



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN URBANISMO**

**PLAN DE MOVILIDAD SUSTENTABLE PARA EL CENTRO CULTURAL
UNIVERSITARIO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN URBANISMO**

PRESENTA:

CARLOS ANDRÉS CHAVES SÁNCHEZ

TUTOR:

**DR. RAFAEL MONROY ORTÍZ
FACULTAD DE ARQUITECTURA UNAM**

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

**DR. LUIS CHIAS BECERRIL
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA UNAM
MTRO. ANTONIO SUÁREZ BONILLA
FACULTAD DE ARQUITECTURA UNAM
DR. MANUEL SUÁREZ LASTRA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA UNAM
MTRA. CLAUDIA REYES AYALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA UNAM**

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE DE 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tabla de contenido

1. Definición del campo.....	8
1.1. ¿Dónde?.....	8
1.2. ¿Cuándo?.....	8
1.3. ¿Cómo?.....	8
2. justificación de la pertinencia del informe.....	11
3. objetivos.....	14
4. Introducción.....	15
4.1. La movilidad interna y el nuevo reglamento de tránsito del DF.....	15
4.2. La seguridad vial en el tránsito interno en la UNAM.....	15
4.3. La organización de la vialidad existente para mejorar movilidad.....	16
4.4. La ampliación del sistema BiciPuma.....	16
5. la movilidad en ciudad universitaria.....	18
5.1. Población.....	19
5.2. Población en Centro Cultural Universitario.....	20
5.3. Distribución modal.....	21
5.4. PumaBús.....	22
5.5. BiciPuma y el uso de la bicicleta.....	24
6. Caracterización de la demanda.....	27
6.1. Aforos vehiculares y ciclistas.....	28
6.1.1. Entronque 1.....	29
6.1.2. Entronque 2.....	30
6.1.3. Entronque 3.....	31
6.1.4. Entronque 4.....	33
6.2. Estacionamiento.....	34
6.2.1. Caracterización del estacionamiento en vía.....	35
6.2.2. Periodos de ocupación del estacionamiento en vía.....	37
7. Topografía.....	38
7.1. Ubicación de los entronques.....	38

7.2.	Levantamiento topográfico.....	39
7.3.	Planos de levantamiento.....	39
8.	Diagnóstico de la oferta vial	43
8.1.	Consideraciones generales	44
8.2.	Información de campo	44
8.3.	Inventario vial	44
8.4.	Inventario de condiciones viales.....	45
8.4.1.	Secciones transversales en corredores	45
8.4.2.	Condiciones de operación	47
8.5.	Entronque 1	49
8.6.	Entronque 2	50
8.7.	Entronque 3	51
8.8.	Entronque 4	52
9.	Criterios de diseño	54
9.1.	Diseño geométrico - dimensionamiento	54
9.2.	Señalamiento horizontal y vertical	54
9.2.1.	Señalamiento horizontal	54
9.2.2.	Señalamiento vertical	55
9.3.	Reglamento de tránsito del Distrito Federal	56
9.4.	Determinación del ancho de carril	57
9.4.1.	Carril de tráfico mixto en zona de tráfico calmado	57
9.4.2.	Carril bus-bici	59
9.4.3.	Paradas.....	60
10.	Propuestas	62
10.1.	Entronque 1	63
10.2.	Entronque 2.....	65
10.3.	Entronque 3.....	66
10.4.	Entronque 4.....	67
11.	Ampliación de BiciPuma en el CCU.....	69
11.1.	Sembrado de cicloestaciones BiciPuma.....	70

12. Micro Simulación	72
12.1. Generación del modelo de micro simulación	72
12.2. Fundamento teórico.....	72
12.3. Elementos que integran el modelo de micro simulación	73
12.4. Escenarios de simulación	74
12.5. Insumos del modelo de micro simulación	75
12.5.1. Trazo de la red vial	75
12.5.2. Selección del periodo de simulación.....	76
12.5.3. Integración de la demanda	77
12.5.4. Características del transporte al interior de la CU (PUMABUS)	79
12.5.5. Controles operativos.....	81
12.5.6. Calibración del modelo	83
12.5.7. Representación gráfica del modelo de simulación	83
13. Evaluación de situación actual	85
14. Evaluación de situación con proyecto.	88
15. Conclusiones y recomendaciones.....	89
15.1. Conclusiones	89
15.2. Recomendaciones	91

Índice de figuras

Figura 1-1. Zona de estudio: Centro Cultural Universitario.....	9
Figura 3-1. Estaciones de toma de información	27
Figura 3-2. Formato de aforo y clasificación vehicular	28
Figura 3-3. Movimientos entronque 1.....	29
Figura 3-4. Volumen horario cada 15 minutos entronque 1.....	30
Figura 3-5. Movimientos entronque 2.....	30
Figura 3-6. Volumen horario cada 15 minutos entronque 2.....	31
Figura 3-7. Movimientos entronque 3.....	32
Figura 3-8. Volumen horario cada 15 minutos entronque 3.....	32
Figura 3-9. Movimientos entronque 4.....	33
Figura 3-10. Volumen horario cada 15 minutos entronque 4.....	34
Figura 3-11. Estacionamiento en vía.....	35
Figura 3-12. Formato de rotación en estacionamiento	35
Figura 4-1. Localización de entronques	38
Figura 4-2. Levantamiento topográfico del entronque 1	40
Figura 4-3. Levantamiento topográfico del entronque 2	41
Figura 4-4. Levantamiento topográfico del entronque 3	41
Figura 4-5. Levantamiento topográfico del entronque 4	42
Figura 5-1. Corredores y entronques en estudio.....	43
Figura 5-2. Jerarquía de movilidad urbana.....	44
Figura 5-3. Operación en los corredores del circuito.....	46
Figura 5-4. Secciones transversales actuales por corredor.....	47
Figura 5-8. Oferta actual de retornos	49
Figura 5-9. Configuración actual del entronque 1.....	50
Figura 5-10. Configuración actual del entronque 2.....	51
Figura 5-11. Configuración actual del entronque 3.....	52
Figura 5-12. Configuración actual del entronque 4.....	53
Figura 6-1. Ejemplo de carril compartido bus - bici	59
Figura 6-2. Propuesta de ascenso y descenso en bahías.....	61

Figura 7-1. Sección transversal propuesta.....	63
Figura 7-2. Propuesta en entronque 1	64
Figura 7-3. Propuesta en entronque 2	65
Figura 7-4. Propuesta en entronque 3	66
Figura 7-5. Acceso en avenida Del Imán	67
Figura 7-6. Propuesta en entronque 4	68
Figura 8-1. Propuesta estaciones BiciPuma	71
Figura 12-1. Ejemplo de las variables del modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann	72
Figura 12-2. Enfoques de la modelación de transporte.....	73
Figura 12-3. Elementos del modelo de micro simulación	74
Figura 12-4. Intervalos seleccionados para la micro simulación.....	76
Figura 12-5. Ejemplo de la composición vehicular en el software VISSIM	78
Figura 12-6. Ejemplo de ruta vehicular	79
Figura 12-7. Programa de señales importado del software VISSIM	82
Figura 12-8. Representación en el modelo.	84

Índice de tablas

Tabla 2-1. Población estudiantil UNAM.....	20
Tabla 2-2. Asistencia a funciones en CCU.....	21
Tabla 2-3. Repartición modal de arribo a Ciudad Universitaria	22
Tabla 2-4. Repartición modal al interior de Ciudad Universitaria.....	22
Tabla 2-5. Crecimiento del sistema BiciPuma.....	25
Tabla 3-1. Estacionamiento en vía.....	36
Tabla 3-2. Rangos de estacionamiento en vía	37
Tabla 9-1. Rangos de anchos de carril	58
Tabla 12-2. Volúmenes vehiculares en el modelo de micro simulación.....	78
Tabla 13-1. Nivel de Servicio	86
Tabla 13-2. Evaluación de los niveles de servicio por intersección	87
Tabla 14-1. Nivel de servicio con Proyecto.	88

1. DEFINICIÓN DEL CAMPO

1.1. ¿Dónde?

Este informe de actividad profesional es el resultado del trabajo de asesoría técnica que se realizó por parte de la Coordinación de Vinculación de la Facultad de Arquitectura hacia la Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria de la UNAM (DGACU). El proyecto se desarrolló gracias las bases de colaboración No. 42875-2585-7-X-15 y en las cuales se solicita la elaboración de un Plan Integral de Movilidad Sustentable para la Zona Cultural de Ciudad Universitaria.

1.2. ¿Cuándo?

El proyecto se realizó entre los meses de mayo y octubre de 2015. Los primeros dos meses consistieron en la elaboración de documentos técnicos para establecer los alcances del estudio, trabajo que se discutió de manera permanente entre la DGSG y la Coordinación de Vinculación de la Facultad de Arquitectura. Los tres siguientes meses fueron dedicados exclusivamente al desarrollo del proyecto y sus respectivas presentaciones de avances y ajuste de productos. Finalmente, el mes de octubre se dedicó a las revisiones de cierre y ajustes específicos en cada uno de los entregables que se habían comprometido.

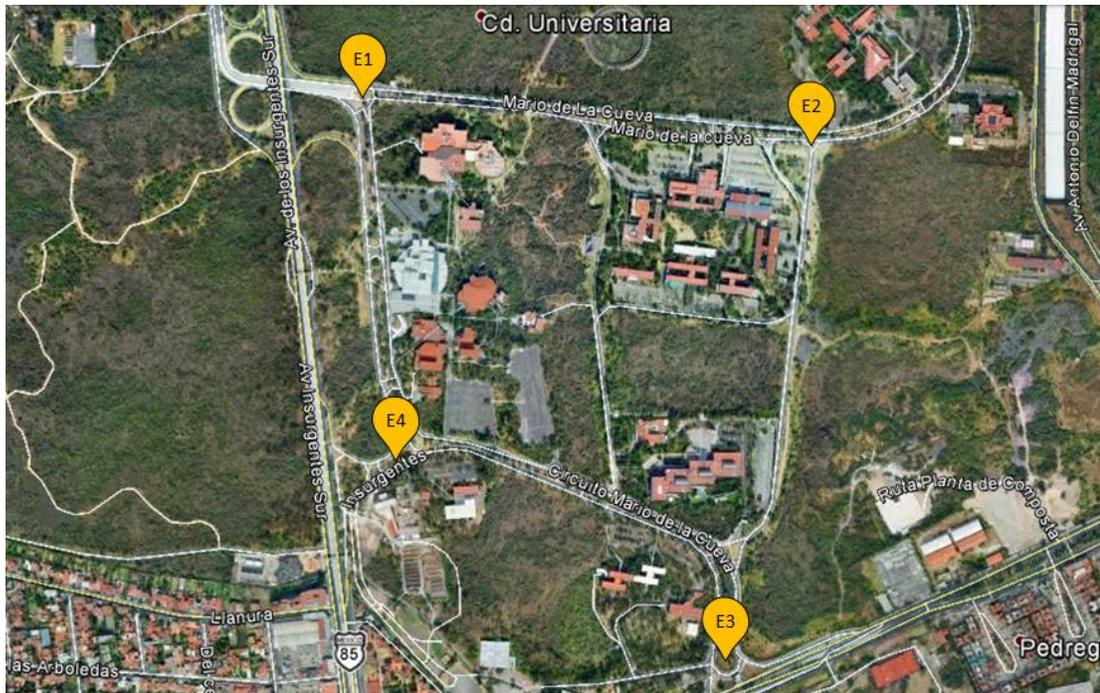
1.3. ¿Cómo?

El proyecto surge como una necesidad identificada por la DGSG por resolver los conflictos viales que, cada vez con mayor intensidad, se presentan en la zona del Centro Cultura Universitario (CCU). Inicialmente la DGSG solicitó a la oficina de vinculación el estudio de diagnóstico y generación de alternativas de solución para cuatro entronques del CCU, tal y como se aprecia en la Figura 1-1.

Los primeros acercamientos de campo hacia estos entronques evidenciaron la necesidad de pensar la zona de estudio de manera mas amplia. Si bien podrían buscarse alternativas de diseño vial para cada entronque, se consideró fundamental

involucrar otros modos de transporte, así como actores de la movilidad para generar propuestas de solución integrales.

Figura 1-1. Zona de estudio: Centro Cultural Universitario



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

Mi participación al proyecto se dio gracias a que desde hace 10 años he estado vinculado en una diversidad de proyectos relacionados con la movilidad urbana. Esto me ha permitido adquirir capacidades para el diseño de sistema de transporte sustentable, de estructuras organizacionales para la movilidad, y la evaluación y gestión de proyectos de infraestructura para la movilidad urbana. Gracias a esta experiencia pude vincularme a este proyecto como Especialista en Movilidad y Urbanismo, cargo dentro del cual se desempeñaron las siguientes funciones.

- Elaboración de propuesta técnica y económica.

- Diseño de metodologías para captura de información.
- Seguimiento técnico a aforos vehiculares, peatonales y ciclistas.
- Coordinación y seguimiento a la elaboración de microsimulaciones.
- Coordinación de elaboración de documentos de avance y reporte final.
- Elaboración de alternativas de solución para la movilidad en CCU.
- Coordinación y seguimiento a la elaboración de proyectos ejecutivos.
- Presentación de avances y resultados.

Importante aclarar que la Coordinación de Vinculación conformó un grupo de especialistas en aforos vehiculares y peatonales, microsimulaciones y diseño vial, equipo que contribuyó notablemente en la elaboración del estudio. Y todo este trabajo bajo la coordinación general del Maestro Antonio Suárez Bonilla de la Facultad de Arquitectura con quien tengo especial agradecimiento por encomendarme esta tarea.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA PERTINENCIA DEL INFORME

El incremento en el uso del automóvil en los últimos años es producto de medidas a nivel nacional y local: subsidios a la gasolina, eliminación de impuestos como la tenencia, beneficios a la industria automotriz y la prioridad del gasto público puesta en la infraestructura vial, principalmente destinada para el uso de automóviles particulares.

Es en este contexto de crecientes problemáticas urbanas asociadas a la movilidad en donde emergen discusiones en torno a conceptos como la calidad de vida, el acceso a la ciudad, el disfrute del espacio público y el bienestar urbano. Estos conceptos se vienen discutiendo recientemente en las áreas de planificación urbana y la planificación de la movilidad. Se habla sobre las fuentes de energía asociadas al crecimiento urbano y el conjunto de políticas públicas necesarias en torno a la movilidad sostenible como herramienta para elevar la calidad de vida en las ciudades.

En las principales ciudades de México, al igual que en muchas otras ciudades del mundo, se ha construido históricamente un modelo de movilidad urbana que privilegia la movilidad en automóviles particulares. La mayor parte de las inversiones se destinan a este sector a pesar que gran parte de la población se moviliza en transporte público.

Se observa entonces cómo en México ya se habla de la necesidad de un nuevo paradigma de la movilidad urbana¹ cuyo objetivo es pasar del antiguo concepto de transportación de bienes (y de personas como bienes), hacia el concepto de movilidad, entendido éste como el acercamiento de las personas en el espacio público y el cambio de hábitos individuales y colectivos para el mejoramiento de las condiciones en la que se movilizan e interactúan los ciudadanos.

En la actualidad los tiempos de traslado al interior de las principales zonas urbanas en México logran alcanzar hasta 2 horas al día, como en el caso de la ZMVM, lo que

¹ Este es el caso en la Ciudad de México en donde el Programa Integral de Movilidad 2013 - 2018 plantea un cambio de enfoque de los vehículos hacia los peatones.

significa la pérdida de millones de horas hombre y los efectos derivados de una mala calidad de vida e ineficiencia del gasto familiar. Por ejemplo, si se toma en cuenta el gasto promedio dedicado al transporte, este representa el 18% del ingreso de los ciudadanos de la ZMVM y del 35% para los estratos más pobres.²

El incremento en el uso de las energías fósiles también se ve reflejado en el crecimiento de los kilómetros-vehículo recorridos (KVR) que han aumentado en un 36% en la ZMVM, pasando de 30 millones en 1990 a 84 millones en 2010. Esto significa que el uso del automóvil ha tenido un crecimiento anual del 5.3%, mientras que la población sólo aumentó 1.29% por año; es decir, en la ciudad se incorporan más autos que niños anualmente.³

En contraste existe un enorme potencial para el cambio hacia modos de transporte eficientes y el fortalecimiento del transporte público, como ejemplo en la misma ZMVM más del 70% de los traslados se realizan a pie, en bicicleta y en transporte público, además de que el 50% de los viajes son iguales o menores a 8 kilómetros, mismos que se pueden realizar a través de modos no motorizados.

En este contexto adverso es que toman fuerza algunas políticas urbanas en torno de la movilidad sostenible y los diferentes actores de la vía en estas iniciativas el centro de interés es el fomento de una convivencia vial que privilegia a las personas, las forma de movilidad no motorizada y el transporte público eficiente y de calidad, por encima del automóvil particular. Esta tendencia es creciente y evidente en una gran cantidad de proyectos alrededor del mundo.⁴

Es de especial interés el resurgimiento en el uso de la bicicleta urbana. En menos de una década la bicicleta se ha convertido en uno de los principales actores de la movilidad urbana, registrando un crecimiento espectacular que se refleja en más de 600⁵ sistemas de bicicletas públicas funcionando en diferentes ciudades del mundo.

² Programa Integral de Movilidad (PIM) DF 2013- 2018

³ PIM DF 2013-2018

⁴ Situación que se evidencia, nuevamente, en el Programa Integral de Movilidad 2013 -2018

⁵ The bike sharing blog: <http://bike-sharing.blogspot.mx/>

También se observa cómo muchas ciudades están promoviendo un cambio modal fortaleciendo la participación porcentual de la bicicleta dentro del total de modos de transporte.

En las principales ciudades de México también existe un resurgimiento de la bicicleta que se refleja en mayor inversión pública en infraestructura como ciclovías, paseos nocturnos y dominicales, y sistemas de bicicletas públicas como el sistema “Ecobici” en Ciudad de México, que actualmente cuenta con una flota de más de 4 mil bicicletas y la Ciudad de Guadalajara que recientemente ha instalado el sistema Mi Bici.⁶

Este contexto de la movilidad a nivel nacional y local se refleja en las condiciones de movilidad que se evidencian en la actualidad en CU. A pesar de la reestructuración de PumaBús en 2005, la cual mejoró las condiciones de prestación de servicio y la entrada de un carril exclusivo para su operación, en CU se ha incrementado los niveles de congestión vehicular, el estacionamiento en vía y el uso constante de sus vialidades como distribuidor vial de la ciudad. También, y gracias a la entrada en funcionamiento de BiciPuma, se ha ido incrementando el uso de la bicicleta al interior del campus, así como medio de transporte para acceder a la universidad.

De modo que se aprecian en CU fenómenos de la movilidad urbana que también se presentan en la Ciudad de México, así como en otras ciudades del mundo, y que ameritan estudio para la generación de propuestas que permitan mitigar y transformar los impactos negativos que genera un modo de vida urbano que favorece al automóvil particular.

⁶ <https://www.mibici.net/es/>

3. OBJETIVOS

El objetivo que se estableció en el convenio de colaboración fue el de desarrollar un plan de movilidad y proyectos ejecutivos que permitan estimar costos, tiempos, alcances y etapas de obra, en el que se establezcan acciones respecto a la construcción y adecuación de la infraestructura y equipamiento vial que promueva la multimodalidad en un marco de movilidad sustentable, en donde convivan adecuadamente los automóviles, el transporte público tanto interno como externo, esto con el fin de que se impulse el uso seguro de la bicicleta como medio de movilidad para facilitar la comunicación de la zona del Centro Cultural, estación de Metrobús, unidad de posgrado, museo Universum e institutos.

4. INTRODUCCIÓN

La realización de un proyecto ejecutivo de movilidad sostenible en los circuitos del Centro Cultural Universitario forma parte de una iniciativa general orientada a mejorar la accesibilidad, la eficiencia en el transporte, la seguridad y convivencia vial en la parte sur de la Ciudad Universitaria. El proyecto se ha realizado como una etapa en el camino hacia la conformación de una política interna de movilidad en la que la Ciudad Universitaria afiance principios, metas y acciones concretas a favor de una movilidad sostenible en la totalidad del campus.

En este capítulo se describen las cuatro iniciativas que incluye el proyecto de movilidad sostenible en los circuitos del Centro Cultural Universitario de la siguiente forma:

4.1. La movilidad interna y el nuevo reglamento de tránsito del DF

El nuevo reglamento de tránsito del Distrito Federal derivado de la Ley de Movilidad del Distrito Federal de 2014⁷, otorga prioridad a los actores más vulnerables de la vía en el siguiente orden; peatones, ciclistas, transporte público, transporte de carga y finalmente automóvil particular. En cuanto a infraestructura incorpora el establecimiento de “Zonas de Tránsito Calmado” con límite de velocidad a 30 Kph. y carriles compartidos para el uso del transporte público y bicicletas. El conjunto de estas nuevas disposiciones obliga a la comunidad universitaria a prepararse en el terreno con estrategias de socialización y capacitación para adecuar la infraestructura existente, en ese contexto se inscribe el proyecto ejecutivo de movilidad sostenible en los circuitos del Centro Cultural Universitario.

4.2. La seguridad vial en el tránsito interno en la UNAM

La intensidad y diversidad del tráfico inducido que circula por la Ciudad Universitaria se ha incrementado a la par del parque vehicular de la ciudad generando

⁷ Gaceta Oficial del Distrito Federal el 14 de julio de 2014

externalidades negativas que se reflejan principalmente en la seguridad, en una menor eficiencia en la movilidad interna, un mayor costo de mantenimiento y la pérdida de capacidades para regular el ingreso y velocidad de automóviles ajenos a la universidad, este aspecto afecta de manera significativa la convivencia y la eficiencia en la movilidad de la comunidad universitaria, por tal razón el proyecto busca establecer nuevos parámetros de seguridad a la vez que se retoma el control de la circulación en las vialidades internas y el adecuado manejo del estacionamiento en vía pública..

4.3. La organización de la vialidad existente para mejorar movilidad

Los principales circuitos de la Ciudad Universitaria dónde circula el sistema PumaBús sin elementos de confinamiento son comúnmente utilizados como estacionamiento de autos particulares esta invasión del espacio originalmente destinado al tránsito disminuye la eficiencia del transporte público y promueve el estacionamiento de larga estancia a lo largo de la vialidad existente, el proyecto busca eliminar estacionamiento en vía que actualmente registra incremento.

4.4. La ampliación del sistema BiciPuma

El sistema de bicicletas públicas BiciPuma es una de las principales estrategias para fortalecer la movilidad sostenible en el campus, su operación ininterrumpida a lo largo de años es considerada como una de las principales iniciativas para descongestionar el tráfico interno, el sistema BiciPuma y su infraestructura en general es utilizada por usuarios provenientes de preparatorias, CCH y otros ciclistas que utilizan por igual las vías destinadas al sistema universitario de bicicletas públicas. La puesta en marcha de la nueva unidad de posgrado en conjunto con los institutos existentes y la operación de la estación de Metro bus Centro Cultural demandan de la ampliación del sistema de bicicletas universitarias. Para su ampliación se ha propuesto un modelo de infraestructura compartida con el sistema PumaBús lo que incluye el mejoramiento de otros aspectos de la movilidad como el estacionamiento en vía, la alta velocidad y

el tráfico inducido por parte de automóviles que actualmente utilizan la vialidad universitaria como atajo.

5. LA MOVILIDAD EN CIUDAD UNIVERSITARIA

Desde la entrada en funcionamiento en 2005 del sistema BiciPuma y posteriormente en 2008 el carril confinado para el sistema PumaBús, la movilidad dentro de la Ciudad Universitaria ha sufrido transformaciones entre estas destacan las dos estaciones del sistema Metrobús, la semaforización de pasos peatonales y el incremento de la oferta del sistema BiciPuma. Estos tres elementos muestran el interés de la UNAM en la promoción del transporte público y la movilidad no motorizada al interior del campus como ninguna otra universidad en el país, incluso de Latinoamérica.

Los resultados han sido beneficiosos para la comunidad universitaria que ha correspondido al esfuerzo de la institución, respuesta que se refleja en los crecimientos de las cifras de demanda de los sistemas PumaBús y BiciPuma en la última década. Sin embargo, y como efecto del crecimiento vegetativo de la movilidad que se relaciona con la UNAM, es necesario replantear el tema de la movilidad al interior de la universidad enfocando los esfuerzos en aspectos complementarios a los sistemas de transporte implementados y en operación.

Dentro de esta nueva perspectiva de tratamiento del tema movilidad, recientemente se aprobó la implementación de un carril compartido para buses y bicicletas alrededor del estadio universitario. Esta medida abrió la discusión sobre si otras zonas de la geografía universitaria deben avanzar en la construcción de este tipo de infraestructura. Específicamente se habla de la zona del Centro Cultural Universitario (CCU), donde se ha presentado un crecimiento acelerado de concentración actividad estudiantil, académica y administrativa por la construcción de nuevos edificios y por la creciente visita de ciudadanos que genera la oferta cultural que se genera en esta zona.

Sin embargo, este crecimiento del número de personas que visitan o trabajan en el CCU no ha tenido una respuesta en un plan integral que responda, de forma organizada, al desorden que se deriva de este fenómeno. En estas circunstancias, se ha favorecido al vehículo particular como medio para acceder a esta zona, con los

problemas que se reconocen a este medio en materia de ocupación excesiva del espacio vehicular por pasajero movilizado, contaminación, congestión, inseguridad vial, además de estacionamiento indiscriminado en vía pública. Este flujo vehicular, interno, sumado al que utiliza los circuitos de la UNAM como paso hacia vialidades como Insurgentes, avenida del Imán, Cerro del Agua y Eje 10, incrementan las dificultades incidiendo de forma negativa sobre la movilidad de la población universitaria sobre la cual debe girar la política institucional en esta materia.

Este trabajo propone ajustes estructurales a la forma como se ha manejado históricamente la movilidad dentro de la UNAM y toma como principio rector la prioridad de la movilidad peatonal⁸ y ciclista y, como complemento, de la circulación del transporte público antes que la del vehículo particular.

A continuación, se relacionan algunos datos de contexto sobre la movilidad en CU, para luego entrar al diagnóstico específico de la movilidad en el CCU.

5.1. Población

En los últimos años se ha registrado un incremento significativo del número de estudiantes de la UNAM. Para 2015 la universidad registró un total de 342 mil estudiantes en los diferentes niveles escolares y planteles. Como se aprecia a continuación, la mayor parte de esta población pertenece a los niveles de licenciatura y posgrado, esto sin tener en cuenta el total de alumnos de bachillerato que para 2015 fue de 110 mil.

Específicamente Ciudad Universitaria tiene una población de 135 mil alumnos, de los cuales 111 mil pertenecen al nivel licenciatura y 24 mil son estudiantes de posgrado.

⁸ Dada la actual normatividad en Ciudad Universitaria, especialmente aquella que impide modificaciones sobre la infraestructura peatonal por ser el campus considerado como territorio de conservación patrimonial, las necesidades y propuestas en materia peatonal tuvieron que verse reducidas a la generación de cruces seguros en los lugares más conflictivos. No se pudo generar una propuesta de intervención sobre banquetas y espacio públicos que permitieran mejores espacios para circulación peatonal con principios de accesibilidad universal y mejoramiento de estándares para la seguridad vial.

A esta población se suman 27 mil personas del cuerpo académico, profesores de carrera y asignatura, investigadores y técnicos académicos.

Esta información muestra que, aunque las tasas de crecimiento son inferiores a las registradas hace una década, el crecimiento actual de la matrícula ronda el 2.5 % promedio anual. Este comportamiento determina el crecimiento del número de viajes internos y es relevante para inferir el comportamiento futuro.

Tabla 5-1. Población estudiantil UNAM

Año	Licenciatura		Posgrado		Total	
	Estudiantes	Crecimiento	Estudiantes	Crecimiento	Estudiantes	Crecimiento
2005	150,253		19,765		170,018	
2006	156,434	4.1%	20,747	5.0%	177,181	4.2%
2007	163,368	4.4%	21,230	2.3%	184,598	4.2%
2008	167,891	2.8%	22,527	6.1%	190,418	3.2%
2009	172,444	2.7%	23,875	6.0%	196,319	3.1%
2010	179,052	3.8%	25,036	4.9%	204,088	4.0%
2011	180,763	1.0%	25,167	0.5%	205,930	0.9%
2012	187,195	3.6%	26,169	4.0%	213,364	3.6%
2013	190,707	1.9%	26,878	2.7%	217,585	2.0%
2014	196,565	3.1%	27,210	1.2%	223,775	2.8%
2015	201,206	2.4%	28,018	3.0%	229,224	2.4%

Fuente: Elaboración propia con base en Agendas Estadísticas, UNAM.

5.2. Población en Centro Cultural Universitario

La actividad del CCU en los últimos años ha crecido considerablemente gracias a una serie de programas docentes y construcciones que atraen a la zona nueva población estudiantil, personal administrativo y ciudadanía en general. Se resalta la construcción en 2008 del MUAC y recientemente del edificio de posgrado de economía y la unidad de posgrado. Actualmente se construye el edificio de ciencias de la complejidad.

Un motivo que más atrae población al CCU es la oferta cultural que se genera en los diversos edificios de la zona. Como se aprecia en la siguiente tabla, en los últimos años, salvo 2014, se ha registrado un constante crecimiento del número de asistencia a funciones en los recintos y espacios del CCU. Esto contribuye a la complejidad

operacional del tránsito en la zona, pues muchos de estos eventos atraen viajes principalmente en vehículos particulares en los fines de semana, siendo la sala Nezahualcóyotl la que representa el 50 % del total de las asistencias registradas en el CCU durante 2014.

Tabla 5-2. Asistencia a funciones en CCU

Actividad en el CCU	2010	2011	2012	2013	2014
Música	191,085	213,574	203,550	222,788	193,728
Teatro	61,504	71,871	57,953	46,975	48,760
Danza	39,268	45,480	47,057	47,199	45,253
Cine	37,387	437	44,823	45,007	36,235
Otras actividades	40,181	47,011	80,726	87,263	79,178
Total de asistentes	369,425	378,373	434,109	449,232	403,154

Fuente: Elaboración propia con base en CDC, UNAM.

5.3. Distribución modal

En 2009 se llevó a cabo el estudio de demanda y adecuaciones para la estación de metrobús frente al CCU. Aunque no se dispone de información más reciente de distribución modal ni de origen – destino, los datos a continuación ilustran la base de trabajo para abordar el tema de la movilidad en la zona de estudio.

En dicho año cerca del 60 % de la comunidad universitaria en CU arribaba al campus utilizando transporte público como el metro, metrobús y microbús. Seguramente en los últimos años estos porcentajes han variado y se desconoce el efecto que ha tenido la nueva estación de metrobús frente al CCU. Sin embargo, es importante resaltar la necesidad de profundizar los esquemas de intermodalidad dentro de la universidad mediante la conexión de las principales estaciones de transporte público con las facultades e institutos del campus universitario.

Tabla 5-3. Repartición modal de arribo a Ciudad Universitaria

Medio de Transporte	Encuestas	Porcentaje
Auto	136	10%
Autobús	182	14%
Bicicleta	4	0%
Caminando	68	5%
Combi	114	9%
Metro	344	26%
Metrobús	264	20%
Microbús	176	13%
Taxi	34	3%
Total	1322	100%

Fuente: Cal y Mayor. 2009

Como se aprecia a continuación, en la investigación de 2009, el 80 % de la comunidad universitaria se moviliza dentro del campus utilizando el sistema PumaBús y la bicicleta muestra una participación bastante baja. No obstante, la bicicleta viene posicionándose en el colectivo universitario lo que significa la necesidad de revisar las formas de integración para agilizar los desplazamientos, reducir los tiempos de viajes y dar prioridad a los medios sustentables.

Tabla 5-4. Repartición modal al interior de Ciudad Universitaria

Medio de Transporte	Encuestas	Porcentaje
Auto	10	1%
Bicicleta	12	1%
Camina	175	14%
Pumabús	1010	80%
Taxi	60	5%
Total	1267	100%

Fuente: Cal y Mayor. 2009

5.4. PumaBús

El sistema de transporte interno de la Ciudad Universitaria PumaBús ha sido históricamente la columna vertebral de la movilidad en la Ciudad Universitaria, cuenta con más de 60 autobuses y un promedio de 20 mil pasajeros por día a lo largo de 12 rutas con las que cuenta en la actualidad. El sistema PumaBús solo es superado por

los viajes peatonales que se realizan desde las estaciones del metro Universidad y Copilco hacia las facultades y centros cercanos. Algunas de sus características son:

- Transporte público gratuito a la comunidad universitaria con carriles exclusivos de circulación.
- Flota vehicular de alta capacidad con acceso a personas con movilidad reducida.
- En año 2000: 19 vehículos.
- En año 2002: 35 vehículos.
- En año 2009: 60 vehículos.
- Demanda diaria: 20 mil pasajeros donde el 67 % de ellos provienen del estacionamiento remoto ubicado en los alrededores del Estadio Olímpico.

Es importante destacar que la mayoría de los viajes dentro de CU tienen como destino intermedio alguna de las estaciones del sistema PumaBús ya que con 12 rutas es el único sistema de transporte público que cubre la totalidad del campus. Los principales orígenes de viaje, en la hora de mayor demanda en la mañana, para este sistema inician en la estación del metro universidad, en la estación del metrobús CU y en las paradas del Estadio Olímpico donde se articula con el estacionamiento remoto que lo rodea.

Desde el establecimiento del carril confinado para uso exclusivo del PumaBús la Ciudad Universitaria ha experimentado una nueva forma de movilidad con mayor eficiencia y seguridad. El PumaBús ha generado efectos positivos en los usuarios de la vía en forma paralela con la regulación de los estacionamientos y el programa integrado de transporte en el estadio olímpico que permite el estacionar automóviles particulares y abordar el PumaBús en un mismo punto. La conjunción de estos factores ha propiciado mayor demanda y un crecimiento natural del sistema, consolidándolo como el sistema colectivo de movilidad para la Ciudad Universitaria.

En la actualidad no todos los circuitos cuentan con carril exclusivo para el sistema PumaBús razón por la cual buena parte del campus presenta la misma situación de conflicto de hace más de una década. Adicional a esto se suma el crecimiento de la población universitaria, el aumento del parque vehicular en la ciudad con efecto en el número de viajes. El principal reto del PumaBús consiste en articular la totalidad de los sistemas de transporte, atender una demanda de viajes cada vez mayor, ofrecer mayor seguridad, implementar sistemas tecnológicos para la operación de la flota vehicular y, en general, gestionar de forma eficiente la movilidad del campus.

5.5. BiciPuma y el uso de la bicicleta

El sistema comenzó su operación en marzo del año 2005, desde su inicio este sistema de bicicletas públicas para uso exclusivo de la comunidad universitaria se planeó e implementó como un programa alternativo de transporte y complementario entre la red pública urbana y el sistema PumaBús. El objetivo del sistema BiciPuma es la promoción de cambios en los patrones de conducta de la comunidad universitaria, encaminados a mejorar la salud, aumentar los niveles de actividad física y su bienestar y reducir, en CU e inmediaciones, la congestión del tráfico vehicular y sus efectos adversos.

BiciPuma se ofrece de manera gratuita a la comunidad universitaria, incluida la población de preparatorias y CCH que visita el campus. BiciPuma es un medio de transporte muy utilizado para trasladarse entre centros educativos, facultades, institutos, auditorios y edificios administrativos, cuenta con 9 módulos de servicio y 3 lanzaderas en los principales accesos al campus.

La mayor cobertura del emblemático sistema universitario de bicicletas públicas se da en la zona patrimonial o casco universitario, desde su origen se contempló también su uso recreativo por lo cual BiciPuma es un sistema muy demandado en los momentos libres e intermedios del estudiantado lo que permite además un acercamiento eficiente a los espacios de la vida universitaria, esto es particularmente notorio en los inicios de semestre cuando los alumnos principian su formación

profesional y cruzan el campus, bien por motivos administrativos o para conocer su nueva escuela.

En la actualidad BiciPuma es reconocido tanto por su utilidad como por su carácter lúdico y educativo, ya que los alumnos, además de aprender sobre ciclismo y la eficiencia de la bicicleta como medio de transporte, logran participar de una nueva cultura de la movilidad y de la actividad física. Desde la perspectiva de la movilidad el sistema BiciPuma cuenta con potencial para complementar y descongestionar otros sistemas de transporte como el PumaBús, en específico en los periodos pico y en trayectos en los que el uso del sistema de autobuses está saturado o su frecuencia no satisface la demanda puntual. Para tener más precisión de este potencial se requerirían de estudios detallados sobre la capacidad de atención de demanda de viajes por parte de BiciPuma.

BiciPuma es el mayor sistema de bicicletas públicas del mundo que opera al interior de una universidad, cuenta con un promedio de usos que va de los 2 mil a los 6 mil usos diarios dependiendo de las condiciones climatológicas.

Tabla 5-5. Crecimiento del sistema BiciPuma

Año	Bicicletas totales	Bicicletas en operación (70%)	Viajes	Crecimiento de viajes	Viajes / bici
2005	208	146	95,518		4.1
2006	1,043	730	323,358	239%	2.8
2007	2,217	1,552	475,427	47%	1.9
2008	2,039	1,427	449,416	-5%	2.0
2009	2,099	1,469	225,720	-50%	1.0
2010	1,911	1,338	360,243	60%	1.7
2011	1,678	1,175	554,622	54%	3.0
2014	1,300	973	535,570	-3%	3.4

Fuente: Cálculos propios con base en BiciPuma

Por su utilidad y aceptación el sistema de bicicletas públicas BiciPuma es una pieza fundamental para la integración del transporte y el intercambio modal dentro y fuera de la misma Ciudad Universitaria, en los últimos años se ha observado un incremento en la llegada de estudiantes en bicicletas propias y un mayor uso de la infraestructura ciclista universitaria. Esto es evidente en la demanda de más cicloestacionamientos

seguros y en general un mayor tráfico de bicicletas en las vías ciclistas, en este sentido el reto actual de la movilidad en bicicleta al interior de la Ciudad Universitaria consiste en el fortalecimiento de cuatro ejes principales:

- Garantizar mayores niveles de seguridad para todos los usuarios de bicicletas en la Ciudad Universitaria.
- Incrementar la cobertura del sistema BiciPuma a otras zonas del campus.
- Integrar la infraestructura ciclista de forma eficiente con el resto de los modos de transporte al interior y exterior de la Ciudad Universitaria bajo una misma calidad y reglamentación.
- Conocer de mejor manera los requerimientos de los usuarios para diseñar las infraestructuras adecuadas y los servicios que podría requerir la población universitaria.

6. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

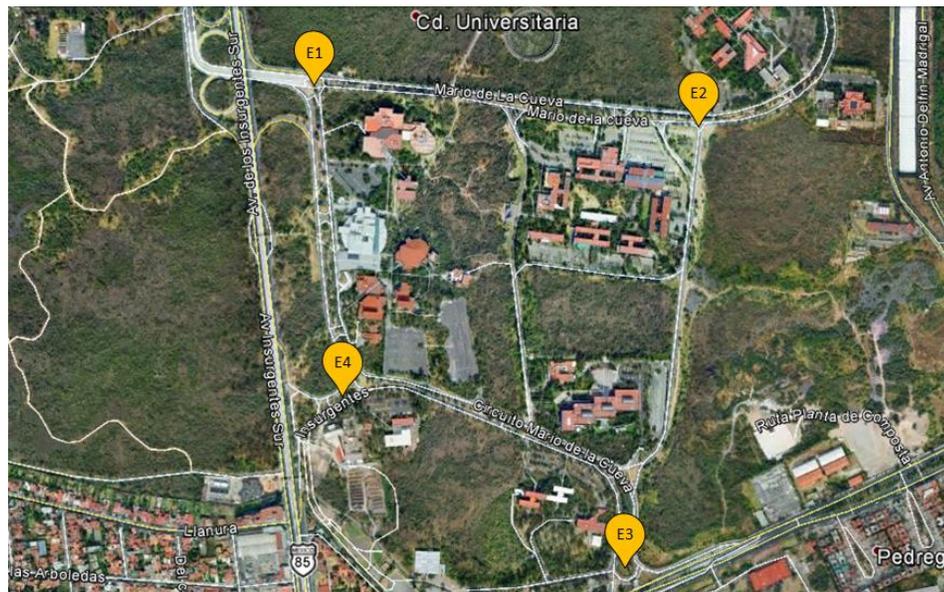
En este apartado se describen los estudios de ingeniería de tránsito que se llevaron a cabo en la zona cultural de Ciudad Universitaria.

Los estudios realizados fueron los siguientes:

- Aforos vehiculares y ciclistas
- Análisis de estacionamiento en vía
- Aforos peatonales
- Inventario de estacionamiento

En las siguientes líneas se describe la metodología de toma de información para cada uno de los componentes del presente trabajo. En la imagen se muestran los nodos estudiados a los cuales se les desarrolló proyecto ejecutivo.

Figura 6-1. Estaciones de toma de información



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

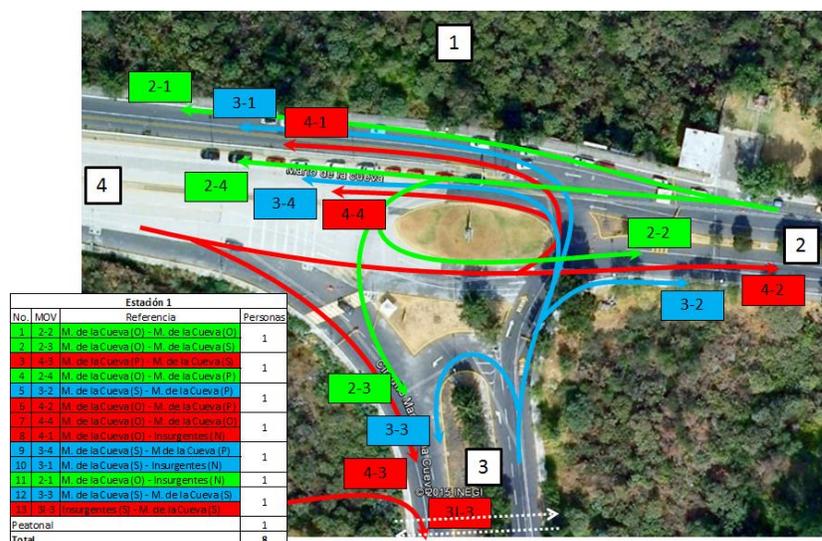
Como se aprecia en esta figura anterior, los vehículos ligeros se clasifican en automóvil particular, taxi, bicicletas públicas (BiciPuma), bicicletas privadas, bicicletas de trabajo, transporte público (PumaBús) y transporte de carga dividido en vehículos articulados y no articulados.

Cabe mencionar que el trabajo de campo se hizo el 11 de agosto de 2015, día típico para la operación vehicular de la ciudad en general y de la universidad en particular.

6.1.1. Entronque 1

La Figura 6-3 muestra los movimientos posibles en este sitio que fueron objeto de observación en el presente ejercicio.

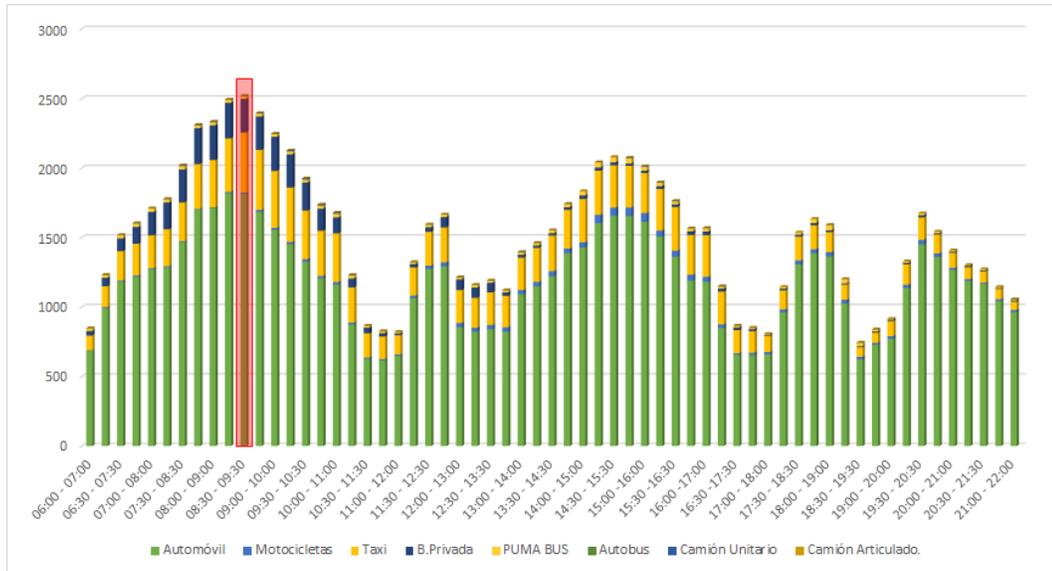
Figura 6-3. Movimientos entronque 1



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

En este entronque se identificaron 13 movimientos vehiculares con cuyo resultado acumulado para las 16 horas aforadas en el día, 23,493 vehículos, se determina la hora de máxima demanda (HMD), 8:30 a 9:30, con 2,494 vehículos totales.

Figura 6-4. Volumen horario cada 15 minutos entronque 1

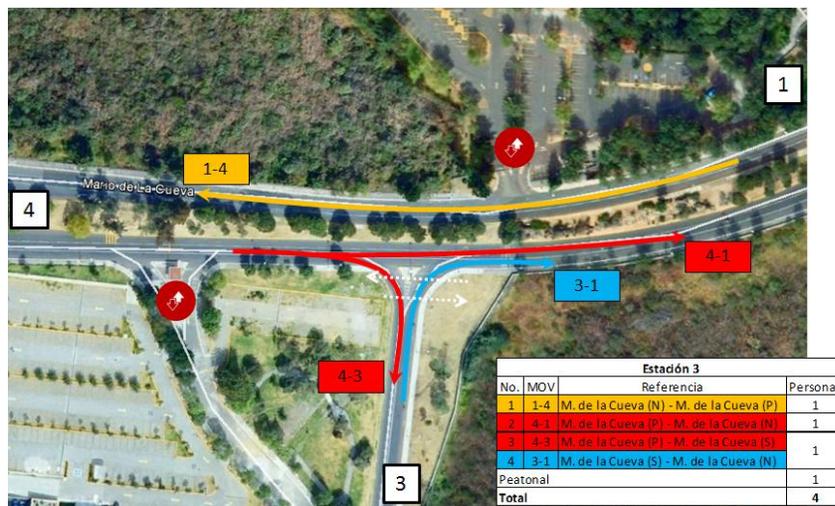


Fuente: Elaboración propia.

6.1.2. Entronque 2

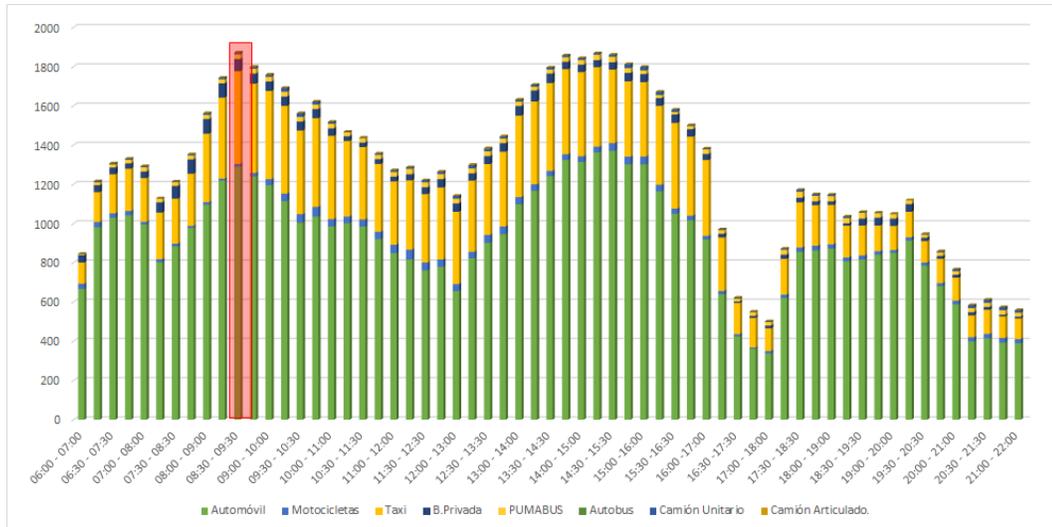
Para este entronque se identificaron 4 movimientos significativos como muestra la Figura 6-5.

Figura 6-5. Movimientos entronque 2



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

Figura 6-6. Volumen horario cada 15 minutos entronque 2



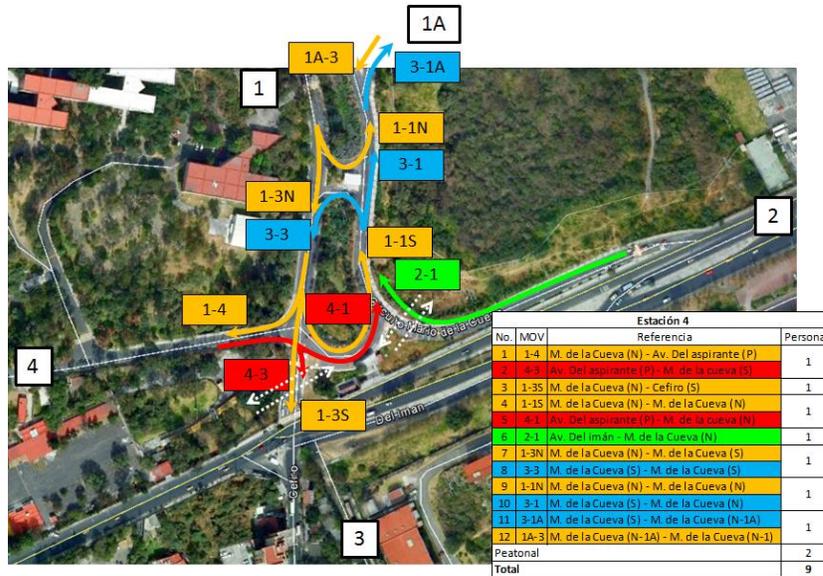
Fuente: Elaboración propia.

En este caso coincide la hora de máxima demanda, 8:30 a 9 :30 am, con un volumen de 1,873 vehículos y para las 15 horas de aforo del día se contabilizó un total de 20,193 vehículos.

6.1.3. Entronque 3

Este entronque se considera uno de los puntos de acceso más importantes a Ciudad Universitaria y su morfología, como muestra la Figura 6-7, permite 12 movimientos en sus inmediaciones.

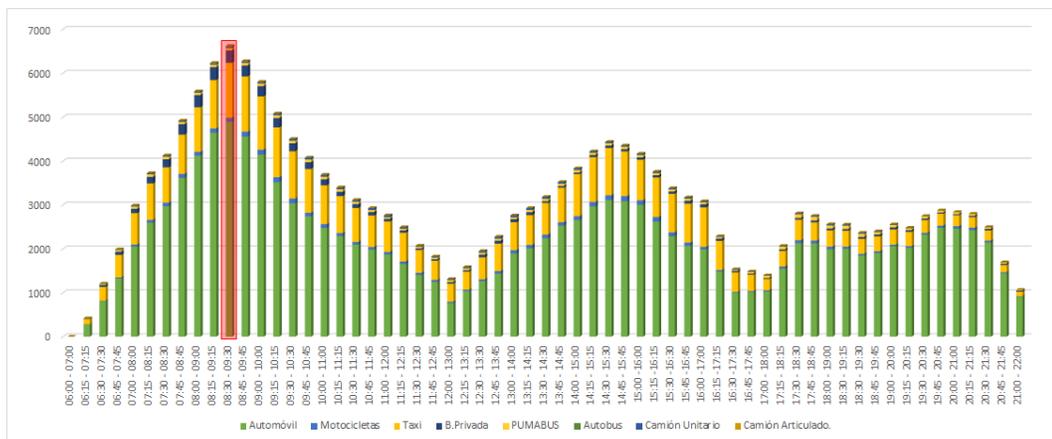
Figura 6-7. Movimientos entronque 3



Fuente: Elaboración propia con base en google earth.

El registro obtenido para el día fue de 46,576 y para la hora de máxima demanda, también de 08:30 a 09:30, se contabilizaron 6,623 vehículos.

Figura 6-8. Volumen horario cada 15 minutos entronque 3



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4. Entronque 4

Se encuentra en la zona donde del nuevo edificio de posgrado y, por su cercanía con avenida de los Insurgentes, fue imprescindible tomar los 10 movimientos vehiculares que se identifican en la Figura 6-9.

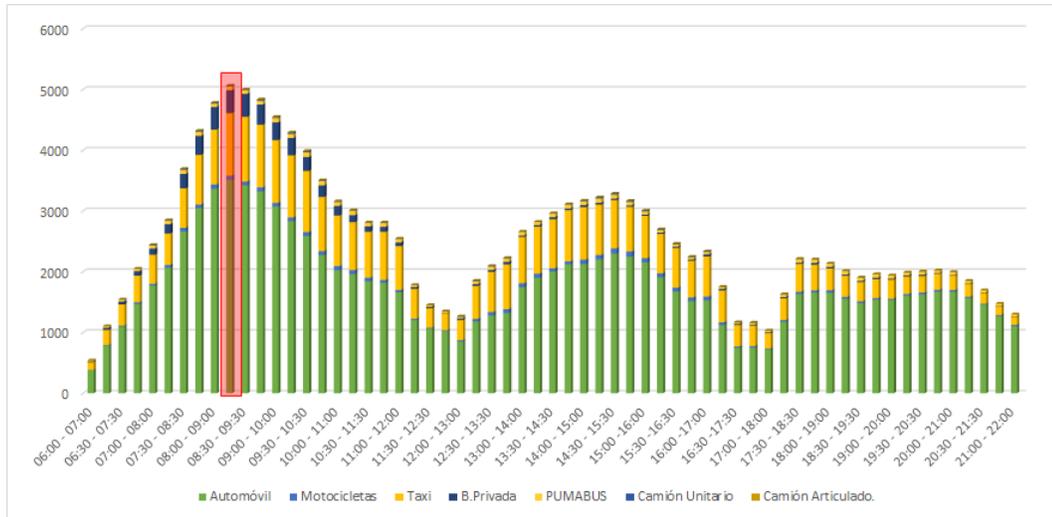
Figura 6-9. Movimientos entronque 4



Fuente: Elaboración propia con base en google earth.

La Figura 6-10 muestra el comportamiento horario del entronque para las 15 horas de aforo, 38,922 vehículos totales, y el registro de la hora de máxima demanda de 5,067 vehículos de 08:15 a 9:15.

Figura 6-10. Volumen horario cada 15 minutos entronque 4



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Estacionamiento

Por tener diferentes efectos sobre el comportamiento de los usuarios, en este ejercicio se segrega el estacionamiento en vía y fuera de vía de la siguiente manera.

En la Tabla 6-1 se consignan los resultados de este ejercicio.

Tabla 6-1. Estacionamiento en vía

Corredor	Capacidad	# de autos máximo en una hora	Promedio general de ocupación (periodos)
1	69	54	8
2	65	70	9
3	56	42	6
4	64	54	8
5	38	33	6
6	32	26	7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6-1 se aprecia que el corredor 2, que maneja el tráfico de poniente a oriente entre los entronques 4 y 3, es el de mayor rotación con más periodos de ocupación, esto responde a la dinámica de las oficinas de los edificios del costado sur. Sigue en ocupación el corredor 4, el que opera paralelo en sentido contrario al precedente, que también atiende los requerimientos de las oficinas mencionadas pero que, al no estar autorizado, opera de hecho en condiciones de informalidad.

En el corredor 1 los autos se estacionan de modo informal, con 69 plazas que no se ocupan de manera simultánea pero que, sin duda, cuyas maniobras de entrada y salida inciden de forma negativa en el flujo vehicular de paso. El corredor 5, opera en sentido contrario al anterior y ofrece condiciones similares a este, en sentido norte sur al costado poniente del circuito cultural. En este segmento el estacionamiento indiscriminado se restringe en varios sitios como la explanada del Museo Universitario de Arte Contemporáneo (MUAC) y ofrece, de facto, estacionamiento en 38 plazas, de las cuales solo se ocuparon de manera simultánea 33 durante el tiempo de aforo.

El corredor 3 en algunos momentos sirve como complemento al estacionamiento informal que se da en el circuito sur, dando cabida a empleados de esa zona de ciudad universitaria. Allí, de los 56 lugares detectados se utilizan de manera simultánea solamente 42 de los mismos.

En el corredor 6 se aprecia una dinámica diferente a los restantes, ofrece una función complementaria a la comunidad de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, de

los 32 lugares identificados se encontró que 26 vehículos los ocupan de forma simultánea.

6.2.2. Periodos de ocupación del estacionamiento en vía

Con la información de campo, se sintetizó la permanencia de vehículos en la vía, fenómeno que se resume en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2. Rangos de estacionamiento en vía

Corredor	< 1 hora	1-2 horas	2-3 horas	3-4 horas	4-5 horas	5-6 horas	6> horas
1	49%	23%	13%	4%	2%	3%	6%
2	46%	20%	8%	12%	5%	8%	7%
3	57%	20%	7%	4%	6%	5%	0%
4	52%	19%	7%	6%	5%	4%	7%
5	62%	19%	8%	3%	4%	2%	2%
6	39%	34%	14%	5%	0%	8%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene que la mayoría de los autos que se estacionan en los corredores observados duran estacionados una hora o menos, seguidos de los automóviles que ocupan un sitio en un periodo de hasta dos horas, lo que refleja estadías relativamente cortas con rotación media del espacio disponible. En este tema es importante mencionar que el criterio general de la importancia de un estacionamiento se refleja en su utilización y en la medida en que la rotación sea baja, permanencias de alta duración, la importancia relativa de una instalación es menor.

7. TOPOGRAFÍA

El estudio topográfico se llevó a cabo con equipo de medición de última generación, estación total, debidamente calibrado y controlado por un laboratorio de metrología certificado, por lo que las mediciones cumplen con la norma de precisión establecida por la National Society of Professional Land Surveyors (NSPS). El levantamiento se hizo con una estación total de precisión marca Sokkia, modelo, SET 610, Aumentos 30X Resolución 3" y los alcances:

El objetivo fundamental del estudio topográfico es identificar las características físicas de cada uno de los cuatro entronques referidos determinantes para el desarrollo de proyectos ejecutivos.

7.1. Ubicación de los entronques

Figura 7-1. Localización de entronques



Fuente: Elaboración propia con base en google earth.

El estudio se desarrolló en la Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, México Distrito Federal. La Figura 7-1 contiene el croquis que muestra la localización de los

cuatro entronques y las áreas aproximadas sobre las cuales se hizo el levantamiento topográfico que se reseña.

7.2. Levantamiento topográfico

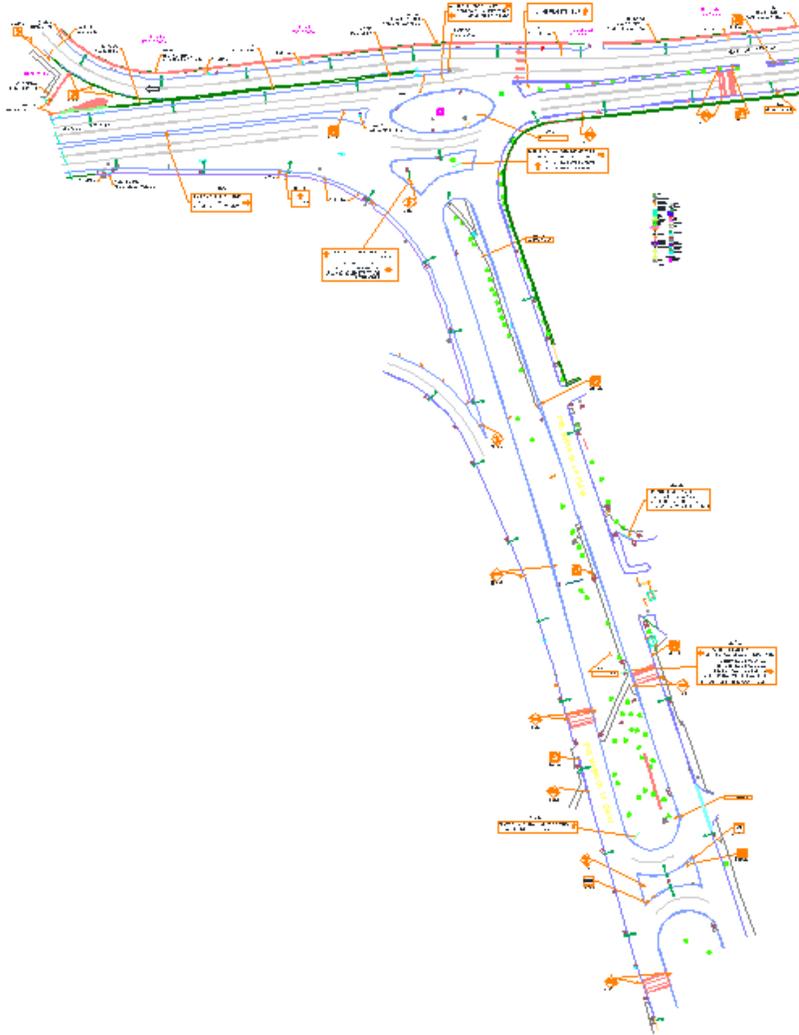
Los trabajos de campo reflejan la distribución detallada de elementos actuales que conforman los entronques, determinando sus linderos físicos precisos, distancias y áreas para localizar los componentes urbanos que los conforman. El levantamiento topográfico incluyó:

- Planimetría y altimetría.
- Ubicación de bardas colindantes, cercas, mallas, banquetas y guarniciones del perímetro señalado.
- Identificación de calles, vialidades y caminos.
- Identificación de mobiliario e instalaciones generales.
- Señalamiento vertical; postes, alumbrado público, teléfonos, semáforos, etc.
- Identificación de registros, pozos de visita y alcantarillas.
- Identificación de árboles y jardineras.

7.3. Planos de levantamiento

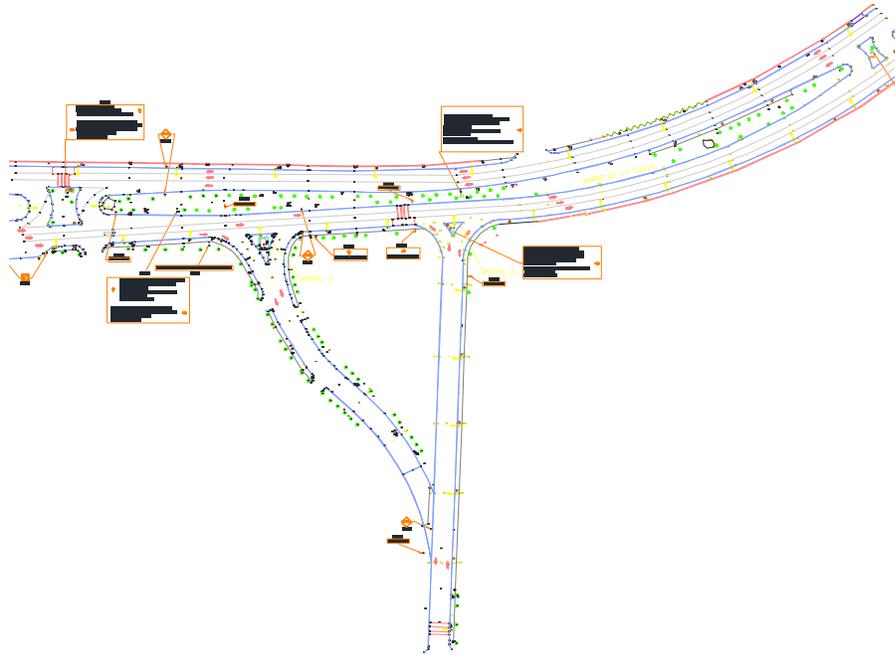
Anexos a este reporte se incluyen 4 planos que consignan en escala apropiada los elementos topográficos necesarios para el presente trabajo. El plano de análisis incluye los elementos indicados en el punto 7.2 y los reportes de análisis generados para propósitos de diseño ejecutivo:

Figura 7-2. Levantamiento topográfico del entronque 1



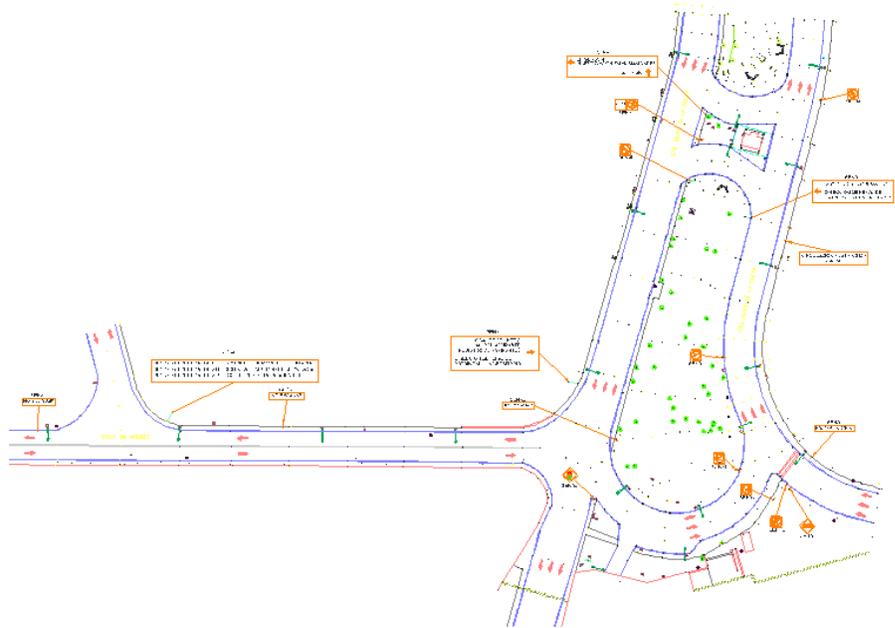
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-3. Levantamiento topográfico del entronque 2



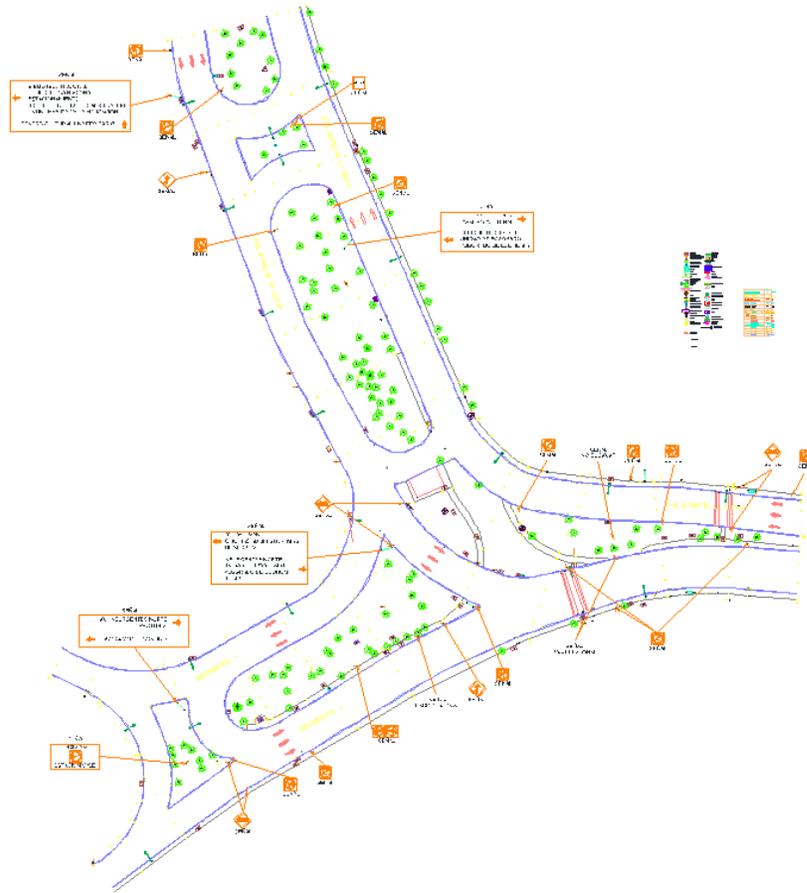
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7-4. Levantamiento topográfico del entronque 3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7-5. Levantamiento topográfico del entronque 4



Fuente: Elaboración propia.

Se anexan 4 archivos en hojas de cálculo Excel con las coordenadas de los puntos levantados que constituyen la base del trabajo topográfico.

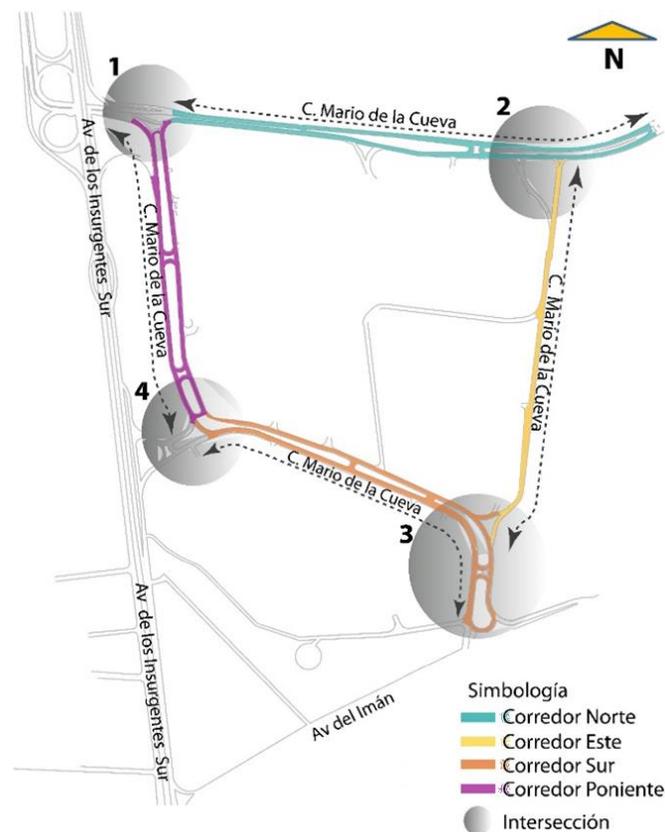
8. DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA VIAL

Con el objetivo de conocer las condiciones actuales de operación en la zona y sustentar técnicamente las modificaciones propuestas dentro del proyecto, se realizaron estudios de ingeniería de tránsito y movilidad.

Como parte de estos estudios se recogió información orientada a caracterizar la movilidad desde una perspectiva integral, considerando las condiciones físicas y operativas de la infraestructura vial definidas para el presente estudio.

La Figura 8-1 muestra los corredores y entronques definidos para el proyecto.

Figura 8-1. Corredores y entronques en estudio

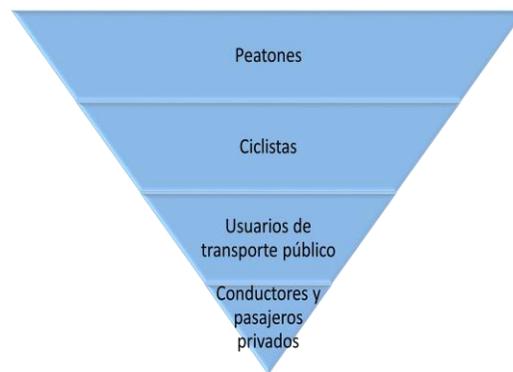


Fuente: Elaboración propia

8.1. Consideraciones generales

Es importante mencionar que los corredores y entronques del estudio se encuentran dentro de una zona escolar, condición que determina las consideraciones generales de trabajo y los criterios de diseño del proyecto en apego con las tendencias de movilidad en la ciudad y la normativa vigente.

Figura 8-2. Jerarquía de movilidad urbana



Fuente: Elaboración propia

8.2. Información de campo

Para caracterizar la vía en estudio, circuito Mario de la Cueva, y los entronques con el resto de la vialidad universitaria se realizó un acercamiento a la oferta vial física y operativa in situ.

8.3. Inventario vial

La valoración de los elementos físicos de las vialidades incluyó las siguientes actividades:

- Evaluar el impacto que la oferta actual tiene sobre la movilidad.
- Determinar las zonas que requieren atención en cuanto a mantenimiento del estado de la vía.

- Determinar y evaluar las mejoras del sistema de acuerdo con las propuestas de mejora de los elementos operativos como: señales y dimensiones de carriles y calzada para adecuar el funcionamiento del sistema con la implementación del carril bus bici.

El reconocimiento e inspección de las características físicas de los corredores del circuito incluyó los siguientes elementos:

- Sentidos de circulación
- Número de carriles
- Anchos de calzada
- Ancho de banquetas
- Paradas de transporte público
- Condiciones de estacionamiento
- Reductores de velocidad (REVOs)
- Señalamiento horizontal
- Señalamiento vertical

8.4. Inventario de condiciones viales

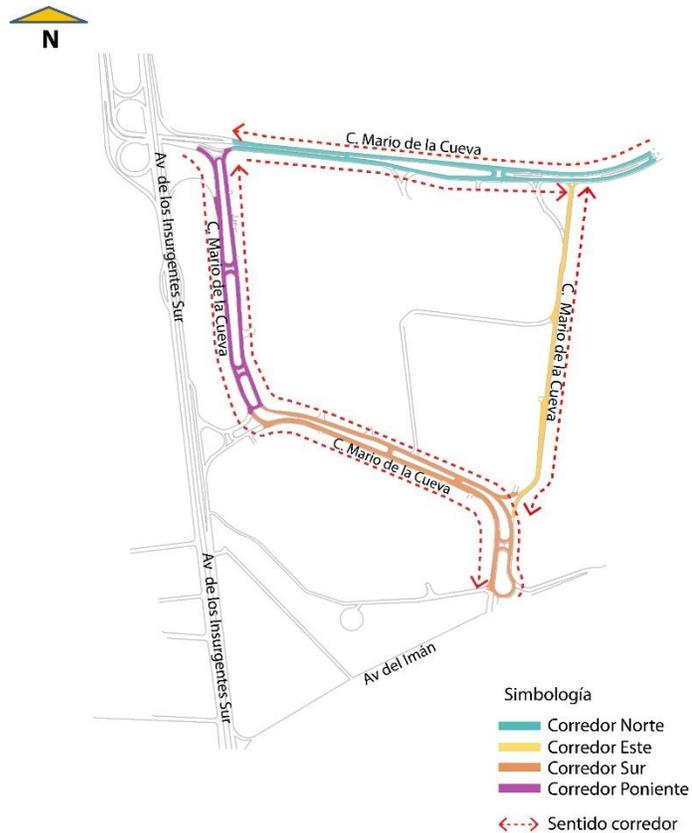
Este apartado consigna el análisis y resultados de la información registrada de los atributos cualitativos de los corredores en estudio. La información se encuentra, para su mejor entendimiento, segmentada en dos grupos: corredores y entronques.

8.4.1. Secciones transversales en corredores

Actualmente el circuito Mario de la Cueva está conformado por cuatro corredores: corredor norte, corredor sur, corredor oriente y corredor poniente, tres operan con dos

cuerpos de circulación separados por un camellón central, mientras que el corredor oriente opera con un solo cuerpo en doble sentido de circulación sin separación de flujos.

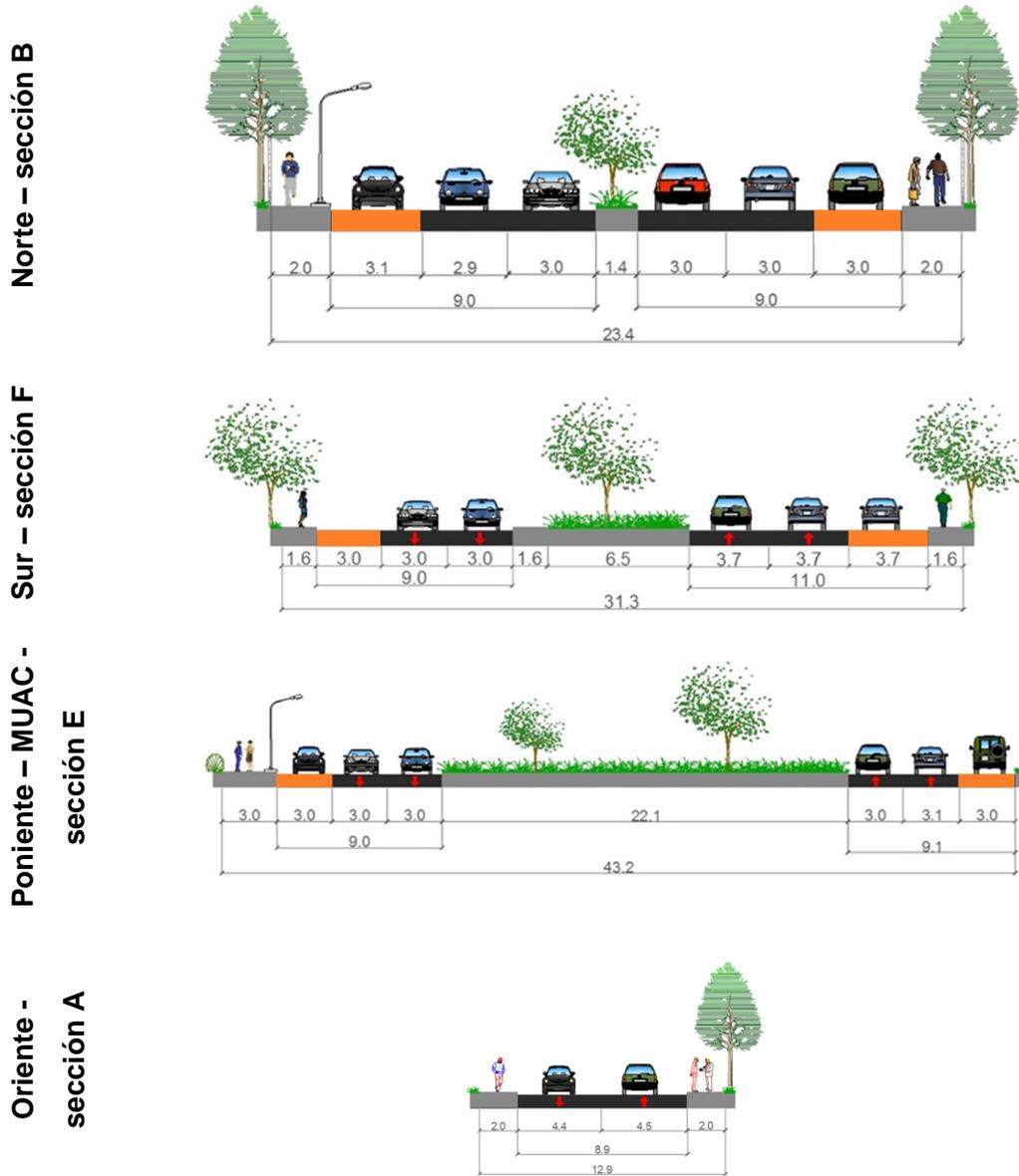
Figura 8-3. Operación en los corredores del circuito



Fuente: Elaboración propia

Las secciones transversales de los corredores son homogéneas en la mayoría de los casos. Los anchos de las calzadas son de 9.00 m, con 3 carriles de 3.00 m, a excepción del cuerpo sur, correspondiente al mismo corredor sur, este tiene un ancho mayor de calzada con un promedio de 11.00 m y 3 carriles de circulación de 3.70 m cada uno, tal como se observa en las siguientes figuras.

Figura 8-4. Secciones transversales actuales por corredor



Nota: El carril izquierdo, en rojo, se utiliza para estacionamiento permanente.

Fuente: Elaboración propia

8.4.2. Condiciones de operación

El estacionamiento en cordón en el carril derecho del arroyo vial es una característica indeseada de operación que se presenta en casi la totalidad de la longitud de los

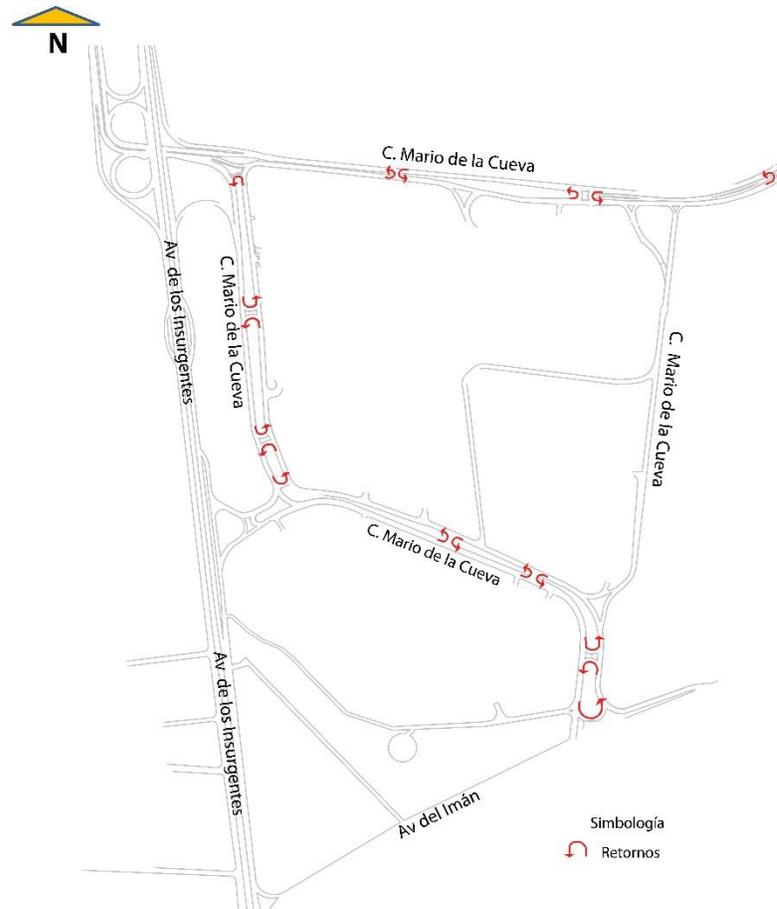
corredores sur, poniente y norte. Dicho fenómeno reduce la capacidad de circulación en un carril durante el día lo que define que las vías operan en la práctica con un carril menos de los que físicamente tienen para ofrecer. Esta característica hace que cualquier propuesta de adecuación de la infraestructura deba partir de la oferta real de vialidad para circulación y descontar el carril de estacionamiento.

El registro de velocidad consignó máximos de entre 60 y 70 kph. Estas velocidades superan el límite máximo en vías urbanas y, específicamente, el Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México 2015 estipula que debe ser de 30 kph para el caso de vialidades con un solo carril de circulación.

La propuesta de diseño requiere identificar un vehículo tipo a partir de la composición vehicular observada en los aforos. Con el vehículo se determinan las dimensiones de las vías y sus elementos de seguridad. En el presente caso, el 80 % del aforo son vehículos particulares compactos, el 10 % son taxis y el 10 % restante autobuses.

De otra parte, es preciso resaltar que la vialidad de esta zona de la CU presenta sobreoferta de giros de retorno en U sobre los camellones centrales. La proliferación de estos giros tiene dos connotaciones: en primer lugar, el incentivo del uso del auto para viajes cortos toda vez que es fácil retornar en distancias igualmente cortas, y, en segundo término, el conflicto de los flujos vehiculares en las incorporaciones de dichos retornos los cuales, unidos a los conflictos las incorporaciones de salida estacionamientos y vialidad interna del sector, incrementan el riesgo de accidentes.

Figura 8-5. Oferta actual de retornos



Fuente: Elaboración propia

8.5. Entronque 1

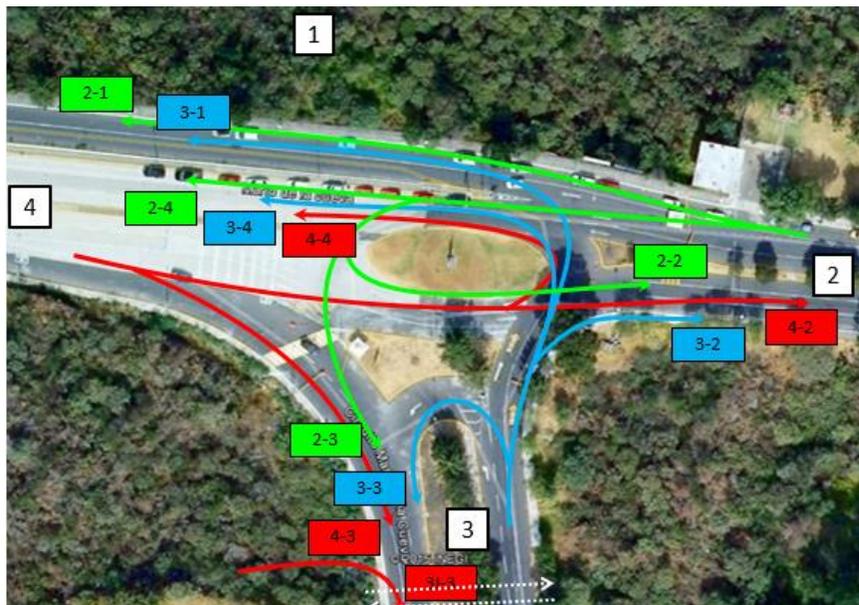
El entronque 1 está en la zona norponiente dentro del circuito Mario de la Cueva, en el cruce del corredor poniente y norte. Actualmente opera como una glorieta con 13 movimientos direccionales que generan 4 nudos de conflicto y 2 zonas de entrecruzamiento debido a los giros izquierdos permitidos.

Las velocidades registradas en algunos de los movimientos son elevadas, es el caso del movimiento de oriente a poniente (2-4), donde se registraron velocidades de hasta 70 – 80 kph, y de la misma manera en el movimiento de poniente a sur (4-3).

El señalamiento horizontal y vertical es escaso y el que existe se encuentra deteriorado lo que afecta la seguridad vial, en específico la referida a peatones y ciclistas. Esta zona debería contar con infraestructura de protección al peatón como cruces seguros, debido principalmente a los elevados volúmenes y velocidades vehiculares y la complejidad de los giros de circulación

La condición de estacionamiento prevalece en los extremos derechos de los corredores, exceptuando en el cuerpo poniente, que fluye en sentido norte sur, del mismo corredor poniente.

Figura 8-6. Configuración actual del entronque 1



Fuente: Elaboración propia

8.6. Entronque 2

El entronque 2 está ubicado en la zona suroriente del circuito, en el cruce de los corredores norte y oriente. Con una configuración en “T”, tiene 4 movimientos direccionales. Las velocidades registradas en el corredor norte, en el cuerpo de circulación con sentido de poniente a oriente (4-1) fueron de alrededor de 60 kph,

debido principalmente a la pendiente longitudinal del 6 % que existe en este tramo del corredor.

El señalamiento horizontal es escaso, y se encuentra deteriorado, lo que contribuye a disminuir la seguridad principalmente para peatones y ciclistas.

Figura 8-7. Configuración actual del entronque 2



Fuente: Elaboración propia

La condición de estacionamiento prevalece en ambos cuerpos del corredor norte, sin embargo, es más notoria al costado de la Facultad de Ciencias Políticas.

8.7. Entronque 3

El entronque 3 se encuentra en la zona suroriente del circuito, cuya conexión principal es avenida Del Imán. Está configurado en forma de “gota” por el retorno que existe antes de la salida hacia avenida Del Imán. Además, existen otros dos retornos a una distancia máxima de 130 m entre ellos, generando entrecruces por la maniobra de giro a la izquierda.

El museo Universum presenta condiciones particulares derivadas de su capacidad de atracción ya que es un atractivo para visitantes externos a la comunidad universitaria, la mayoría de estos visitantes arriban en vehículos particulares, autobuses o caminando. Con base en esto es necesario considerar la implementación de infraestructura segura y cómoda a los peatones usualmente grupos escolares de menores de edad.

Figura 8-8. Configuración actual del entronque 3



Fuente: Elaboración propia

8.8. Entronque 4

El entronque 4 en la zona surponiente del circuito es similar a un entronque en “T” donde la continuación del corredor sur conecta con la avenida Insurgentes Sur. Las velocidades máximas de 60 kph se registraron en el flujo de vehículos con dirección de poniente a oriente (4-2), provenientes de Insurgentes Sur, y que se incorporan al circuito en dirección de la avenida Del Imán en el suroriente. Esta incorporación es el principal punto de mejora identificado para este entronque junto con el mejoramiento

de las condiciones para peatones y ciclistas complementado con señalamiento vertical.

La condición de estacionamiento indiscriminado prevalece en este corredor.

Figura 8-9. Configuración actual del entronque 4



Fuente: Elaboración propia

9. CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño geométrico, junto con el diseño de los dispositivos de control de tránsito, deben corresponder mutuamente para la óptima operación del sistema en materia de seguridad y comodidad para los actores en la vía.

9.1. Diseño geométrico - dimensionamiento

Las dimensiones de las secciones transversales repercuten de manera directa en la capacidad y movilidad de la red vial. El ancho mínimo de los carriles de circulación que recomienda la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en su Manual de Vías Urbanas es de 3.20 m, bajo esta condición se obtiene libre y cómoda circulación que permite realizar todos los movimientos direccionales (frente y vueltas a izquierda o derecha). Sin embargo, en una zona de tránsito calmado es criterio del proyectista reducir el ancho de los carriles de circulación para crear un espacio de tránsito cómodo con velocidad controlada, en este sentido el nuevo reglamento de tránsito acepta carriles de 2.40 m. para velocidades de 30 kph.

9.2. Señalamiento horizontal y vertical

El señalamiento ilustra a los actores de la movilidad sobre las condiciones de funcionamiento generales y específicas de las vialidades. Las señales previenen la existencia de riesgos y su naturaleza, regulan el tránsito indicando las limitaciones físicas y prohibiciones reglamentarias, son elemento básico de guía a los usuarios.

9.2.1. Señalamiento horizontal

Es el conjunto de marcas o dispositivos que se instalan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las vialidades y denotar los elementos funcionales dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como para proporcionar información a los usuarios.

9.2.2. Señalamiento vertical

Es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos. Según su propósito, las señales son:

Preventivas: Cuando tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza.

Restrictivas: Cuando tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad.

Informativas: Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros. Estas señales están clasificadas como de identificación (SII), de destino (SID), de recomendación (SIR), de información general (SIG), de servicios (SIS) y de servicios turísticos (SIT).

Turísticas y de Servicios: Cuando tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo.

Diversas: Cuando tienen por objeto encauzar y prevenir a los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, pudiendo ser dispositivos diversos que tienen por propósito indicar la existencia de objetos dentro del derecho de vía y bifurcaciones en la carretera o vialidad urbana, delinear sus características geométricas, así como advertir sobre la existencia de curvas cerradas, entre otras funciones.

Este diagnóstico de señalización para el área de influencia del proyecto toma como documentos base la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2010, referente al Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, el Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, y el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Áreas Urbanas y Suburbanas emitido por la Secretaria de Transportes y

Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, y el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal 2015, por ser éstas reglas de obligatorio cumplimiento a nivel nacional y local.

9.3. Reglamento de tránsito del Distrito Federal

El nuevo reglamento de tránsito del Distrito Federal presentado el 17 de agosto de 2015 tiene como eje central la prevención y disminución de la accidentalidad en las calles de la ciudad, para tal efecto otorga prioridad al peatón, reconociéndolo como el principal actor de la vía, en segundo lugar, al ciclista, seguido del transporte público, el transporte de carga y, en último lugar, al automóvil particular.

Algunos de las principales características del nuevo reglamento implican:

- La disminución de velocidades en vías primarias como Insurgentes, esta cambia su límite de 70 a 50 kph como máximo.
- La incorporación de zonas de tránsito calmado (ZTC) en vialidades, colonias y circuitos designados con velocidades máximas de 30 kph.
- La incorporación de carriles compartidos con un ancho de 4.50 m, como espacio mínimo para garantizar la seguridad de ciclistas en convivencia con sistemas de transporte público.
- La velocidad para zonas escolares se mantiene en 20 kph como máximo.

El conjunto de disposiciones legales obliga a una nueva concepción cultural de la movilidad y la seguridad vial, esta nueva visión implica la adecuación de la estructura urbana a un nuevo diseño de calles y circuitos, en especial en las zonas que cuentan con gran afluencia de peatones. Dichos espacios tendrán que reconfigurar límites de velocidad, instalar dispositivos para control del tránsito y dimensionar nuevos tipos y anchos de carriles.

Con estos antecedentes la presente propuesta para dimensionamiento de carriles es congruente con el nuevo reglamento local de tránsito al proponer el confinamiento de

un carril compartido con mínimo de 4.50 m de ancho para el servicio de transporte PumaBús y el uso compartido con bicicletas.

El circuito del CCU mantiene condiciones particulares derivadas de su condición de espacio público, zona escolar y museos a la vez, por estas circunstancias se debería de reestructurar para funcionar como zona de tránsito calmado con velocidades no mayores a los 30 kph.

9.4. Determinación del ancho de carril

Las definiciones del ancho del carril bus-bici y de los carriles para tráfico mixto en zonas de tráfico calmado están en proceso de reconocimiento y consolidación normativa por las autoridades oficiales encargadas de este tipo de temas.

Actualmente la AASHTO⁹ reconoce la necesidad de contar con infraestructura vial urbana adaptada a las necesidades específicas de los territorios donde dicha vialidad presta su servicio y al tipo de función que se le asigna.

9.4.1. Carril de tráfico mixto en zona de tráfico calmado

Tradicionalmente los carriles de tránsito mixto se definían, sin mayor consideración, con un ancho mínimo de 3.6 m, 12 pies, bajo la premisa de hacerlo donde “las condiciones de alineamiento y registros de seguridad fuesen satisfactorias”. No obstante, la flexibilidad en el ancho resulta evidente cuando se trata de vías de baja categoría donde el angostamiento del carril es consistente con la baja velocidad que se espera de los automotores.

En general, los 12 pies, 3.6 m, se definen en el momento en que los automóviles de diseño responden a la opulencia de la sociedad norteamericana, amplios y lujosos en su interior, con motores de 6 y 8 cilindros que podían desarrollar altas velocidades en cortos tiempos lo que derivó en la exigencia de ancho de carril que luego no se cuestiona de ninguna manera alguna. Recientemente, la aparición del tema de la

⁹ The American Association of State Highway and Transportation Officials

seguridad vial orienta la discusión a la totalidad de los elementos actuantes en la vía y el ancho de carril entra a hacer parte de esta cuando el auto medio reduce su ancho y subsiste la producción de coches de grandes dimensiones.

En carreteras y vías urbanas de tránsito pesado el carril de mínimo 3.6 metros se requiere para la circulación de buses y camiones, lo que precisa de la intervención de la ingeniería para estratificar la demanda del espacio vial y asignar de manera diferencial el espacio de la vía.

Con algunas de estas de consideraciones se produce la flexibilización de criterios de la AASHTO y, para vías arterias de relativo alto tránsito, sugiere anchos de carril de mínimo 3 metros, 10 pies, 83 % del ancho originalmente propuesto como mínimo necesario, ancho que permite la circulación de los automotores con una visión del piloto de un efecto túnel, estrechado por la demarcación que debe ser claramente visible, que obliga reducir la velocidad en la práctica. La siguiente tabla resume la nueva versión de anchos sugeridos para la vialidad urbana y rural en relación con la función definida para cada tramo vial.

Tabla 9-1. Rangos de anchos de carril

Tipo de vía	Rural		Urbana	
	Pies	M	Pies	M
Autopista	12	3.6	12	3.6
Rampa (un carril)	12-30	3.6-9.2	12-30	3.6-9.2
Arteria	11-12	3.3-3.6	10-12	3.0-3.6
Colectora	10-12	3.0-3.6	10-12	3.0-3.6
Local	9-12	2.7-3.6	09-12	2.7-3.6

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO

En carriles de 3 m el tránsito vehicular fluye de manera cómoda y segura a 30 kph que es la velocidad recomendada de circulación vehicular en zonas escolares y de alto tráfico peatonal.

Es importante mencionar que la capacidad vial se ve reducida de manera significativa lo que implica que caben menos vehículos por hora, pero, como compensación, impulsa a los automovilistas a disfrutar del espacio universitario en otras condiciones y con otros medios de movilidad donde se incluyen el modo ciclista y el peatonal.

9.4.2. Carril bus-bici

Como se deriva de lo consignado en el numeral precedente, el concepto de carril bus-bici sigue pendiente de ser estudiado y, por tanto, la discusión para definirlo apenas comienza y no ha sido incluida de manera formal en los documentos de la entidad rectora de estos temas en los Estados Unidos. No obstante, Barcelona adoptó normativamente un ancho de 3.5 m para la circulación combinada de bicicletas y buses, pero, en la práctica, en ninguna parte de la ciudad este ancho está disponible de manera efectiva en los actuales carriles preferenciales para buses y van desde 3.2 a un mínimo de 2.4 m y a penas se inicia un trabajo de adecuación de la vialidad a la norma mencionada.

En otras latitudes se viene implementando de manera experimental el carril bus bici con anchos igualmente insuficientes a los catalanes pero que pueden llegar a funcionar por cuanto se trata de países disciplinados con los cuales hay grandes diferencias idiosincráticas con los latinos..

Figura 9-1. Ejemplo de carril compartido bus - bici



Fuente: Elaboración propia

En el medio mexicano un carril bus bici con ancho mínimo definido por el tamaño del autobús puede llegar a resultar insuficiente desde la perspectiva de la seguridad vial, toda vez que las operaciones de adelantamiento de buses o ciclistas implican el desplazamiento del otro hacia la banqueta o, peor aún, a los carriles congestionados o rápidos del tránsito mixto incrementando el riesgo de accidente.

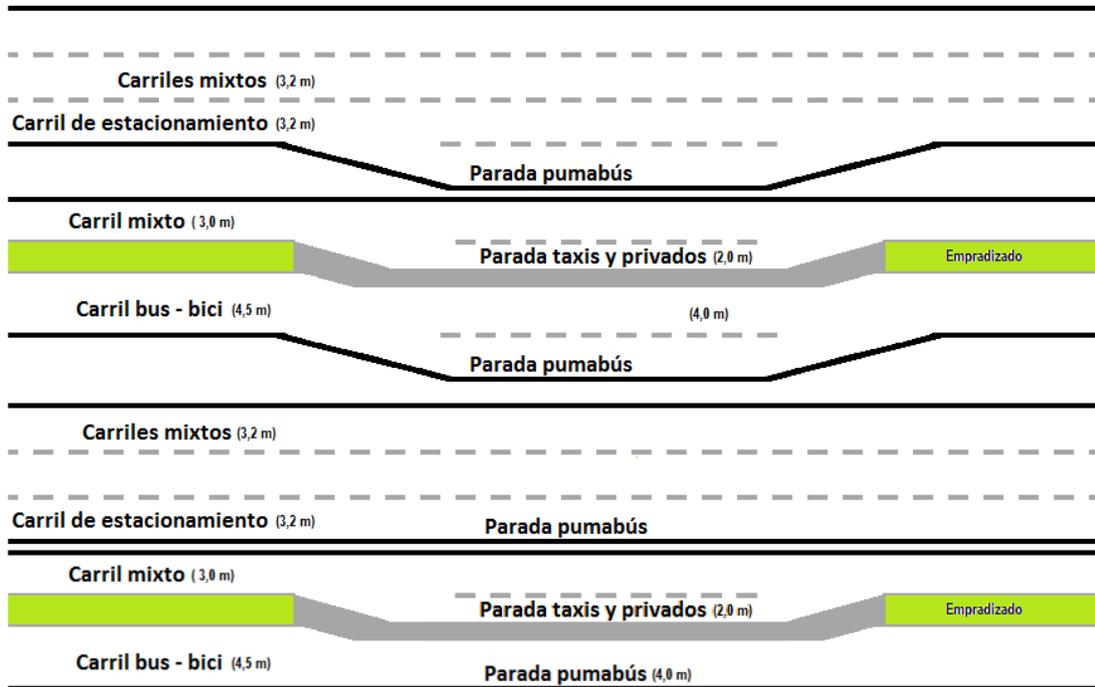
En ausencia de claros parámetros de referencia, la UNAM, como entidad de investigación, puede constituirse en piloto de observación de un carril bus bici de 4.5 metros de ancho que aseguren la operación cómoda de los autobuses al mismo tiempo que se garantiza la seguridad y fluidez del tránsito ciclista máxime si se espera que esta último se incremente de manera significativa como respuesta a las políticas de incentivo de la utilización de la bicicleta como medio de transporte integralmente sustentable.

Con el ancho sugerido para este tipo de carril, los autobuses pueden maniobrar de forma segura a derecha o izquierda ofreciendo al ciclista un espacio completamente seguro para su circulación. En términos de diseño urbano es recomendable involucrar también a los peatones, especialmente en las intersecciones donde compartirán espacio los diferentes actores de la vialidad.

9.4.3. Paradas

Para el presente proyecto, el ancho de los carriles está relacionado con la seguridad y comodidad de los diferentes usuarios. Por tal razón, dado que el carril bus bici incrementa su ancho a 4.5 m, la bahía de parada de buses cuenta, en ese ancho, con espacio suficiente para que las bicicletas puedan rebasar sin afectación por estos vehículos.

Figura 9-2. Propuesta de ascenso y descenso en bahías



Fuente: Elaboración propia

No obstante, dado que los carriles mixtos se limitan a solamente uno por sentido, es preciso facilitar las maniobras relacionadas con el abordaje de taxis y automóviles para lo cual se propone separar del flujo los vehículos que precisan estacionar temporalmente evitando afectaciones sobre la circulación del resto de automotores.

Es preciso aclarar que los ciclistas y los pasajeros de estos vehículos deberán estar debidamente informados para que las maniobras de apertura y cierre de puertas no lleguen a causar ningún tipo de accidente lo que se facilita si la separación entre la zona de parada del autobús y de los otros vehículos se dota con un andén abordador de mínimo 0.8 m.

10. PROPUESTAS

La ingeniería de tránsito propone criterios para el planteamiento de ante proyectos de este tipo, considerando la implementación de medidas flexibles.

Las medidas flexibles son aquellas que no requieren la construcción de nueva infraestructura, tienen un mínimo costo de inversión y dada su susceptibilidad a supervisión y evaluación, son reversibles o modificables, tales como:

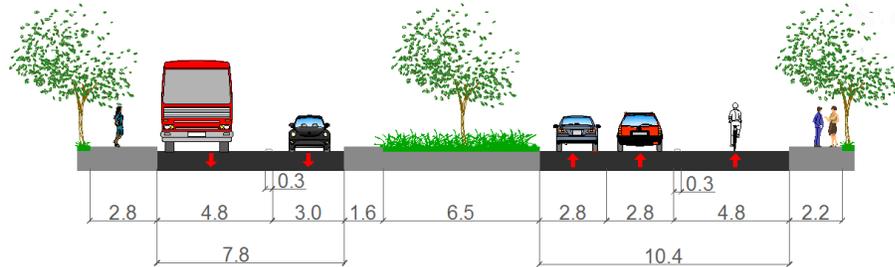
- Eliminación de zonas de estacionamiento
- Implementación de dispositivos de control de tránsito
- Cambio de sentidos en vías
- Modificaciones menores en el trazo geométrico

Una vez realizado el análisis y el diagnóstico de la operación de los 4 entronques que hacen parte de este estudio, se ha identificado que la geometría y las condiciones de operación proveen de la capacidad suficiente para atender a una demanda de tránsito de paso al interior de las instalaciones de la Universidad, por lo que se han elaborado propuestas de ordenamiento urbano con tendencia a brindar prioridad a ciclistas, transporte público y a la demanda local de conductores de vehículos privados.¹⁰

La propuesta es implementar un carril confinado con dispositivos de delimitación en su perímetro, para el uso exclusivo del transporte interno PumaBús y bicicletas, a lo largo del Circuito Mario de la Cueva. En la siguiente Figura se muestra la sección transversal propuesta.

¹⁰ Una de las deficiencias de este estudio es que dadas las restricciones para intervenir espacio público patrimonial (banquetas, por ejemplo), resultó imposible generar propuestas profundas para el mejoramiento de la circulación peatonal, salvo en los casos donde se propuso nueva señalización y mejoramiento de cruces peatonales en diversos puntos de la zona de estudio.

Figura 10-1. Sección transversal propuesta



Fuente: Elaboración propia

Tomando como base las condiciones geométricas, los volúmenes vehiculares en las zonas de los entronques y la implementación del carril confinado a lo largo del circuito, se establecen las adecuaciones que puedan conducir a una mejora a las características de los 4 entronques. Estas adecuaciones se proponen bajo el marco de medidas flexibles.

10.1. Entronque 1

La propuesta de mejora consta de medidas flexibles con el replanteamiento de la geometría para conducir a un ordenamiento urbano, optimizando los espacios y dando prioridad a los peatones, ciclistas y transporte público. En el caso de los peatones la mejora consiste en generar señalización vertical y horizontal que permita generar pasos seguros dados los altos niveles de circulación y velocidad de los vehículos particulares. Esta propuesta de intervención surge además de la necesidad de minimizar los riesgos de accidentalidad vial para ciclistas y peatones con relación al transporte privado.

Figura 10-2. Propuesta en entronque 1



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen las medidas tomadas:

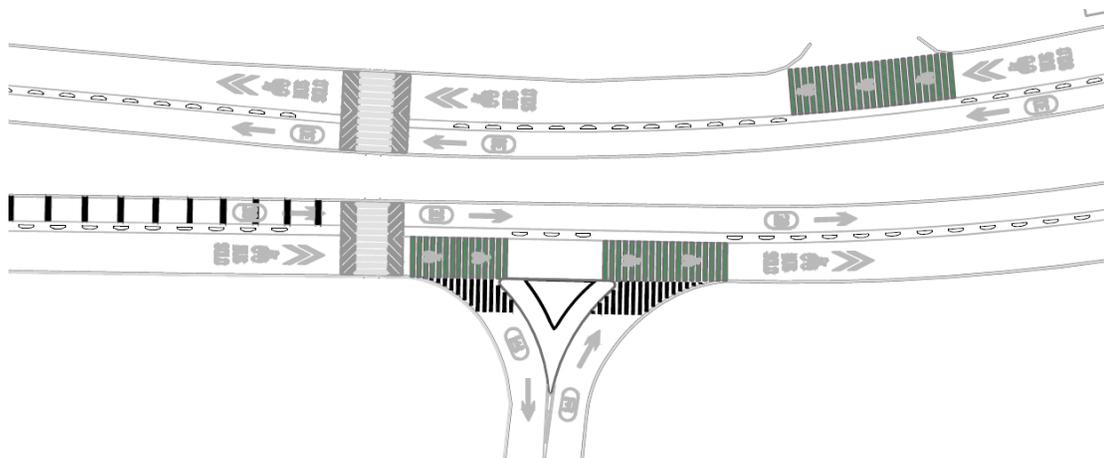
- Supresión los 2 giros izquierdos de oriente a sur y de sur a poniente, ampliado la actual isleta, con el fin de eliminar los cruces y entrecruzamientos que son nodos de conflicto, y conformar corredores que brinden un flujo continuo en ambas vías del entronque.
- Ampliación de isleta existente de la bifurcación de los flujos poniente – oriente y poniente – sur., con el fin de ordenar y encausar de una mejor manera el tránsito vehicular, en el espacio hoy libre que motiva al desarrollo de velocidades de operación mayores a los 40 kph.
- Implementación de Reductores de Velocidad (REVO's) en cada uno de los accesos para controlar la velocidad de operación de los vehículos
- Los dispositivos de control de tránsito son de vital importancia para el ordenamiento urbano, por ello para una adecuada operación de la propuesta se requiere proveer del adecuado señalamiento en el entronque, tales como

marcas en el pavimento, dispositivos (vialetas, confinamientos, bolardos, etc.) y señalamiento vertical.

10.2. Entronque 2

- La propuesta de mejora consta de medidas flexibles con un mínimo de replanteamiento en la geometría para conducir a un ordenamiento urbano, optimizando los espacios y dando prioridad a los peatones (por medio de cruces peatonales seguros), ciclistas y transporte público, mejorando las condiciones de seguridad y comodidad en las vías.

Figura 10-3. Propuesta en entronque 2



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describe a detalle las medidas tomadas:

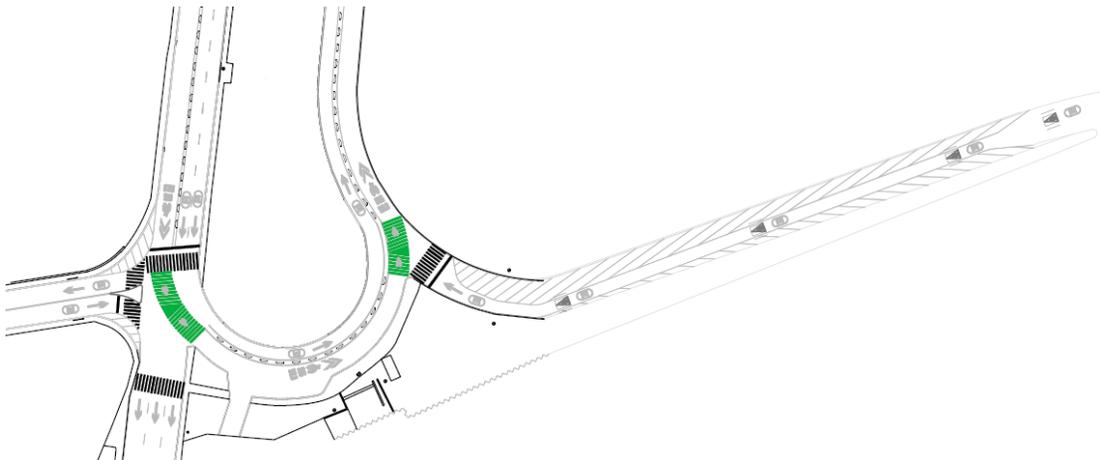
- Ampliación de isleta existente de la bifurcación de los flujos poniente – oriente y poniente – sur., con el fin de ordenar y encausar de una mejor manera el tránsito vehicular, y al mismo tiempo recuperar espacio para el peatón, brindando mayor seguridad.
- Implementación de Reductores de Velocidad (REVO's) en cada uno de los accesos para controlar la velocidad de operación de los vehículos, así como para dotar de espacios de cruce seguros a peatones y ciclistas.

- La pendiente en el cuerpo que corre de poniente a oriente del corredor norte, es de 6 %, y debido a que en esta zona se registraron velocidades por encima de los 40 kph, se realiza el planteamiento de implementar rayas con espaciamiento logarítmico con botones (vialetas), que alerten al conductor a disminuir la velocidad.

10.3. Entronque 3

La propuesta de mejora del entronque 3, al igual que los entronques 1 y 2 consta de medidas flexibles para conducir a un ordenamiento urbano, optimizando los espacios y dando prioridad a los peatones, ciclistas y transporte público, conduciendo a una mejora de las condiciones de seguridad y comodidad en las vías.

Figura 10-4. Propuesta en entronque 3



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describe a detalle las medidas tomadas:

- Construcción de una nueva isleta en la incorporación hacia avenida Insurgentes Sur, antes del entronque con avenida Del Imán, con el fin de ordenar y encausar de una mejor manera el tránsito vehicular, y al mismo tiempo recuperar espacio para el peatón.

- Implementación de Reductores de Velocidad (REVO's) en cada uno de los accesos para controlar la velocidad de operación de los vehículos, así como para dotar de espacios de cruce seguros a peatones y ciclistas.
- El acceso sur en avenida Del Imán es uno de los principales canales de ingreso del tránsito de paso hacia Ciudad Universitaria, para mitigar el impacto que causa dicha condición al interior de las instalaciones de la Universidad, y de la mano de la política de fomentar una zona de tránsito calmado con prioridad peatonal, ciclista y de transporte público, es necesario ordenar el flujo vehicular con el reforzamiento en esta zona con dispositivos de control de tránsito, como lo son demarcaciones en el pavimento, señalamiento vertical y elementos confinadores, que permita dejar muy claro el mensaje de ingreso a una zona de tránsito calmado.

Figura 10-5. Acceso en avenida Del Imán

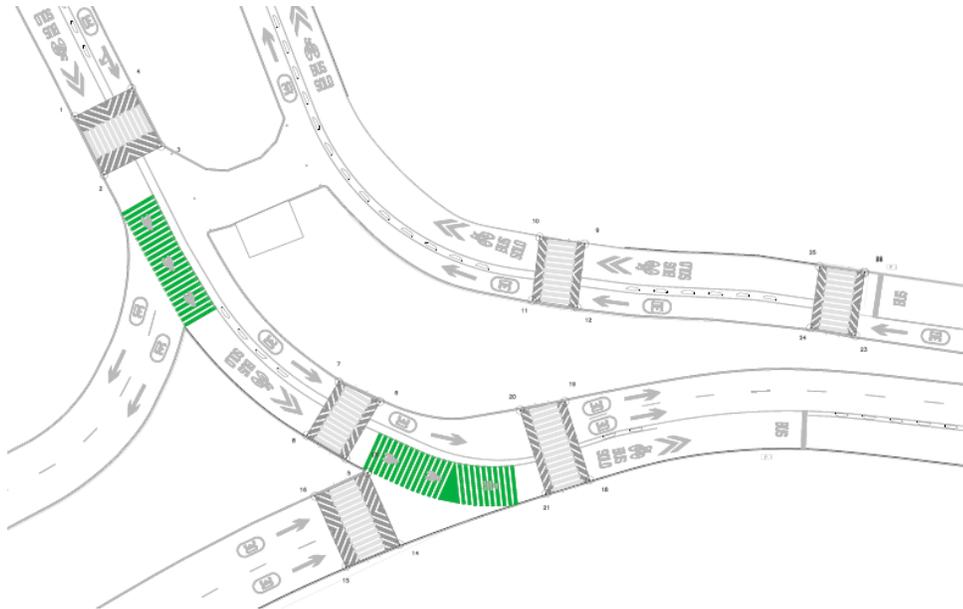


Fuente: Elaboración propia

10.4. Entronque 4

Bajo el mismo esquema de establecer un ordenamiento urbano buscando optimizar los espacios para dar prioridad a los peatones, ciclistas y transporte público, y conduciendo a una mejora de las condiciones de seguridad y comodidad en las vías, se realizó el planteamiento de la propuesta del entronque 4.

Figura 10-6. Propuesta en entronque 4



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describe a detalle las medidas tomadas:

- Implementación de reductores de velocidad (REVO's) en cada uno de los accesos para controlar la velocidad de operación de los vehículos en la incorporación y desincorporación que existen en la intersección, así como para dotar de espacios de cruce seguros a peatones y ciclistas.
- Los dispositivos de control de tránsito son de vital importancia para el ordenamiento urbano, por ello para una adecuada operación de la propuesta se requiere proveer del adecuado señalamiento en el entronque, tales como marcas en el pavimento, dispositivos (vialetas, confinamientos, bolardos, etc.) y señalamiento vertical.

11. AMPLIACIÓN DE BICIPUMA EN EL CCU

Desde su origen el sistema universitario de bicicletas públicas ha conectado la parte central del campus con las estaciones del metro universidad, el metrobús Ciudad Universitaria y la totalidad de las facultades. Sin embargo, algunas zonas como el centro cultural, la nueva unidad de posgrado y algunos institutos aún carecen de cobertura mientras que la demanda de viajes es creciente. Este hecho ha sido particularmente notorio desde la inauguración de la unidad de posgrado y la puesta en marcha de la estación del metrobús centro cultural, la operación de esta infraestructura de transporte y la apertura del nuevo recinto académico ha generado una nueva dinámica al interior de esta zona ya que los viajes cortos hacia la biblioteca, la zona de teatros, museos, metro y metrobús son cada vez más frecuentes, aún sin contar con infraestructura y conectividad ciclista .

Es así que el crecimiento propuesto del sistema de bicicletas públicas BiciPuma al interior de los circuitos del Centro Cultural Universitario es producto de las siguientes circunstancias:

- El incremento de matrícula que incluye la puesta en marcha de la unidad de posgrado.
- La necesidad de integrar entre si los sistemas que actualmente operan en esta zona; Puma – Bus, Metro y Metrobús.
- La construcción de dos nuevos edificios junto a Universum.

El sistema de bicicletas públicas BiciPuma es una pieza fundamental para integrar la totalidad de los modos de transporte y hacer más eficiente la movilidad en todo el campus. Cada viaje en bicicleta ayuda a balancear la demanda total de movilidad y en particular la de cada uno de los sistemas, generando una mejor interacción y un reparto modal más equilibrado, lo que influye en un mayor confort, menores tiempos de espera y ahorro energético en cada viaje, independientemente del modo que se utilice.

Por estas razones, se espera que tan solo el conectar la infraestructura ciclista del centro cultural con el metro y metrobús, se atraiga una gran cantidad de viajes que hasta el momento se realizan en otros modos o simplemente no se hacen. Las repercusiones de esta iniciativa son de orden económico, cultural, de salud y académico ya que se incrementará el acceso a la infraestructura cultural, de servicios y de transporte.

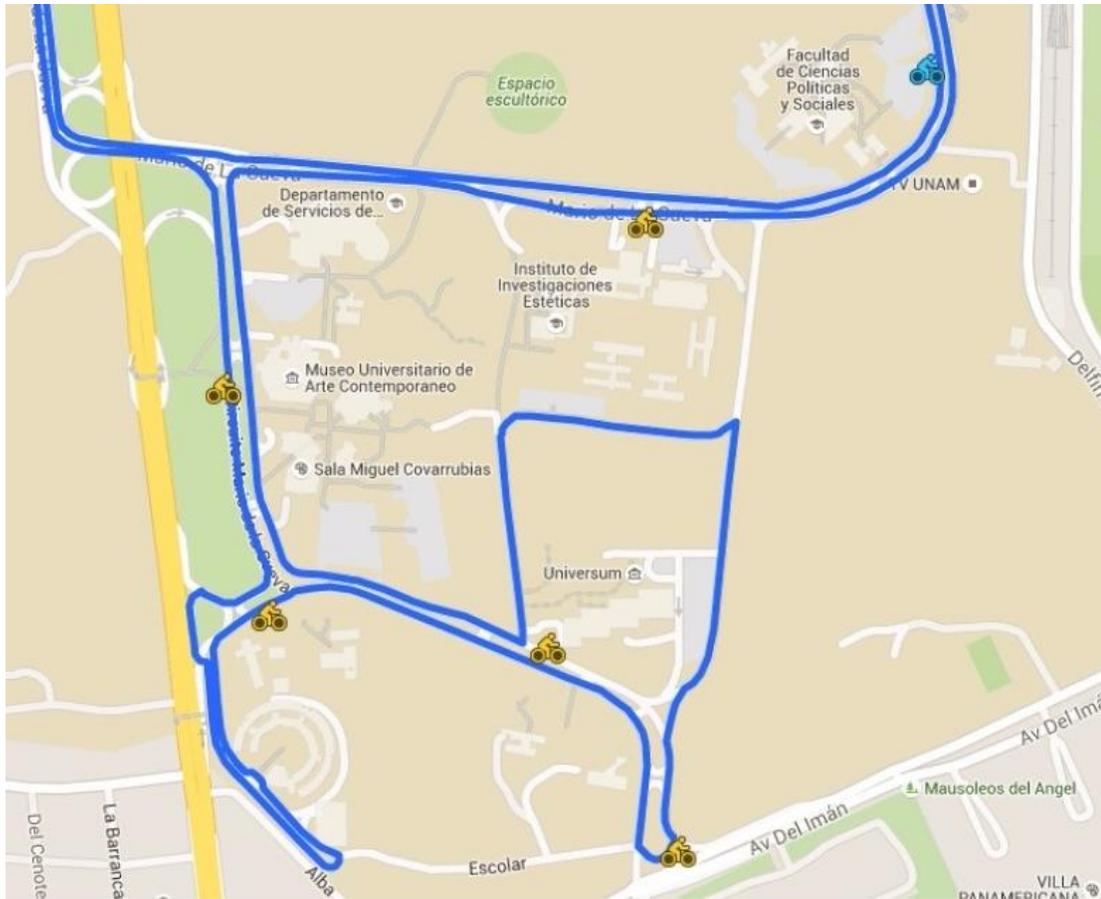
11.1. *Sembrado de cicloestaciones BiciPuma*

Tomando como base la experiencia de otras estaciones de bicicleta es muy posible que la principal demanda logre activar nuevos destinos y tramos de viaje entre estaciones del mismo sistema, además de las estaciones de metro y metrobús, por lo cual el incremento de viajes puede ser aún mayor al presentar nuevas opciones al usuario para acudir a destinos que antes no visitaba, es decir, se puede presentar un incremento, aún no cuantificado por carencia de estudios profundos, de viajes razón por la que es necesario equilibrar la distancia entre cicloestaciones.

Por esta razón se ha procedido a diseñar un sistema de sembrado de estaciones en radios promedio de 350 m entre una y otra, el total propuesto es de 5 cicloestaciones distintas, esta distancia supone el rango ideal para ofrecer una muy buena accesibilidad a la población existente ya que presenta tiempos de menos de 4 minutos de caminata para acceder a una bicicleta.

El criterio de ubicación privilegia la interconectividad entre los sistemas masivos y los principales destinos, así como la posibilidad de interactuar entre diferentes medios de transporte, por esta razón las cicloestaciones se encuentran estratégicamente ubicadas en las entradas de los principales recintos y estacionamientos, lo que posibilita el intercambio modal entre auto particular y transporte no motorizado.

Figura 11-1. Propuesta estaciones BiciPuma



Fuente: Elaboración propia

12. MICRO SIMULACIÓN

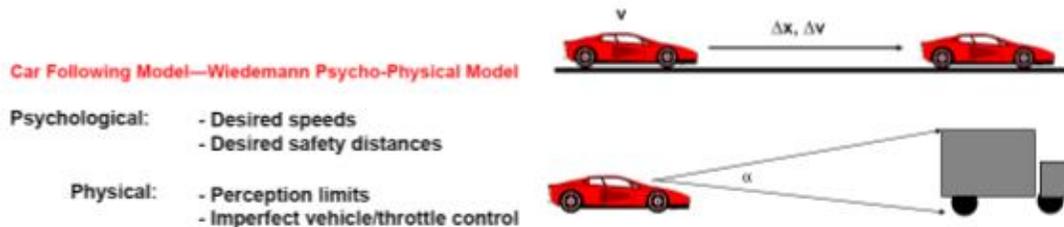
Como parte de los alcances de este proyecto, se debe hacer el análisis mediante métodos de micro simulación, mismos que se describen en líneas posteriores.

12.1. Generación del modelo de micro simulación

La micro simulación vehicular desarrollada con el software VISSIM, está fundamentada en el Modelo de Seguimiento Vehicular propuesto por el investigador Rainer Wiedemann; con este modelo, se consideran todas las variables físicas y psicológicas a las que está expuesto un conductor en diferentes tipos de vialidades.

Mediante este software es posible analizar las condiciones reales en las que operará cada uno de los vehículos, y su interacción con todos aquellos que conformen un flujo vehicular; por esta característica, los modelos de micro simulación tienen altos niveles de confianza, ya que no simplifican, ni ponderan el comportamiento vehicular.

Figura 12-1. Ejemplo de las variables del modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann

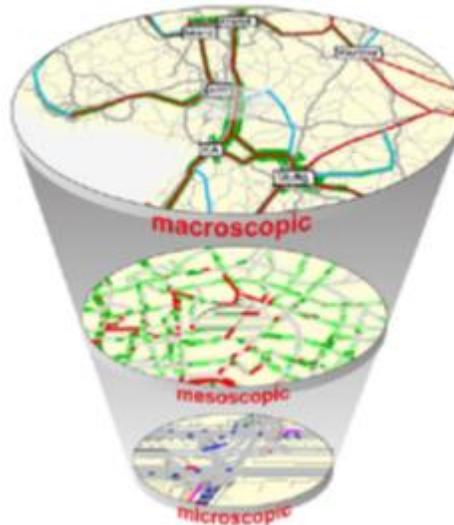


Fuente: PTV Brochure

12.2. Fundamento teórico

Los modelos de micro simulación permiten evaluar las condiciones a las que está sometido cada uno de los individuos de un flujo. Este enfoque, a diferencia de los modelos macro y mesoscópicos, permite identificar los conflictos vehiculares generados por el comportamiento vehicular de cada uno de los vehículos que conforman un flujo vehicular.

Figura 12-2. Enfoques de la modelación de transporte



Fuente: PTV Brochure

Para el presente estudio se utilizó el reconocido software de la empresa alemana PTV Vision: VISSIM; el cual, permite realizar micro simulaciones multimodales (vehículos particulares, transporte público y peatones).

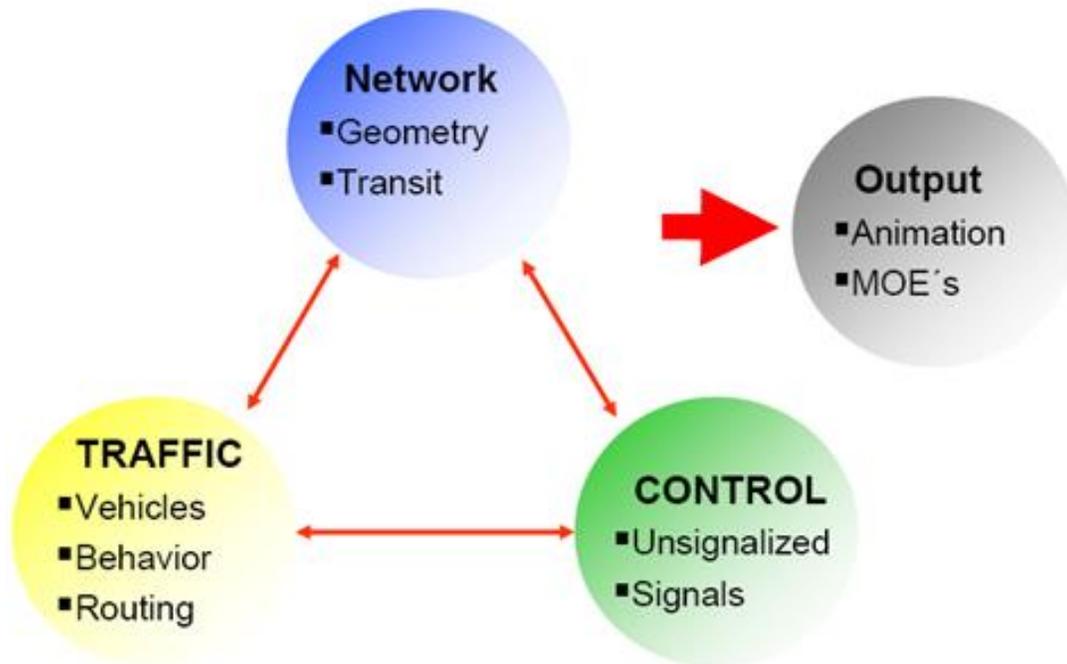
12.3. Elementos que integran el modelo de micro simulación

Con base en el modelo de micro simulación se analizará la situación actual y futura de la zona de influencia del proyecto del EFM. Mediante esta herramienta se podrá representar la oferta y demanda vial de esta zona, principalmente: geometría y trazo de las vialidades, número de carriles, ciclos de semáforo, sentidos de circulación entre otros.

A continuación se muestra el diagrama general de los elementos que integran el modelo de micro simulación en VISSIM:

- ❖ Red vial (Oferta):
- ❖ Flujos vehiculares (Demanda)
- ❖ Sistemas de control

Figura 12-3. Elementos del modelo de micro simulación



Fuente: PTV Brochure

12.4. Escenarios de simulación

El modelo de micro simulación para el presente estudio contempla dos escenarios que reflejan la operación de una malla vial con las siguientes variables:

- Escenario base (situación actual)

En la situación actual se representan los datos obtenidos tal cual en campo sin afectar el entorno por el proyecto del “PLAN DE MOVILIDAD SUSTENTABLE PARA CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO – PMSCCU”, la modelación se da con base a las circunstancias actuales observadas.

- Escenario con proyecto, año base

La malla vial para este proyecto incluirá las soluciones geométricas y operativas que se han propuesto para la implementación del PMSCCU

12.5. Insumos del modelo de micro simulación

El modelo de micro simulación requiere de varios insumos que le permiten caracterizar la oferta y la demanda en los dos escenarios, definidos previamente como “sin y con proyecto”, para finalmente hacer una comparativa de la capacidad vial y niveles de servicio. Estos elementos se enumeran a continuación:

- ❖ Trazo de la red vial a simular (oferta vial)
- ❖ Selección del periodo de modelación
- ❖ Integración de la demanda (volúmenes vehiculares)
- ❖ Controles operativos
- ❖ Calibración del modelo
- ❖ Evaluación de la situación actual
- ❖ Adecuaciones y generación del escenario con proyecto
- ❖ Evaluación de la situación con proyecto

12.5.1. Trazo de la red vial

El primer elemento que constituye un modelo de micro simulación es la definición de la red vial. El trazo de ésta se realizó con base en planos y fotografías aéreas, las cuales se ocuparon como fondo en el software de modelación VISSIM para poder crear el modelo plano o tridimensional. Este trazo se realiza mediante conectores o enlaces que representan las vialidades incluidas en la zona de influencia del proyecto.

Para poder representar de manera correcta cada una de las intersecciones, es necesario que la información previamente mencionada sea vigente para el escenario a estudiar, por ello; parte fundamental del estudio es la integridad de los estudios de campo y la similitud que el trazo tenga con la intersección.

La red vial generada para el modelo de micro simulación, contempla las principales vialidades alrededor del nuevo desarrollo. Esta red incluye todas las características físicas levantadas en los trabajos de campo previamente descritos.

12.5.2. Selección del periodo de simulación

Por la naturaleza del proyecto PMSCCU este será un ejercicio de convivencia y política pública en el cual se tiene la intención de cambiar los paradigmas del uso del espacio vial, así como el fin que cumple en estos momentos esa zona de Ciudad Universitaria, el cual se ha detectado como atajo o distribuidor vial de la zona, este último punto hace que el periodo que coincide con la Hora de Máxima Demanda de la información recopilada en campo el cual se definió entre las 08:30 y .09:30, horas.

El modelo de micro simulación se alimentó con la información obtenida en campo incluyendo los volúmenes vehiculares quince minutos antes de la Hora de Máxima Demanda y los quince minutos posteriores a la misma. Este manejo de la información permitirá ajustar a detalle las condiciones del modelo con respecto a la situación real.

El modelo, contempla dos periodos fuera de la hora de análisis, definidos como periodo de carga y descarga. En estos periodos se simularon aquellos viajes que iniciaron antes de la HMD y finalizaron después de ésta, pero que afectan las condiciones de la malla vial en el periodo de análisis.

Figura 12-4. Intervalos seleccionados para la micro simulación

Intervalo VISSIM	Intervalos Aforo		Status del Modelo
0 - 900	08:15	08:30	Periodo previo de cara
900 - 1800	08:30	08:45	HDM del sistema
1800 - 2700	08:45	09:00	
2700 - 3600	09:00	09:15	
3600 - 4500	09:15	09:30	
4500 - 5400	09:30	09:45	Periodo posterior de cara

Fuente: Elaboración propia

12.5.3. Integración de la demanda

La demanda vehicular del modelo se integra principalmente por los volúmenes, rutas y la composición vehicular.

Los volúmenes alimentadores (Vehicle Inputs) son aquellos ubicados en los extremos de la red vial. Estos volúmenes se obtienen a partir de los aforos vehiculares realizados en campo.

Cada uno de estos volúmenes alimentadores estará asociado a las composiciones vehiculares obtenidas en campo, (Traffic Compositions) para cada uno de los accesos de la red. Las clases de vehículos o (composición vehicular) que se contemplan en el presente modelo son:

- ❖ MOTORCYCLE
- ❖ BIKE
- ❖ CAR (automóviles, taxis y combis)
- ❖ BUS Foráneo
- ❖ HGV “Heavy Goods Vehicles” (camiones de carga unitarios y articulados)

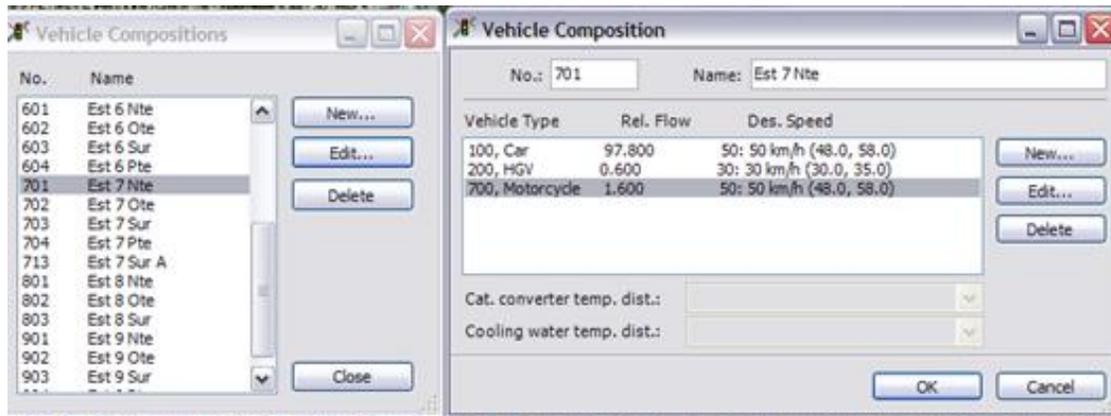
Con base en el periodo de simulación establecido, se seleccionaron los volúmenes alimentadores del modelo, y se ajustaron al formato que el software requiere para poder ser cargados al modelo y poder obtener también, la composición vehicular de cada uno de los accesos.

Tabla 12-1. Volúmenes vehiculares en el modelo de micro simulación

Intervalo VISSIM	HMD	Intersección	Total del vehiculos
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 01	5,011
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 02	3,763
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-1	6,076
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-2	6,276
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-3	7,042
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-1	7,333
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-2	2,553

Fuente: Elaboración propia

Figura 12-5. Ejemplo de la composición vehicular en el software VISSIM



Fuente: Elaboración propia

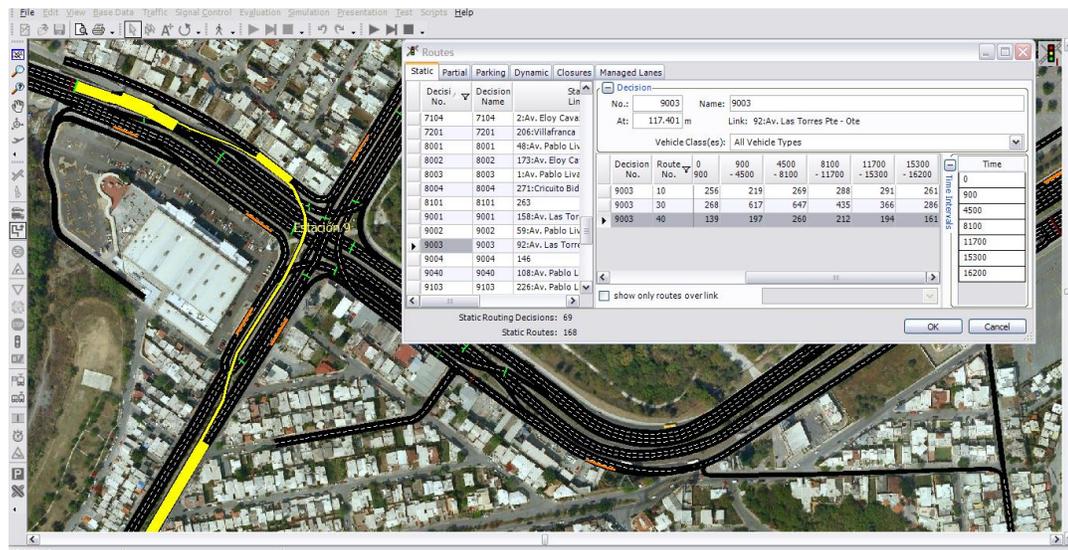
Para simular los movimientos direccionales realizados en cada intersección fue necesario, además de contar con los volúmenes y composiciones vehiculares, establecer una serie de rutas vehiculares que permitan distribuir los flujos, hacia las diferentes partes de la red, del mismo modo que ocurre en la situación real.

Para la situación con proyecto estas rutas se adecuaron a los criterios de movilidad observados en campo; así como la creación de nuevas rutas que partirían del Estadio Olímpico y conectarían con el CCU.

El número de rutas vehiculares en el modelo es equivalente al número de movimientos direccionales observados en campo para cada acceso de cada una de las intersecciones que constituyen el modelo de micro simulación; por lo tanto, si en una vialidad se generan tres movimientos por acceso, esta vialidad tendrá tres rutas por las cuales los vehículos se moverán a lo largo de la red vial.

De la misma manera que los aforos vehiculares, las rutas vehiculares en las intersecciones varían con respecto al intervalo de simulación, y por lo tanto el modelo no depende de promedios o volúmenes proporcionales estimados.

Figura 12-6. Ejemplo de ruta vehicular



Fuente: Elaboración propia

12.5.4. Características del transporte al interior de la CU (PUMABUS)

Con base en los aforos clasificados en la zona de estudio, e información documental recopilada; se introdujeron al modelo las principales rutas de PUMABUS.

Para caracterizar de manera correcta este insumo del modelo es necesario identificar los siguientes puntos.

12.5.4.1. Tipo de transporte

El fundamento inicial para representar una línea de transporte público en VISSIM, es la definición del modo de transporte para cada ruta identificada, en el polígono de estudio, se encontró solamente PUMABUS.

Imagen 1 Autobus PUMABUS



Fuente: Elaboración propia

12.5.4.2. Trazado de rutas y derroteros

Es necesario identificar las vialidades por las cuales circulan las líneas de transporte público en la zona de estudio. Para esta tarea será necesario conocer todos los puntos de viraje de cada una de las rutas, así como las conexiones o con otras líneas y la intermodalidad con otros modos de transporte.

12.5.4.3. Oferta de ruta

Para representar correctamente la operación de cada una de las rutas de transporte público, será necesario declarar, dentro del modelo de simulación, las principales variables que incrementan o disminuyen la oferta de las rutas, tales como:

- Frecuencias de paso
- Número y ubicación de estaciones por ruta
- Tiempos de parada
- Capacidad y número de unidades por ruta

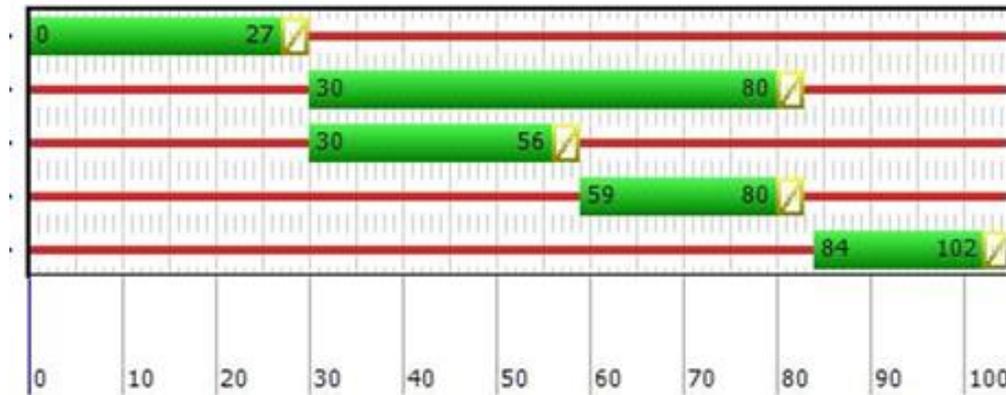
12.5.5. Controles operativos

Con la demanda y oferta definidas, el modelo de micro simulación requiere de la integración de los elementos de control que permitan distribuir de manera ordenada los viajes realizados en toda la red vial representada. Mediante estos controles operativos se establecieron las normas que los vehículos deben atender dentro de la red para conservar en todo momento un flujo vehicular ordenado. Para efectos específicos del presente estudio, se utilizaron los siguientes elementos de control:

12.5.5.1. Programación semafórica

El levantamiento de fases y tiempos de semáforos para las intersecciones que semaforizadas, permite su fiel representación en el modelo de micro simulación.

Figura 12-7. Programa de señales importado del software VISSIM



Fuente: Elaboración propia

La programación semafórica varía para cada una de las intersecciones dependiendo de diversos factores como son: jerarquización vial, volumen vehicular, entre otras. Todas estas condiciones se verán reflejadas al ubicar cada uno de estos controles sobre la malla vial.

12.5.5.2. Reglas de prioridad y zonas de conflicto

Estos elementos son utilizados en todas las incorporaciones de una vialidad a otra y en aquellas intersecciones señalizadas (operan sin un control semafórico). Mediante estos elementos se cede el paso a un flujo vehicular o peatonal que tiene un cruce con otra vialidad, así como en las reducciones de carriles y vueltas permitidas.

12.5.5.3. Zonas de reducción de velocidad

Esta herramienta permite simular aquellas zonas de la malla vial, donde, por la configuración geométrica, la presencia de señalamiento preventivo ó reductores de velocidad (topes y/ó pompeyanos, presencia de peatones, etc.), los vehículos reducen su velocidad de manera considerable, sin que este comportamiento tenga que ver con un semáforo o la congestión debida a altos volúmenes vehiculares en vialidades con capacidad moderada.

12.5.6. Calibración del modelo

Cuando se tienen cargados todos los elementos del modelo de micro simulación, inicia el proceso de calibración del modelo. Mediante este proceso se ajustan los parámetros del modelo de seguimiento vehicular con respecto a las condiciones observadas en campo para obtener resultados cercanos a la realidad.

La calibración del modelo se realiza mediante la comparación de las colas vehiculares observadas en campo, con respecto a las colas vehiculares presentadas en el modelo de micro simulación.

Para fines de la calibración es muy importante conservar un levantamiento de colas que muestren la operación de las intersecciones a simular en el periodo de máxima demanda.

Esta calibración solamente ajusta los parámetros en los que se basa el modelo de micro simulación, por lo tanto, este proceso no modifica o altera las características de la oferta y la demanda del modelo.

Para conocer el estado del modelo, este se debe correr varias veces y modificar los parámetros de la simulación con base en los resultados observados en cada una de estas corridas.

El proceso iterativo finaliza cuando las colas vehiculares en campo sean muy similares a las colas obtenidas en el modelo de micro simulación. Cuando el modelo de micro simulación llega a dicho estado, se puede iniciar el proceso de evaluación de escenarios.

12.5.7. Representación gráfica del modelo de simulación

Como resultado del modelo de micro simulación calibrado, se pueden obtener diferentes productos, como pueden ser: indicadores de efectividad y desempeño, datos estadísticos y/o Animaciones en 2D y 3D.

Para efectos de este proyecto, además de obtener indicadores de desempeño, se realizará un video que representa de manera detallada, la operación de las vías principales en el polígono de análisis para el escenario de la situación actual.

De igual modo que la calibración del modelo; la generación del video de animación, representa un esfuerzo importante, debido a la complejidad y nivel de detalle para generar la correcta ambientación, a continuación se muestra una imagen del modelo.

Figura 12-8. Representación en el modelo.



Fuente: Elaboración propia

13. EVALUACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL

Una vez que el modelo ha sido cargado con todos los insumos de oferta y demanda vial, los controles operativos y los elementos característicos de transporte de pasajeros, además de llegar al término del proceso de calibración; el modelo de micro simulación está en condiciones de ser evaluado para identificar los indicadores de desempeño en los puntos críticos de la malla vial.

13.1.1.1. Nivel de servicio

De acuerdo con el HCM el nivel de servicio en una intersección con semáforos (flujo discontinuo) es una medida cuantitativa, que se define a través de las demoras ocasionadas a los usuarios, que de forma directa reflejan cómo éste percibe la calidad de la infraestructura vial por la que circula. Específicamente el nivel de servicio se expresa en términos de demora media por vehículo debida a las detenciones para un periodo de análisis de máxima demanda.

El nivel de servicio se representa con las letras de la "A" a la "F", siendo "A" el mejor nivel de servicio y se refiere a un flujo de circulación excelente, sin congestionamiento ni demoras, mientras que la letra "F" indica el peor nivel de servicio y se refiere a un flujo de circulación forzado a baja velocidad, ocasionando colas y congestionamientos vehiculares. Para una mayor comprensión de los niveles de servicio, en la tabla siguiente se muestra una descripción detallada para cada uno de los intervalos propuestos por el HCM.

Tabla 13-1. Nivel de Servicio

Nivel de servicio	Demora por control (seg/veh)	Características
A	≤ 10	Operación con demoras muy bajas. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase de verde y no se detienen del todo
B	10 - 20	Algunos vehículos comienzan a detenerse
C	20 - 35	La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos no alcanzan a atender la demanda existente
D	35 - 55	Muchos vehículos se detienen, se eleva la cantidad de ciclos que no atienden la demanda existente
E	55 – 80	Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones muy pobres, ciclos muy largos y relaciones v/c muy altas
F	> 80	Los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestión y operación saturada.

Fuente: Elaboración propia con base en HCM

13.1.1.2. Hora de Máxima Demanda

La herramienta VISSIM, permitirá obtener los indicadores de desempeño para el periodo más crítico, definido por los aforos vehiculares y demás información primaria obtenida en campo. Para el presente estudio se definió como periodo crítico a evaluar, la HMD vehicular (Hora de Máxima Demanda) de todo el sistema vial dentro de la zona de influencia del proyecto.

LA HMD en la zona del centro cultural universitario, considerando las condiciones actuales de la malla vial, se presentó de 08:30 a 09:30 horas, donde los volúmenes vehiculares circulando en las vialidades principales se aproximan a los 38,000 vehículos mixtos.

En este periodo horario se realizó la evaluación y obtención de indicadores para describir el comportamiento de la situación actual en dicho periodo.

Tabla 13-2. Evaluación de los niveles de servicio por intersección

Intervalo VISSIM	HMD	Intersección	Vehiculos	Demora / Segundos	Nivel de servicio
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 01	2,508	9.37	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 02	1,882	1.68	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-1	3,039	11.60	B
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-2	3,139	1.82	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-3	3,522	4.62	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-1	3,667	7.77	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-2	1,278	5.71	A

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la **Error! Reference source not found.** actualmente la zona del sur de Ciudad Universitaria, opera en condiciones muy favorables, ya que la mayor demora apenas rebasa los 10 segundos, lo que nos arroja un nivel de servicio B para esta, predominando el nivel de servicio A en toda la zona.

14. EVALUACIÓN DE SITUACIÓN CON PROYECTO.

Con base en las adecuaciones propuestas durante la elaboración del proyecto de la zona de cultural de Ciudad Universitaria, se realizó la evaluación de todo el proyecto con estos cambios en la operación, cabe mencionar que es aquí donde se llegan a dar algunos cambios drásticos en los niveles de servicio. A continuación se muestra la tabla que resulto del modelo de microsimulación.

Tabla 14-1. Nivel de servicio con Proyecto.

Intervalo VISSIM	HMD	Intersección	Vehiculos	Demora / Segundos	Nivel de servicio
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 01	2,918	10.25	B
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 02	1,965	2.92	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-1	1,353	95.04	F
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-2	2,652	28.05	C
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 03-3	2,651	16.52	B
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-1	1,773	2.77	A
900 - 4500	08:30 - 09:30	EST 04-2	1,623	14.56	B

Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados arrojados por el modelo de simulación se aprecia un incremento en las demoras en las intersecciones evaluadas, dándose un incremento exponencial en la intersección 3 la cual representa la entrada de Avenida del Imán dónde se proponen cambios geométricos, especialmente la eliminación de un carril de tráfico mixto, con la intención de desincentivar el uso de Ciudad Universitaria como atajo para los viajes que no tienen destinos al interior del recinto universitario. Por lo demás, se aprecia un leve incremento en los niveles de servicio, quedando en niveles aceptables.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La operación actual del sistema en el circuito Mario de la Cueva deja expuesta la condición de que existen volúmenes considerables de vehículos que son tránsito de paso realizando el trayecto de ingreso desde el sur en el acceso de avenida Del Imán hacia el norte en la salida hacia avenida Insurgentes. Aunado a los volúmenes del tránsito de paso, las características geométricas de los 4 corredores que conforman el circuito están definidas con anchos de carriles lo suficientemente amplios para desarrollar velocidades de hasta 60 – 70 kph, además de que no existen las demarcaciones requeridas, los dispositivos de control, ni el señalamiento vertical suficiente para prevenir, informar o restringir a los conductores de las diversas condiciones en el circuito.

Con la visión de dotar a esta zona de Ciudad Universitaria hacia un acceso universal, y en apego a la normativa vigente, la propuesta es la reconfiguración en la distribución de la sección transversal del circuito, implementando un carril confinado para transporte público y ciclistas, lo que implica un reordenamiento urbano tanto en los corredores que conforman el circuito como en los entronques considerados. Las implementaciones contemplan medidas flexibles, como adecuaciones menores geométricas, marcas sobre el pavimento, dispositivos de control de tránsito (hitos, bolardos, vialetas, confibuses, etc) y señalamiento vertical.

Es importante mencionar, en primera instancia, que en un proyecto pionero como el que aquí se trata muchas de las decisiones que se toman son esencialmente de carácter político donde los técnicos juegan un papel de validadores y de acotadores de los alcances de las propuestas iniciales. De esta forma se ha enfrentado en esta oportunidad la implementación del carril bus – bici en inmediaciones del centro cultural de la UNAM y se han definido algunas premisas para su correcta operación y funcionamiento.

15.1. Conclusiones

Es imprescindible aceptar que el proyecto propuesto:

- No se desarrolla a profundidad la movilidad peatonal dados los impedimentos normativos de la Ciudad Universitaria para intervenir sobre el espacio público, específicamente sobre las banquetas.
- Reconoce la prevalencia ciclista sobre el tránsito de los vehículos motorizados.
- En segundo término reconoce la importancia del transporte colectivo, en este caso el sistema PumaBús, sobre el transporte automotor de carácter individual sea este privado o público.
- De igual manera instituye la necesidad de la convivencia de dos modos de transporte tradicionalmente localizados en diferentes extremos del espectro de la vulnerabilidad: la bicicleta y el autobús.
- Se limita la utilización de la vialidad del campus académico a los vehículos de paso, ajenos a la actividad universitaria, al tiempo que se invita a los propios a emplear el sistema colectivo y la bicicleta en el espacio delimitado por el presente proyecto.
- La velocidad de 30 kph para los automovilistas se adopta principalmente como régimen de seguridad vial y como estímulo a estos usuarios para modificar sus regímenes de desplazamiento dentro de la Universidad. Se intenta consolidar así a Ciudad Universitaria como una Zona de Tránsito Calmado.
- Con el mismo propósito derivado de la velocidad se determinó el ancho de 2.8 m del carril para circulación de automóviles. En este ancho pueden circular camiones de porte medio con los radios de giro con los que cuenta la infraestructura vial en esta parte del territorio universitario.
- Se promueve la intermodalidad al interior de la zona de estudio, buscando que los usuarios combinen medios de transporte para acceder a sus lugares de destino.

15.2. Recomendaciones

La complementación y operación de este proyecto requiere de:

- Estandarizar el ancho de calzadas en la periferia y dentro del área que definen los cuatro entronques que se diseñan en el presente trabajo.
- Impedir a ultranza la invasión espontánea de la calzada bus-bici, aún en casos de accidente o varada dentro de la malla vial. La Universidad deberá contar permanentemente con inspectores ciclistas¹¹ que hagan las veces de agentes de tránsito y garanticen que el uso del carril bus-bici por parte de los privados solamente se dará bajo control riguroso, priorizando el paso del puma-bus y la bicicleta.
- Restringir al mínimo las paradas de los vehículos particulares para recoger o dejar pasajeros. Esto se realizaría en las bahías que existen actualmente a lo largo del circuito.
- Institucionalizar programas de capacitación a automovilistas, conductores de bus, ciclistas y peatones para entender y garantizar las necesidades de convivencia de los diferentes modos de transporte.
- Analizar y proponer estrategias de ampliación e intervención de banquetas en la zona del CCU.
- Realizar un plan de movilidad para Ciudad Universitaria. Esto permitiría contar con información actualizada y precisa sobre temas sensibles como la distribución modal, el estacionamiento, el crecimiento del uso de la bicicleta, los orígenes y destinos, el ingreso de vehículos que utilizan CU como distribuidor vial y el comportamiento horario de la demanda.

¹¹ La cotidianidad de la operación del proyecto podrá exigir la motorización de este personal para la atención pronta de incidentes y accidentes, no obstante, se deberá preferir la utilización de la bicicleta como principio conceptual del proyecto.