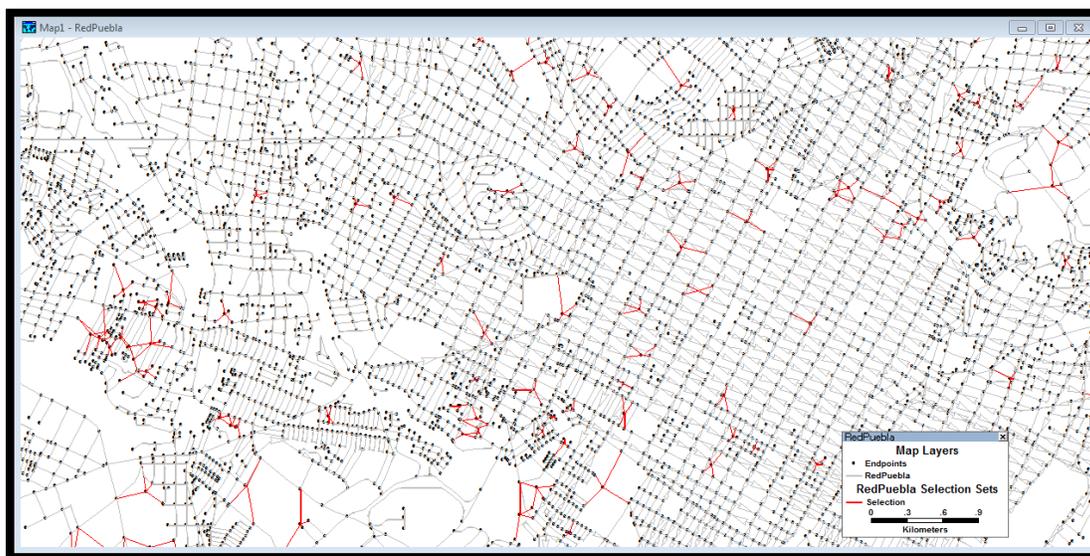


Figura 3. 2. Caracterización de la red de vialidades

	NODOS	ARCOS	CENTROIDES	LONGITUD
RED VIAL	32879	47634	266	4746

Tabla 3. 1. Parámetros de la red de vialidades

Red de transporte público

La red de transporte público se realizó a partir de los datos obtenidos de rutas y paradas generados a partir de los trabajos de campo. Estos procesos son:

- Trazado de rutas y paradas
- Datos operativos de las rutas
- Esquema Tarifario

Trazado de rutas y paradas.

Cada ruta se representó por dos derroteros, ubicados en los arcos que se unieron consecutivamente de acuerdo a las paradas. Cada uno de los derroteros cuenta con la información correspondiente como son: parque vehicular, capacidad de las unidades, frecuencia de paso y velocidad comercial.

La ubicación de las paradas de los diferentes derroteros. Se consideró de acuerdo a la información colectada en campo se ubicaron las principales paradas de cada ruta, considerando las más representativas. Cada una de las paradas cuenta con su información de ascensos, descensos y abordos de acuerdo a cada ruta.

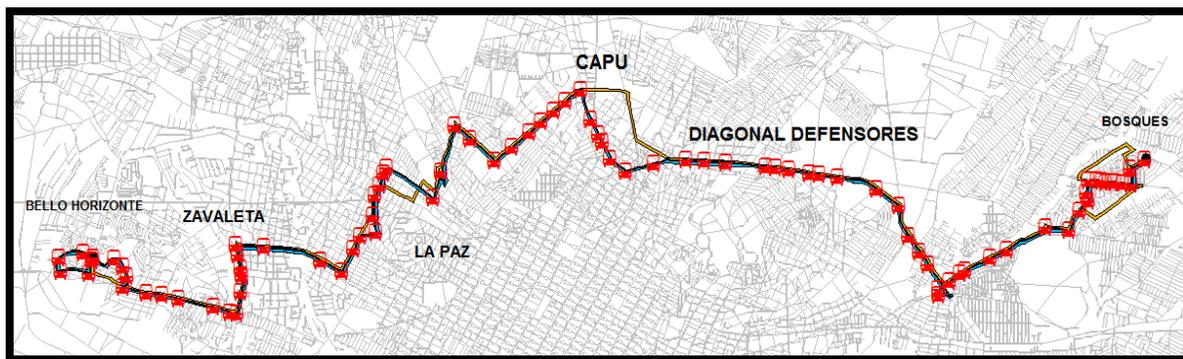


Figura 3. 3. Caracterización de las rutas y paradas de transporte (Ruta 32 Bosques – Zavaleta)

Datos operativos de las rutas

Cada ruta modelada en el sistema de transporte público de la zona de estudio es caracterizada por 3 parámetros

- Velocidad comercial
- Intervalo de paso
- Longitud

Velocidad comercial.- Este parámetro se obtiene de la longitud de la ruta y el tiempo del derrotero que se obtuvieron a partir de las encuestas a conductores, la velocidad comercial se encuentra en un rango de 16 a 22 Km/h con una media de 18 Km/h. Estas velocidades pueden considerarse altas considerando la media nacional de 15 Km/h.

Intervalo de paso.- El intervalo nos indica el paso de las unidades considerando la HMD, en este parámetro se tienen valores entre 3 hasta 22 minutos de paso con una promedio de 14 minutos. Estos datos se obtuvieron de la encuesta de ascensos – descensos.

ID RUTA	NOMBRE RUTA (CLAVE)	LONGITUD (km)	VELOCIDAD (km/h)	INTERVALO (min)	TARIFA (MXN)
1	X01_1	23.10	19	21	6
2	X01_2	22.94	19	20	6
3	X01-1_1	23.77	19	15	6
4	X01-1_2	23.79	19	15	6
5	X01-2_1	21.89	20	13	6
6	X01-2_2	21.90	20	13	6
7	X05_1	24.31	18	12	6
8	X05_2	25.36	18	12	6
9	X05-1_1	24.09	19	7	6
10	X05-1_2	25.14	19	8	6
11	X05-2_1	21.94	22	23	6
12	X05-2_2	21.90	22	12	6
13	X17_1	23.55	17	13	6
14	X17_2	24.16	17	13	6
15	X26_2	18.77	18	8	6
16	X31_1	17.70	17	7	6

Tabla 3. 2. Datos operativos de las rutas

Datos operativos de las paradas

Para la capa de paradas, los datos operativos usados son:

- ID.- Es la identificación de la parada para ser identificada
- Longitud y Latitud.- Es la ubicación espacial de la parada
- ID Ruta.- Indica la ruta a la cual pertenece la parada
- Ascensos.- La cantidad de pasajeros suben a la unidad de transporte
- Descensos.- La cantidad de usuarios que descienden de la unidad
- Abordos.- Los usuarios que se mantienen en la unidad de transporte a lo largo del recorrido de la ruta

ID	LONGITUD	LATITUD	ID RUTA	ID PARADA	ASCENSOS (pax/par)	DESCENSOS (pax/par)	ABORDOS (pax/unid)
1	-98124966	19089955	1	1	0	0	0
2	-98126403	19088855	1	2	12	6	6
3	-98127947	19087823	1	3	0	2	4
4	-98124129	19085789	1	4	0	4	0
5	-98131374	19079542	1	5	4	0	4
6	-98132058	19077749	1	6	12	0	16
7	-98132808	19075544	1	7	2	0	18
8	-98138275	19077616	1	8	0	0	18
9	-98140535	19075399	1	9	2	4	16
10	-98141689	19074331	1	10	12	0	28
11	-98148758	19067662	1	11	4	0	32
12	-98153062	19065994	1	12	2	0	34
13	-98154339	19064698	1	13	0	0	34
14	-98155522	19061467	1	14	2	0	36
15	-98158288	19055552	1	15	2	0	38
16	-98159493	19059300	1	16	0	0	38
17	-98160245	19065295	1	17	0	0	38
18	-98160995	19071174	1	18	0	0	38
19	-98164088	19073182	1	19	2	2	38
20	-98165034	19073942	1	20	2	0	40
21	-98168057	19076482	1	21	0	0	40

Tabla 3. 3. Datos operativos de las paradas

Esquema tarifario.- Para el esquema tarifario se establece la tarifa para los sistemas de transporte, en la ciudad de Puebla para la situación sin proyecto se maneja una tarifa plana de 6 pesos mexicanos, que es pago que tiene que realizar un usuarios para usar el transporte

público. En el caso de los transbordos al no existir un sistema integrado se lo tendrá que hacer de acuerdo al número de transbordos que realice.

3.1.3. Caracterización de la demanda

De acuerdo a la distribución espacial de los viajes se representa la demanda. La demanda se representa con un matriz origen destino considerando todas las colonias de la cuenca. De manera inicial se consideró una matriz de 15875 viajes en la hora de máxima demanda.

Para esta sección se introdujeron valores mínimos en las relaciones origen destino que no hayan sido considerados en la encuesta O – D para que en el proceso de ajuste estas relaciones sean tomadas en cuenta. En la tabla 3.4 se indica la distribución de viajes, caracterizando la demanda, para ello al centroide de cada colonia se le asigna una clave única y se establece que la movilidad será de centroide a centroide. En la tabla 3.5 se indica cómo se caracteriza la demanda en Transcad en el cual la primera columna se caracteriza el origen de viajes mediante una clave única para cada colonia y en la primera fila se caracteriza los destinos de viaje mediante las claves de los centroides.

Para la caracterización de la se considera la Hora de Máxima Demanda.

ORIGEN	DESTINO	VIAJES
32828	32850	7.50
32828	32908	0.68
32828	32973	0.00
32828	33020	1.30
32828	33059	0.04
32829	32829	14.10
32829	32831	78.99
32829	32863	39.28
32829	32877	0.32
32829	32896	9.44
32829	32898	7.02
32829	32900	3.73
32829	32902	0.20
32829	32904	0.09

Tabla 3. 4. Caracterización de la demanda

	32827	32828	32829	32830	32831	32832	32836	32837	32838	32839	32840	32841	32843	32845	Sum
32828	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9.52
32829	--	--	14.10	--	78.99	--	--	--	--	--	--	--	--	--	184.81
32830	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.14
32831	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	14.59
32832	110.27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	120.68
32833	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.96
32834	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3.08
32836	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.52	--	124.78
32837	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	8.66
32838	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	400.32
32839	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.02
32840	--	--	6.58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	6.58
32841	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4.88	--	--	91.38
32842	--	--	0.21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.21
32843	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	11.91
32844	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4.88
32845	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4.88	--	4.88
32847	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15.35
32850	--	--	--	2.29	4.53	--	--	--	--	--	--	35.84	--	--	420.02
32851	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00
32852	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00
32853	--	--	--	--	--	--	26.30	--	--	--	--	--	--	--	42.78
32854	--	--	--	--	--	--	--	99.47	--	--	--	--	--	--	99.77
32855	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.01
32856	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00
32857	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	41.81
32858	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.09
32859	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18.29
32860	--	--	--	--	--	--	--	--	--	124.17	--	--	--	--	209.43
32862	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4.22
Sum	110.27	0.00	71.83	2.29	83.56	0.24	70.83	4.88	127.73	156.44	31.64	122.68	10.91	267.53	22773.53

Tabla 3. 5. Caracterización de la demanda en TransCad.

3.1.4. Equilibrio y ajuste del modelo de asignación

Equilibrio.- Para el proceso de modelado se consideró un criterio denominado equilibrio de usuario, basado en el primer principio de Wardrop, dice: "Los tiempos de viaje en todas las rutas es igual (entre ellas), y menor al tiempo que experimentarían cualquier vehículo que decidiera cambiar a otra ruta." Mediante el algoritmo de TransCad y los datos operativos de cada ruta se establece las condiciones que mejor refleje las condiciones actuales de tránsito.

Calidad del ajuste.- Analizando la primera matriz con un total de 15875 viajes se calibró y se obtuvo una matriz de 22773 viajes, mediante esta calibración se considera la calidad del ajuste con el objetivo de apreciar la calidad de las estimaciones generadas por el modelo respecto a los valores de demanda obtenidos en campo, esta se realizó mediante una regresión lineal que se obtiene a partir de la correlación entre los volúmenes de demanda diaria por ruta y derrotero. De esto se obtuvo los siguientes valores; La correlación por ruta es del 73% y por derrotero del 64% que son valores aceptables en la comparativa. Un valor de correlación aceptable se considera si este es mayor al 60%

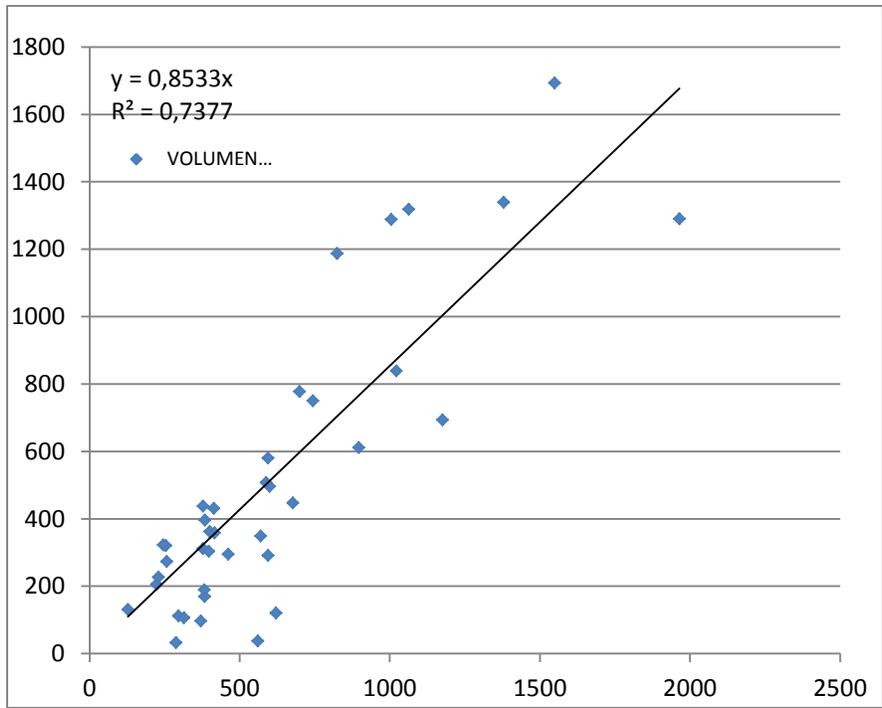


Figura 3. 4. Comparativa de volúmenes por ruta

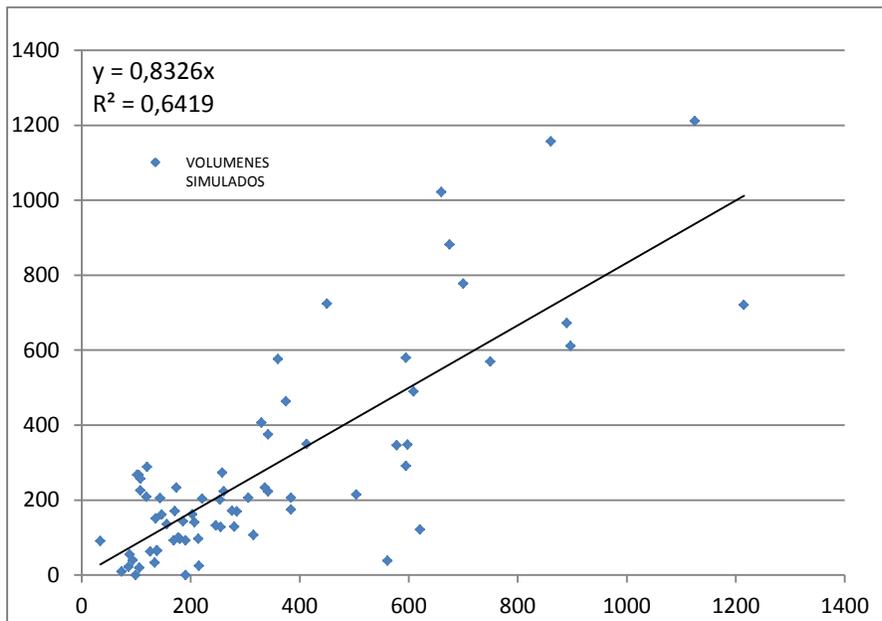


Figura 3. 5. . Comparativa de volúmenes por derrotero

3.1.5. Caracterización de la situación sin y con proyecto

Considerando los cambios, existentes entre la situación sin proyecto y con proyecto se establece la siguiente tabla:

CARACTERIZACION			
		SITUACION SIN PROYECTO	SITUACION CON PROYECTO
RED VIAL	ARCOS	47634	47634
	NODOS	32879	32879
	CENTROIDES	266	266
RUTAS	FORANEAS	5	0
	URBANAS	39	31
	CORREDOR CENTRAL	0	1
	ALIM/AUXILIA	0	8
DEMANDA	VIAJES (HMD)	22774	22774
TARIFA	RUTA	6	-
	CORREDOR CENTRAL	-	6
	ALIMENTA/AUXILIARES	-	6
	INTEGRACION	-	7,5

Tabla 3. 6. Caracterización de la situación sin y con proyecto

La red vial.- Para las dos situaciones será la misma considerando que no se cambia ninguna vialidad ni se realizan cambios en las vialidades

Rutas.- Las rutas de transporte como se indicó en la capítulo 2 se cambiarán las de mayor influencia sobre el corredor en la situación sin proyecto por rutas alimentadoras / auxiliares a la situación sin proyecto. De la misma manera las rutas consideradas como foráneas no se les considera en la situación con proyecto ya que estas realizan otro recorrido al ingresar a la ciudad y no afectan al funcionamiento del corredor o sus rutas.

Demanda.- La demanda se establece con la matriz resultado de la calibración de la situación sin proyecto y será la misma para la situación con proyecto con un total de 22773 viajes.

Tarifa.- La tarifa en las dos situaciones cambia, ya que en la situación sin proyecto se establece una tarifa plana para todas las unidades de transporte, mientras que para la situación con proyecto se considera un costo de 6 pesos para el corredor y un costo de

alimentadoras de 6 pesos y para el caso de integración entre los dos un costo de 7,5 pesos mexicanos.

3.2. Evaluación de la situación sin proyecto

Considerando los valores obtenidos de la modelación para el dimensionamiento de las rutas Figura 3.6. se obtuvo lo siguiente:

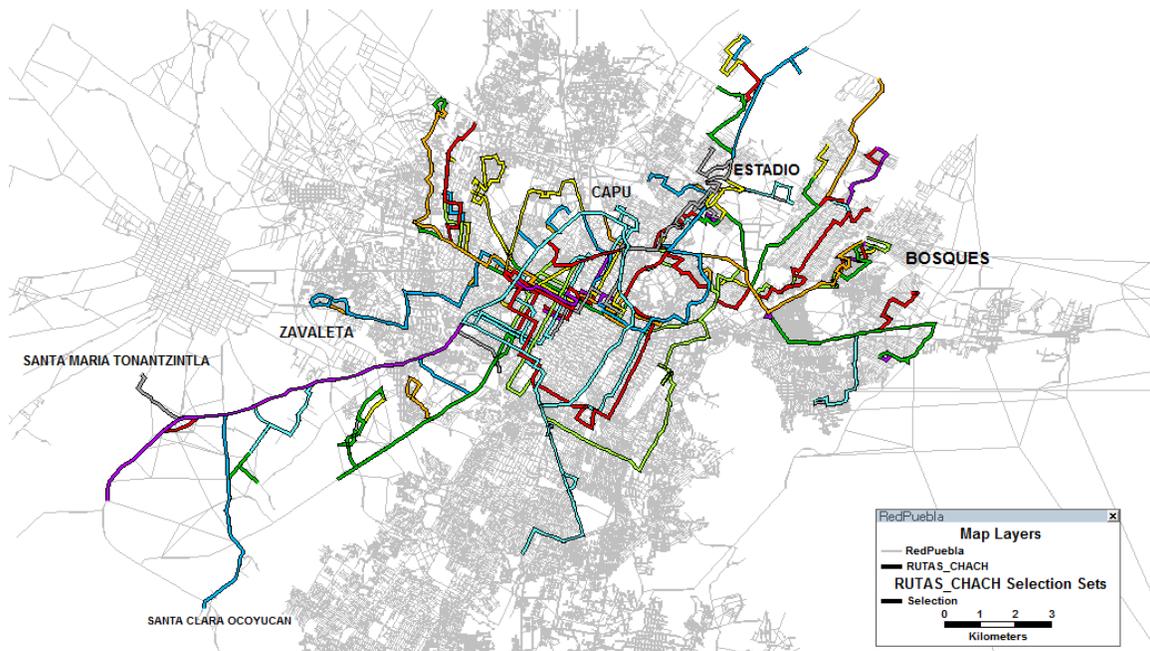


Figura 3. 6. Rutas consideradas en la situación sin proyecto

Para la situación sin proyecto se consideran tres parámetros principales como se tiene en el Anexo 1:

- Operativos
- Dimensionamiento
- Indicadores de desempeño

3.2.1. Operativos

Para este parámetro consideramos los resultados de:

- Tiempo de ciclo.- Se obtuvo que el tiempo de ciclo promedio es de 107 minutos, con un máximo de 170 minutos y un tiempo mínimo de 43 minutos.
- Velocidad comercial.- Se obtuvo como media de 18.5 Km/h con un máximo de 30 Km/h y un mínimo de 16 Km/h

- Capacidad.- La capacidad de las unidades se estima en 50 pasajeros por unidad considerando como media entre las distintas unidades de transporte de cada ruta

3.2.2. Dimensionamiento

Volumen.- De acuerdo al volumen se tiene un promedio por unidades de 505 usuarios, con un máximo de 1694 y un mínimo de 97 usuarios.

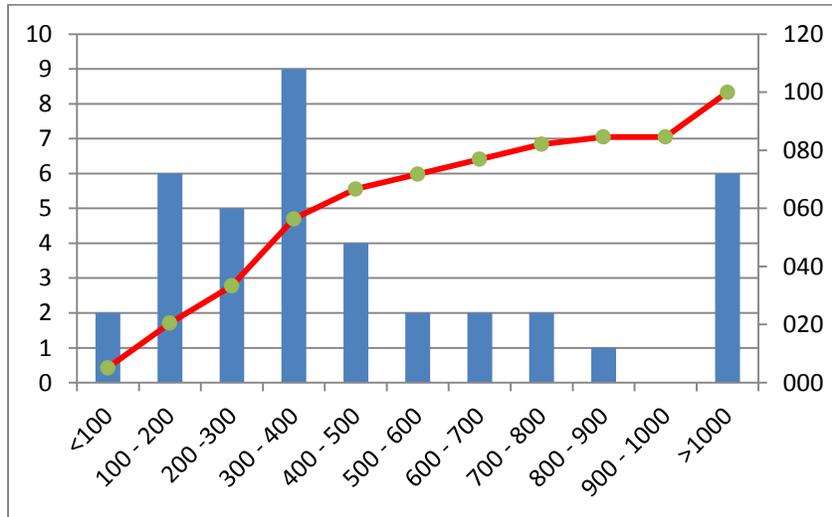


Figura 3. 7.- Distribución del volumen modelado

Sección de máxima demanda.- La sección de máxima demanda tiene un promedio de 249 pasajeros con un máximo de 700 en la ruta 32 Bosques Paseo Bravo y un mínimo de 47 en la ruta Perimetral 3.

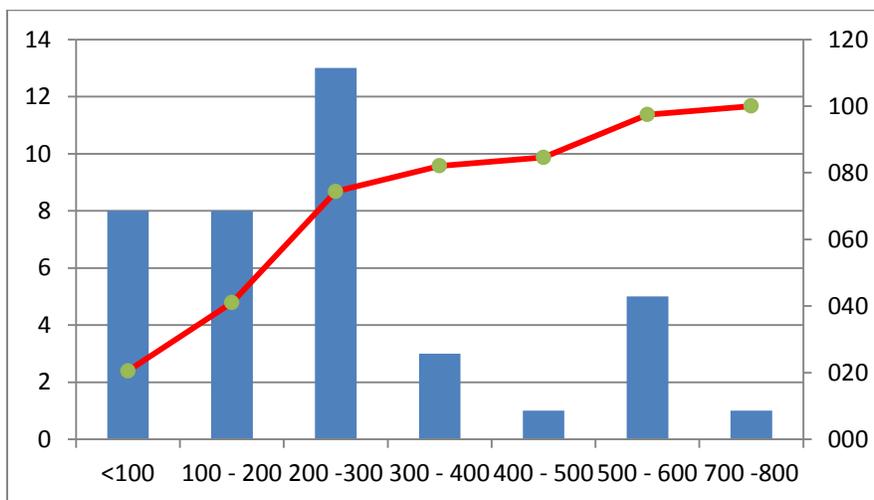


Figura 3. 8.- Distribución de la sección de máxima demanda modelada

Intervalo.- Este parámetro tiene un promedio de 12 minutos con un mínimo de 3 minutos y un máximo de 30 minutos de acuerdo a su demanda.

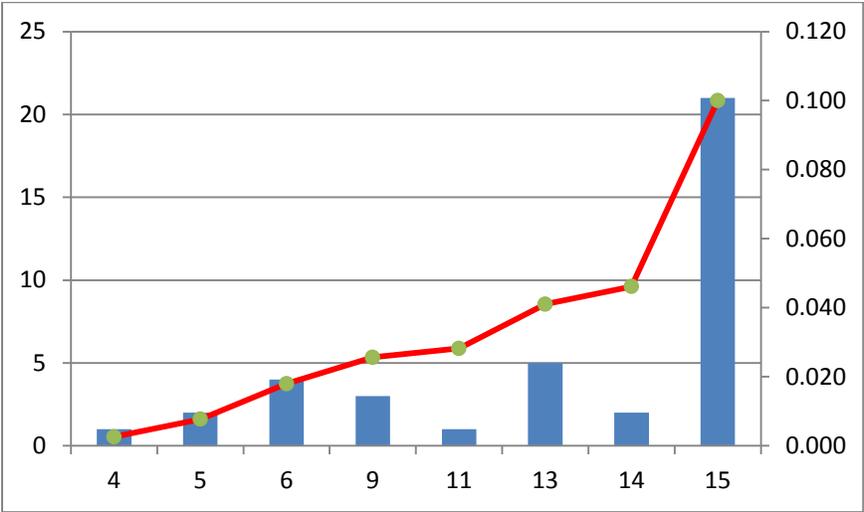


Figura 3. 9. Distribución del intervalo modelado

Unidades.- Para la situación sin proyecto se tiene un total de 416 unidades en la hora de máxima demanda

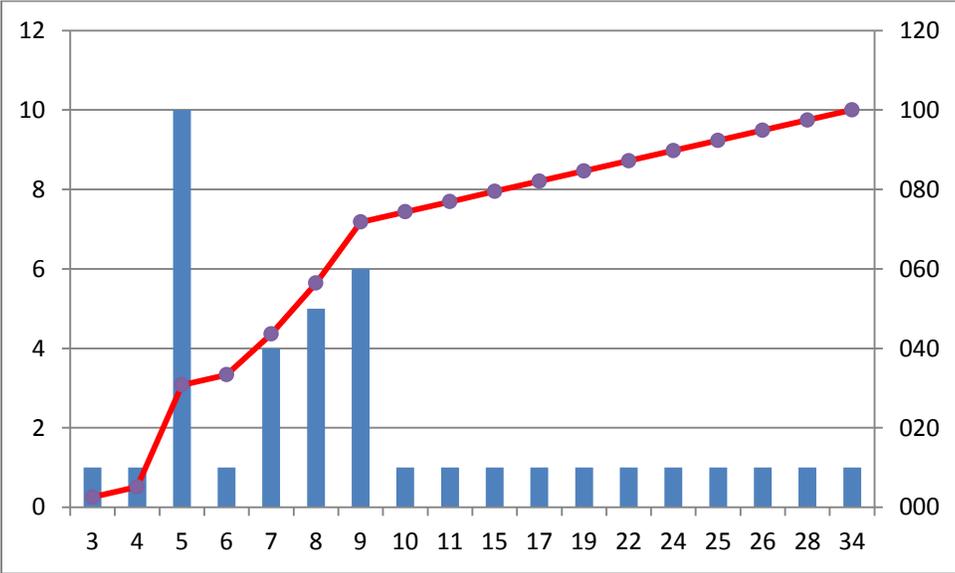


Figura 3. 10.- Distribución de las unidades modelada

3.2.3. Indicadores de desempeño

Tiempo de recorrido.- Considerando el tiempo de recorrido para la situación sin proyecto modelada se obtuvo que los usuarios tienen un tiempo total de 5140 horas.

Tiempo de espera.- Considerando la modelación se obtuvo que los usuarios del transporte en la cuenca en la situación sin proyecto les toma un tiempo de 2,017 horas de espera.

Tiempo de transbordo.- A los usuarios del transporte para la situación sin proyecto modelada les toma un total de 17 horas transbordar de una unidad a otra.

3.3. Evaluación de la situación con proyecto

Considerando la modelación para la situación con proyecto, es decir con el corredor de transporte RUTA, rutas alimentadoras (Figura 3.11) y las rutas que funcionan en la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo se obtuvo:

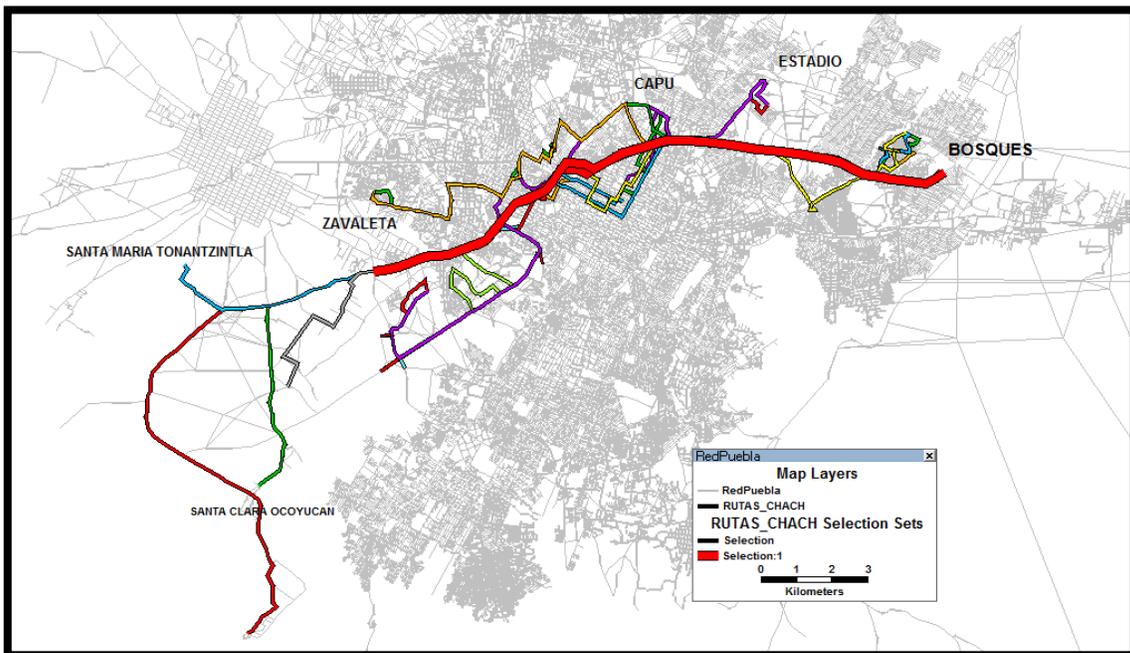


Figura 3. 11. Situación con proyecto, corredor y alimentadoras

3.3.1. Operativos

Tiempo de ciclo.- El tiempo de ciclo para la situación con proyecto tiene un promedio de 102,21 minutos con un mínimo de 38.7 minutos para la ruta alimentadora San Antonio y un tiempo de ciclo máximo de 169 minutos para la ruta Bosques – Pueblo Nuevo.

Velocidad Comercial.- La velocidad comercial para la situación con proyecto tiene un promedio de 19,20 km/h con una velocidad mínima en el alimentador Tonantzintla de 14 Km/h y un máximo de 40 km/h en la ruta alimentadora Malacatec.

Capacidad de las unidades.- La capacidad tendrá una variación en las rutas alimentadoras las cuales podrán albergar hasta 45 pasajeros y el corredor cuenta con dos tipos de autobuses, los vehículos articulados con una capacidad de 120 pasajeros y las autobuses con una capacidad de 100 usuarios por lo que se considera un promedio de las dos unidades con un total de 110 pasajeros.

3.3.2. Dimensionamiento

Volumen.- De acuerdo al volumen se tiene un promedio por unidades de 596 usuarios, con un máximo de 1800 usuarios en el corredor RUTA y un mínimo de 47 usuarios en la ruta San Aparicio – Josefina.

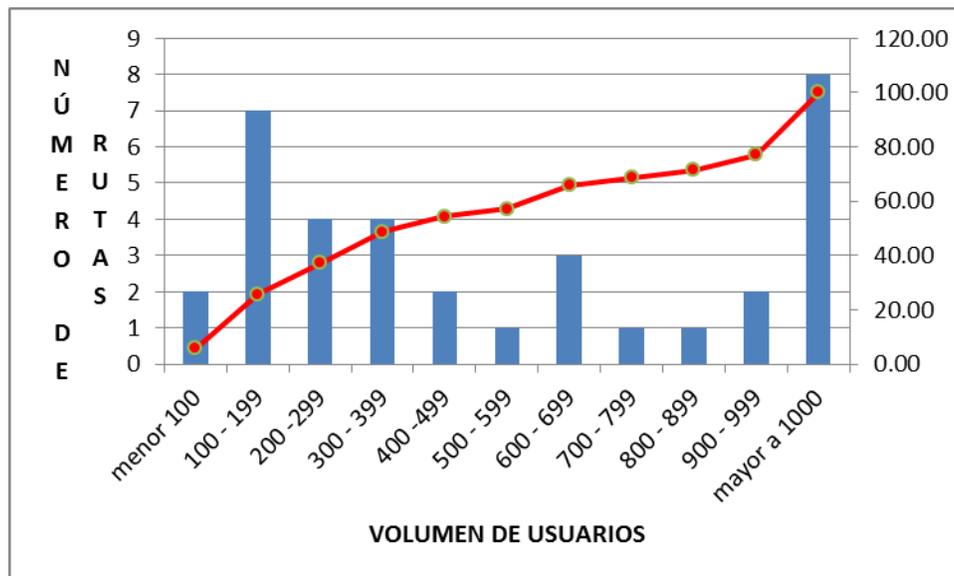


Figura 3. 12. Distribución del volumen modelado de la situación con proyecto

Sección de máxima demanda por ruta.- La sección de máxima demanda tiene un promedio de 266 pasajeros con un máximo de 638 en el corredor RUTA y un mínimo de 46 en la ruta 53 Norte – Mercado Zaragoza. Los índices de mayor demanda para cada ruta se establece entre 100 y 300 usuarios.

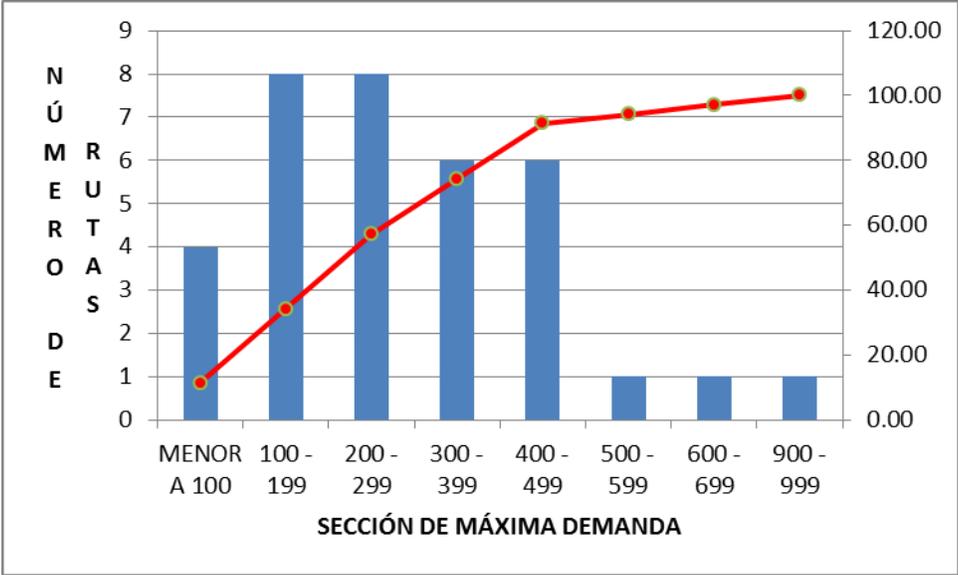


Figura 3. 13. Distribución de la sección de máxima demanda modela de la situación con proyecto

Intervalo.- Este parámetro tiene un promedio de 11 minutos con un mínimo de 6 minutos y un máximo de 15 minutos de acuerdo a su demanda. En la figura 3.14 podemos ver que la mayor cantidad de rutas tienen un intervalo de paso de 15 minutos.

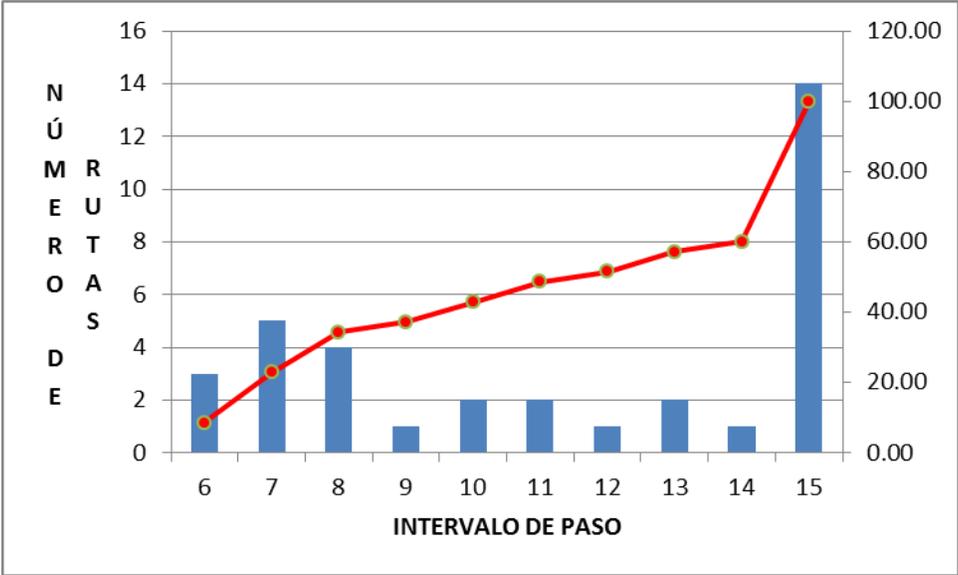


Figura 3. 14. Distribución del intervalo modelado para la situación con proyecto

Unidades.- Para la situación sin proyecto se tiene un total de 382 unidades en la hora de máxima demanda.

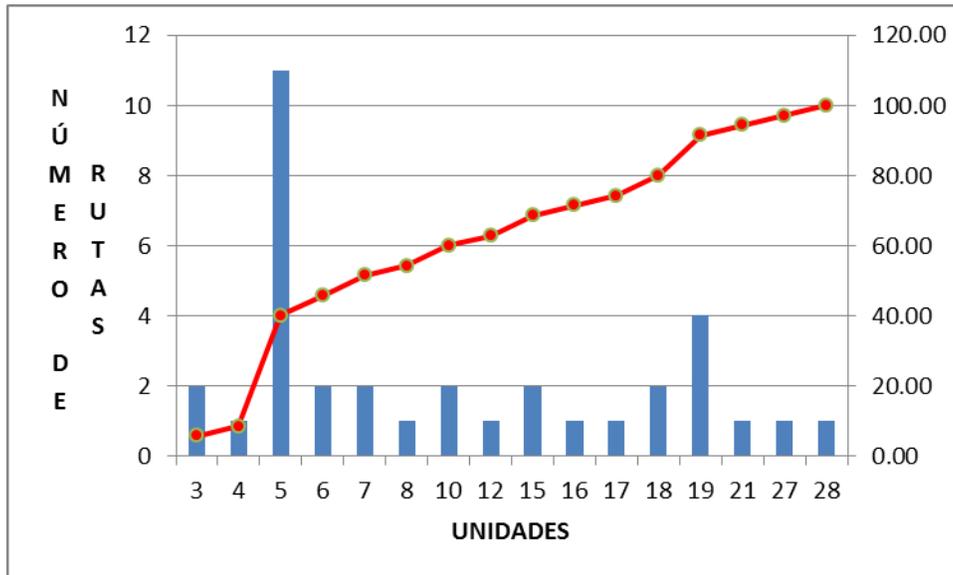


Figura 3. 15. Distribución de las unidades modeladas para la situación con proyecto

3.3.3. Indicadores de desempeño

Tiempo de recorrido.- Considerando el tiempo de recorrido para la situación con proyecto modelada se obtuvo que los usuarios tienen un tiempo total de 6054 horas.

Tiempo de espera.- Considerando la modelación se obtuvo que los usuarios del transporte en la cuenca en la situación sin proyecto les toma un tiempo de 1919 horas de espera.

Tiempo de transbordo.- A los usuarios del transporte para la situación sin proyecto modelada les toma un total de 42 horas transbordar de una unidad a otra.

3.4. Resultados

Para apreciar la diferencia entre las dos situaciones se considera la tabla 3.7, en donde se tiene los resultados obtenidos de las situaciones modeladas. Los datos obtenidos se

analizarán en el capítulo IV, para realizar una comparación entre los valores obtenidos de la situación sin proyecto y la situación con proyecto.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Tiempos de recorrido	Media	min	19.16	20.86
	Desviación estándar	min	11.63	12.40
	Total	horas	5,140	6,055
Tiempos de espera	Media	min	5.04	4.84
	Desviación estándar	min	1.99	1.95
	Total	horas	2,017	1,920
Tiempos de transbordo	Media	min	0.21	0.45
	Desviación estándar	min	0.88	1.41
	Total	horas	17	42.70
Número de unidades	Media	unidades	10.67	10.94
	Desviación estándar	unidades	7.73	7.09
	Total	unidades	416	394
Capacidad de los vehículos	Media	asientos	50.00	50.42
	Desviación estándar	asientos	0.00	10.45
	Total	asientos	1,950	1770
Intervalo de paso	Media	min	18.56	16.75
	Desviación estándar	min	15.15	14.08
	Total	min	18.56	16.75
Velocidad comercial	Media	km/hr	18.46	19.08
	Desviación estándar	km/hr	2.38	4.53
	Total	km/hr	18.46	19.08
Vehículos kilómetro	Media	veh-km/ruta	2648.59	2756.87
	Desviación estándar	km/hr	1898.16	1748.86
	Total	km/hr	103,295	99,247
IPK	Media	pax-km	1.93	2.27
	Desviación estándar	pax-km	0.87	1.36
	Total	pax-km	75	82

Tabla 3. 7. Comparativa de resultados de la situación con y sin proyecto

CAPITULO IV

ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES

Considerando los resultados obtenidos en el capítulo 3, se analizaron los resultados obtenidos, diagnosticar las diferencias existentes entre los dos sistemas y los impactos que generan en los usuarios los cambios. De la tabla 3.7 obtenida en el capítulo III se analizará cada uno de los indicadores de desempeño y también se hará un análisis desde el punto de vista social considerando como afecta la implementación del corredor en el aspecto de empleo, educación vial y medio ambiente.

4.1. Desde el punto de vista de indicadores de desempeño

4.1.1. Tiempo de recorrido en la hora de máxima demanda

Considerando este indicador el tiempo de viaje total aumento en la situación con proyecto en relación con la situación sin proyecto de las 5,014 horas que se tenían de manera inicial en la situación sin proyecto, en la actualidad se tiene un tiempo de viaje de 6,055 horas (tabla 4.1.), es decir un crecimiento del 17% en los tiempos de viaje. Al analizar esto nos indica que las personas tardan más tiempo en realizar sus viajes. Esto deja notar una observación negativa en el corredor ya que uno de los objetivos de este es reducir los tiempos de viaje de los usuarios.

En el histograma de la figura 4.1. Se puede observar el cambio en el aumento del tiempo de viaje existente en cada uno de los pares origen destino.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Tiempos de recorrido (HMD)	Media	min	19.16	20.86
	Desviación estándar	min	11.63	12.40
	Total	horas	5,140	6,055

Tabla 4. 1. Comparativa de indicadores de tiempos de recorrido

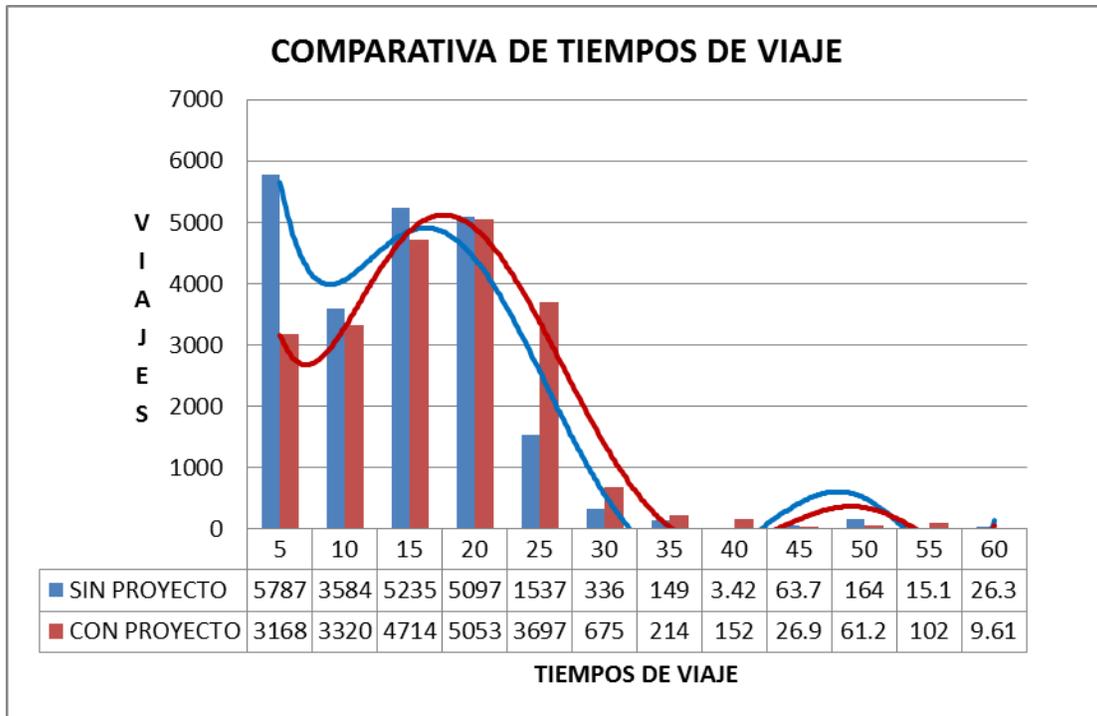


Figura 4. 1. Histograma de tiempos de recorrido de la situación sin y con proyecto

4.1.2. Tiempo de espera

El tiempo de espera por cada servicio es menor en la situación con el corredor Chachapa – Tlaxcalancingo, esto representa que existe una mejor organización en horarios de servicio. En la tabla 4.3, se observa la diferencia del tiempos de espera entre la situación sin proyecto y con proyecto totales la cual es una diferencia equivalente al 5%. De la misma manera en la figura 4.3 se indica en el histograma como es la diferencia en los tiempos de espera para los usuarios. Esta es una ventaja del sistema con proyecto.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Tiempos de espera	Media	min	5.04	4.84
	Desviación estándar	min	1.99	1.95
	Total	horas	2,017	1,920

Tabla 4. 2. . Comparativa de indicadores de tiempos de espera

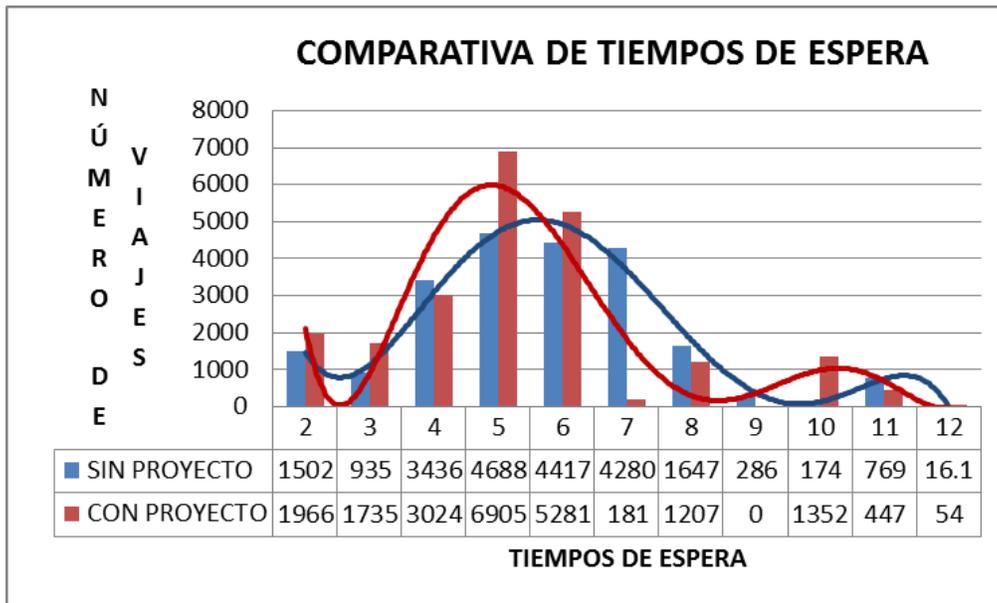


Figura 4. 2. Histograma de tiempos de recorrido

4.1.3. Tiempo de transbordo

Al tener un sistema integrado de transporte los transbordos son mayores, ya que lo que se busca es tener rutas alimentadoras que lleven a los usuarios hacia una terminal o una estación para el uso del corredor central. Esto se puede apreciar al aumentar los tiempos de transbordo en un porcentaje del 157%, con un aumento de 17 horas totales en la situación sin proyecto a 42 horas en la situación con proyecto. Aunque los transbordos son mayores estos se compensa con los tiempos de espera al tener una mejor organización e intervalos de servicio más planificados.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Tiempos de transbordo	Media	min	0.21	0.45
	Desviación estándar	min	0.88	1.41
	Total	horas	17	42.70

Tabla 4. 3. Comparativa de indicadores en tiempo de transbordo

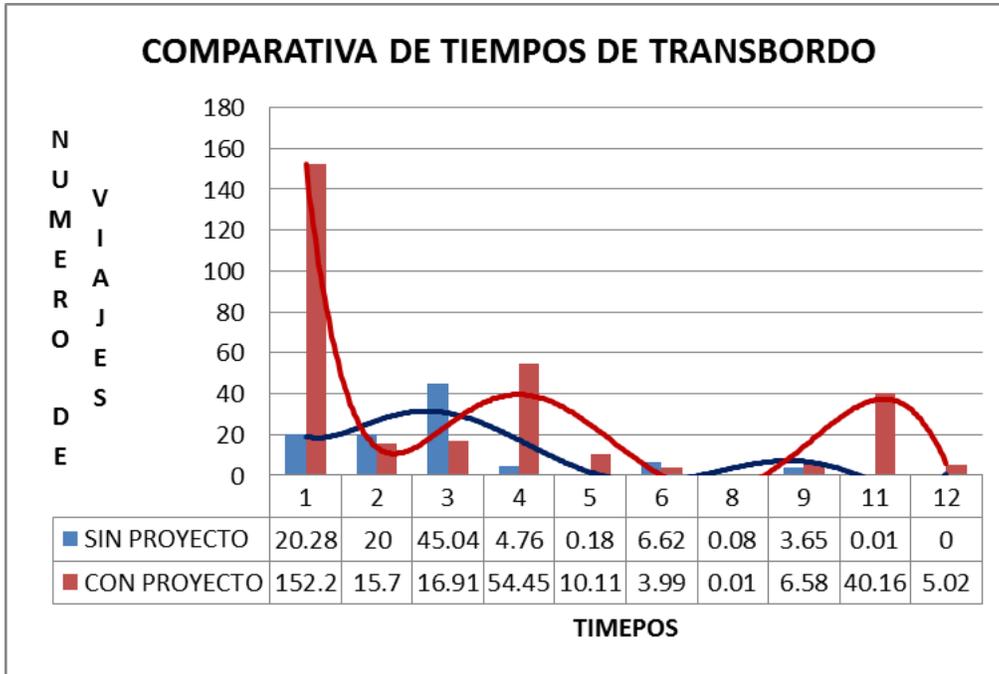
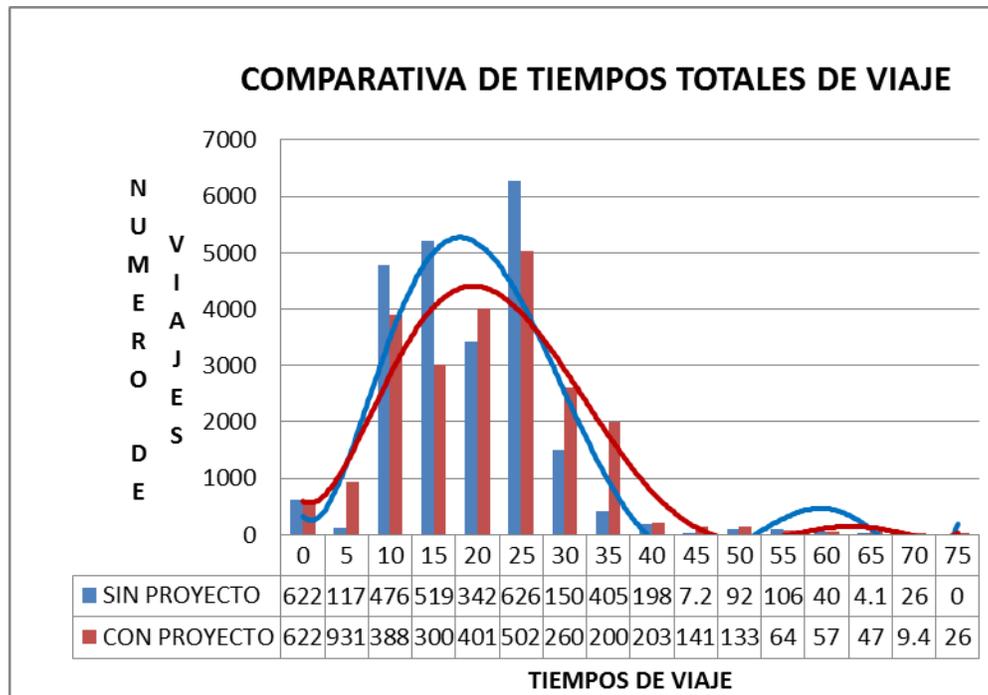


Figura 4. 3. Histograma de tiempos de transbordo

4.1.4. Tiempo total de viajes

En la gráfica a continuación se apreciar como cambiaron los tiempos totales de viaje, en la cual los viajes cortos de hasta 20 minutos son mayores en la situación sin proyecto y los viajes mayores a 30 minutos con mayores en los viajes en la situación con proyecto.



4.1.5. Número de unidades

El número de unidades brindando el servicio se ve reducido de 416 en la situación sin proyecto a 394 en la situación con proyecto (Tabla 4.4), que permite tener menor cantidad de vehículos en las vialidades de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo. La reducción en la cantidad de unidades es del 5%.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Número de unidades	Media	unidades	10.67	10.94
	Desviación estándar	unidades	7.73	7.09
	Total	unidades	416	394

Tabla 4. 4. Comparativa de indicadores en cantidad de unidades

4.1.6. Intervalo de paso

Del modelo ajustado de la situación sin proyecto a la situación con proyecto obtuvimos los siguientes intervalos de paso. Al tener una mejor organización en los servicios de transporte a largo de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo se tiene un reducción en los intervalos de paso del 10%. Con una reducción de 18,56 minutos a 16,75 minutos promedio.

Indicador		Unidad	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Intervalo de paso	Media	min	18.56	16.75
	Desviación estándar	min	15.15	14.08
	Total	min	18.56	16.75

Tabla 4. 5. . Comparativa de indicadores del intervalo de paso

4.2. Impactos generados en la situación con proyecto

El impacto que genera un nuevo sistema de transporte no solo se limita al estado físico, también se consideran los beneficios o desventajas que se generan en la vida de las personas al cambiar su movilidad.

4.2.1. Desde el punto de vista social

El impacto que se genera en los usuarios el cambio de una rutina en transporte generalmente de manera inicial se la considera negativa. Por experiencia de otras ciudades en donde se ha implementado sistemas integrados de transporte el primer año es muy complejo hasta que los usuarios se acostumbren al cambio y Puebla no fue la excepción. Los usuarios del transporte de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo poco a poco van tomando de mejor manera el cambio y se acoplan al sistema de transporte, por lo que se consideran los siguientes aspectos para este análisis:

Calidad del viaje.- Las unidades de servicio RUTA ergonómicamente son más aceptables que las unidades que anteriormente brindaban el servicio a lo largo de la cuenca, por lo que el usuarios puede realizar su viaje más cómodo, de la misma manera al tener unidades más limpias esto motiva su uso.



Figura 4. 4. Interior de las unidades del sistema RUTA

Sistema de cobro.- Al tener un sistema de cobro electrónico para los usuarios se les facilita más el pago del transporte o el pago es de una manera más cómoda.



Figura 4. 5. Validación de tarjetas y torniquetes de paso para el sistema RUTA

Abordos y descensos de las unidades.- La facilidad de movilidad que permite las terminales y las estaciones al ser a nivel de piso es más cómoda sobre todo para las personas con capacidades especiales o adultos mayores.



Figura 4. 6. Área de ascenso – descenso para las unidades de RUTA

Educación vial.- Las personas que se movilizan por vialidades por donde circula el corredor RUTA no toman conciencia del riesgo que genera un sistema de transporte. No es extraño observar personas en sus bicicletas circulando por el carril confinado para el servicio RUTA, además las personas que van a utilizar el servicio no cruzan por las zonas peatonales por lo que ponen en peligro tanto sus vidas como de los usuarios del transporte público. Este aspecto demanda educar a las personas y usuarios del transporte para evitar accidentes.



Figura 4. 7. Personas en bicicleta circulando por el corredor

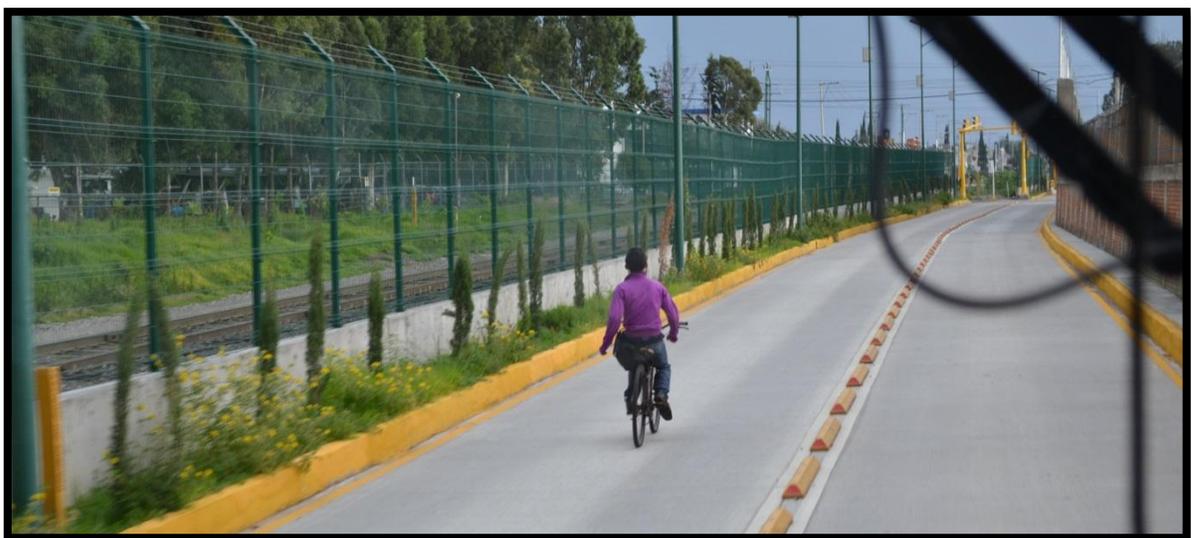


Figura 4. 8. Personas en bicicleta circulando por el corredor

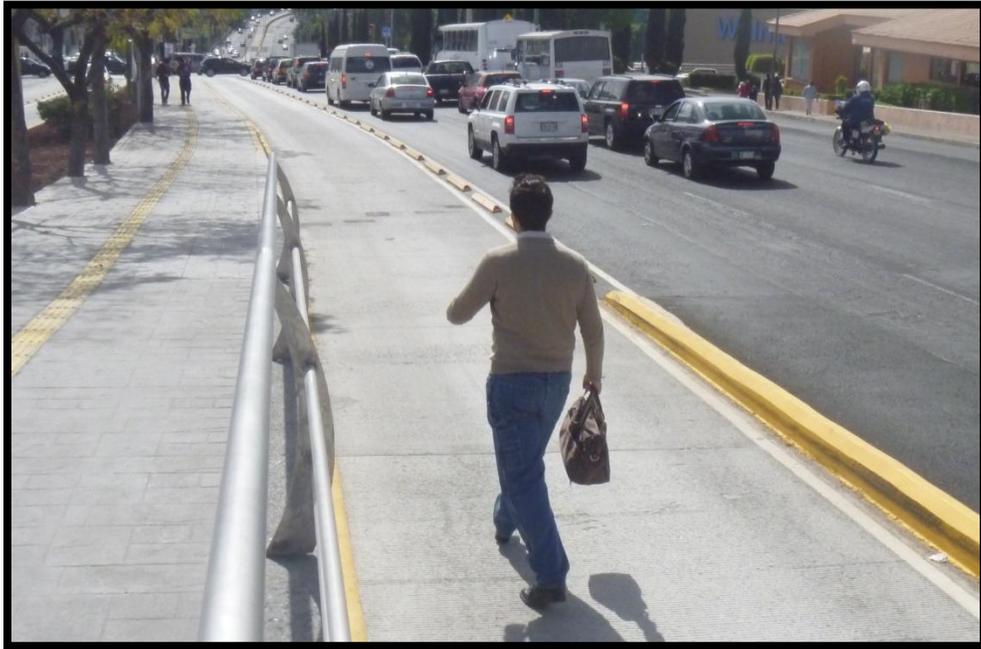


Figura 4. 9. Personas cruzando por el carril exclusivo para el sistema RUTA

4.2.2. Impactos sobre el tráfico

El impacto sobre el tráfico es una evaluación a corto plazo, en la cual se pueden ver los resultados en la disminución o aumento en el congestionamiento de una ciudad. En la planificación de un sistema de transporte se busca que mejore el transporte público y también que mejoren las condiciones del tránsito mixto. Esta es forma de asegurar que el sistema tendrá aceptación tanto por los usuarios como de las personas que se podrían ver afectadas por el nuevo sistema, sin embargo esto muy pocas veces es posible. Generalmente se da prioridad al transporte público de esta manera se perjudica de cierta manera a los usuarios del transporte mixto y con ello las autoridades que dirijan los proyectos deben tener preparado los justificativos por los cuales se toman estas decisiones.

Con la creación del carril confinado para el sistema RUTA, los usuarios del transporte privado en las vialidades en donde funciona el sistema se vieron perjudicados al quitarles un carril. Esto se podría considerar un efecto desfavorable del sistema, sin embargo es una

de las características de un sistema de transporte masivo que tenga mejores características de funcionamiento en cuanto a tiempos que el transporte privado, con ello motivar al uso del transporte público.

Las vialidades por donde funciona actualmente el sistema RUTA tenían mucha influencia de rutas de transporte público tradicional, en donde no tenían paradas definidas, existía competencia de los transportistas por agarrar pasaje y con esto el tránsito no era lo más aceptable. Sin embargo en la actualidad el transporte público está mejorando ya que los servicios son controlados por la misma empresa que lleva un control en los despachos del servicio y estos tienen mejor organización.

Con una correcta programación del servicio en donde las rutas alimentadoras no ingresen al corredor se podrá reflejar de mejor manera el impacto en el tráfico que será más fluido y de mejor manera.

El trabajo inicial de creación de modelos utilizados para seleccionar los corredores apropiados y generar los números de demanda de viajes proyectados para el BRT es útil pero insuficiente para realizar una evaluación del impacto sobre el tráfico y un plan de mitigación. (ITDP, 2010)

4.2.3. Impactos sobre el empleo

Si consideramos las noticias que se generaron al inicio de la puesta en marcha del proyecto (Hernández Alcantara, 2013), en donde mucha gente se molestó porque se quitaron el trabajo a checadores, vendedores ambulantes y se habló hasta de algunos conductores de rutas tradicionales que fueron retiradas del servicio, todo esto comparado con los empleos que se han generado con la implementación de otro sistema de transporte ha sido muy beneficioso el estado con proyecto que actualmente tenemos.

Si consideramos los trabajos que se generaron en la construcción del corredor es mucho mayor que los que había en el sistema sin proyecto.

En la actualidad los trabajos que genera el nuevo sistema son:

- Recolección de tarifa
- Seguridad
- Servicios de información
- Limpieza
- Mantenimiento
- Gestión y operaciones

La gran diferencia con el empleo que un sistema organizacional genera, es formal en el cual se contempla mediante contratos de trabajo que permiten tener mejor prestaciones para sus trabajadores y no permite la existencia del trabajo informal que suele generar problemas ya que no se encuentra regulado.

4.2.4. Impactos ambientales

Unidades de transporte.- Al tener menor cantidad de unidades de transporte la contaminación ambiental generalmente es menor, además si consideramos que se motiva el uso del transporte público a diferencia del privado lo que se consigue es que cada día existan menos vehículos sobre las vialidades de la ciudad, esto por ende implica reducción en la contaminación ambiental

Vida útil de los vehículos.- Al tener una homologación en las unidades de transporte lo que se consigue es tener unidades que cumplan su vida útil y se retiren del servicio. Al tener unidades de servicio nuevas la contaminación ambiental que generan estas es menor que unidades de transporte con más años de servicio.

Conclusiones

Mediante el desarrollo de la presente tesis se cumplió con los objetivos propuestos de la siguiente manera:

Al investigar aspectos referentes al transporte público, sistemas integrados de transporte, indicadores de desempeño y modelación de sistemas de transporte público se estableció el fundamento teórico para sustentar los contenidos presentados en esta tesis.

Se realizó una evaluación inicial de la situación sin proyecto mediante la información de campo obtenida (ADHOC, 2012) en la cual se obtuvo información de las rutas que prestan su servicio a lo largo de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo.

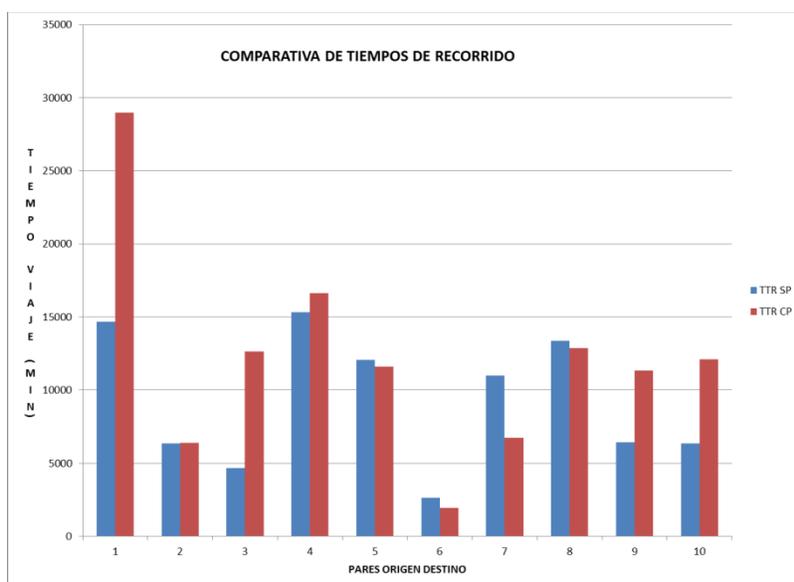
Mediante la información de campo se calibró un modelo de la situación sin proyecto y se replicó esa información a un modelo de la situación con proyecto.

Se obtuvieron los indicadores de desempeño proporcionados por el sistema y se interpretó cada uno de ellos para saber el comportamiento de los usuarios del transporte público.

En relación a la hipótesis planeada.- Al analizar cada uno de los indicadores del capítulo IV se confirma que una de las razones por la insatisfacción de los usuarios del sistema de transporte a lo largo de la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo es debido al aumento en los tiempos de viaje, al aumentar los tiempos de recorrido en un porcentaje del 17% y los tiempos de transbordo al aumentar en un porcentaje del 250 % ocasionado por los transbordos en las terminales de Tlaxcalancingo como en cada una de las estaciones de la ruta troncal.

En relación al tiempo de recorrido.- En la figura siguiente se indican los principales pares orígenes destino en donde se puede observar cómo cambian los tiempos de recorrido totales en minutos en las situaciones sin proyecto y con proyecto. Los pares de la situación con proyecto (rojo) en su mayoría son superiores a la situación sin proyecto (azul), esto indica que el usuario del transporte se demora más tiempo en sus desplazamientos. De acuerdo a la tabla de comparativa de los principales pares es mayor el tiempo que aumenta como es notorio en el par 1,3 9 y 10, siendo este superior al 70%, que en tiempos representa un

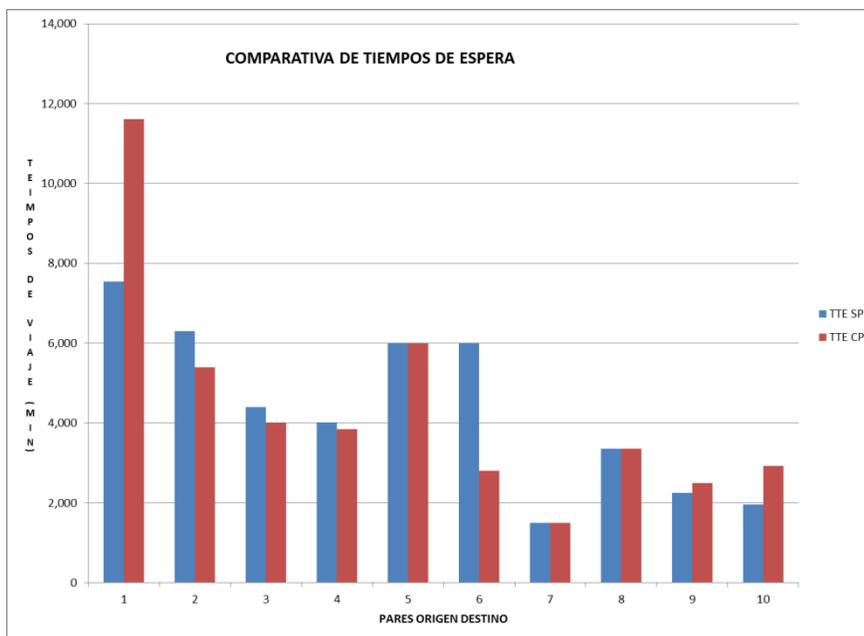
aumento de 9 minutos en el tiempo de viaje, mientras que la reducción de tiempos en los pares 5, 6, 7 y 8 con menores al 40%.



ID	CLAVE UNICA	VIAJES	T. RECORR	TTR SP	T.RECORRI	TTR CP	DIF. TIEMPO	DIF. %
1	3304032960	1160.97	12.65	14686	24.97	28,989	12.32	97%
2	3299032956	900.00	7.08	6372	7.11	6,399	0.03	0%
3	3294132904	800.00	5.83	4664	15.80	12,640	9.97	171%
4	3296132941	800.00	19.16	15328	20.80	16,640	1.64	9%
5	3303833055	800.00	15.08	12064	14.50	11,600	-0.58	-4%
6	3306933038	800.00	3.30	2640	2.42	1,936	-0.88	-27%
7	3290332962	746.72	14.74	11007	9.02	6,735	-5.72	-39%
8	3291333055	558.03	23.94	13359	23.07	12,874	-0.87	-4%
9	3287732904	498.95	12.89	6431	22.71	11,331	9.82	76%
10	3290432850	488.78	13.03	6369	24.79	12,117	11.76	90%

De acuerdo a los tiempos de espera.- En los tiempos de espera la situación con proyecto tiene valores menores que en la situación sin proyecto comparando los principales orígenes destino, que es una ventaja para los usuarios del transporte. Esta situación puede ser ocasionada al tener mejor organización en intervalos de servicio de las unidades.

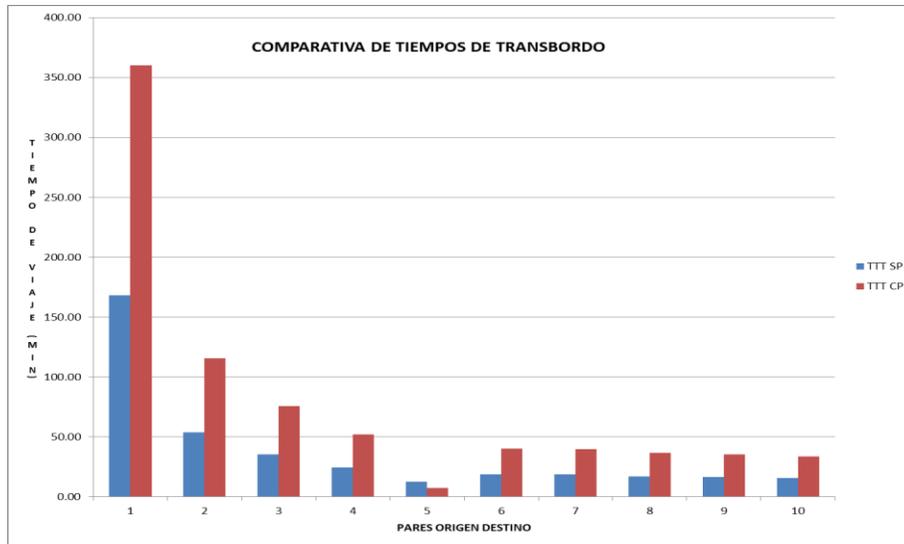
En la tabla de los principales pares origen destino de tiempos de espera se tiene reducciones en los pares 2, 3, 4 y 6 que valores es más notoria la ventaja y en tiempos representa una reducción entre 1 y 4 minutos de espera.



ID	CLAVE UNICA	VIAJES	T. ESPERA	TTE SP	T. ESPERA	TTE CP	DIF. TIEMPO	DIF. %
1	3304032960	1160.97	6.50	7,546	10.00	11,610	4	54%
2	3299032956	900.00	7.00	6,300	6.00	5,400	-1	-14%
3	3294132904	800.00	5.50	4,400	5.00	4,000	-1	-9%
4	3296132941	800.00	5.01	4,008	4.80	3,840	0	-4%
5	3303833055	800.00	7.50	6,000	7.50	6,000	0	0%
6	3306933038	800.00	7.50	6,000	3.50	2,800	-4	-53%
7	3290332962	746.72	2.00	1,493	2.00	1,493	0	0%
8	3291333055	558.03	6.00	3,348	6.00	3,348	0	0%
9	3287732904	498.95	4.50	2,245	5.00	2,495	1	11%
10	3290432850	488.78	4.00	1,955	6.00	2,933	2	50%

De acuerdo a los tiempos de transbordo.- Considerando los pares orígenes destino que ameriten transbordo se tiene la siguiente figura en la cual se puede apreciar en la situación con proyecto los tiempos son mayores en comparación con la situación sin proyecto (azul).

Casi en todos los pares origen destino como se puede apreciar en la tabla de comparativa de tiempos de transbordo, los tiempos aumentaron en los transbordos, analizando el tiempo en el transbordo, estos aumentaron a 0.45 segundos en su mayoría.



ID	CLAVE UNICA	VIAJES	T. TRANSB	TTT SP	T. TRANSB	TTT CP	DIF. TIEMPO	DIF. %
1	3296132941	800.00	0.21	168.00	0.45	360.00	0.24	114%
2	3290432902	256.76	0.21	53.92	0.45	115.54	0.24	114%
3	3292932940	168.53	0.21	35.39	0.45	75.84	0.24	114%
4	3290432900	115.68	0.21	24.29	0.45	52.06	0.24	114%
5	3302833080	104.36	0.12	12.52	0.07	7.31	-0.05	-42%
6	3293132904	89.75	0.21	18.85	0.45	40.39	0.24	114%
7	3304633044	88.16	0.21	18.51	0.45	39.67	0.24	114%
8	3291832940	81.16	0.21	17.04	0.45	36.52	0.24	114%
9	3282932831	78.99	0.21	16.59	0.45	35.55	0.24	114%
10	3304333041	74.36	0.21	15.62	0.45	33.46	0.24	114%

Finalmente es de destacar que aunque el sistema RUTA en Puebla, tiene indicadores negativos el hecho de modernizar el sistema de transporte permite un mejor desarrollo del municipio y su zona conurbada y es un beneficio para la población. Espero que los errores cometidos con el primer corredor no se cometan en el siguiente y se pueda permitir una mejor movilidad beneficiando con ello a los usuarios.

Recomendaciones

Esta tesis debería ser considerada por los tomadores de decisiones en la planificación del transporte en Puebla, para realizar cambios que beneficien al usuario y se corrijan los aspectos negativos aquí representados. Aunque en esta tesis se analizaron los indicadores de tiempos y de cierta manera fueron negativos para el usuario esto representa que todavía hay que trabajar para mejorar.

Acciones que se podrían tomar para mejorar los tiempos.- Las acciones para mitigar esta situación adversa podría ser en tres niveles:

Integración física.- Al analizar el recorrido de las rutas alimentadoras, estas lo hacen por vialidades secundarias en donde las situaciones del tráfico implican que tenga tiempos de recorrido mayores. Para mitigar esta situación se podría considerar que su recorrido lo pueda hacer por las vialidades de la ruta troncal, de esta manera mejorar los tiempos de desplazamiento de los servicios ofertados.

Integración operativa.- Al realizar la integración tarifaria y considerando los intervalos de paso de las unidades se tendría que brindar una programación del servicio en donde las unidades de transporte que funcionen sobre la vía de la ruta troncal no se vean afectadas por una ruta alimentadora. Esto se puede lograr mediante una correcta planeación de la programación del servicio.

Integración tarifaria.- De acuerdo al volumen de usuarios de las rutas alimentadoras/auxiliares del sistema de transporte RUTA no usan el corredor troncal debido a la tarifa diferida entre las rutas alimentadoras y el troncal, es por esto que una manera de motivar su uso sería el tener una tarifa plana para todo el sistema, en el cual los transbordos de las alimentadoras hacia la troncal o viceversa sea mediante un pago único.

Acciones como la realizada en esta tesis se puede proyectar antes de poner en marcha un proyecto y sirven de ayuda para analizar los beneficios o afectaciones que pueda tener un sistema, por ello antes de poner en marcha un proyecto es necesario realizar este tipo de

análisis en donde el principal beneficiado sea el usuario en sus tiempos de recorrido y los transportistas en la beneficios económicos que estas acciones genera.

El sistema RUTA del estado de Puebla es un cambio importante en la movilidad de toda la cuenca Chachapa – Tlaxcalancingo, además ha permitido modernizar el transporte y generar conciencia en las personas, transportistas y autoridades que el desarrollo de una ciudad también se da en su transporte, analizando esto es un deber de la población que usamos el transporte público apoyar acciones como esta.

Los usuarios aunque de manera inicial organizaron protestas y estuvieron en contra de algunas acciones del sistema RUTA, este con el tiempo obtendrá mayor aceptación y auguro será solo el inicio de una modernización completa de todo el transporte público del municipio de Puebla y toda su zona conurbada, razón por la cual recomiendo informar más a los usuarios acerca de lo positivo que resulta un cambio en el transporte y que esta es una forma de mejorar el desarrollo de una sociedad.

Bibliografía

, agencia internacional de energía, 2005. *sistema de autobuses para el futuro*. primera ed. Paris: IEA publications.

A., 2012. *Informe de demanda del sistema de transporte masivo Chachapa - Tlaxcalancingo*, Puebla: Adhoc.

Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J., 2010. *Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. octava ed. México: Alfaomega.

Ceder, A., 2007. *Public Transit planning and operation, Theory, modelling and practice*. primera ed. Jordan Hill: Elsevier Ltd..

Hernández Alcantara, M., 2013. Surge nueva protesta contra RUTA; ahora vecinos de Xonacatepec cerraron la vía. *La Jornada de Oriente*, 10 Abril, p. 1.

ITDP, 2010. *Guía de Planificación de Sistemas BRT, Autobuses de Tránsito Rápido*. tercera ed. New York: itdp.

Molinero, A., 2005. *Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración*. segunda ed. Toluca: UAEM.

Ortuzar, J. d. D. & Sánchez, O., 2004. *Métodos y modelos en la Planeación del Transporte*. segunda ed. Toluca: UAEM.

Ortúzar, J. d. D. & Sánchez, O., 2004. *Métodos y modelos en la Planeación del Transporte*. segunda (revisada) ed. s.l.:UAEM.

Ortuzar, J. d. D. & Willumsen, L. G., 2011. *Modelling Transport*. cuarta ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Rojas González, G., 2013. Marchan contra ruta 2 del Metrbús y detienen camiones. *e - consultas*, 3 julio, p. 1.

Shifftan, Y., Button, K. & Nijkamp, P., 2007. *Transportation Planning*. primera ed. Massachusetts: Edward Elgar Publishing, Inc..

Vuchic, V. R., 2005. *Urban Transit, Operations, planning and economics*. primera ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Vuchic, V. R., 2007. *Urban Transit, Systems and Technology*. Primera ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..

ANEXO 1
DIMENSIONAMIENTO DE LAS RUTAS SITUACIÓN SIN Y CON
PROYECTO

Dimensionamiento de la situación con proyecto

ruta	LONGITUD	TC	VELOCIDAD	CAPUNI	VOL	SMD	Frecuencia	Intervalo	IntervaloF	Unidades	VEHKM_HMD	VEHKMRUTA	PAX_KM	VEHKM_DIA	PAX_DIA
ALIMENT_3TONAZCENT	29.67	127.2	14	45	939	357	8	8	8	16	194.69	3115.03	3.16	2044.24	33.22
ALIMENT_4SANANT	10.96	38.7	17	45	152	134	3	20	15	3	202.62	607.86	2.63	2127.51	27.61
ALIMENT_6AUCHAN	41.72	119.2	21	45	1074	326	7	8	8	15	290.62	4359.29	2.59	3051.5	27.16
ALIMENT_6MEGA	43.4	130.2	20	45	1367	384	9	7	7	19	278.6	5293.44	2.71	2925.32	28.48
ALIMENT_8BOSQUES	46.54	147	19	45	1587	355	8	8	8	18	266.84	4803.18	3.47	2801.86	36.43
ALIMENT_9BOSQUESCEN	15.49	62	15	45	348	227	5	12	12	5	193.73	968.66	3.77	2034.19	39.57
ALIMENT_9BOSQSCECENT	15.16	60.6	15	45	1255	591	13	5	5	12	193.15	2317.78	5.69	2028.06	59.7
ALIMENTMALACATEPEC	33.24	49.9	40	45	768	335	7	8	8	6	499.77	2998.6	2.69	5247.54	28.25
ALIMENTSCMHID	40.01	160	15	45	1277	441	10	6	6	27	211.77	5717.73	2.35	2223.56	24.63
C21	20.11	54.8	22	50	261	224	4	13	13	4	279.11	1116.44	2.46	2930.65	25.82
CORREDOR	35.06	95.6	22	110	1800	638	6	10	10	10	298.76	2987.55	6.33	3136.93	66.42
D03	23.24	73.4	19	50	116	116	2	26	15	5	250.82	1254.12	0.97	2633.64	10.16
D06	22.16	73.9	18	50	645	286	6	11	11	7	237.81	1664.64	4.07	2496.96	42.69
D14	24.66	82.2	18	50	222	120	2	25	15	5	240.72	1203.58	1.93	2527.52	20.32
D14-1	25.19	79.5	19	50	323	128	3	23	15	5	253.17	1265.87	2.68	2658.32	28.14
D18	23.35	70.1	20	50	539	280	6	11	11	6	262.52	1575.14	3.59	2756.5	37.71
D19	22.5	79.4	17	50	127	127	3	24	15	5	226.48	1132.4	1.18	2378.04	12.35
D19.1	20.29	67.6	18	50	46	46	1	65	15	5	235.22	1176.11	0.41	2469.82	4.36
D20	21.29	71	18	50	373	201	4	15	15	5	236.65	1183.26	3.31	2484.86	34.75
D21	22.02	73.4	18	50	131	97	2	31	15	5	237.63	1188.13	1.15	2495.07	12.12
D25	23.01	81.2	17	50	7	7	0	421	15	5	227.04	1135.22	0.07	2383.95	0.69
D26	22.24	78.5	17	50	119	98	2	31	15	5	226.18	1130.92	1.11	2374.94	11.64
D28	23.14	73.1	19	50	115	115	2	26	15	5	250.69	1253.47	0.96	2632.28	10.1
N03	21.7	43.4	30	50	106	47	1	63	15	3	365.73	1097.19	1.01	3840.17	10.61
V04	37.54	132.5	17	50	684	403	8	7	7	19	237.1	4504.99	1.59	2489.6	16.74
V12	28.86	101.9	17	50	404	199	4	15	15	7	232.2	1625.42	2.61	2438.14	27.43
X01	46.04	145.4	19	50	237	214	4	14	14	10	266.66	2666.59	0.93	2799.92	9.81
X01-1	47.56	150.2	19	50	1055	435	9	7	7	21	267.21	5611.38	1.97	2805.69	20.73
X01-2	43.79	131.4	20	50	388	339	7	9	9	15	278.78	4181.69	0.97	2927.18	10.22
X03	45.26	169.7	16	50	416	294	6	10	10	17	226.65	3852.99	1.13	2379.79	11.89
X05	49.67	165.6	18	50	1266	534	11	6	6	28	254.62	7129.39	1.86	2673.52	19.58
X05-1	49.23	155.5	19	50	824	238	5	13	13	12	267.78	3213.31	2.69	2811.64	28.28
X05-2	43.84	119.6	22	50	254	185	4	16	15	8	304.53	2436.24	1.1	3197.56	11.51
X26	34.51	115	18	50	1237	477	10	6	6	19	248.41	4719.71	2.75	2608.26	28.91
X31	36.43	128.6	17	50	999	427	9	7	7	18	236.6	4258.77	2.46	2484.29	25.85
X31-1	37.12	131	17	50	642	456	9	7	7	19	236.92	4501.41	1.5	2487.62	15.73

Dimensionamiento de la situación sin proyecto

ruta	LONGITUD	TC	VELOCIDAD	CAPUNI	VOL	SMD	Frecuencia	Intervalo	IntervaloF	Unidades	VEHKM_HMD	VEHKMRUTA	PAX_KM	VEHKM_DIA	PAX_DIA
C05	30.06	100.2	18	50	448	205	4	15	15	7	245.5	1718.49	2.74	2577.74	28.72
C05-1	34.31	108.3	19	50	496	198	4	15	15	7	260.92	1826.43	2.85	2739.64	29.94
C05-2	29.97	94.6	19	50	349	206	4	15	15	6	257.76	1546.59	2.37	2706.53	24.9
C07	32.56	122.1	16	50	507	234	5	13	13	9	221.83	1996.49	2.67	2329.24	28.01
C21	20.11	55.5	22	50	291	226	5	13	13	4	276.42	1105.69	2.76	2902.44	29.02
D03	23.24	73.7	19	50	169	169	3	18	15	5	249.78	1248.88	1.42	2622.66	14.94
D06	22.16	75	18	50	694	331	7	9	9	8	234.54	1876.33	3.88	2462.69	40.76
D14	24.66	82.2	18	50	311	168	3	18	15	5	240.72	1203.58	2.71	2527.52	28.49
D14-1	25.19	79.5	19	50	396	170	3	18	15	5	253.17	1265.87	3.29	2658.32	34.52
D16	41.44	124.3	20	50	438	215	4	14	14	9	277.67	2498.99	1.84	2915.49	19.32
D16-1	42.2	126.6	20	50	296	176	4	17	15	8	278.04	2224.3	1.4	2919.4	14.66
D18	23.35	71.6	20	50	580	275	6	11	11	7	257.57	1803	3.38	2704.5	35.46
D19	22.5	78.3	17	50	121	121	2	25	15	5	229.32	1146.58	1.11	2407.81	11.61
D19.1	20.29	67.6	18	50	38	38	1	79	15	5	235.22	1176.11	0.34	2469.82	3.55
D20	21.29	69.5	18	50	189	97	2	31	15	5	241.02	1205.1	1.65	2530.72	17.32
D21	22.02	71.9	18	50	206	85	2	35	15	5	241.91	1209.57	1.78	2540.1	18.74
D25	23.01	82	17	50	33	24	0	124	15	5	225.02	1125.1	0.31	2362.7	3.23
D26	22.24	78.5	17	50	112	92	2	33	15	5	226.18	1130.92	1.04	2374.94	10.9
D28	23.14	72.3	19	50	97	97	2	31	15	5	253.01	1265.06	0.8	2656.62	8.43
FORA01	33.57	118.5	17	50	362	201	4	15	15	8	235.15	1881.22	2.02	2469.11	21.2
FORA02	33.57	118.5	17	50	359	223	4	13	13	9	235.15	2116.38	1.78	2469.11	18.68
FORA03	34.54	121.9	17	50	304	200	4	15	15	8	235.67	1885.34	1.69	2474.51	17.77
FORA05	31.1	109.8	17	50	131	91	2	33	15	7	233.71	1635.96	0.84	2453.94	8.81
FORA06	32.52	114.8	17	50	431	226	5	13	13	9	234.56	2111.07	2.15	2462.92	22.53
N03	21.7	43.2	30	50	106	47	1	64	15	3	367.31	1101.94	1.01	3856.8	10.65
V04	37.54	132.5	17	50	777	341	7	9	9	15	237.1	3556.57	2.3	2489.6	24.1
V12	28.86	101.9	17	50	611	225	4	13	13	8	232.2	1857.63	3.45	2438.14	36.27
X01	46.04	145.4	19	50	321	196	4	15	15	10	266.66	2666.59	1.26	2799.92	13.26
X01-1	47.56	150.2	19	50	1319	524	10	6	6	25	267.21	6680.21	2.07	2805.69	21.77
X01-2	43.79	131.4	20	50	227	165	3	18	15	9	278.78	2509.01	0.95	2927.18	9.98
X03	45.26	170	16	50	273	200	4	15	15	11	226.24	2488.69	1.15	2375.57	12.1
X05	49.67	165.6	18	50	1290	539	11	6	6	28	254.62	7129.39	1.9	2673.52	19.95
X05-1	49.23	155.5	19	50	839	321	6	9	9	17	267.78	4552.19	1.93	2811.64	20.31
X05-2	43.84	119.6	22	50	323	209	4	14	14	9	304.53	2740.77	1.24	3197.56	12.99
X16	27.15	95.8	17	50	1339	700	14	4	4	24	230.9	5541.68	2.54	2424.48	26.64
X17	47.71	168.4	17	50	1694	596	12	5	5	34	240.71	8183.98	2.17	2527.41	22.82
X26	34.51	115	18	50	1288	472	9	6	6	19	248.41	4719.71	2.87	2608.26	30.09
X31	36.43	128.6	17	50	1187	594	12	5	5	26	236.6	6151.56	2.03	2484.29	21.28
X31-1	37.12	131	17	50	750	513	10	6	6	22	236.92	5212.16	1.51	2487.62	15.87