

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**TESINA**  
**PROPUESTA DE PLAN MAESTRO DE INFRAESTRUCTURA**  
**CICLISTA PARA EL CAMPUS DE CIUDAD UNIVERSITARIA.**  
COMO REPORTE DE SERVICIO SOCIAL DEL PROGRAMA:  
"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VIALIDADES DE CIUDAD  
UNIVERSITARIA".

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**GABRIEL HERNÁNDEZ VALDIVIA**

NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL PROGRAMA:  
**MTRO. GUILLERMO HOYOS PADILLA**

2013



## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM a través del Ing. Mario Ugalde Salas, al Mtro. Guillermo Hoyos Padilla y al Arq. Antonio Juárez Cerdi por haberme dado la oportunidad de participar en el programa. Al Arq. Jesús Sánchez, a Erik Cisneros a la Lic. Mariana Orozco y a todo el equipo del ITDP por el apoyo recibido y en especial a la Mtra. Miriam Téllez Ballesteros por sus conocimientos, su orientación y asesoría. Al programa Bicipuma y a los grupos y sociedades civiles como Bicitekas que a través de Arely Carreón, Biciunámonos a través del Dr. Sergio Mendoza, Mtro. Gunnar Wolf y del Ing. Mario Mira y a Seguridad Vial A.C. a través de Francisco de Anda, quienes apoyaron a que el proyecto tomara el buen camino y agradezco también a todos mis profesores, administrativos, investigadores y colegas de la UNAM en especial al Ingeniero Carlos Chávarri Maldonado que en paz descanse, por todo su apoyo como tutor y buen amigo, a la Universidad Técnica de Múnich por los conocimientos adquiridos y a la Unión Europea por su apoyo con el programa Erasmus Mundus que me permitió ampliar mi panorama, criterio, expectativas y mi compromiso con la sociedad.

Una persona es capaz de hacer, gracias a quienes lo rodean, cada amigo y cada familiar hizo un aporte sustancial a través de su apoyo en cualquier fase de mi vida, gracias a todos.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/007/13

Señor  
GABRIEL HERNÁNDEZ VALDIVIA  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento que las actividades que usted propuso para que sean desarrolladas como tesina, conforme a la opción IX. "Titulación por servicio social" para obtener su título de INGENIERO CIVIL han sido aprobadas por este Comité.

**"PROPUESTA DE PLAN MAESTRO DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA PARA EL CAMPUS DE CIUDAD UNIVERSITARIA"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ANTECEDENTES
- III. DIAGNÓSTICO
- IV. PROPUESTA
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesina el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 08 de Febrero del 2013.  
EL PRESIDENTE

  
M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JTS/MTH\*gar.

## NDICE:

I.	Introducción	1
II.	Planteamiento del problema.	3
III.	Justificación	4
IV.	Marco teórico.	8
	a.    Conceptos Generales	9
	b.    Modelos de análisis de transporte.	9
	i.    Modelos de Generación de viajes.	10
	ii.   Modelos de distribución geográfica de viajes.	11
	iii.  Asignación de viajes a la red vial.	12
	c.    Red vial urbana	14
	d.    Vehículo de proyecto.	18
	e.    Velocidad de proyecto.	20
	f.    Secciones transversales.	22
	g.    Perfil vertical.	25
V.	Objetivo General.	26
VI.	Objetivos particulares.	26
VII.	Hipótesis.	27
VIII.	Metodología.	28
1.	Antecedentes:	31
	a.    Reseña histórica de la Bicicleta.	31
	b.    Estado del arte de proyectos de infraestructura ciclista.	34
	Bogotá, Colombia.	36
	Múnich, Alemania.	38
	Ciudad de México, México.	41
	c.    Evolución del campus de Ciudad Universitaria.	43
	d.    Antecedentes de movilidad dentro del campus.	47

A pie	47
Bicicleta	49
Transporte Público	52
Automóvil	56
Taxi	61
2. Diagnóstico:	63
a. Delimitación del área de estudio.	63
b. Zonificación	65
c. Climatología.	68
d. Topografía.	70
e. Usos de suelo.	71
f. Horarios.	72
g. Dependencias involucradas.	73
h. Estructura demográfica.	75
i. Sensibilidad de población objetivo.	77
j. Análisis de movilidad.	79
1. Distribución espacial de la población.	80
2. Distribución de accesos al campus.	82
3. Comportamiento horario de la demanda.	87
4. Definición de líneas de deseo.	88
5. Velocidades y aforos vehiculares	93
6. Diagnóstico de uso de la bicicleta en del campus.	98
3. Propuesta:	105
a. Ubicación de estaciones de préstamo de bicicletas.	106
b. Disposición de Infraestructura ciclista.	109
c. Definición de programa de implementación.	120

4. Conclusiones	127
Bibliografía	130

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Ejemplo de división en ZAT	9
Figura 2: Representación esquemática de una red vial urbana	9
Figura 3: Representación esquemática de una red vial urbana	10
Figura 4: Representación gráfica del modelo de distribución geográfica de viajes	11
Figura 5: Distribución según la función y tipo de las vialidades en una urbanización	15
Figura 6: Dimensiones y radio de giro de una bicicleta de montaña	20
Figura 7: Espacio necesario para banquetas	22
Figura 8: Espacio necesario para vías para bicicleta	23
Figura 9: Evolución de la Bicicleta	32
Figura 10: Mapa de Ciclo rutas en Bogotá, Colombia	37
Figura 11: Red de ciclovías en la ciudad de Múnich, Alemania	40
Figura 12: Ciclovías en la ciudad de México	42
Figura 13: Crecimiento de la mancha urbana de la ZMVM	43
Figura 14: Evolución del campus de Ciudad Universitaria 1952 - 1995	45
Figura 15: Evolución del campus de Ciudad Universitaria 1952 - 1995	46
Figura 16: Evolución de la infraestructura ciclista en la Ciudad Universitaria	51
Figura 17: "Ciclo pista - mapa de rutas"	52
Figura 18: Plano de rutas de Pumabús	56
Figura 19: Clasificación de vialidades en C.U	59
Figura 20: Intersecciones viales dentro del campus	60
Figura 21: Ubicación del Campus Ciudad Universitaria en la Ciudad de México	63
Figura 22: Zonas del campus	66
Figura 23: Zonas de Análisis de Transporte para el Campus	67
Figura 24: Curvas de nivel en la Ciudad Universitaria	70
Figura 25: Usos de suelo en la Ciudad Universitaria	71
Figura 26: Distribución Espacial de la población	81



Figura 27: Accesos al campus de Ciudad Universitaria	83
Figura 28: Concurrencia de los accesos	86
Figura 29: Distribución gráfica de la demanda desde el acceso de la estación de metro Universidad	90
Figura 30: Distribución gráfica de la demanda desde los accesos en la Av. Insurgentes Sur	91
Figura 31: Distribución gráfica de la demanda desde los accesos del noroeste del campus	92
Figura 32: Recorridos vehiculares y mediciones de velocidades	94
Figura 33: Intersección del Circuito Mario de la Cueva y el Centro Cultural	96
Figura 34: Funcionamiento de estación de bicicletas	100
Figura 35: Vías disponibles antes de las implementaciones para bicicleta	101
Figura 36: Infraestructura ciclista implementada hasta el año 2012	102
Figura 37: Variables del espacio urbano relevantes para el diseño de infraestructura ciclista.	106
Figura 38: Ubicación de estaciones de PRT	107
Figura 39: Distribución de estaciones propuesta	108
Figura 40: Espacio necesario para vías para bicicleta. Adaptado de CROW 2007 y Bush 2011	111
Figura 41: Medidas en implementación de vialidad compartida	116
Figura 42: Propuesta de infraestructura ciclista para el campus de ciudad Universitaria	119
Figura 43: Primera etapa de adecuaciones de infraestructura ciclista.	121
Figura 44: Segunda etapa de ampliaciones hacia accesos clave.	122
Figura 45: Tercera etapa de ampliación hacia el Centro Cultural Universitario	123
Figura 46: Tercera etapa de ampliación hacia el Centro Cultural Universitario	124
Figura 47: Quinta etapa de ampliación hacia el CCH, Veterinaria e implementaciones en circuitos restantes	125

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS:

Fotografía 1: Boceto de bicicleta del "Codez Atlanticus" de Leonardo da Vinci	31
Fotografía 2: Bicicleta plegable y bicicleta con Copenhagen Wheel	33
Fotografía 3: Movilidad en Bicicleta en Copenhage	34
Fotografía 4: Movilidad en Bicicleta en Bogotá, Colombia	36
Fotografía 5: Ciclovía común en Múnich, Alemania	38
Fotografía 6: Paseo ciclista en la ciudad de México.	41
Fotografía 7: Vista aérea de Ciudad Universitaria en 1954	44
Fotografía 8: Ejemplo de intersección en el campus	47
Fotografía 9: Implementación de ciclovía sobre paso peatonal	48
Fotografía 10: Acceso Copilco antes y después de adecuaciones en 2012	48
Fotografía 11: Sistema de Bicicleta Pública "Bicipuma"	49
Fotografía 12: Servicio expreso de Transporte C.U. - Taxqueña - Zócalo.	53
Fotografía 13: Servicio de autobuses Pumita	53
Fotografía 14: Pumabús Mercedes Benz Céfiro	54
Fotografía 15: Estacionamiento del Estadio Olímpico en la década de 1950	56
Fotografía 16: Circulación automotriz en el 2006	57
Fotografía 17: Bahía para Taxis en Metro C.U	61
Fotografía 18: Estación de Sistema de Bicicletas Públicas "Bicipuma"	99
Fotografía 19: Señalamiento de Infraestructura ciclista segregada	103
Fotografía 20: Cruce de ciclovía con automóviles	103
Fotografía 21: Ejemplo de Ciclocarril	110
Fotografía 22: Ejemplo de ciclovía	111
Fotografía 23: Ejemplo de Ciclovía	112
Fotografía 24: Ejemplo de infraestructura ciclista de trazo independiente	113
Fotografía 25: Ejemplo de Carril Bus-Bici	114
Fotografía 26: Ejemplo de vialidad compartida	115

## ÍNDICE DE GRÁFICAS:

Gráfica 1: Tendencias de Motorización en México en 2011.	4
Gráfica 2: Reparto modal en la Ciudad de México	5
Gráfica 3: Comparación entre el reparto modal y la distribución del presupuesto federal al transporte urbano.	6
Gráfica 4: Comparación entre el reparto modal y la distribución del presupuesto federal al transporte urbano	6
Gráfica 5: Velocidades de acuerdo a la distancia recorrida sobre la pendiente	21
Gráfica 6: Reparto Modal en Bogotá, Colombia	36
Gráfica 7: Reparto Modal en Múnich, Alemania 2008	39
Gráfica 8: Reparto modal en la Ciudad de México 2007	42
Gráfica 9: Evolución del programa Bicipuma	51
Gráfica 10: Precipitación durante el año en la ciudad de México	68
Gráfica 11: Temperaturas durante el año en la ciudad de México	69
Gráfica 12: Reparto de usuarios de Ecobici en orden al género	77
Gráfica 13: Distribución de edades de usuarios de Ecobici	77
Gráfica 14: Dificultades para andar en bicicleta	78
Gráfica 15: Vía de circulación de usuarios de Ecobici, actual y preferente	78
Gráfica 16: Gráfica de población total por entidad académica	94
Gráfica 17: Comportamiento horario de la demanda	87
Gráfica 18: Resultados de aforos en dicha intersección	97
Gráfica 19: Evolución del uso de la bicicleta y de la infraestructura disponible de 2005 a 2011	99
Gráfica 20: Pendientes aceptables en función de la longitud	117

## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Principales causas de defunción en México 2005	4
Tabla 2: Ejemplo de una matriz de origen - destino	12

Tabla 3: Vehículo de diseño recomendado para clase de vialidad, a menos que esté específicamente prohibido por el reglamento local	18
Tabla 4: Características de los vehículos de Proyecto	19
Tabla 5: Velocidades de proyecto a nivel funcionalidad. [Km/hr]	21
Tabla 6: Reparto modal para la bicicleta en Ciudades Clave	35
Tabla 7: Tabla de evolución del programa Bicipuma	50
Tabla 8: Tipo de población que ingresa por los accesos sin automóvil	75
Tabla 9: Población por entidad académica de Administración Escolar UNAM, 2011	76
Tabla 10: Facilidades dedicada a cada modo de transporte en los accesos del campus	82
Tabla 11: Participación de la población en los accesos del campus.	84
Tabla 12: Distribución porcentual del uso de los accesos	85
Tabla 13: Distribución de la demanda máxima desde accesos a facultades y zonas	88
Tabla 14: Continuación de la tabla de la distribución de la demanda máxima desde accesos a facultades y zonas	89
Tabla 15: Velocidades promedio de recorridos vehiculares	93
Tabla 16: Resultados de aforos viales en intersecciones vehiculares	95
Tabla 17: Evolución del uso de la bicicleta y de la infraestructura de 2005 a 2011	98
Tabla 18: Ancho de vía necesarios para Ciclo carriles	110
Tabla 19: Medidas en implementación de ciclovías	112
Tabla 20: Medidas en implementación de infraestructura ciclista de trazo independiente	113
Tabla 21: Medidas en implementación de carril bus - bici	115
Tabla 22: Adaptación de rampas de acuerdo al desnivel del terreno	117



## **I. Introducción:**

La organización de las ciudades se orienta para que sus habitantes puedan satisfacer sus actividades sociales, económicas y culturales, en las que el transporte es una actividad vital, campo en el cual, las ciudades mexicanas tienen un gran reto.

Con los conocimientos hasta ahora adquiridos de planeación de transporte y la experiencia en el uso de distintos modos de transporte en distintos modelos de ciudades como la ciudad de México, Xalapa, y Múnich, se identificó la insipiente necesidad de planeación en las ciudades mexicanas, sus consecuencias y sus soluciones. Durante el servicio social en el departamento de Planeación de la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM se identificó la intención de generar un plan de infraestructura ciclista que definiera las acciones a futuro en el que se trabajó de Octubre del 2011 a Mayo del 2012.

Este documento inicia presentando el problema actual con una visión holística del mismo aplicada a un caso particular, el caso de Ciudad Universitaria es representativo ya que su problemática se presenta en varias ciudades Mexicanas. El cual se justifica posteriormente por investigaciones del prestador de servicio social en los campos de población, salud, transporte y economía para posteriormente explicar las teorías y conceptos de transporte utilizados, así como también dar una explicación de la generación de las redes de transporte. Posteriormente se presenta la metodología seguida para el análisis de la realidad presente y la generación una red de infraestructura ciclista.

El capítulo uno explica el desarrollo a través del tiempo de la situación de la movilidad, exponiendo la evolución de la bicicleta como modo de transporte y su avance tecnológico, así como también presenta el estado del arte de proyectos de infraestructura ciclista implementados en el mundo, presentando ciudades clave trascendentes para el contexto de la Ciudad Universitaria de la UNAM, como son Bogotá, Múnich y la Ciudad de México. Posteriormente se expone la

evolución de la zona de estudio, reconociéndola como un ente en constante cambio, para poder entender el desarrollo urbano que ha experimentado y consecuentemente se analiza la movilidad en el campus a través del tiempo, a pie, en bicicleta, en transporte Público, en automóvil y en taxi, relacionándola con la infraestructura implementada.

En el capítulo dos se presenta el diagnóstico del área de estudio en términos de sus características geo-estadísticas y se identifican los factores relevantes para la movilidad en bicicleta. En él se delimita el área de estudio y las zonas de análisis para ubicar la información recabada en los distintos estudios de movilidad citados, se presenta su adaptación al contexto actual y de acuerdo con ello se presenta el diagnóstico de movilidad en bicicleta y de la infraestructura implementada en el campus. Con el diagnóstico realizado en el capítulo dos, se genera la suficiente información para generar una propuesta.

El capítulo tres desarrolla la generación de la propuesta de plan maestro de infraestructura ciclista basada en el diagnóstico realizado en el capítulo dos, en ella se correlaciona la información del diagnóstico para ubicar las estaciones de préstamo de bicicleta, así como también se explican los tipos de infraestructura ciclista más eficientes y seguros para cada caso con los requerimientos su aplicación al campus. La propuesta se divide en etapas para proceder a su proyecto ejecutivo e implementación.

## **II. Planteamiento del problema:**

Las ciudades mexicanas han crecido sin planeación alguna o con una planeación desordenada y estas tendencias de urbanización han modificado el estilo de vida de sus habitantes, quienes invierten cada vez más tiempo en sus viajes cotidianos de manera innecesaria.

Cada vez hay más automóviles que humanos y con éstos, más congestión vial, contaminación, pérdidas de tiempo y de calidad de vida innecesariamente. En las últimas décadas se ha pensado que con más vialidades y facilidades para el automóvil se solucionará el problema y los tomadores de decisiones mexicanos destinan gran parte de los recursos públicos en transporte para incentivar el uso del automóvil, haciendo a un lado al transporte público y a la movilidad no motorizada.

En el campus de Ciudad Universitaria nos encontramos con problemas de movilidad similares a los que aquejan a cualquier población mexicana. En el campus se han implementado soluciones inteligentes y es prioridad el continuar con la planeación y con propuestas de soluciones eficientes y realistas que aseguren un verdadero desarrollo.



### III. Justificación

En las últimas décadas se le ha dado una mayor importancia a la planeación urbana y regional, a través del Programa Nacional de Infraestructura del Gobierno Federal, a los planes de desarrollo locales y a los planes maestro. Para complementar estos planes es primordial el generar propuestas que los enriquezcan tanto con proyectos como con puntos de vista para orientar el desarrollo de nuestra sociedad hacia una evolución estratégica.

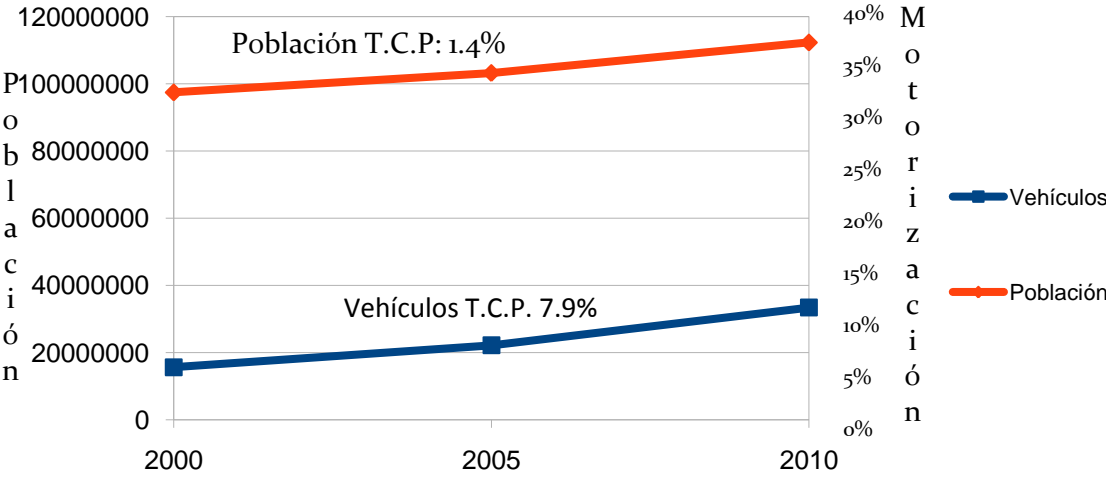
Una de las piezas clave para garantizar la calidad de vida y el desarrollo económico de las ciudades es una movilidad integral y eficiente, sin embargo, la ciudad de México es una de las poblaciones con la peor situación de congestión vial del mundo (IBM, 2011) en las ciudades mexicanas el 18 por ciento de las emisiones de CO<sup>2</sup> equivalente son generadas por automóviles particulares (Galindo, 2009) y los accidentes de tránsito son la sexta causa de muerte a nivel nacional, la primera causa de muerte entre jóvenes entre cinco y 29 años, con 6 166 muertos al año y se reportan en total 24 mil muertos por accidentes viales al año ( Secretaría de Salud Federal, 2008) [Tabla 1].

**Tabla 1: Principales causas de defunción en México 2005**  
(elaboración propia con datos de Secretaría de Salud Federal 2008).

Causa	Cantidad anual [personas]	Cantidad diaria estimada [personas]	Porcentaje
Accidentes de tránsito	6166	17	17%
Agresiones (homicidios)	3766	10	11%
Suicidios	1827	5	5%
Leucemia	1333	4	4%
VIH Sida	1089	3	3%
Otras	21306	58	60%
Total	35487	97	100%

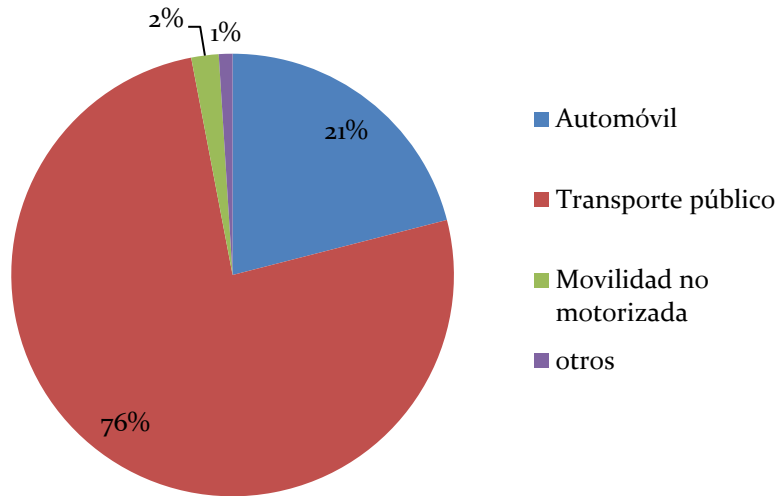
Muchos de los problemas en movilidad pueden ser adjudicados a la falta de educación vial. Actualmente en la ciudad de México no existe una prueba de manejo para adquirir una licencia de conducir ya que “es más gasto y tiempo para el ciudadano” de acuerdo con la opinión de las autoridades correspondientes (Martínez 2011).

**Gráfica 1: Tendencias de Motorización en México en 2011.**  
(Adaptado de Rivera et. Al., 2011)

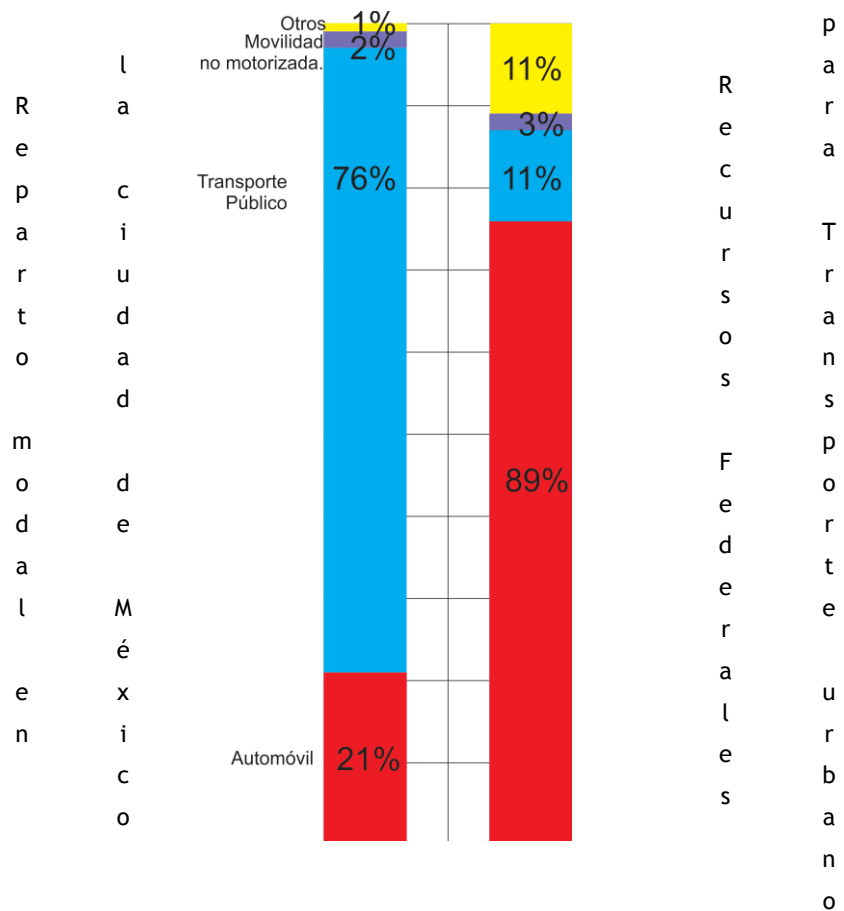


Como muestra la **gráfica 1** de la publicación del Instituto Mexicano de Transporte en el Foro Internacional de Transporte del 2011, la tasa de motorización de 7,9 por ciento es más alta que la tasa de natalidad, con un 1,4 por ciento, es decir, cada vez hay más automóviles que humanos en México. El Instituto de Políticas de Transporte y Desarrollo publicó que actualmente los gobiernos estatales mexicanos destinan en promedio el 75 por ciento de los recursos públicos de transporte en vialidades y proyectos destinados al automóvil privado, dejando de lado otros modos como el transporte público, que al menos en la Ciudad de México se encarga de un 75 por ciento de los viajes de un día normal en comparación con el 21 por ciento del automóvil (Rivera et. Al, 2011; Garduño, 2012; INEGI, 2007). [Gráfica 2] y [ Gráfica 3].

**Gráfica 2: Reparto modal en la Ciudad de México  
(Adaptado de INEGI 2007)**



**Gráfica 3: Comparación entre el reparto modal y la distribución del presupuesto federal al transporte urbano.  
(Adaptado de Garduño 2012)**



Los problemas de movilidad a parte de contaminar, hacernos perder el tiempo y calidad de vida, nos cuestan el cuatro por ciento del Producto Interno Bruto en las zonas metropolitanas más importantes del país, por concepto de congestión vial, contaminación local, emisión de gases efecto invernadero y accidentes sin considerar a los problemas de salud asociados a la mala calidad del aire (Medina, 2012). A nivel nacional se destina el 4,5 por ciento del PIB en infraestructura, si las mayoría de ciudades mexicanas siguieran la tendencia de las más importantes actualmente, el país podría estar perdiendo sólo en problemas de movilidad el equivalente a lo que invierte en infraestructura a nivel federal (Gobierno Federal, 2007). Por otro lado, Sustrans mostró que los beneficios económicos de la movilidad no motorizada tienen una razón de 20:1 en comparación al 3:1 de otros modos de transporte como automóviles o metro (Sustrans 2005).

Dichos problemas aquejan a la gran mayoría de las ciudades mexicanas, incluyendo al campus universitario y para ello se han implementado soluciones inteligentes. En el 2008 se implementó una primera fase de infraestructura ciclista y el programa Bicipuma, el confinamiento del carril exclusivo para el transporte colectivo en la zona central con el reordenamiento del estacionamiento, de áreas peatonales así como adecuaciones en las rutas de transporte colectivo que han sido mejoradas en los últimos años. Debe ser prioridad el darle continuidad a estas acciones y seguir generando propuestas de valor para mejorar la movilidad el campus.

#### IV. Marco Teórico

Conceptos generales:

El cambio de lugar es necesario cuando las actividades a realizar o la utilidad se encuentran en un lugar distinto al presente en un momento determinado, el hecho de cambiar de un lugar a otro una persona o una cosa es denominado transporte (Cal y Mayor, 2009) y la posibilidad de realizar ese transporte, se denomina movilidad (Busch 2011).

De acuerdo con el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE 2003), La ingeniería de transporte es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente. Se apoya en la planeación del transporte para optimizar los procesos de diseño y análisis. Esta planeación es un proceso de generación de información sobre alternativas de acciones y sus posibles efectos. Un plan es un documento de referencia de este proceso en un instante determinado (Bruton 1985).

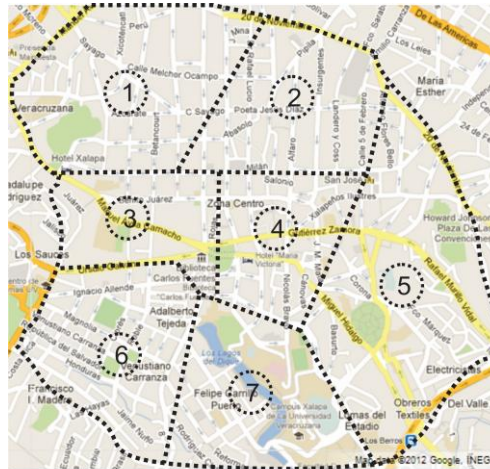
Este reporte trata de infraestructura para bicicletas y una parte fundamental es su convivencia con diversos actores de su medio. Los actores de la vialidad urbana tienen diferentes características de circulación, hay que tener la consideración adecuada para cada uno de los actores de acuerdo con su jerarquía. **[Figura 1]**

1. Personas que van a pie.
2. Usuarios en bicicleta.
3. Transporte público.
4. Transporte de carga.
5. Usuarios en automóviles particulares.

Modelos de análisis de transporte:

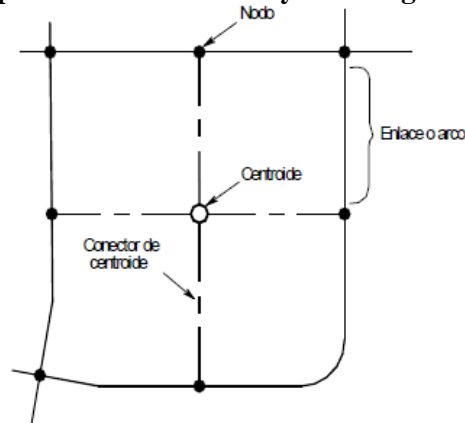
El comportamiento humano define el transporte y éste puede ser representado por funciones de demanda que simule la toma de decisiones sobre los viajes que deben efectuar. El análisis territorial se apoya de una división en “Zonas de análisis de transporte” ZAT, que son divisiones de la región en función de características demográficas, sociales y económicas [Figura 1]. Estas zonas tienen un centroide y éstos están conectados con un arco [Figura 2] (Manheim 1979).

Figura 1: Ejemplo de división en ZAT (elaboración propia).



- ① Número de zona de análisis y ubicación del centroide.
- ..... Límite de Zona de Análisis de Transporte (ZAT).

Figura 2: Representación esquemática de una red vial urbana (recuperado de Alcaldía Mayor de Bogotá 2005).

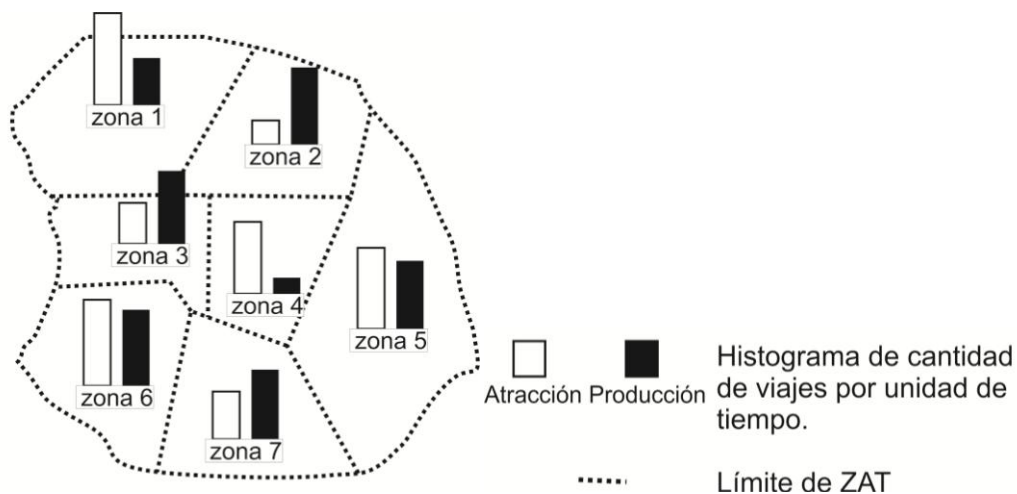


Manheim indica las ecuaciones para los modelos básicos de análisis de transporte como:

- a. Modelos de generación de viajes.
- b. Modelos de distribución geográfica de viajes.
- c. Modelos de asignación de viajes a las redes vial y de transporte público.

a. Modelos de generación de viajes:

La generación de viajes busca estimar la cantidad de viajes producidos o atraídos por cada zona que compone la región de estudio definiendo un vector de viajes producidos y atraídos. Ortúzar y Willumsem (2002) definen que los viajes contados son producidos en cualquier modo de transporte y definen las características más importantes al propósito de viaje, a la hora del día en que es realizado y al tipo de persona que lo realiza. [Figura 3]



**Figura 3: Representación gráfica esquemática de la generación de viajes (Elaboración propia)**

De acuerdo con el propósito del viaje, la clasificación más relevante puede clasificarlos en viajes al trabajo, al centro de estudios, de compras, actividades sociales y recreativas y otros propósitos (Manheim 1979). Los modelos utilizados

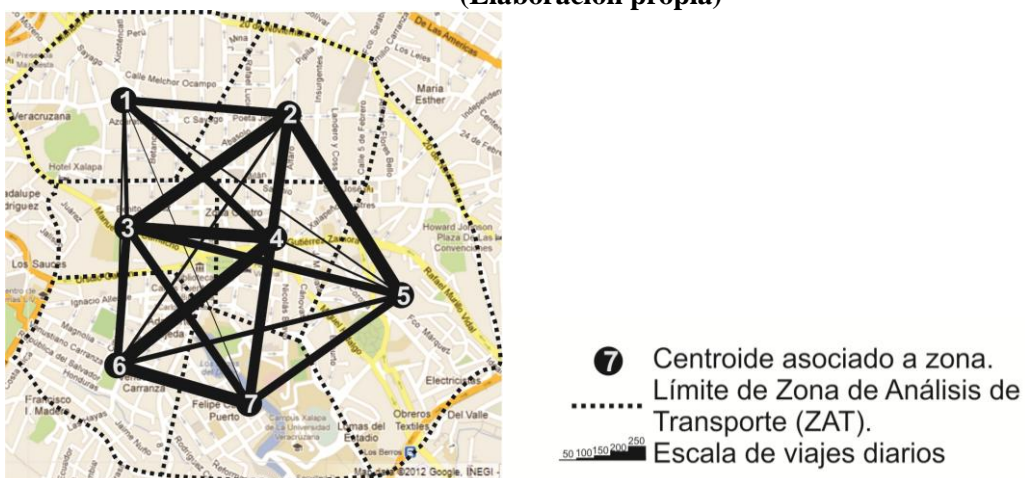
en la generación de viajes se basan en procedimientos estadísticos convencionales como la regresión lineal simple, múltiple y la clasificación cruzada.

El método de regresión lineal simple aplica para los casos en los que la generación de viajes está en función de una sola variable independiente, como número de estudiantes en una escuela o e trabajadores. La regresión múltiple puede utilizarse como una extensión de la regresión lineal para casos en los que los viajes dependen de más de un solo factor. Los modelos de generación de viajes obtenidos por clasificación cruzada, manejan dos o más variables y las combina para obtener las tasas de producción de viajes de toda el área de estudio.

b. Modelos de distribución geográfica de viajes.

Conocida la generación y atracción de viajes, se necesita determinar hacia a dónde van y de dónde vienen los viajes, éstos pueden ser representados de manera gráfica o en una matriz. Gráficamente se representan uniendo los centroides de las ZAT con líneas rectas de ancho variable de acuerdo a la cantidad de viajes entre las zonas respectivas, llamadas “líneas de deseo” [Figura 4].

**Figura 4: Representación gráfica del modelo de distribución geográfica de viajes (Elaboración propia)**





También pueden representarse en una matriz origen - destino, en la que los encabezados corresponden a las ZAT destino y los encabezados de las filas corresponden a las ZAT de origen. A la extrema derecha resultan las producciones totales y en el renglón inferior a las atracciones totales de las ZAT correspondientes. La diagonal de la matriz corresponde a los viajes intrazonales, los que tienen como origen y destino la misma zona [Tabla 2].

**Tabla 2: Ejemplo de una matriz de origen – destino  
(Elaboración propia)**

	Destino							
Origen	1	2	3	4	5	6	7	suma
1	127	59	158	146	21	82	59	652
2	198	98	98	45	79	73	63	654
3	45	29	75	153	24	72	32	430
4	78	160	101	45	37	121	153	695
5	190	84	72	123	69	24	89	651
6	115	78	41	197	154	96	67	748
7	93	101	98	30	178	147	143	790
suma	846	609	643	739	562	615	606	4620

Los modelos de distribución geográfica de viajes son del tipo de gravedad, se basan en la ley de gravitación de Newton para sistemas físicos (Manheim 1989), matemáticamente definen que los viales dependen de su origen, destino y a los efectos de los atributos del servicio duración del viaje, velocidad, costos, fricción, impedancia, etc.

c. Asignación de viajes a la red vial:

Para asignar viajes a redes de transporte se pueden utilizar los métodos que a continuación se describen:

- método de “todo o nada”  
Esta metodología supone que no existen efectos de congestión y que todos los conductores consideran los mismos atributos para la selección de rutas y asocia dichos costos a los arcos. Aplican para vialidades poco densas con pocas opciones de rutas y la matriz de volúmenes de tránsito se carga directamente a los árboles de rutas más cortas en función de los tiempos de viaje.
- Métodos estocásticos  
Consideran que los conductores perciben el costo de los viajes y buscan minimizarlos. Los volúmenes de tránsito de cada par origen - destino se dividen en un número dado de segmentos para cada arco y a cada arco se le asigna el costo percibido del viaje. La ruta mínima se construye de acuerdo con el costo percibido para el par origen-destino en turno y los viajes se asignan de acuerdo con dos modelos Ortúzar y Willumsen (2002):
  - Métodos basados en simulación: Utilizando las técnicas de Monte Carlo con el fin de introducir la variación en la percepción de costos.
  - Métodos proporcionales: Los volúmenes se asignan a diferentes rutas, usando modelos del tipo Logit.
- Métodos congestionados:  
Este método ignora los efectos estocásticos y concentra el análisis en la capacidad de la vialidad como condición limitante para un generador de viajes en la red.

- Métodos de asignación por programación lineal:  
Busca la solución óptima para satisfacer las condiciones básicas de un problema, usando de manera eficiente recursos limitados. En este caso el recurso limitado es el tiempo y supone que los conductores tienen conocimiento de las distintas rutas posibles y su comportamiento influye en el de los demás.
- Métodos de asignación de viajes a la red de transporte público:  
Se basan en tiempos constantes de recorrido por los arcos de red de transporte público sin considerar los problemas de restricción de capacidad. Se deben considerar aspectos adicionales propios del servicio como tiempo de recorrido a pie para llegar a la estación, paradas, la disponibilidad de múltiples líneas de transporte público aumenta el número de rutas posibles para viajar de un origen a un destino dados.

#### Red vial Urbana:

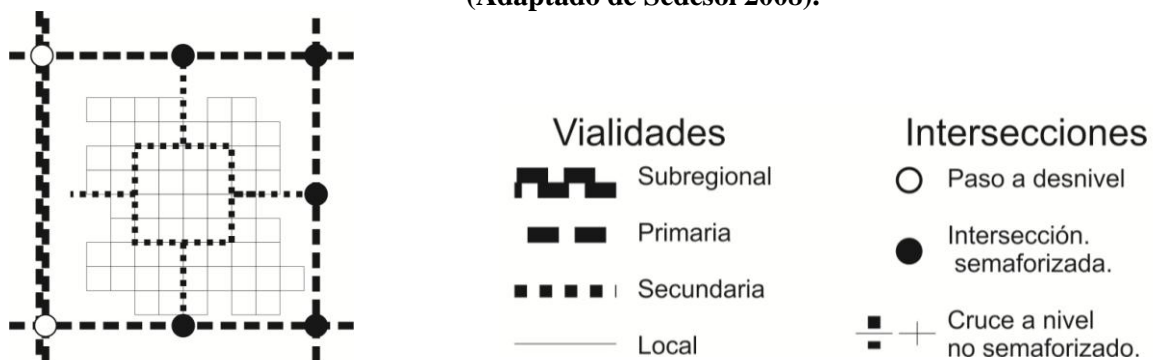
Dadas las actividades dentro de una urbanización, un conjunto de líneas de deseo conectando orígenes y destinos son creadas, los objetivos de diseño de un sistema interurbano se orientan hacia satisfacer estas líneas de deseo con la ruta más directa y económica posible. En las redes urbanas es más importante la configuración y el comportamiento de una red como un todo más no como solución a una trayectoria de punto A a punto B (SEDESOL, 2008).

Los actores de la vialidad (Personas que van a pie, usuarios de bicicleta, del transporte público, el transporte de carga y los usuarios de automóviles particulares) conviven en las vialidades de una u otra manera de acuerdo con características de la vialidad como el uso, la función, el nivel de responsabilidad gubernamental, etc. En este reporte se utilizará la clasificación propuesta por el manual de Ciclociudades del ITDP, que el autor considera la más adecuada para su propósito, en esta clasificación las vialidades pueden ser primarias o arterias,

secundarias o colectoras y de acceso o locales, cada una con características especiales (ITDP, 2011) [Figura 5].

- Arterias o vías primarias - nivel primario y subregional:
  - (Vías de circulación continua, Anulares, Radiales, Viaductos, Avenidas primarias, Ejes viales, Paseos, calzada).
  - Más de tres carriles
  - Velocidades de más de 60 km/h.
  - Sin estacionamiento lateral.
  
- Colectoras - nivel secundario:
  - entre uno y tres carriles
  - velocidades de menos de 60 km/h.
  - Hay estacionamiento lateral.
  
- Vías de acceso - nivel local.
  - (Calles residenciales, Calle comercial, Calle industrial, Callejón, Cerrada, Privada, terracería).
  - Carriles sin marcas, dobles sentido.
  - Velocidades de alrededor 30 km/h.
  - Hay estacionamiento a ambos lados.

**Figura 5: Distribución según la función y tipo de las vialidades en una urbanización. (Adaptado de Sedesol 2008).**



Como indica el programa de asistencia técnica en transporte urbano para ciudades medias mexicanas de la SEDESOL, la práctica tradicional en México ha analizado e implementado soluciones a problemas puntuales y rara vez se considera a las vialidades como un sistema y recomienda responder a las siguientes preguntas de los temas:

- **Integridad:** ¿La vía principal de la red se conecta a los centros de actividad principales utilizando los diversos niveles?
- **Continuidad** - ¿Hay continuidad a lo largo de cada nivel del sistema? ¿Se conectan los principales enlaces entre sí en forma lógica?
- **Conectividad** - ¿Existen intercambios adecuados entre corredores intersecados al sistema vial principal? ¿Están permitidos todos los movimientos en cada intersección?
- **Consistencia** - ¿Las adaptaciones realizadas tienen una demanda uniforme?

En las ciudades, la implementación de infraestructura ciclista representa una fuerte evolución en la política urbana, demostrando una gestión de vanguardia, basada en la equidad, sostenibilidad, así como eficiencia y educación. La movilidad en bicicleta se logra principalmente a través de la planeación, diseño y gestión, re direccionando el enfoque de los proyectos viales y éstos deben ir acompañados de una estructura de políticas públicas muy bien organizada [ITDP 2011].

Específicamente para los proyectos de infraestructura de movilidad en bicicleta, el manual de Ciclociudades del ITDP, en su tomo IV, recomienda que la planeación y diseño de la infraestructura ciclista deba darse siguiendo los siguientes niveles:

1. Red Ciclista.
2. Sección de la vialidad.
3. Intersecciones.
4. Superficie de rodadura.

Dicho manual propone lo requisitos necesarios para hacer una infraestructura eficiente:

- **Coherencia:** Es la conservación del estado de continuidad y consistencia. Una vía ciclista deberá proveer conexiones entre los orígenes y destinos, su camino será identificable así como la señalización deberá ser clara y dará la posibilidad de elegir entre varias rutas.
- **Directa:** Deberá ser lo más recta y corta posible, su contrasentido deberá ser identificable fácilmente y provocará el mínimo de retrasos.
- **Seguridad:** La diferencia de velocidades entre diferentes actores de la vialidad hacen prioridad la consideración de la vulnerabilidad de quien se mueva en bicicleta y el cuidado en el diseño de la infraestructura, disminuyendo la velocidad de los automóviles o separando la infraestructura, así como tener especial atención en la visibilidad y en la superficie de rodamiento.
- **Comodidad:** Procurar que el uso de la infraestructura sea una experiencia agradable alienta su uso. Factores como pavimentos dispares, cuellos de botella, anchos insuficientes, rodamientos inadecuados, obstáculos adrede y charcos puede desalentar el uso de esta infraestructura. Se debe poner particular atención en el diseño vertical.
- **Atractiva:** En general lo atractivo se basa en una combinación de las características anteriores, combinado con un ambiente seguro y

agradable, dónde la naturaleza y la arquitectura juegan un papel fundamental [ITDP 2011].

**Vehículo de proyecto:**

Las vialidades para automóviles se diseñan en función de un vehículo automotor de proyecto, seleccionado con las dimensiones y características operacionales usadas para determinar el diseño geométrico, como tangentes, curvas horizontales y alineamiento vertical. Entre más grande sea el vehículo de proyecto, el proyecto vial implicará instalaciones con mejor circulación y características de seguridad. El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la SCT, recomienda los vehículos de proyecto aplicables a distintas clases de vía y da las características de dicho vehículo, para el caso del campus de Ciudad Universitaria, por el flujo de autobuses en el campus y por seguridad se tomará el vehículo de proyecto DE 1220 para vialidades locales donde las dimensiones más relevantes son el Ancho total del vehículo de 2,59 [m], la altura de 4,12 [m] y la longitud de 9,15 [m] [Tabla 3 y Tabla 4]

**Tabla 3: Vehículo de diseño recomendado para clase de vialidad, a menos que esté específicamente prohibido por el reglamento local (SCT 1991).**

CLASE DE VIALIDAD	VEHÍCULO DE PROYECTO
Regional	DE 1525
Subregional	DE 1525
Primaria	DE 1525
Secundaria	DE 610 o DE 1220
Local	DE 610

**Tabla 4: Características de los vehículos de Proyecto ( SCT 1991).**

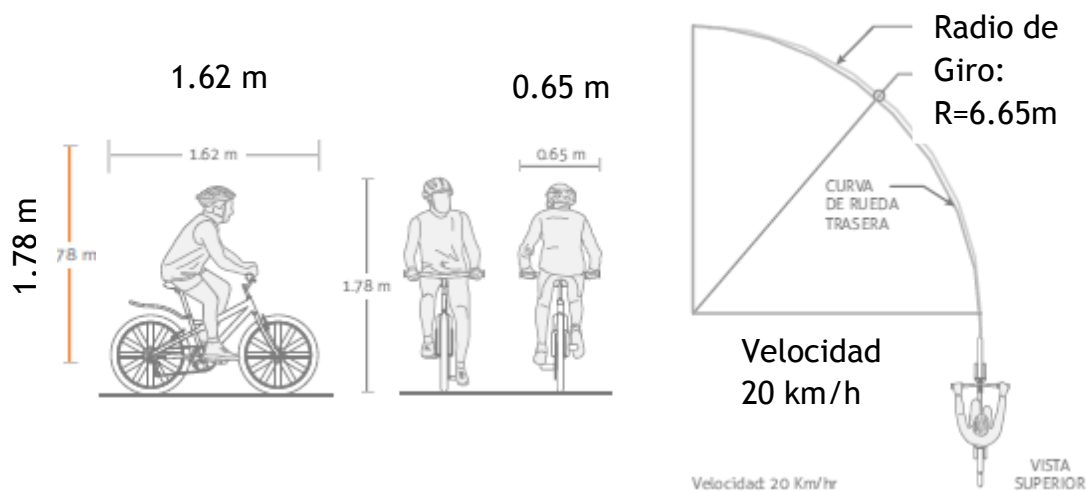
CARACTERÍSTICAS			VEHÍCULO DE ROYECTO					
			DE - 335	DE - 450	DE - 610	DE - 1220	DE - 1525	
DIMENSIONES EN [cm]	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1675	
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1575	
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	--	--	--	397	915	
	Distancia entre ejes del semirremolque	DES	--	--	--	762	610	
	Vuelo delantero	Vd.	92	100	122	122	92	
	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61	
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	--	--	--	--	122	
	Distancia entre ejes tándem semirremolque	Ts	--	--	--	122	122	
	Distancia entre ejes inferiores tractor	Dt	--	--	--	379	488	
	Dist. entre ejes interiores tractor y semirremolque	Ds	--	--	--	701	793	
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259	
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259	
	Altura total del vehículo	Ht	167	214 - 412	214 - 412	214 - 412	214 - 412	
	Altura de los ejes del conductor	Hc	114	114	114	114	114	
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61	
Altura de los faros traseros	Ht	61	51	61	61	61		
Angulo de desviación del haz de luz de los faros			1°	1°	1°	1°	1°	
Radio de giro mínimo (cm)		Rg	732	1040	1281	1220	1372	
PESO TOTAL (Kg)	Vehículo vacío		Wv	25000	4000	7000	11000	14000
	Vehículo cargado		Wc	5000	10000	17000	25000	30000
Relación Peso/Potencia (Kg/ HP)		Wc / P	45	90	120	180	180	
VEHÍCULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO			Ap y Ac	C2	B - C3	T2 - S1, T2- S2		
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DEL PROYECTO			Ap y Ac	99	100	99	100	100
			C2	30	90	99	100	100
			C3	10	75	1	100	100
			T2 - S1	0	0	1	80	80
			T2 - S1	0	0	1	93	93
			T3 - S2	0	0	100	18	18
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DEL PROYECTO			Ap y Ac	98	100	100	100	100
			C2	62	98	100	1100	1100
			C3	20	82	100	100	100
			T2 - S1	6	85	100	100	100
			T2 - S1	6	42	98	98	98
T3 - S2	2	35	80	80	80			

La bicicleta es un vehículo de tracción humana altamente eficiente en consumo de energía y bajo impacto por el espacio que requiere, no emite gases contaminantes al aire ni ruido. Se debe tener especial consideración a sus características como vehículo de proyecto, el Manual de Ciclociudades del ITDP



hace un análisis detallado de las características de distintas bicicletas que circulan en México, donde el vehículo más común es la bicicleta de montaña. Éstas tienen por regla una longitud de 1,62 [m] y altura de 1,78 [m], el ancho del ciclista montado en bicicleta es de 0,65 [m], el radio de curvatura a una velocidad promedio de 20 [km/h] es de 6.65 [m] como muestra la **Figura 6** aunque en movimiento dado el balanceo el espacio para circular varía como muestra la **figura 8**.

**Figura 6: Dimensiones y radio de giro de una bicicleta de montaña (ITDP 2011).**



Velocidad de proyecto:

En el “programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas” de la SEDESOL, se indican las velocidades de diseño recomendadas para vialidades de automóviles de acuerdo con el tipo de vialidad que se trata y la topografía del lugar, para el caso del campus universitario estaría entre 30 y 50 km/h. [Tabla 5]

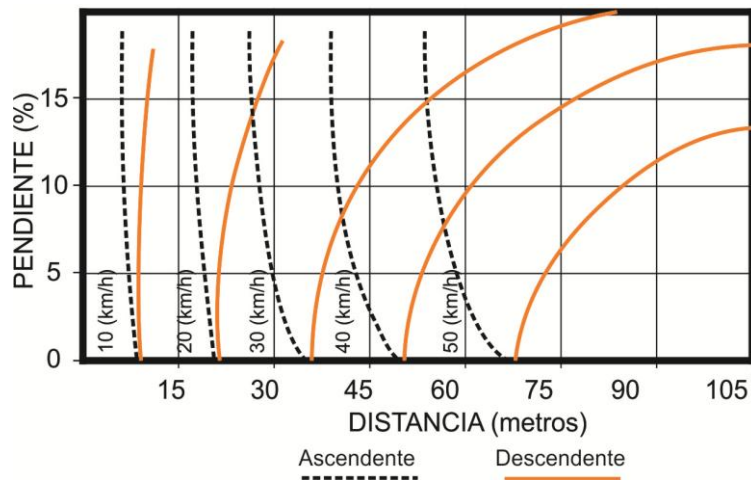
**Tabla 5: Velocidades de proyecto a nivel funcionalidad [Km/hr] ( Sedesol 2008).**

CLASE	TOPOGRAFÍA		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑA
REGIONAL	110	90	80
SUBREGIONAL	90	80	70
PRIMARIA (centro)	50 - 65	50 - 65	50 - 65
PRIMARIA (Periferia)	65 - 80	60 - 75	55 - 70
SECUNDARIA	30 - 65	30 - 65	30 - 55
LOCAL	30 - 50	30 - 50	30 - 50

Independientemente del tipo de vialidad que se trate, el campus es una zona escolar dónde de acuerdo con el reglamento de tránsito se debería circular en automóvil a menos de 20 kilómetros por hora (Setravi, 2010).

Las consideraciones para la velocidad de diseño de la bicicleta, se puede tomar de las recomendaciones del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, para ascensos y descensos sobre distintas pendientes y longitudes ya que la bicicleta es un vehículo mucho más sensible a la topografía del lugar. [Gráfica 5]

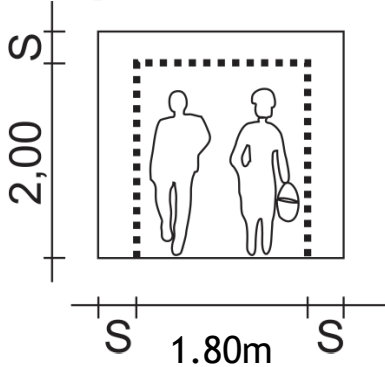
**Gráfica 5: Velocidades de acuerdo a la distancia recorrida sobre la pendiente (Instituto de desarrollo urbano 1999).**



## Secciones transversales:

Las secciones transversales varían de acuerdo con el tipo y la función de la vía. Los estándares europeos, recomiendan carriles para automóviles de 2,70m en zonas urbanas y 3,00m en presencia de vehículos pesados, así se controla la velocidad y dirección de los vehículos, mientras, la SCT maneja como ancho mínimo de un carril de 3,20 [m] y el deseable es de 3,50 [m] para todos los movimientos direccionales (frente y vueltas a la izquierda o derecha) los cuales responden a las necesidades del comportamiento de carreteras. El ancho mínimo de carriles de estacionamiento es de 3,2 [m], sin embargo, siempre que sea posible debe de proporcionarse un ancho igual a un carril de circulación por la probabilidad de que en el futuro se convierta en un carril de circulación.

**Figura 7: Espacio necesario para banquetas.**  
(Adaptado de Busch 2011).



Los manuales de la SCT hacen recomendaciones de anchos de banquetas en función del tipo de zona urbana en la que se encuentran, recomendando banquetas más angostas para las zonas alejadas al centro, sin embargo, ya que las zonas urbanas crecen y lo que en un momento es una zona periférica puede convertirse en una zona de servicios con alta atracción de viajes, por lo que en este reporte se prefiere usar los estándares recomendados por la norma alemana StVO para banquetas, en ésta se establece un mínimo de banqueta de 1,80 [m] del manual de los apuntes del curso de Planeación de transporte e Ingeniería de Tránsito de la Universidad Técnica de Múnich (Busch 2011) [Figura 7]:

S= distancias de seguridad:

0,25 m Distancia de bolardos, señalización, árboles, parquímetros, muros, cercas.

0,50 m Distancia con carril para vehículos de carga.

0,75 m Distancia con Transformadores o instalaciones eléctricas similares.

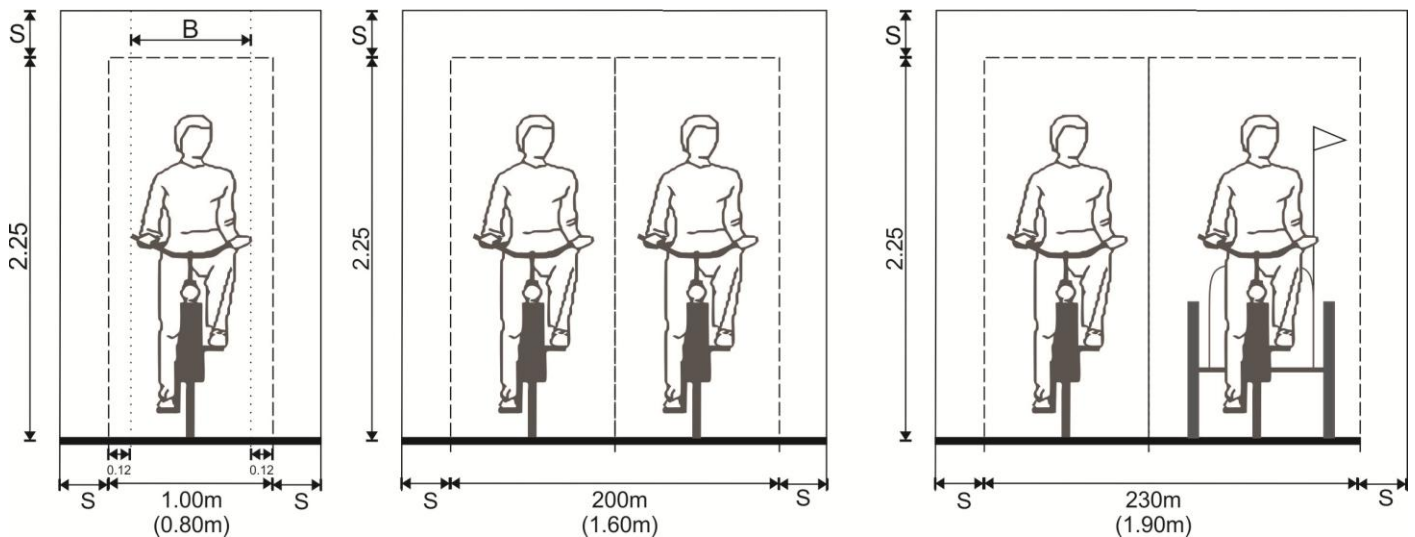
0,25 m Distancia al lado no circulable de automóviles estacionados en batería.

0,75 m Distancia a automóviles estacionados en línea

Basándonos en los estándares de diseño de vialidades de la Universidad Técnica de Múnich y el manual CROW de los Países Bajos para la bicicleta se considerarán las dimensiones que muestra la **figura 8**:

**Figura 8: Espacio necesario para circulación de bicicleta**

(adaptado de CROW 2007 y Bush 2011).



Donde:

- |            |   |
|------------|---|
| B = 0,75 m | Es el ancho de una persona en bicicleta   |
| 0,12 m     | Es el espacio necesario para los movimientos laterales al circular (debido al pedaleo, inestabilidad, viento, etc.) |

S = distancia de seguridad, donde:

- |        |  |
|--------|--|
| 0,25 m | Distancia de bolardos, luminarias, señalización, árboles, parquímetros, muros, cercas. |
| 0,25 m | Distancia al espacio dedicado a la gente caminando.                                    |
| 0,75 m | Distancia al carril de automóviles adyacente en la misma dirección.                    |
| 0,75 m | Distancia a automóviles estacionados en línea  |
| 0,25 m | Distancia al lado no circulable de automóviles estacionados en batería.                |
| 0,75 m | Distancia al lado circulable de automóviles estacionados en batería.                   |

Donde los valores entre paréntesis son aplicables sólo en casos muy puntuales y particulares [Busch 2011, CROW 2007].

La infraestructura vial ciclista puede implementarse de distintas maneras, dependiendo principalmente de condiciones específicas de:

- Comportamiento de los usuarios.
- Función de la vialidad.
- Forma de la vialidad
- Uso de la vialidad.
- Velocidad del tránsito automotor.
- Volumen del tránsito automotor y ciclista (automóviles particulares, bicicletas, autobuses y peatonales).

El diseño de las vías ciclistas debe ser detallista y preciso para lograr los objetivos del sistema a realizar, a continuación se mencionan las soluciones más relevantes de acuerdo con el manual de Ciclociudades tomo IV de infraestructura ciclista del ITDP, el Manual de diseño de tránsito ciclista holandés CROW y los apuntes del curso de planeación de transporte del profesor Busch de la Universidad Técnica de Múnich.

Las soluciones son diversas, las más eficientes y recomendadas internacionalmente se enlistan a continuación, sus características específicas se desarrollan en el capítulo tres:

1. **Ciclocarril:** Circulación de ciclistas por carriles marcados en la vialidad.
2. **Ciclovia:** Circulación en vía confinada, exclusiva para bicicletas.
3. **Infraestructura ciclista de trazo independiente:** Circulación de ciclistas por carriles exclusivos independientes a alguna otra vialidad.
4. **Circulación de ciclistas y otro modo de transporte por la misma vía.**
  - a. **Vialidad compartida:** Circulación de ciclistas y automóviles por la misma vialidad.
  - b. **Carril Bus - Bici:** Circulación de ciclistas y autobuses del servicio de transporte público por el mismo carril.
  - c. **Circulación de ciclistas y personas a pie.** Circulación de bicicletas y personas caminando sobre la misma superficie.

Perfil vertical:

El perfil vertical de las vialidades para bicicletas es de sumo cuidado al igual que para los automóviles. Para el diseño vertical de vialidades seguras se pueden considerar las recomendaciones de pendientes aceptables recomendadas por el instituto de desarrollo urbano en caso de se

r requerida una rampa, la **Gráfica 20** y la **Tabla 22** del capítulo tres recomiendan las longitudes y pendientes de acuerdo al desnivel presente. Cabe agregar que esto depende directamente de las condiciones naturales del terreno, por lo que sus modificaciones se realizan cuando sea realmente necesario.

## **V. Objetivo General**

Entender la dinámica de movilidad en el Campus de Ciudad Universitaria, analizar la situación de la movilidad en bicicleta y generar directrices para mejorarlo a través de propuestas que preparen al campus para las nuevas tendencias de transporte.

## **VI. Objetivos Particulares**

- Conocer otros casos clave de infraestructura ciclista en el mundo.
- Conocer la evolución del campus, de la infraestructura de transporte y de la movilidad en sus distintos modos.
- Conocer los factores físicos, ambientales y urbanos del campus de Ciudad Universitaria.
- Identificar a las dependencias involucradas en este tipo de proyectos en el campus.
- Identificar los usos de suelo presentes en Ciudad Universitaria.
- Entender la estructura demográfica del campus y su distribución espacial.
- Conocer los patrones de movilidad en el campus y la infraestructura de transporte actual en el campus.
- Conocer el análisis que explica la movilidad en el Ciudad Universitaria.
- Hacer un diagnóstico sobre el uso actual de la bicicleta dentro del campus de Ciudad Universitaria.
- Con la información recabada, hacer una propuesta de infraestructura ciclista bien fundamentada que apoye a las fases de planeación del campus.

## **VII. Hipótesis**

El contar con una propuesta de infraestructura ciclista para el Plan Maestro del Campus de Ciudad Universitaria facilitará la implementación de infraestructura y apoyará las líneas de diseño de adecuaciones viales para todos los modos, para lograr su mejor desempeño de la movilidad en general.



## VIII. Metodología

Este reporte se apoya directamente en la investigación y recomendaciones publicadas en el manual de Ciclociudades del Instituto de Políticas de Transporte y Desarrollo, ITDP, por sus siglas en inglés. Apoyado en la investigación y Estrategia de Movilidad en Bicicleta de la Ciudad de México, realizada por el Departamento de Proyectos Especiales de la Facultad de Arquitectura con asesoría de los especialistas en la materia de Gehl Architects.

### Diagnóstico:

#### a. Físico.

La identificación de las características físicas del área de estudio como la topografía y el clima, así como también los usos de suelo presentes y la distribución poblacional.

#### b. Histórico.

Se analizará el desarrollo del campus desde su concepción original hasta como es hoy en día, así como también la de la movilidad y de la bicicleta como vehículo.

#### c. Patrones de movilidad actuales.

Los patrones de movilidad brindan un claro panorama del estado de la movilidad actual y hacia donde puede mejorarse, basándose en los estudios realizados para la implementación del “Pumabús” y en la operación del programa “Bicipuma”.

#### d. Sensibilidad psicológica y social

Identificar cuáles son los factores humanos como percepción ante la sociedad y autoestima más importantes para el usuario a la hora de usar este modo de transporte es primordial, una parte es la física (tratada en este reporte) y otra es la parte humana, involucrada en cualquier proyecto.

e. Análisis de población.

Se analizará la distribución espacial de la población en el Campus y las características elementales más influyentes para el uso de la bicicleta.

Propuesta:

a. División del campus por zonas.

El Campus puede dividirse en zonas para lograr propuestas mucho más precisas y funcionales.

b. Definición de líneas de deseo.

Las líneas de deseo darán la pauta sobre la dirección de las vialidades para la bicicleta. Es importante señalar los hitos a ser visitados, los nodos como intersecciones y las sendas que serán los caminos a recorrer.

c. Ubicación de estaciones.

Las estaciones serán ubicadas cerca de los hitos atractivos y generadores de viajes para mayor comodidad al usuario y eficiencia.

d. Asignación de tipologías.

De acuerdo con las características de cada vialidad, se asignará la tipología de infraestructura más eficiente.



## 1. ANTECEDENTES

Los antecedentes para este reporte son la manera en la que ha evolucionado el vehículo de interés, la bicicleta, a través del tiempo y como se ha desarrollado la movilidad en bicicleta y su infraestructura en el mundo, se toman como referencia la ciudad de Múnich, en Alemania por el incremento en el uso de la bicicleta que ha logrado en los últimos años, sus metas a futuro, así como su excepcional infraestructura implementada, a la ciudad de Bogotá, en Colombia por ser la ciudad latinoamericana más avanzada en el tema y la ciudad de México, que es dónde está ubicado el campus de Ciudad Universitaria.

También se hace una reseña de cómo ha sido la evolución del campus mismo como zona de estudio y de la movilidad dentro de él en distintos modos de transporte como es a pie, en bicicleta, en transporte público, en taxi y en automóvil particular.

### a. Reseña histórica de la bicicleta

La bicicleta aparece por primera vez en la historia humana un apartado de la obra "Codez Atlanticus" de Leonardo da Vinci en el siglo XV donde aparecía a manera de boceto como se muestra en la **fotografía 1**. Leonardo ya pensó en una transmisión de cadena como en las que se utilizan en la actualidad.

**Fotografía 1: Boceto de bicicleta del "Codez Atlanticus" de Leonardo da Vinci (Bicicletas 2010).**



Se piensa que en 1690, un francés, el Conde Mede de Sivrac, inventó "el celerífero" ("la célérifère") que consistía en un bastidor de madera al que se añadían las ruedas sin embargo no hay documentos que confirmen la existencia de este Conde y hacen a la Laufmaschine de Karl von Drais la primera bicicleta patentada de la historia de la humanidad; posteriormente se continuó mejorando.

La "Laufmaschine" que significa en alemán "máquina para correr" consistía en dos ruedas de madera del mismo tamaño, un bastidor de madera con un asiento en el medio, que se conducía con los pies ya que no tenía pedales. Esta primera versión era vista como una moda para la clase adinerada y no muy aceptada por la opinión pública, porque era muy difícil de controlar. En 1865 Pierre Michaux añadió los pedales para resolver el problema de la propulsión con los pie. Años después, frenos, manubrio y un asiento más confortable fueron añadidos [Figura 9].

**Figura 9: Evolución de la Bicicleta (adaptado de ITDP 2011).**



Desde que los pedales fueron añadidos, la única manera de incrementar la velocidad manteniendo un ritmo de pedaleo adecuado, fue el aumento del

diámetro de la llanta delantera que en ése entonces era la que llevaba la tracción. Esto también resolvía los problemas de vibración de los diseños anteriores, sin embargo, era muy difícil de mantener el balance haciéndola peligrosa y difícil de montar, así se convirtió en un simple pasatiempo para jóvenes aventureros de las clases altas. Como solución al balance se desarrolló el triciclo, pero este no permitía mucha agilidad en la conducción, lo que lo hacía difícil evitar obstáculos, baches o basura en las calles. A finales del Siglo XIX, se desarrolló la llanta neumática que redujo los problemas de vibración, así su uso podía estar al alcance de la gente común.

En la década de los años sesentas del siglo veinte en los Estados Unidos se hicieron los diseños que actualmente conocemos como bicicletas (Bicicletos, 2010) y actualmente se están desarrollando modelos plegables, frenos generadores, transmisión hidráulica, implementación de nuevos materiales y otros aditamentos [Fotografía 2].

**Fotografía 2: Bicicleta plegable y bicicleta con Copenhagen Wheel**  
(elaboración propia y adaptada de MIT 2012).



b. Estado del arte de proyectos de infraestructura ciclista

A pesar de que la bicicleta tiene más de 100 años de haber sido inventada, en pocas ciudades se le ha dado la importancia como vehículo de transporte urbano. Actualmente las ciudades se han interesado en el tema y han hecho cada vez más acciones para incrementar su uso. El panorama mundial del reparto modal para la bicicleta muestra a la ciudad de Copenhague en Dinamarca con un 55 por ciento del total de viajes en bicicleta, de acuerdo con la publicación “Las ciudades más amigables con la bicicleta” de Copenhagenize.com en el 2009, organización que mide y publica estudios relacionados con el uso de la bicicleta en todo el mundo (Copenhagenize, 2009) resultado de una larga tradición y estrategia de planeación urbana desde hace muchos años donde ahora es una actividad completamente cotidiana [Fotografía 3].

**Fotografía 3: Movilidad en Bicicleta en Copenhague (Copenhagenize 2009).**



El Benchmarking Report 2012 de los Estados Unidos, reporta a Portland con un seis por ciento y a Minneapolis con un tres por ciento como las ciudades estadounidenses con mayor uso de la bicicleta (Alliance for Biking and Walking, 2012).

En la ciudad de México se reportan que el dos por ciento de los viajes diarios va en bicicleta y motocicleta mientras que en Guadalajara el 3,5 por ciento de los

viajes son en bicicleta, según el Centro Estatal de Investigación de la vialidad y el transporte CEIT (CEIT, 2010) y Copenhagenize film reporta un cinco por ciento de viajes en bicicleta del total de viajes en la ciudad Universitaria (Copenhagenize, 2009). La tabla 6 muestra el reparto modal para la bicicleta en los viajes diarios en distintas ciudades del mundo.

**Tabla 6: Reparto modal para la bicicleta en Ciudades Clave.**  
 (Elaboración propia con información de Copenhagenize Film 2009, Alliance for Bicycling and walking 2012 y del Centro Estatal de Investigación de la vialidad y el transporte, CEIT 2010, Observatorio de Movilidad Urbana y la región 2005)

Ciudad	País	Porcentaje
Copenhague	Dinamarca	55,0
Groninga	Holanda	55,0
Greifswald	Alemania	44,0
Ámsterdam	Holanda	40,0
Ferrara	Italia	30,0
Tokio	Japón	20,0
Salzburgo	Austria	19,0
Múnich	Alemania	14,0
Portland	EUA	6,0
Ciudad Universitaria	México	5,0
Guadalajara	México	3,5
Bogotá	Colombia	3,5
Minneapolis	EUA	3,0
Ciudad de México	México	1,0

Las ciudades de Múnich, Bogotá y la ciudad de México fueron seleccionadas como referentes ya que la Ciudad Universitaria se encuentra en la Ciudad de México, Bogotá en Colombia es la ciudad latinoamericana con la red de ciclovías más extensa y Múnich en Alemania por que de acuerdo con los índices de ciudades amigables con la bicicleta de Copenhagenize, cuenta con una infraestructura excepcional, el reparto modal está inclinándose aceleradamente a favor de la bicicleta y es bien conocida por el autor de este reporte.



Bogotá, Colombia

Bogotá, capital colombiana en cuya área metropolitana viven cerca de diez millones de habitantes en 1 587 km<sup>2</sup>, Desde 1995 se han potenciado el uso de la bicicleta en especial a través de la implementación de infraestructura hasta contar actualmente con una red de 344 km de ellas, como se muestra en la **figura 10** de acuerdo con el Informe de Movilidad en Bicicleta del 2009 de la Cámara de Comercio de Bogotá (Cámara de Comercio de Bogotá, 2009) [Fotografía 4].

**Fotografía 4: Movilidad en Bicicleta en Bogotá, Colombia**  
(Instituto de desarrollo urbano 2012).



El Observatorio de movilidad de Bogotá y la región reporta un 2,2 por ciento del reparto modal para la bicicleta y solo un 14,7 por ciento para el automóvil particular como se muestra en la **gráfica 6** (Observatorio de Movilidad de Bogotá y la región, 2005).

**Gráfica 6: Reparto Modal en Bogotá, Colombia**  
( Observatorio de movilidad de Bogotá y la región 2005).

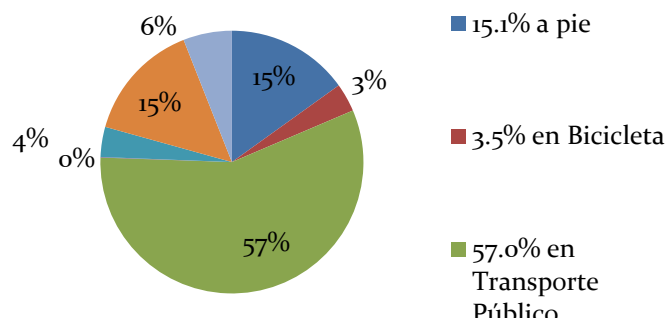
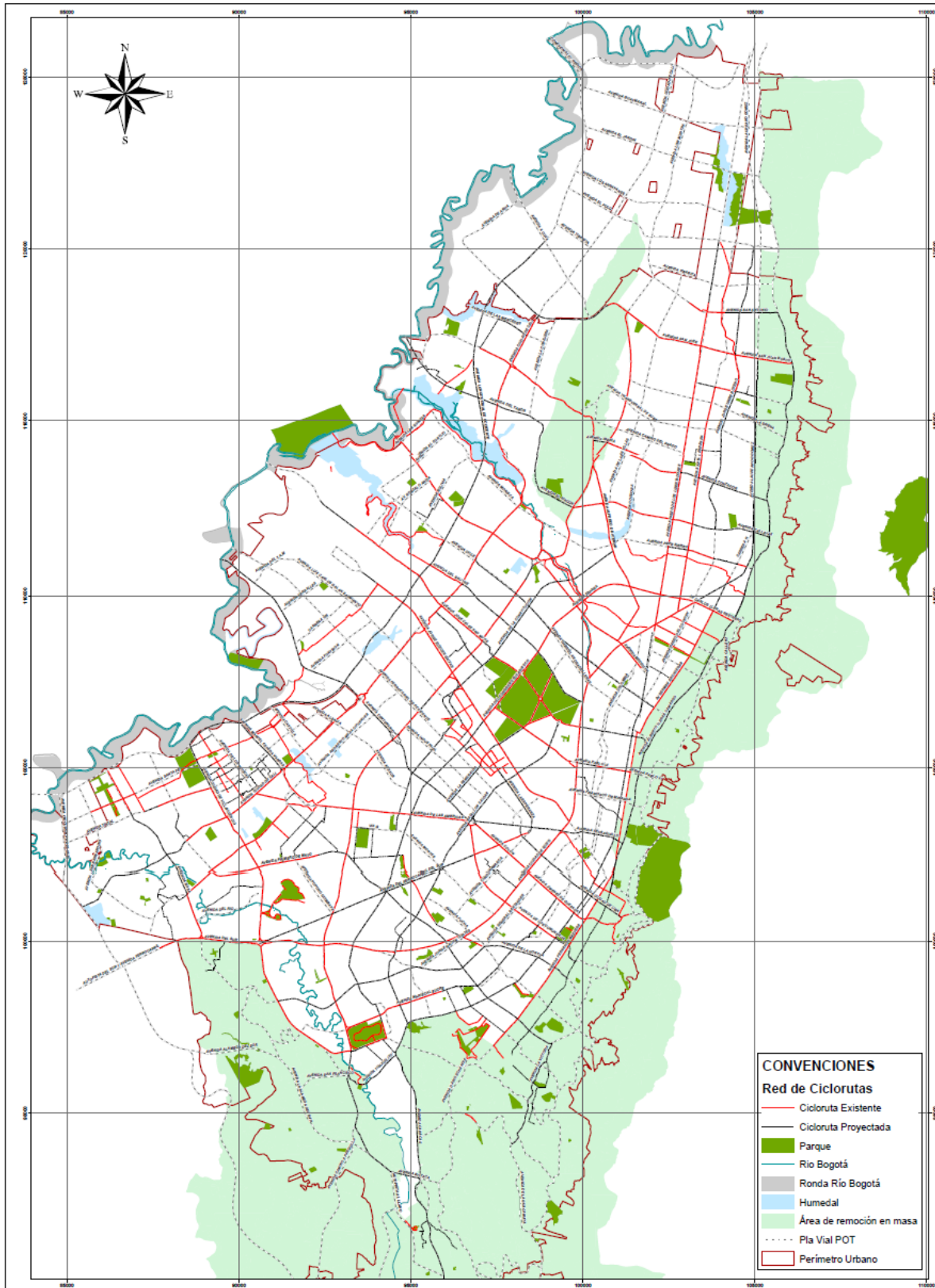


Figura 10: Mapa de Ciclo rutas en Bogotá, Colombia (Instituto de Desarrollo Urbano 2012).



Múnich, Alemania

La ciudad de Múnich con sus 1 400 000 habitantes ocupando una superficie de unos 310,5 km<sup>2</sup>. De acuerdo con el Reporte de Tránsito de Bicicletas del Departamento de Planeación de Transporte de la Oficina de Planeación Urbana y Obras del -Gobierno Local, desde 1986 se decidió incluir la infraestructura ciclista entre sus planes de transporte y se han implementado 1 200 km de ciclovías que forman una red como se aprecia en la **Figura 11** de las que 500 km son ciclovías confinadas y 450 km se encuentran en zonas 30 (zonas donde la velocidad máxima de circulación es de 30 km/h). Actualmente la movilidad en bicicleta es una actividad normal que se puede realizar satisfactoriamente y luce como lo muestra la **Fotografía 5** y es importante resaltar que las zonas 30 cubren el 85 por ciento del área de la ciudad.

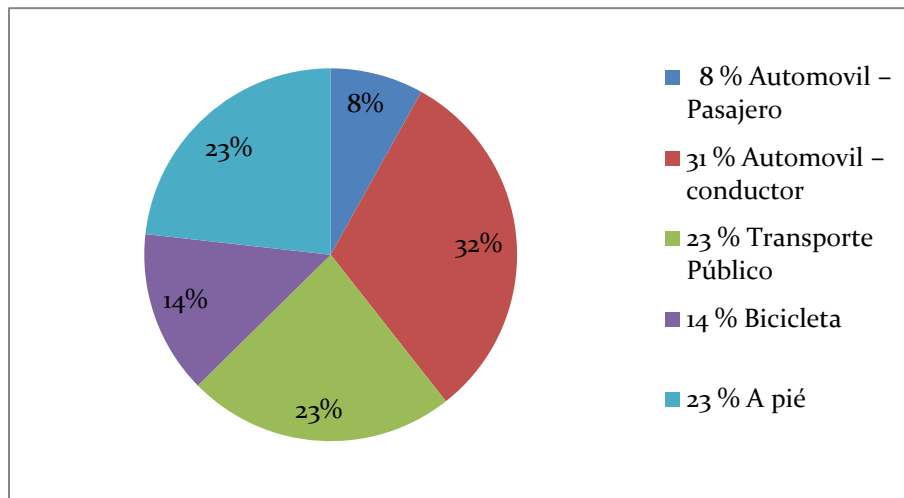
**Fotografía 5: Ciclovía común en Múnich, Alemania (elaboración Propia).**



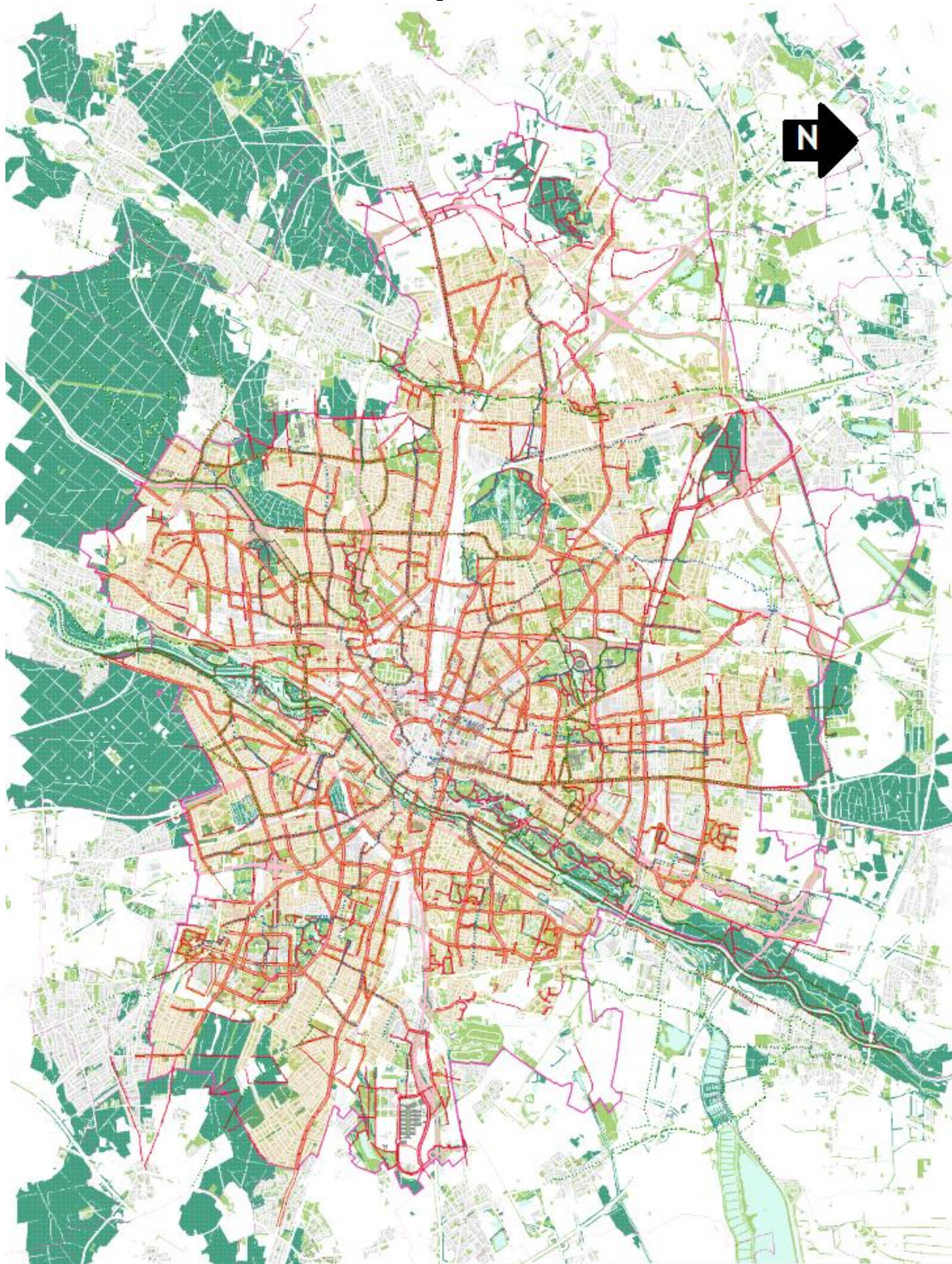
La ciudad destina 33 millones de euros de su presupuesto anual a la movilidad en bicicleta, reduciendo más de 12 000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. La **gráfica 7**

muestra que el reparto modal para el 2002 reportaba un seis por ciento para la bicicleta que subió al 14 por ciento de acuerdo con el Wuppertal Institute en 2008 y en 2011 alcanzaría un 17 por ciento estimado, la ciudad tiene como objetivo incrementar el uso de la bicicleta al 27 por ciento y del transporte público al 25 por ciento para el año 2058 (Wuppertal Institute, 2009) (München Landeshauptstadt, 2010).

**Gráfica 7: Reparto Modal en Múnich, Alemania 2008**  
(adaptado de Wuppertal Institute 2009).



**Figura 11: Red de ciclovías en la ciudad de Múnich, Alemania  
(Landeshauptstadt München 2010).**



Ciudad de México, México

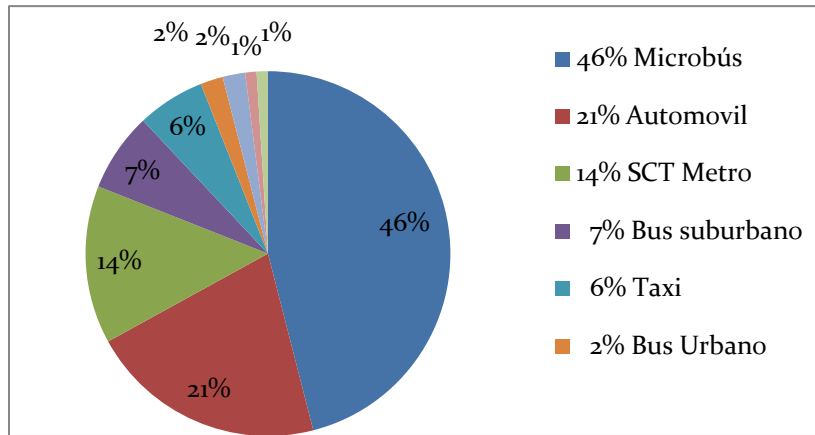
La Ciudad de México con sus 24 millones de habitantes en el área metropolitana de 1 485 k m<sup>2</sup> incluyendo al campus. En la Ciudad de México de acuerdo con la Encuesta Origen-Destino realizada en el 2007 por el INEGI, del reparto modal en México, menos del dos por ciento es para la bicicleta (INEGI 2007). [Fotografía 6].

**Fotografía 6: Paseo ciclista en la ciudad de México.**

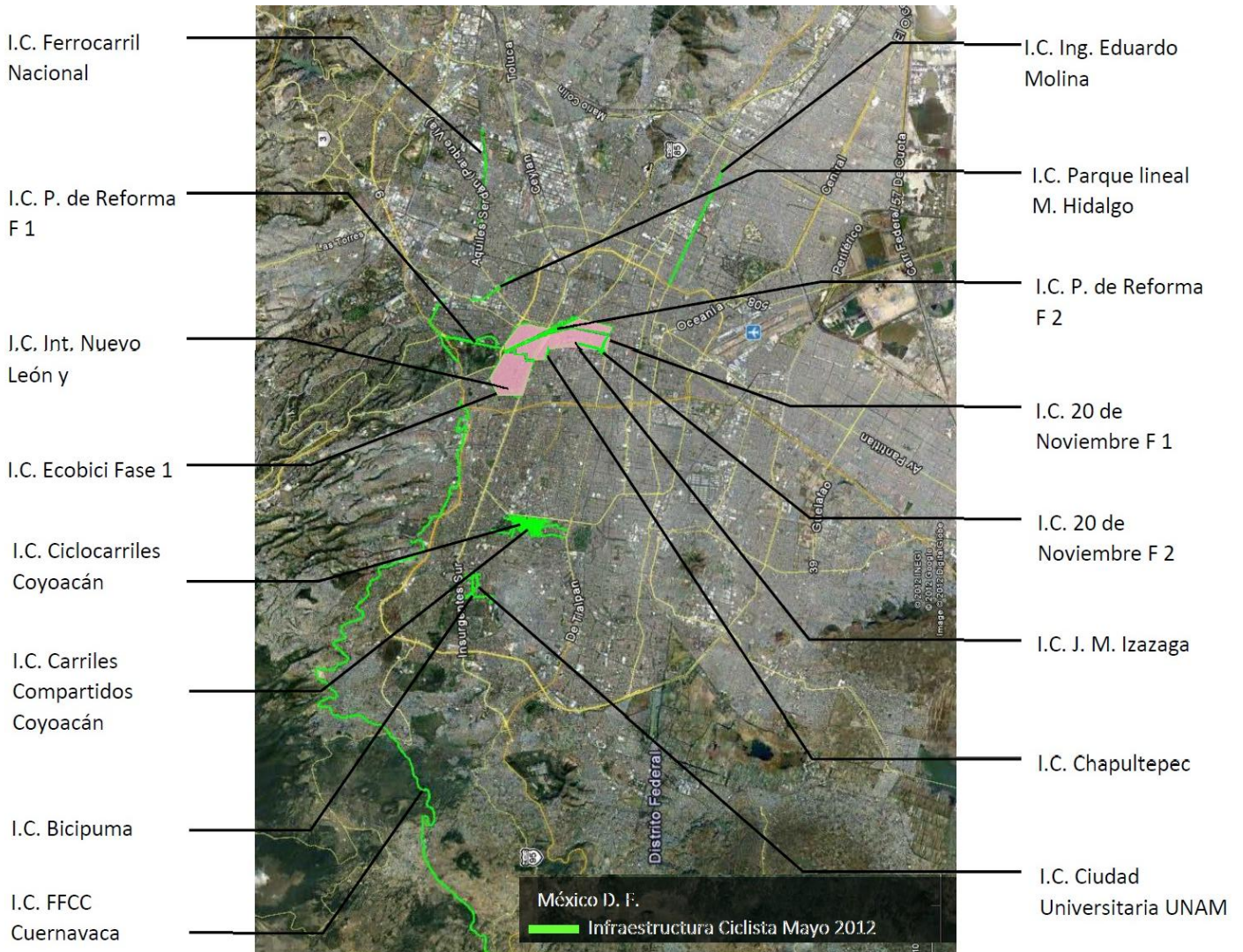


El uso de la bicicleta representa menos del dos por ciento de los viajes y la Infraestructura dedicada a la bicicleta es muy escasa en comparación con el tamaño de la ciudad, como se puede apreciar en la **Figura 12**. En 2010 se implementó el sistema de bicicletas públicas “Eco bici” que abarca la zona centro de la ciudad y colonias adyacentes con usos mixtos, de oficinas y comerciales, zonas atractivas de gran cantidad de Viajes y con 1 114 bicicletas y 85 ciclo estaciones automatizadas en dos años alcanzó la meta de los 10 000 viajes diarios (Secretaría del Medio Ambiente, 2012; SDP Noticias, 2012). [Gráfica 8]

**Gráfica 8: Reparto modal en la Ciudad de México 2007**  
 (adaptado de la Encuesta Origen- Destino INEGI 2007).



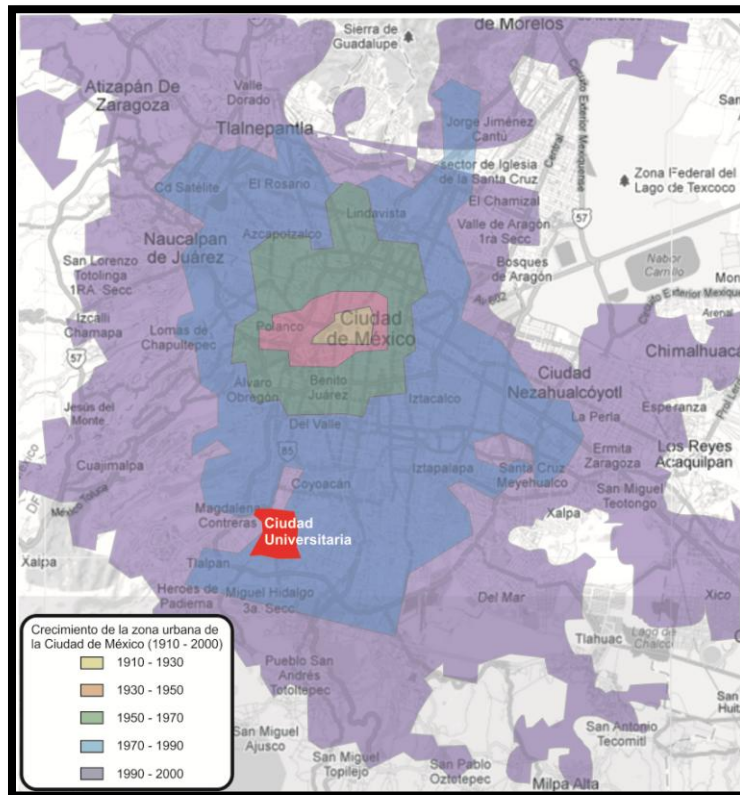
**Figura 12: Ciclovías en la ciudad de México (adaptado de Cisneros 2012).**



## Evolución del campus de Ciudad Universitaria

Los planes de construir una Ciudad Universitaria se remontan a 1929, cuando dos estudiantes de arquitectura presentan como tesis, un proyecto de Ciudad Universitaria, de acuerdo con la tesis de doctorado del Dr. Solares “Anatomía y transformación de un lenguaje moderno en México, La Ciudad Universitaria a partir de 1954”. La idea se tomó muy en serio y se llevó a cabo un concurso de ideas en la Escuela Nacional de Arquitectura, los ganadores fueron Mario Pani y Enrique del Moral que dirigieron el proyecto y para 1949 se inicia la construcción en un terreno ubicado entre los pueblos de San Ángel y Tlalpan, de acuerdo a la estimación de la mancha urbana, el campus fue ubicado a unos nueve kilómetros fuera de lo que en ese entonces era la ciudad de México como se muestra en la **Figura 13** (Solares 2008, LCM 2000).

**Figura 13: Crecimiento de la mancha urbana de la ZMVM**  
(elaboración propia con información del Laboratorio de la Ciudad de México, 2000).

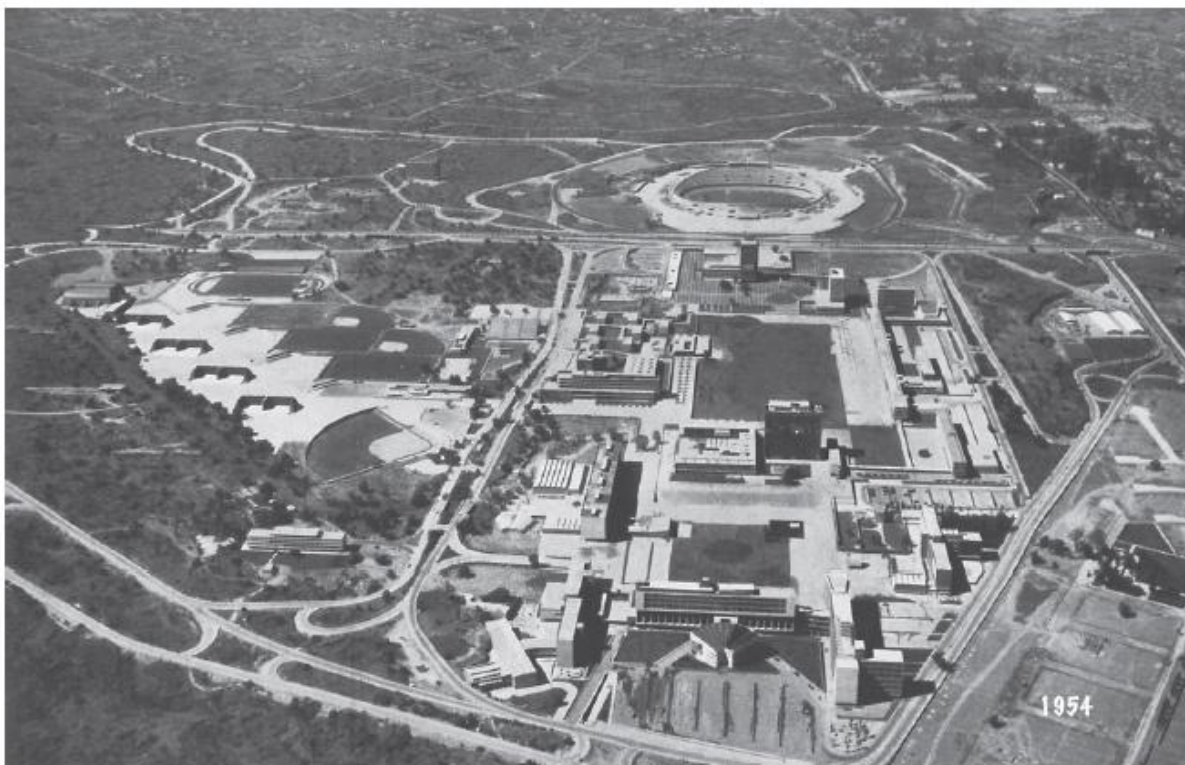




El proyecto involucró también a los grandes arquitectos, ingenieros y artistas mexicanos siguiendo la escuela racionalista europea, haciendo de este espacio un lugar unitario, funcional, estético y de estilo muy mexicano (Solares, 2008).

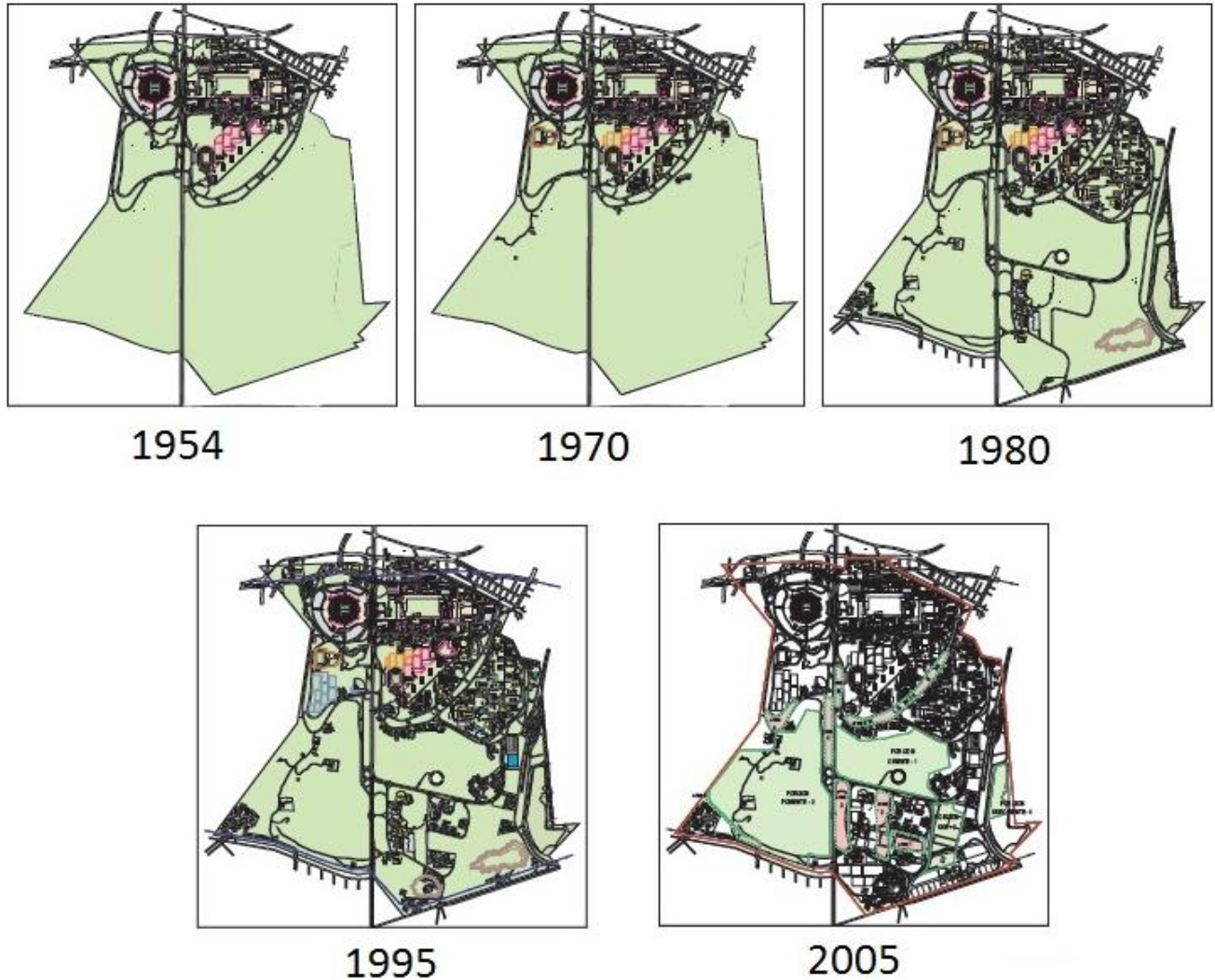
El Patronato Universitario y el Arq. Carlos Lazo lograron que para el lunes 22 de marzo de 1954, en una ceremonia en la sala del Consejo Universitario en la Torre de Rectoría el Presidente Adolfo Ruíz Cortines entregara a los universitarios la Ciudad Universitaria (Solares, 2008; 100 años de la UNAM, Construcción 2010) [Fotografía 7].

**Fotografía 7: Vista aérea de Ciudad Universitaria en 1954**  
(archivo fotográfico de la DGOyC).

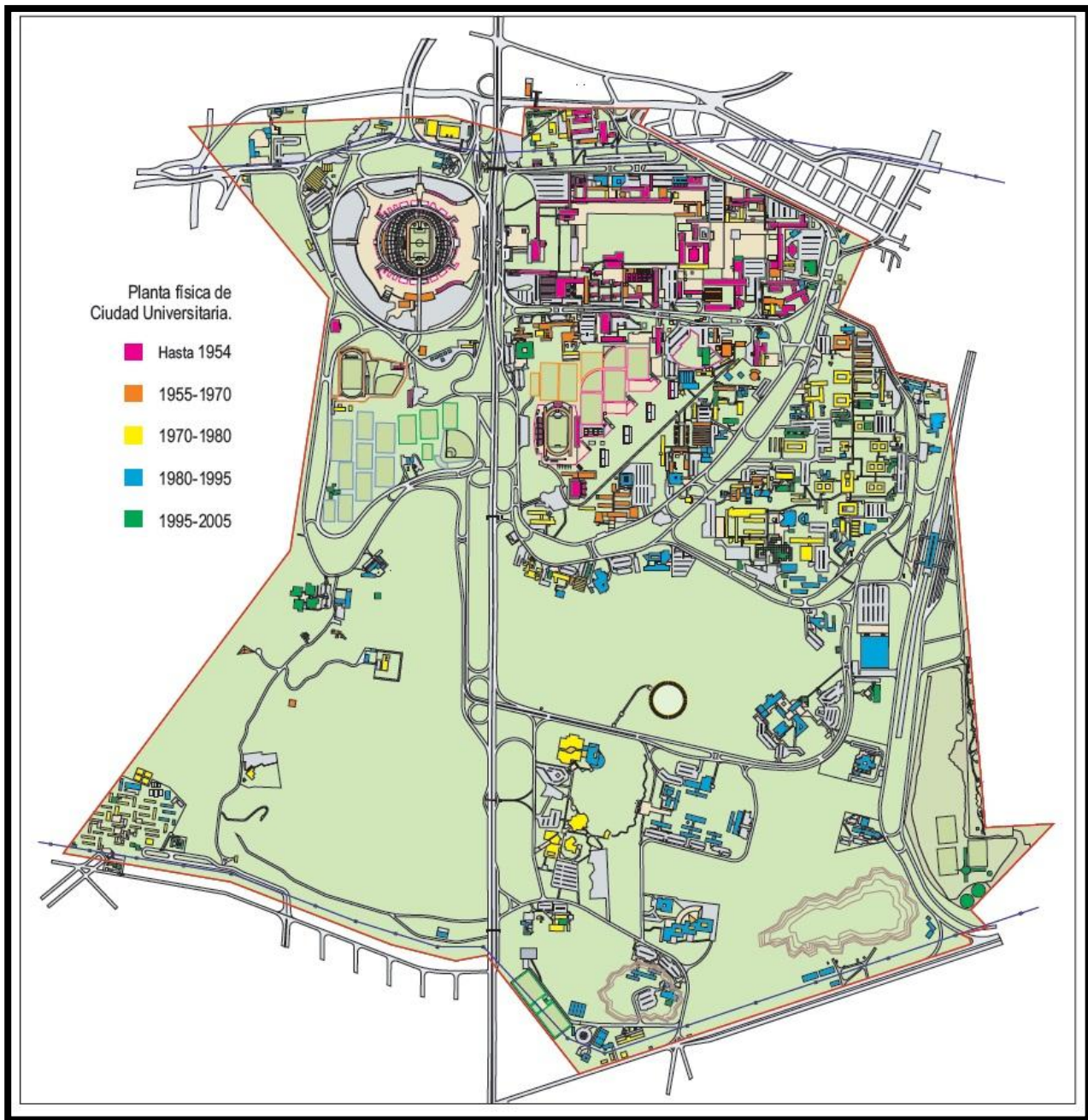


Al inicio del proyecto la Ciudad Universitaria Tenía 20 000 alumnos y su diseño proyectaba albergar a un máximo de 30 000 alumnos, actualmente, el campus tiene más de 123 371 alumnos ya que su planta física se ha incrementado de 195 000 m<sup>2</sup> que tenía al inicio a más de 1 100 000 m<sup>2</sup> construidos contando con las sedes externas (Solares 2008) [Figura 14 y 15].

**Figura 14: Evolución del campus de Ciudad Universitaria 1952 - 1995**  
(adaptado de Solares 2008 ).



La UNESCO considera que el campus universitario “constituye un conjunto monumental, ejemplar del modernismo del siglo XX” ya que integra de obras destacadas de urbanismo, arquitectura, ingeniería, paisajismo y bellas artes, es uno de los más importantes íconos arquitectónicos y urbanísticos del modernismo de toda América Latina”. Por ello, fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en junio del 2007.



**Figura 15: Evolución del campus de Ciudad Universitaria 1952 - 1995 (adaptado de Solares 2008 ).**

La Ciudad Universitaria pudo haber definido la tendencia de desarrollo en su momento sin embargo el rumbo que tomó marcó lo contrario, sus escuelas crecieron con construcciones anexas otras con edificaciones desligadas y ubicadas en cualquier espacio disponible y sin una clara planeación urbana, resultado de la falta de seguimiento a la planeación original (Solares 2008).

### c. Antecedentes de movilidad dentro del Campus.

La movilidad en el campus no siempre ha sido la misma, desde su inauguración, cuando el campus se encontraba a nueve kilómetros fuera de la ciudad, hasta nuestros días que está inmersa en la zona sur de la ciudad. Con el paso del tiempo se han dado diversos cambios en los sistemas de transporte en la ciudad y en la forma de llegar al campus, así como también se han implementado nuevos modos para moverse dentro del campus de acuerdo con las necesidades y soluciones presentes en su momento. Se hace una reseña de los cambios a través del tiempo de la movilidad dentro del campus vigente, como es a pie, en bicicleta, en transporte público, en automóvil y en taxi.

A pie:

La historia de la caminabilidad en Ciudad Universitaria es un caso muy particular, ya que el campus se planeó a 9 kilómetros de distancia de la zona urbana de la ciudad de México de la década de los 50's y no se consideró que alguien pudiera llegar caminando al campus, el campus fue pensado para llegar en él en un vehículo motorizado y desde un estacionamiento o estación de transporte público llegar a sus destinos [Fotografía 8]. Se planeo un tipo de súper - manzana con la que no habría cruces con vialidades para automóviles y se movería en un corredor que va de este a oeste, semejante a la organización de la calzada de los muertos en Teotihuacán que ahora comprende al patio central de las islas y el estadio universitario.

**Fotografía 8: Ejemplo de intersección en el campus (adaptado de Google maps).**



Con la expansión de la zona urbana de la Ciudad de México hasta los límites del Campus, se hizo posible llegar a la universidad a pie y fueron implementadas soluciones rápidas para poder entrar al campus y dentro del campus los paseos peatonales y plazas han perdido espacio por las expansiones de áreas de estacionamientos, implementación de nuevos circuitos viales y de ciclovías que invaden pasos peatonales [Fotografía 9].

**Fotografía 9: Implementación de ciclovía sobre paso peatonal (elaboración propia).**



La expansión del campus durante la década de los setentas dejó banquetas delgadas y obstáculos al caminar y la incorporación de los accesos por Copilco, la Calle de Comercio y Administración y el CUC fueron soluciones espontáneas cuyo señalamiento se realizó en y adecuación del tamaño del acceso al flujo se dio hasta el 2012 [Fotografía 10].

**Fotografía 10: Acceso Copilco antes y después de adecuaciones en 2012  
(Recuperado de Jucamo 2012)**



En Bicicleta:

Seguramente desde los inicios del campus había gente que ingresaba y se movía dentro del campus en bicicleta, sin embargo no hay dato recabado alguno de ello, hasta que en 1995 la Dirección General de Obras construyó una ciclovía en el camino verde, proyecto del cual hay pocos registros y en el 2005 la Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria implementó un proyecto piloto llamado “Pumas sobre ruedas” para los estudiantes de la facultad de medicina al estacionamiento remoto del estadio Olímpico Universitario.

El diseño original del sistema contemplaba 11 estaciones de préstamo con 1352 bicicletas, capacidad que al segundo año de operación, fue rebasado. También cabe mencionar que cuando se diseñó el mismo, aún no se implementaban las estaciones de Metrobús de Ciudad Universitaria ni la estación Centro Cultural y en su lugar circulaban microbuses por ahí y también los estacionamientos remotos aún no entraban en operación, situaciones a partir del 2008 cambiaron significativamente la movilidad en el campus. [Fotografía 11 y gráfica 9].

**Fotografía 11: Sistema de Bicicleta Pública "Bicipuma"**  
(recuperado de DGACU Bicipuma 2012).

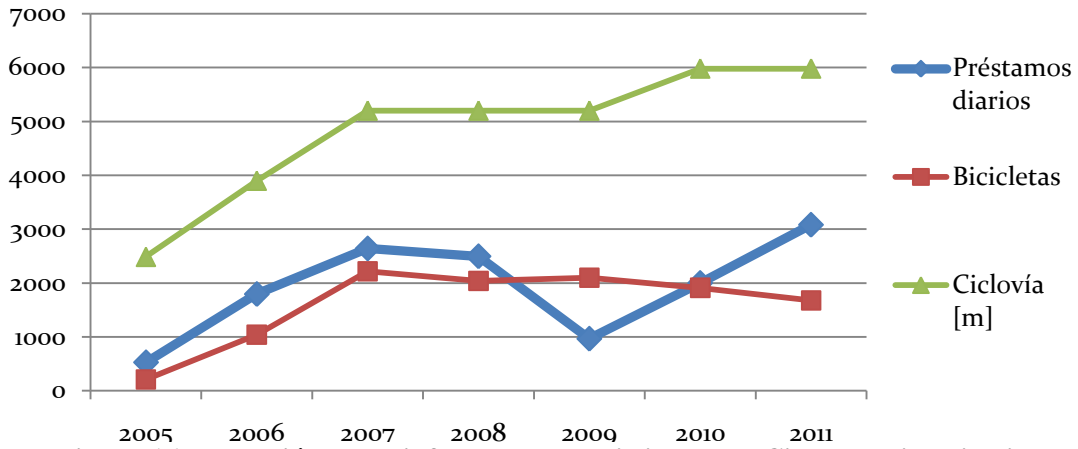


Para 2005 se implementaron 2,5 km de ciclovías segregadas en la zona central del campus con 208 bicicletas e hizo 531 préstamos diarios, considerando 180 días hábiles al año. Para el 2007 se amplió el sistema hasta el Metro C.U., incrementado su capacidad a 2039 bicicleta y realizando 2 641 préstamos diarios, más de 4 veces más. Para el 2008 y 2009 no se expandió la red, ni se incrementó la capacidad con bicicletas, sin embargo el número de préstamos disminuyó a 968, menos de la mitad del 2007. Para el 2010 se incrementó la cobertura de la ciclovía hacia la facultad de Ciencias Políticas y Sociales y la capacidad con a 1911 bicicletas. Para 2011 la longitud de las vías ciclistas no se incrementó y disminuyó la cantidad de bicicletas en servicio a 1678 pero los préstamos se incrementaron en un 50% llegando a 3081 y superando los registrados en 2007. (Cal y Mayor, 2009; DGACU Bicipuma, 2012, DGPL 2012) [Tabla 7, Gráfica 9 y Figura 16].

**Tabla 7: Tabla de evolución del programa Bicipuma**  
(elaboración propia con datos de DGPL 2012 y Cal y Mayor 2009).

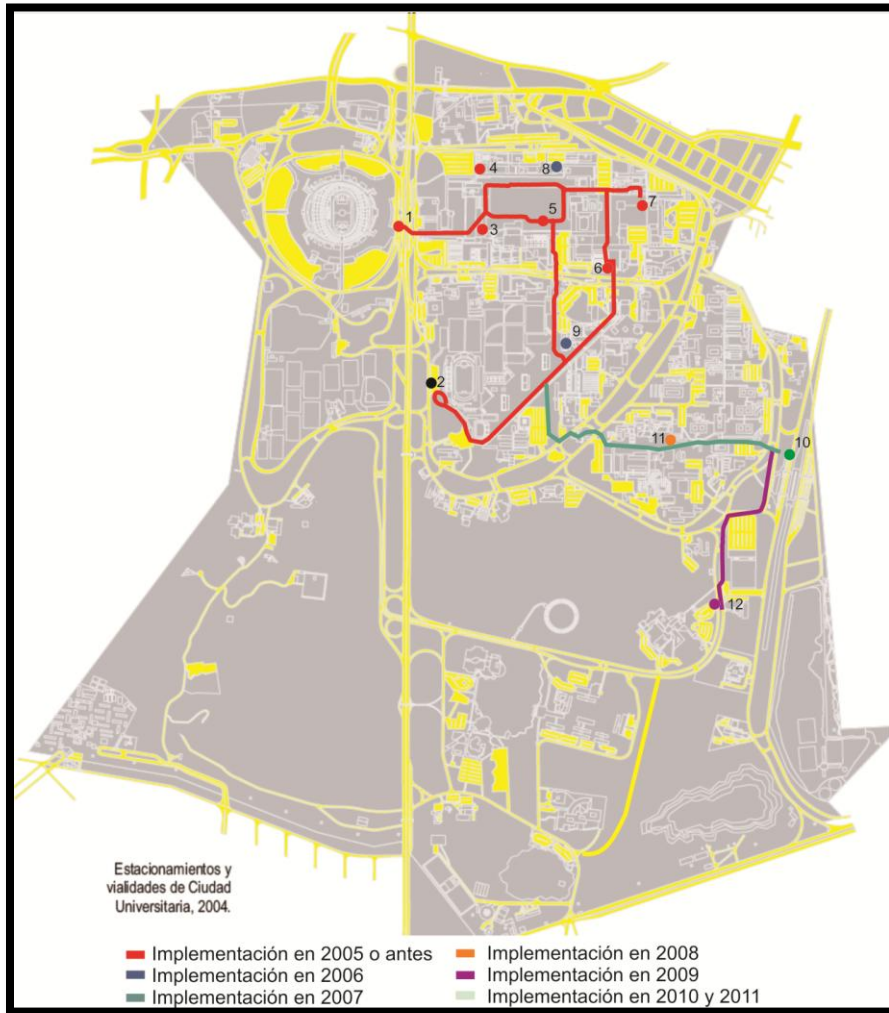
	Plan original	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Préstamos anuales</b>	-	95 518	323 325	475 427	449 416	174 320	360 243	554 622
<b>Usuarios</b>	-	9 151	20 038	4 8924	47 397	59 845	43 532	57 706
<b>Bicicletas</b>	1352	208	1 043	2 217	2 039	2 099	1 911	1 678
<b>Ciclovía [m]</b>	5200	2 488	3 900	5 200	5 200	5 200	5 980	5 980
<b>Estaciones:</b>	11	7	9	10	11	11	12	12

**Gráfica 9: Evolución del programa Bicipuma (elaboración propia con datos de DGPL 2012).**



**Figura 16: Evolución de la infraestructura ciclista en la Ciudad Universitaria (elaboración propia con información de DGPL 2012).**

(elaboración propia con información de DGPL 2012).





El sistema ha llegado a reportar cerca de 14,000 préstamos de bicicletas en un día equivalentes al 5,46 por ciento del total del reparto modal en el Campus de acuerdo con información difundida por (Copenhageneze Film, 2011). Sin embargo con base en cifras oficiales de la Dirección General de Planeación, se reportan 554 622 préstamos anuales que distribuidos uniformemente en 180 días de actividades escolares, resultan en una media de 3081 préstamos diarios. Actualmente se cuenta con 5980 [m] de ciclo vía [Figura 17]

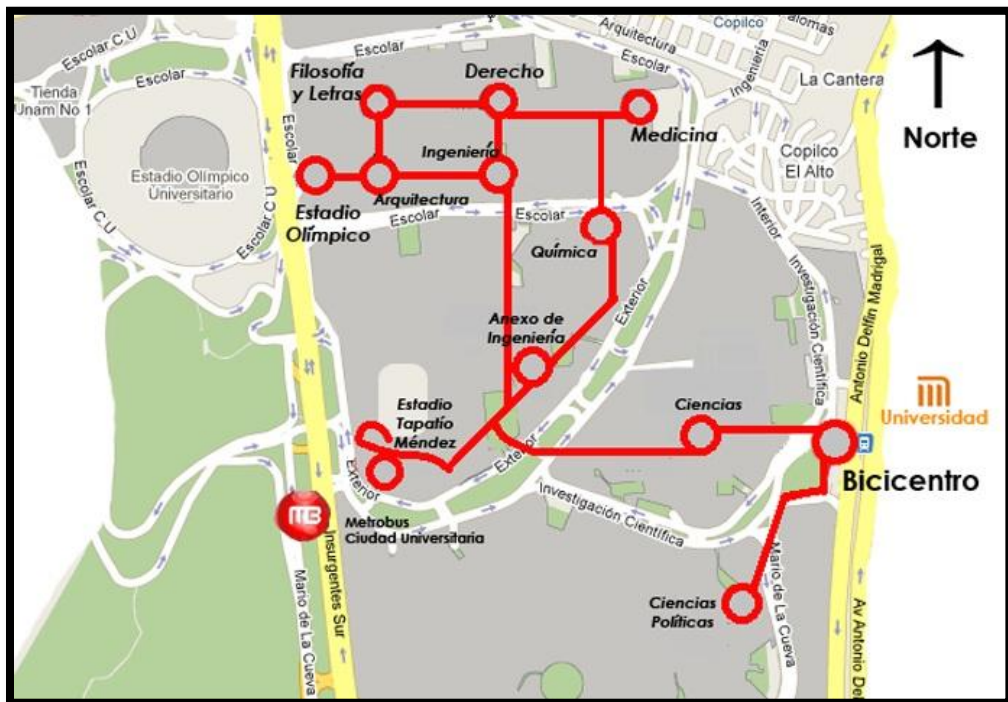


Figura 17: "Ciclo pista - mapa de rutas" (recuperado de DGACU - Bicipuma 2012).

La infraestructura actual, es resultado de implementaciones hechas desde los años noventa; las investigaciones en el tema, han cambiado los parámetros de diseño con el paso del tiempo.

En Transporte Público:

Cuando el campus fue fundado se encontraba a las afueras de la ciudad y la manera para llegar más privilegiada era en automóvil, había una línea de tranvías desde el Zócalo a través de la av. Revolución hasta una estación al costado norte

del estadio olímpico y una serie de autobuses provenientes de toda la ciudad que llegaban al campus. (México Maxico 2009) [Fotografía 12].



**Fotografía 13: Servicio expreso de Transporte C.U. - Taxqueña - Zócalo.**

Los asentamientos irregulares de los trabajadores de la construcción que se asentaron a las orillas y la mancha urbana en general alcanzaron los límites territoriales del campus y para 1983 se inauguran las estaciones de Metro Copilco y metro Universidad que comunicarían al campus con toda la ciudad y para 1984 se instaura un servicio de transporte colectivo dentro del campus, debido a las distancias entre estas estaciones y los puntos destino (Sistema de Transporte Colectivo 2008).

**Fotografía 13: Servicio de autobuses Pumita (elaboración propia).**



Para la década de los noventa el servicio del sistema de transporte interno de la Ciudad Universitaria “Pumita” que contaba con tres rutas de las que se derivaban otras dos, una para la Zona Cultural y otra para el Jardín Botánico. A finales de esta década las derivaciones se concretaron en rutas establecidas y se contaba con 27 autobuses para las cinco rutas que cubría. También se contaba con taller de mantenimiento dentro del campus dónde se le da servicio a todas las unidades de la universidad que sigue en funcionamiento [Fotografía 13].

En el 2008 se implementó el programa “Pumabús” parte del reordenamiento vial en la zona central del campus que consiste en definir un carril exclusivo para autobuses, este programa implementó unidades Mercedes Benz “Céfiro” de pisos bajos y cómodos que recorrían desde el nuevo estacionamiento hasta la zona escolar. Para 2009 se expandió esta modalidad de transporte una línea más para conectar la estación de Metrobús “Ciudad Universitaria” con la zona escolar del campus. (Pumabús 2011; 100 años de la UNAM, Transporte 2010; 100 años de la UNAM; Construcción) [Fotografía 14].

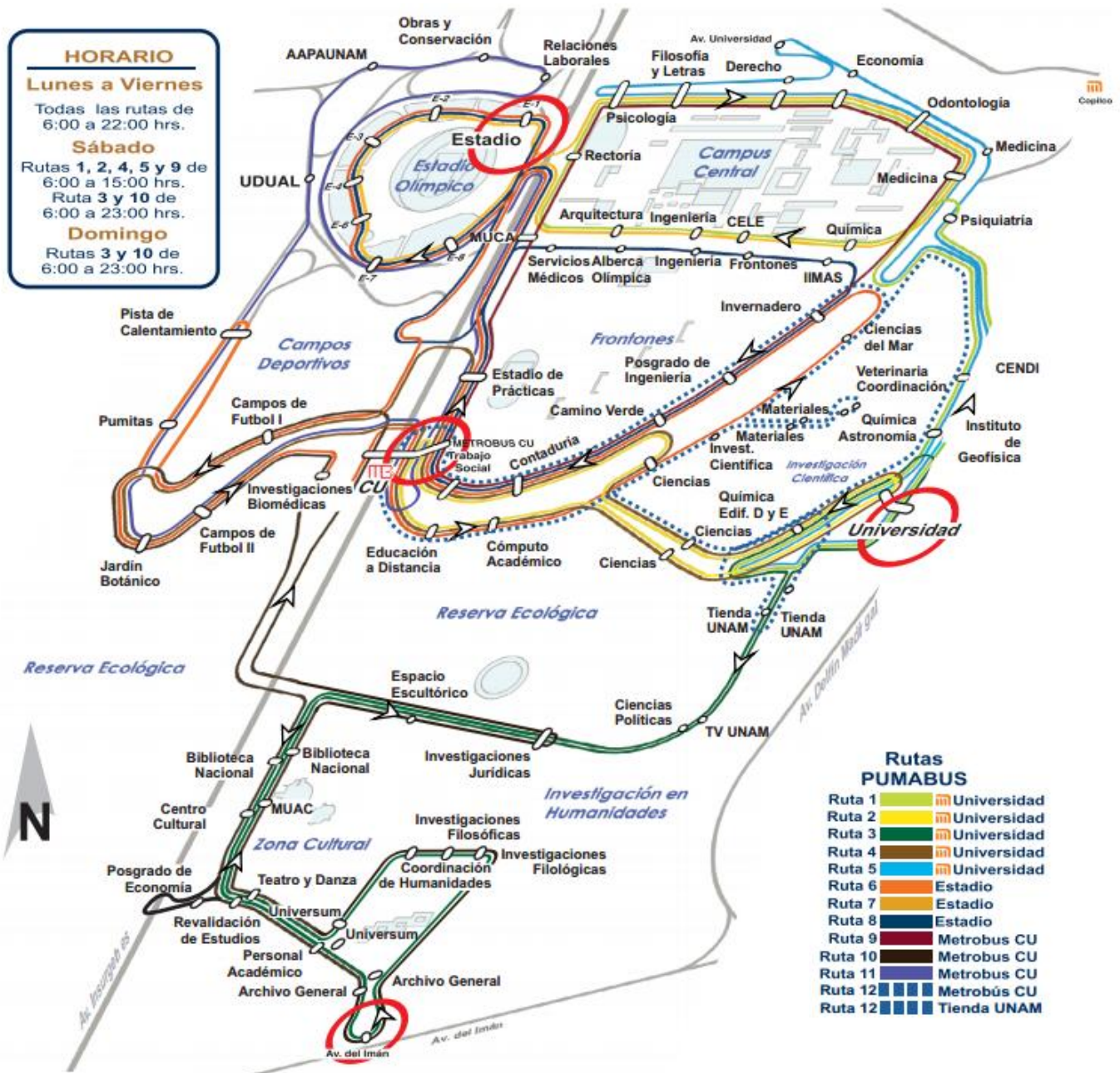
**Fotografía 14: Pumabús Mercedes Benz Céfiro (Pumabús 2011).**



Actualmente el servicio de Pumabús continua en desarrollo y cuenta con más de 68 autobuses de capacidades entre 75 y 90 personas dando servicio a 12 rutas que cubren una longitud de 77 km (99% de los circuitos del campus) de los cuales

el 37% (28,8 km) se circula por un carril confinado como BRT y funcionan en un horario de 6:00 a 22:00 hrs en días laborales y en fines de semana tiene horarios especiales dependiendo de la ruta que se trate (Pumabús 2011) (Memorias UNAM 2011) [Figura 18]

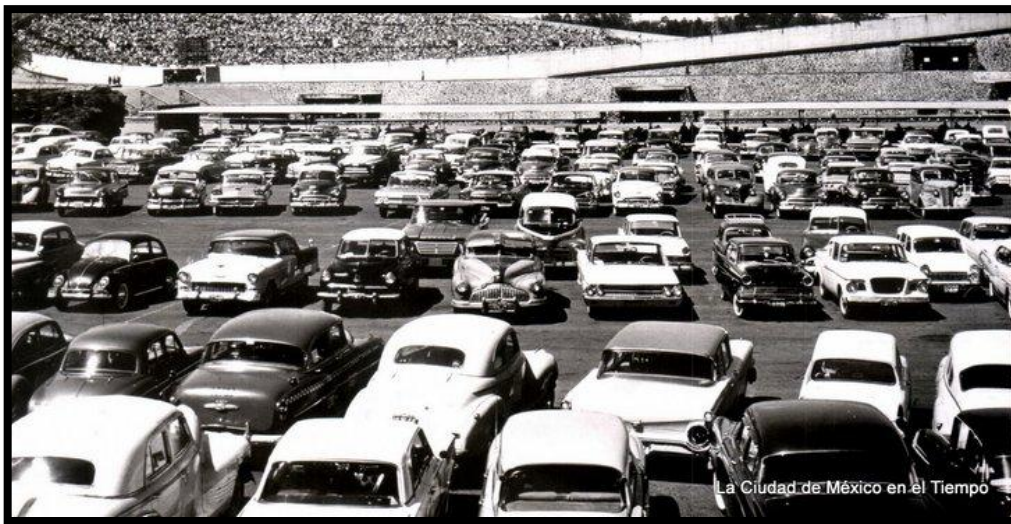
Figura 18: Plano de rutas de Pumabús (recuperado de Pumabús 2012).



En Automóvil:

Para los años 50's el nuevo Campus se encontraba a unos 13 km del centro y a unos nueve kilómetros de la mancha urbana, cerca de dos pueblos, el de Coyoacán y el de San Ángel dónde algunas personas de la época tenían su casa de verano. La planeación original del campus trazó una red vial de flujo continuo sin intersecciones que favorecía a la movilidad en automóvil y los accesos peatonales desde los estacionamientos al centro del campus [Fotografía 15].

Fotografía 15: Estacionamiento del Estadio Olímpico en la década de 1950  
(archivo fotográfico de la DGOyC).



La orientación de diseño de vialidades para vehículos de los años 70's y 80's trajeron la construcción de nuevos circuitos con amplios radios de giro que permiten alcanzar altas velocidades y con banquetas angostas o inclusive vialidades sin banqueta con el mismo sistema de flujo continuo solo que sin una plan peatonal claro (Solares 2008).

En los últimos años con el incremento en la tasa de motorización, en el campus se fueron implementando soluciones improvisadas que convertían pasos peatonales y áreas ajardinadas en lugares de estacionamientos. En los años noventa las soluciones no fueron suficientes y los circuitos universitarios estaban completamente congestionados, registrando velocidades de circulación de menos

de 10 km/h generadas por automóviles mal estacionados como se ve en la **Fotografía 16**. Por lo que en el 2008 se implementó el sistema de estacionamiento remoto en el estacionamiento del estadio, aprovechando los 2 720 lugares de estacionamiento que anteriormente permanecía en desuso por todos los días de la semana y comunicándolo con el campus por medio de el nuevo sistema de autobuses “Pumabús” (Cal y Mayor, 2009).

**Fotografía 16: Circulación automotriz en el 2006 (Cal y Mayor 2007).**



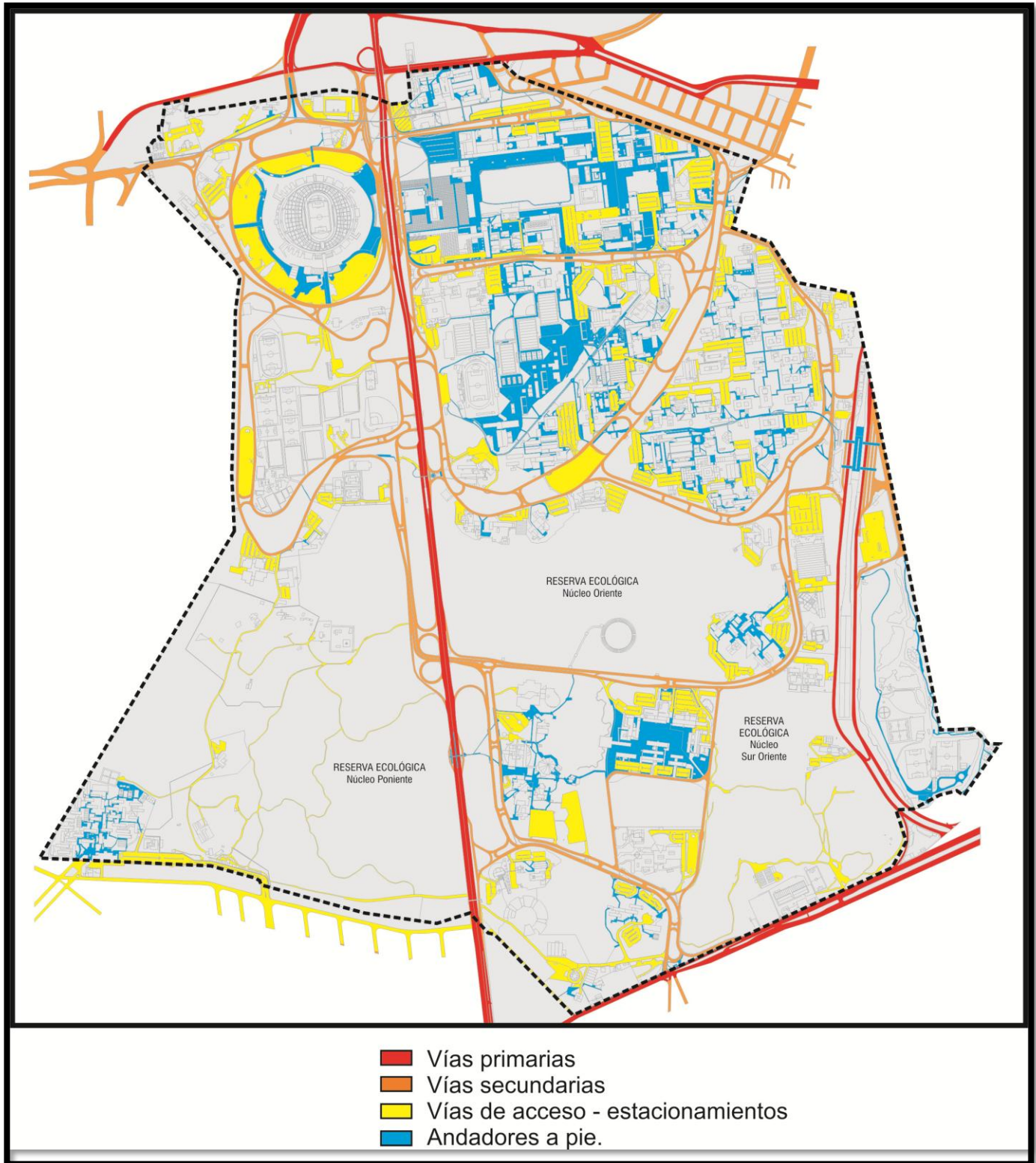
Actualmente la red vial está formada por cinco circuitos viales con una sección transversal de cerca de 10m, con excepción del circuito escolar que tiene nueve metros de ancho. Los circuitos identificados se enuncian a continuación:

- Circuito Escolar.
- Circuito Interior.
- Circuito Exterior.
- Circuito de la Investigación Científica.
- Circuito deportivo.
- Circuito Mario de la Cueva.

De acuerdo con la clasificación del manual de Ciclociudades del ITDP, las vialidades del campus se pueden identificar en esta clasificación y su distribución se muestra en el plano de la **figura 19**.

- Arterias o vías primarias:
  - más de tres carriles
  - Velocidades de más de 60 km/h.
  - Sin estacionamiento lateral.
  
- Colectoras o vías secundarias:
  - entre uno y tres carriles
  - velocidades de menos de 60 km/h.
  - Hay estacionamiento lateral.
  
- Vías de acceso:
  - Carriles sin marcas, dobles sentido.
  - Velocidades de alrededor 30 km/h.
  - Hay estacionamiento a ambos lados.

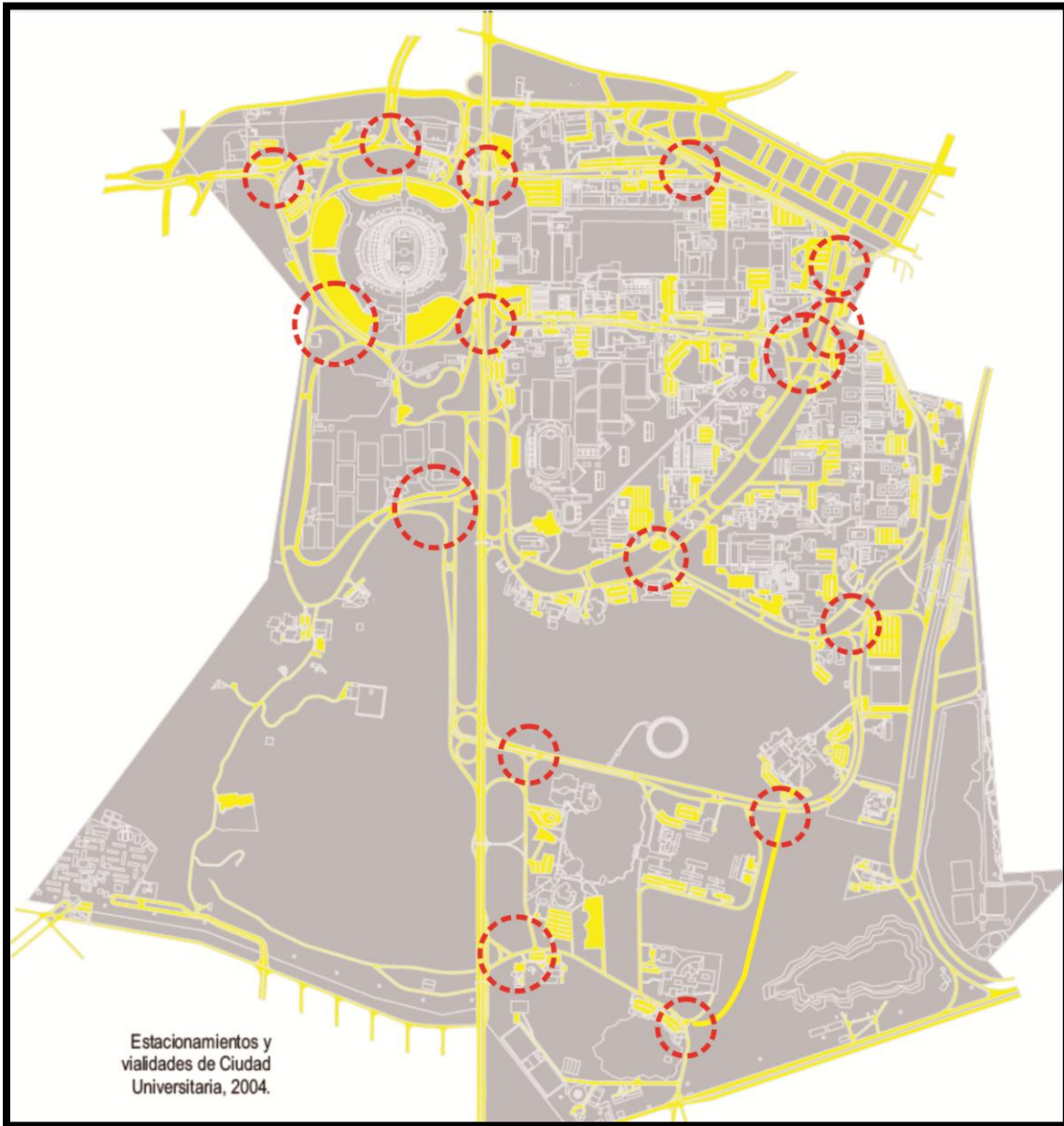
**Figura 19: Clasificación de vialidades en C.U ( Elaboración propia ).**





En el diseño del campus todas las vialidades en el Campus siguen el sistema de flujo continuo con vialidades de un solo sentido evitando intersecciones vehiculares e implementando glorietas alargadas, por medio de retornos y accesos tangenciales y no perpendiculares, lo que complica su permeabilidad a pie o en bicicleta [Figura 20].

**Figura 20: Intersecciones viales dentro del campus (elaboración propia).**



En Taxi:

Al Campus siempre ha sido posible ingresar en taxi y dentro del campus operan desde hace algunos años sitios de taxi regulados informalmente y grupos de taxis colectivos que surgieron como respuesta a la insuficiencia del servicio de transporte colectivo de la Universidad. Actualmente un taxi vacío no puede entrar al campus y a pesar de no haber una regulación formal, fue construida una bahía para abordarlos cerca del metro C.U. [Fotografía 17].

**Fotografía 17: Bahía para Taxis en Metro C.U**  
(adaptado de Google maps).



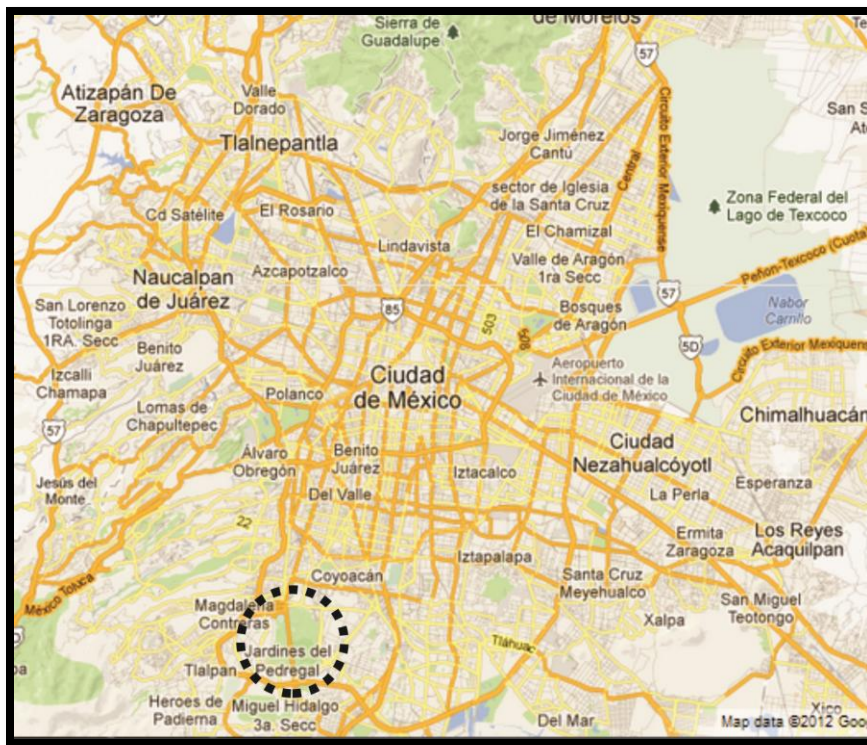


## 2. DIAGNÓSTICO:

En el diagnóstico se delimitará el área de estudio considerando características geo-estadísticas para simplificar su análisis, e identificar los factores físicos como la temperatura y la precipitación, la topografía, áreas verdes y de valor ambiental, el equipamiento urbano, zonas patrimoniales e identificar la traza y las características urbanas en el área de interés.

### a. Delimitación del área de estudio.

La zona de estudio es el Campus de Ciudad Universitaria, éste se encuentra en la delegación Coyoacán en la zona sur del Distrito Federal y a unos 2 280 m.s.n.m. cuyas coordenadas son 19° 19'56,38" de Latitud Norte y 99° 11'18.62" de longitud oeste en el edificio de rectoría [Figura 21].



**Figura 21: Ubicación del Campus Ciudad Universitaria en la Ciudad de México (elaboración propia).**

Como se muestra en la Figura 21, el campus está ubicado en la delegación Coyoacán del Distrito Federal y está delimitado al norte por las avenidas Universidad y la avenida Copilco (Eje 10 Sur), al este la colonia Copilco el bajo,

la colonia de Santo Domingo y la Avenida Delfín Madrigal, al sur por la Avenida del Imán y el Centro Nacional de Pediatría y al oeste por el fraccionamiento Jardines del Pedregal.

## b. Zonificación:

Para facilitar la ubicación en el campus, éste puede dividirse en 8 zonas, en función de las características urbanas presentes en el terreno. Las Reservas ecológicas quedaron fuera de esta zonificación ya que no comprenden características relacionadas con el tema de esta tesis [Figura 22].

La primer zona se encuentra al noreste del campus, en ella se encuentran las facultades de Filosofía y Letras, Derecho, Economía, Odontología, Medicina, Química, Ingeniería y Arquitectura, el Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras, el Centro de Enseñanza para extranjeros, el edificio de Rectoría y el patio central de las islas.

La segunda zona se encuentra en la parte central del campus, en ella se encuentra la facultad de Contaduría y Administración, la Escuela de Trabajo Social y el Anexo de Ingeniería, así como los Instituto de Investigaciones en Matemáticas aplicadas y sistemas y el Instituto de Ingeniería. Así como los frontones, la alberca olímpica y algunos campos deportivos.

La tercer zona comprende a la zona de Institutos de Geología, Geografía, Ciencias Nucleares, Geofísica, Ciencias del Mar y las facultades de Veterinaria y de Ciencias.

La Cuarta zona está ubicada al Este del campus, contiene a la tienda UNAM, la entrada del Metro C.U., el edificio de Bicipuma, la Dirección General de Administración Escolar, El Instituto de Investigaciones Antropológicas, la Filmoteca, el posgrado de Odontología y la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

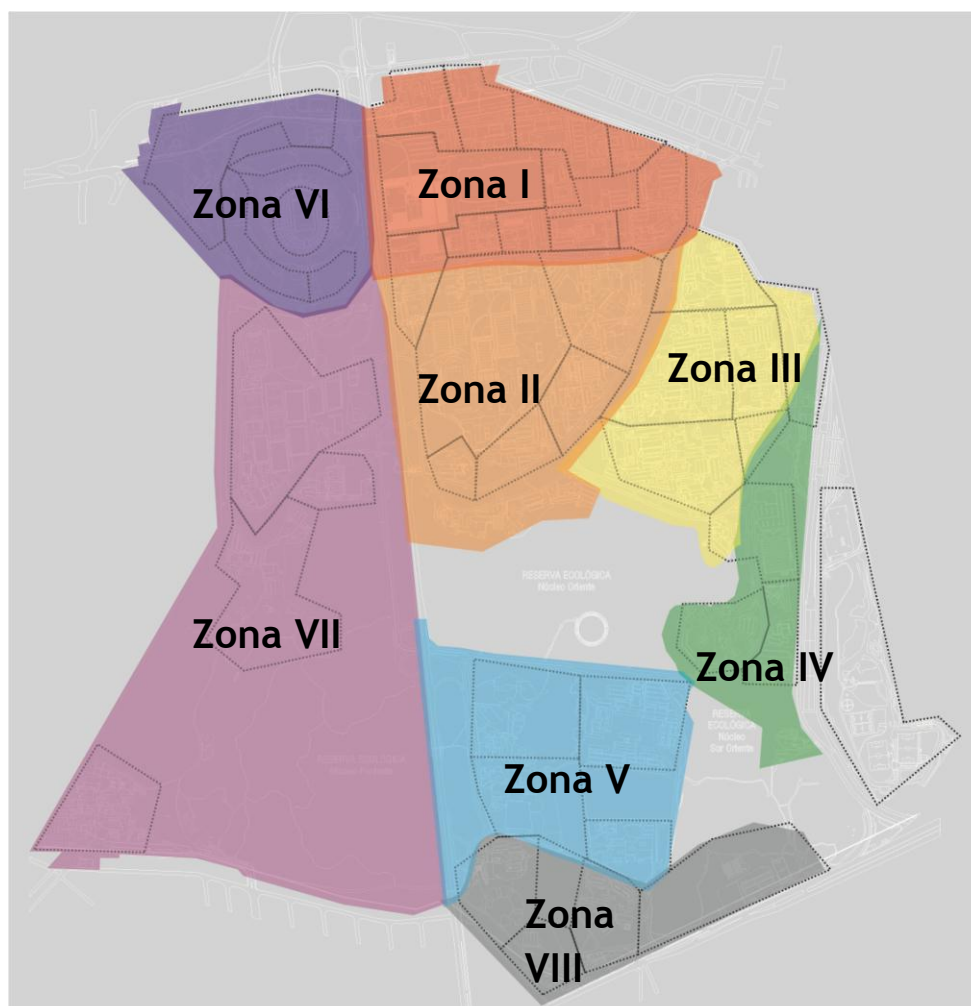
La quinta zona comprende los Institutos de Investigación en Humanidades e investigaciones Filosóficas, el Universum, el Centro Cultural Universitario y la Biblioteca y Hemeroteca Nacional.

La sexta zona está ubicada al noroeste del Campus, conformada por el Estadio Olímpico Universitario, sus estacionamientos que actualmente funcionan como estacionamientos remotos y entidades administrativas como las Direcciones

Generales de Actividades Recreativas y deportivas, de Obras y Conservación y el anexo de la facultad de filosofía y letras.

La séptima zona es la parte suroeste del campus, que comprende al Jardín Botánico, los campos de entrenamiento, los institutos de Biología, Ecología y de Biomédicas, así como la reserva ecológica, la unidad de seminarios y al Colegio de Ciencias y Humanidades Sur.

La Octava zona se encuentra al Sur del campus, comprende a las dependencias del Archivo General de la UNAM, la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios, y la de Personal académico, así como el nuevo edificio de Posgrado de Economía y la Unidad de Posgrados.



**Figura 22: Zonas del campus (elaboración propia).**

El campus es dividido también en zonas de análisis de transporte (ZAT), que corresponden a polígonos que contienen edificios con la misma función, que pertenecen a la misma dependencia o áreas de interés separadas por barreras urbanas [Figura 23].

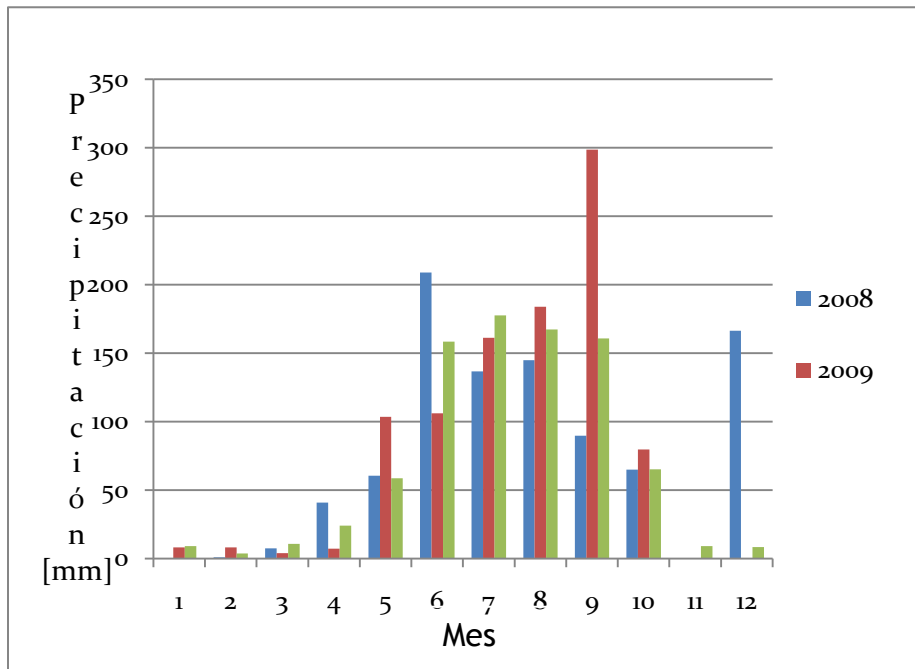


**Figura 23: Zonas de Análisis de Transporte para el Campus (elaboración propia).**

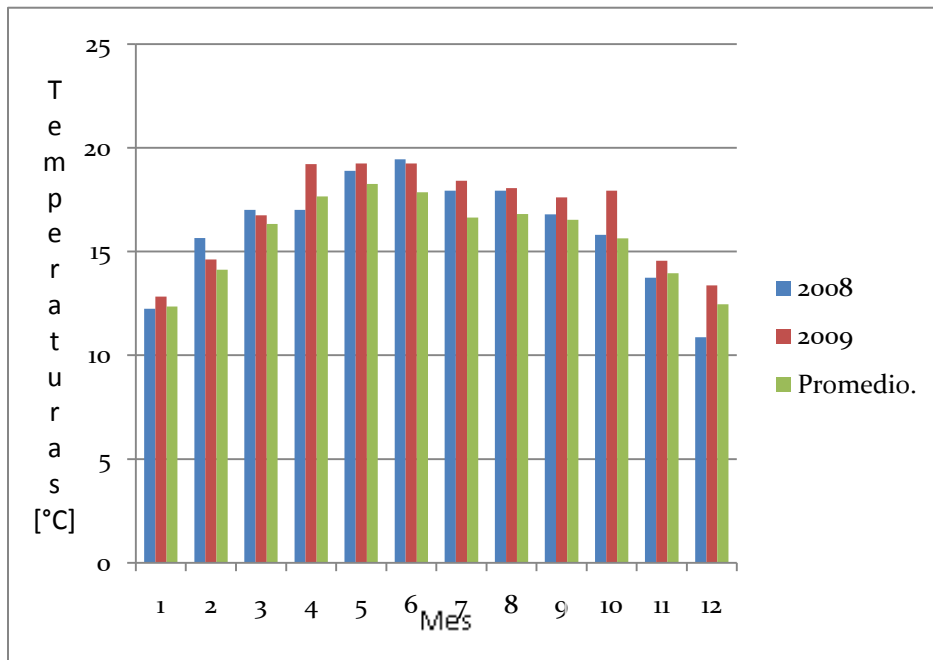


### c. Climatología

La situación climatológica con los datos recabados por la estación climatológica del Colegio de Geografía de la UNAM desde 1963 muestra la distribución mensual en Ciudad Universitaria para los años 2008, 2009 y el promedio de los últimos 50 años que varía de acuerdo con la temporada entre 0 mm hasta los 180 mm de precipitación de acuerdo con la **Gráfica 10** y las temperaturas rondan entre los 10 y 19 °C en promedio como se muestra en la **Gráfica 11**, que son condiciones climáticas ideales para la movilidad en bicicleta. En la ciudad de México, Enero es el mes más frío, alcanzando una temperatura promedio de 12°C y presenta poca lluvia, mientras que el mes más cálido es mayo, alcanzando los 18 °C en promedio. Los meses lluviosos son Junio, Julio, Agosto y Septiembre con una precipitación promedio de más de 150 mm.



**Gráfica 10: Precipitación durante el año en la ciudad de México (elaboración propia con datos del Colegio de Geografía UNAM, 2012).**

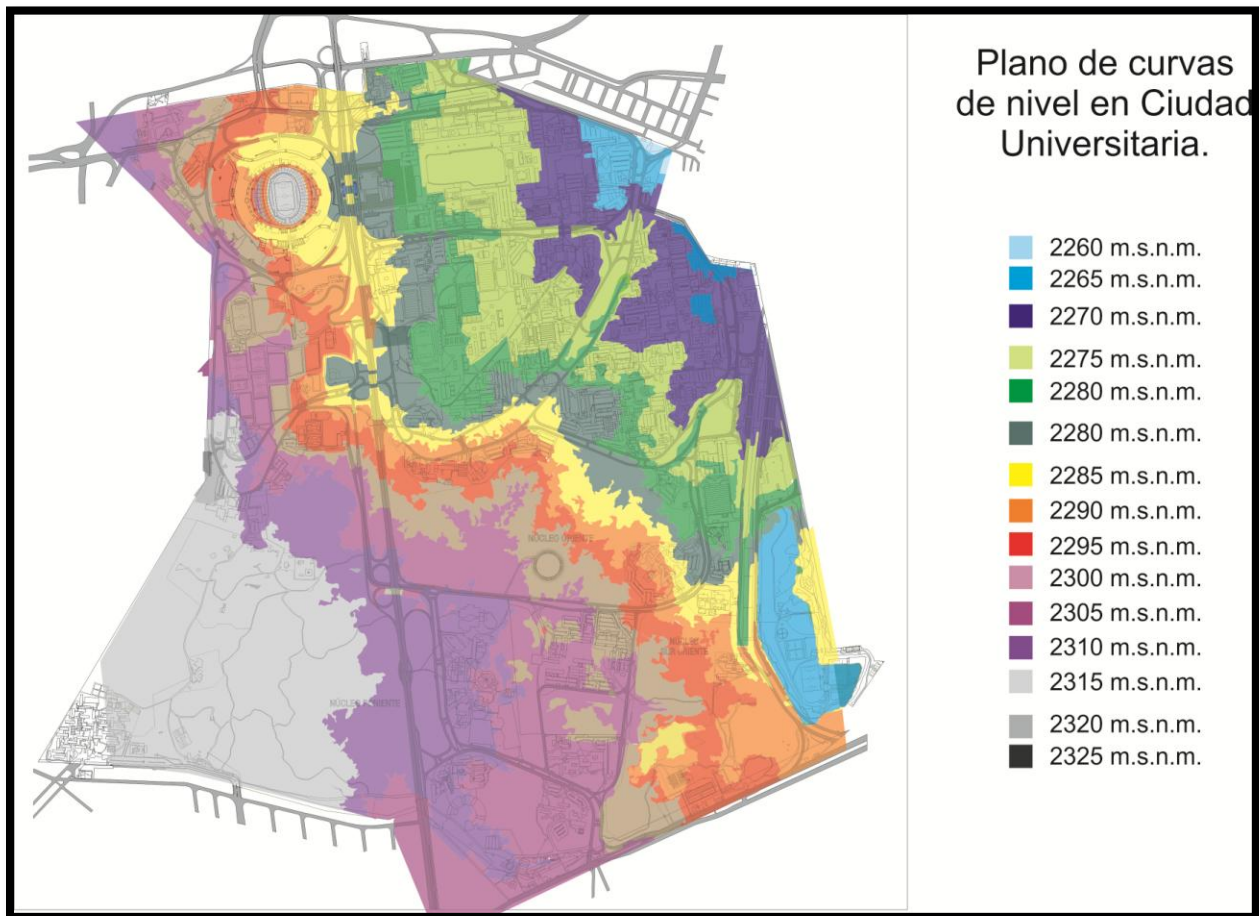


**Gráfica 11: Temperaturas durante el año en la ciudad de México (elaboración propia con datos del Colegio de Geografía UNAM, 2012).**

#### d. Topografía

El campus se encuentra en una zona cubierta de roca volcánica con numerosas grietas y cuevas pero la mayoría del terreno es semiplano con elevaciones entre los 2260 y 2325 m.s.n.m. Las elevaciones más altas se encuentran dentro de la reserva ecológica del pedregal, ubicada al sur poniente, en colores grises en el plano, las zonas más bajas se ubican al nororiente, en color azul claro en la se encuentran en su mayoría de Basaltos provenientes de las coladas de una erupción de lava ocurrida hace cerca de 2 000 años del volcán Xitle, ubicado a unos 40 km hacia el sureste (Secretaría General de Obras del D.F.). Por la variación de elevaciones y pendientes, el terreno del campus puede considerarse en un terreno de lomerío con pendientes suaves. [Figura 24].

**Figura 24: Curvas de nivel en la Ciudad Universitaria (elaboración propia con información de DGOC 2009).**



e. Usos de suelo

El campus de Ciudad Universitaria pertenece a la UNAM, es área con una normatividad muy distinta al territorio nacional, con diversos usos de suelo en su interior, como reservas ecológicas, área comercial, zona habitacional, área verde y áreas de reserva para expansión [Figura 25].

Figura 25: Usos de suelo en la Ciudad Universitaria (DGOC 2009).



**f. Horarios:**

El campus se encuentra abierto al público en general de 6:00 a 22:30 hrs, fuera de estos horarios las facultades y dependencias se encuentran cerradas y el campus mantiene controlado el acceso por la av. Universidad.

El Sistema de Transporte colectivo funciona de 6:30 a 22:00 hrs entre semana con horarios especiales en fin de semana y el sistema de bicis públicas de 6:30 a 16:30 entre semana sin servicio durante los fines de semana de acuerdo con la Dirección General de Servicios Generales.

#### **g. Dependencias Involucradas**

La infraestructura en el campus de Ciudad Universitaria se propone, construye, opera y mantiene por diferentes entidades administrativas, las involucradas en todo el proceso son:

- **Dirección General de Obras y Conservación.** Planea, proyecta y construye las obras de ampliación requeridas para los fines sustantivos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Así como la conservación, rehabilitación y mantenimiento de las edificaciones, espacios abiertos, equipos e instalaciones electromecánicas existentes que forman parte del patrimonio inmobiliario institucional. (DGOOC 2012).
- **Dirección General de Servicios a la Comunidad Universitaria.** Encargada de realizar actividades en el área del arte y cultura, hábitos y valores de autocuidado, participación cívica y orgullo universitario, medio ambiente y entorno ecológico para complementar la formación y estimular la creatividad de los alumnos. Coordina el sistema de bicicletas públicas del campus de Ciudad Universitaria “Bicipuma” (DGACU 2012).
- **Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas.** Realiza actividades relativas a la práctica del deporte y al empleo del tiempo libre que se llevan a cabo en la UNAM (DGADyR 2012).
- **Grupo Ciclista Biciunámonos.** Grupo de investigadores, académicos, trabajadores, alumnos y ex alumnos de la UNAM, cuya misión es la difusión de la cultura del ciclismo urbano a través de actividades como pláticas, cursos de ciclismo urbano, salidas guiadas a los alrededores de Ciudad Universitaria, etc. (Biciunamonos.org 2012).

- **Proyectos especiales de la Facultad de Arquitectura.**  
Coordinación de proyectos que consolidan a la facultad de Arquitectura a la vanguardia académica y vinculación entre los estudiantes, académicos y profesionales. (F.A. UNAM 2012).
- **Dirección de Facultades, Institutos o centros involucrados.**  
Cuando la infraestructura a implementar se encuentra en terreno de alguna dependencia, dicha dependencia debe estar al tanto del proyecto y ser considerada en la toma de decisiones del mismo.

#### h. Estructura demográfica

La población total que visita el campus de Ciudad Universitaria se estima en 280 000 personas diarias en el estudio de movilidad de Cal y Mayor (Cal y Mayor, 2009). Los estudiantes inscritos en los programas de las facultades e institutos y centros de investigación suman 123 371 y el personal académico comprendido por Investigadores de carrera, profesores de asignatura, técnicos académicos de docencia y de investigación y otros suman unos 25 237 (Dirección General de Administración Escolar UNAM, 2011; Dirección General de Personal UNAM, 2011). El personal administrativo total en el campus suma 27 120 personas (DGPL 2012), que en este reporte se distribuyen en cada facultad en una proporción igual al valor medio de la proporción de estudiantes y la proporción de académicos en cada dependencia. Los cerca de 100 000 restantes estimados está comprendido por visitantes ocasionales o de paso en los que este reporte no se concentrará [Tabla 8].

**Tabla 8: Tipo de población que ingresa por los accesos sin automóvil (Elaboración propia con información de Escobosa et. Al. Y Dirección General de Personal UNAM, 2011).**

Población	Cantidad	Porcentaje
Facultades	142037	81%
Institutos y otras dependencias	6571	4%
Personal Administrativo	27120	15%
Total	175728	100%

De acuerdo con la Dirección General de Planeación, la población en facultades para los años de 2010 - 2011 en el campus está distribuida de la siguiente manera, dónde se aprecia que la Facultad de Contaduría y Administración tiene la mayor cantidad de alumnos y académicos con un total de 18 703, seguida por la Facultad de Filosofía y Letras, Medicina, Derecho e Ingeniería con entre 14 500



y 16100 visitantes que comprenden las facultades con la mayor población.  
[Tabla 9].

**Tabla 9 : Población por entidad académica,  
(Elaboración propia con información de: Dirección General de Personal UNAM 2011)**

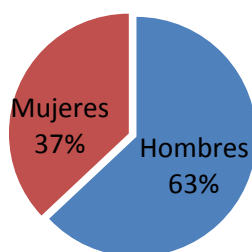
UNAM			
POBLACIÓN ESCOLAR CAMPUS CIUDAD UNIVERSITARIA			
2010-2011			
Dependencia	Estudiantes	Académicos	TOTAL
Facultad de Contaduría y Administración	17,113	1590	18703
Facultad de Filosofía y Letras	12,689	3406	16095
Facultad de Medicina	14,586	829	15415
Facultad de Derecho	13,549	1415	14964
Facultad de Ingeniería	13,262	1308	14570
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	9,850	2077	11927
Facultad de Arquitectura	7,083	2451	9534
Facultad de Ciencias	7,088	1648	8736
Facultad de Química	7,182	1149	8331
Facultad de Economía	4,744	2016	6760
Institutos y centros de investigación	2,032	3147	5179
Facultad de Psicología	4,405	956	5361
Facultad de M.V.Z.	3,479	866	4345
Facultad de Odontología	3,371	590	3961
Escuela Nacional de Trabajo Social	2,938	397	3335
Otras dependencias		1392	1392
<b>T O T A L</b>	<b>123,371</b>	<b>25,237</b>	<b>148608</b>

**i. Sensibilidad de población objetivo:**

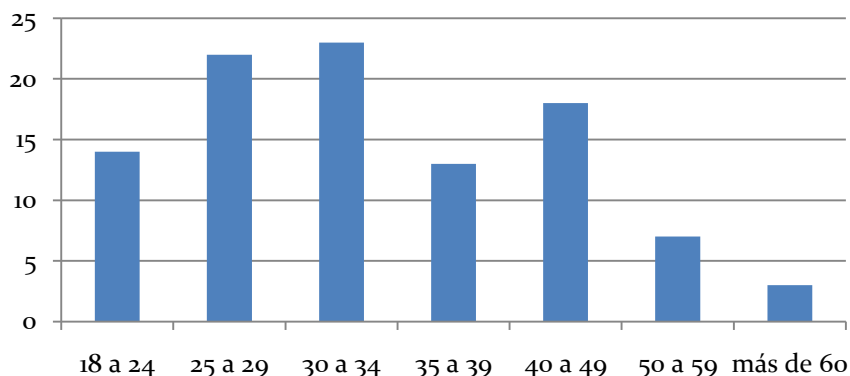
Los usuarios potenciales son quienes se pretende que cambien de modo hacia la bicicleta, es por ello que la infraestructura implementar debe ser diseñada con sumo cuidado. Hay estudios que sugieren que los usuarios regulares de la infraestructura actual califican de forma negativa la experiencia del uso de la por problemas asociados al diseño de la infraestructura como la interacción peatón - bicicleta, topes, mantenimiento, entre otros (Vázquez 2013).

Basado en la encuesta de Ecobici del 2012, define que el 63% de sus usuarios son hombres y el 37% mujeres, la edad de la mayoría de los usuarios ronda entre los 25 y los 34 años que puede deberse a el programa que se encuentra en una zona comercial de oficinas [Gráfica 12 y 13].

**Gráfica 12: Reparto de usuarios de Ecobici en orden al género (adaptado de Ecobici 2012).**

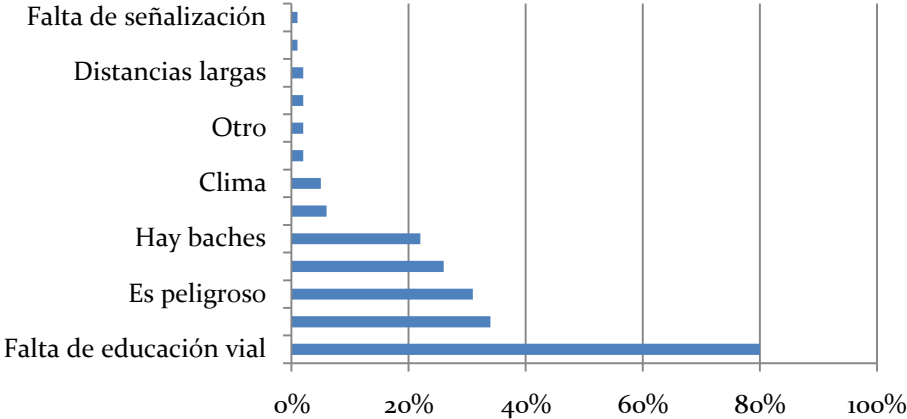


**Gráfica 13: Distribución de edades de usuarios de Ecobici (adaptado de Ecobici 2012).**



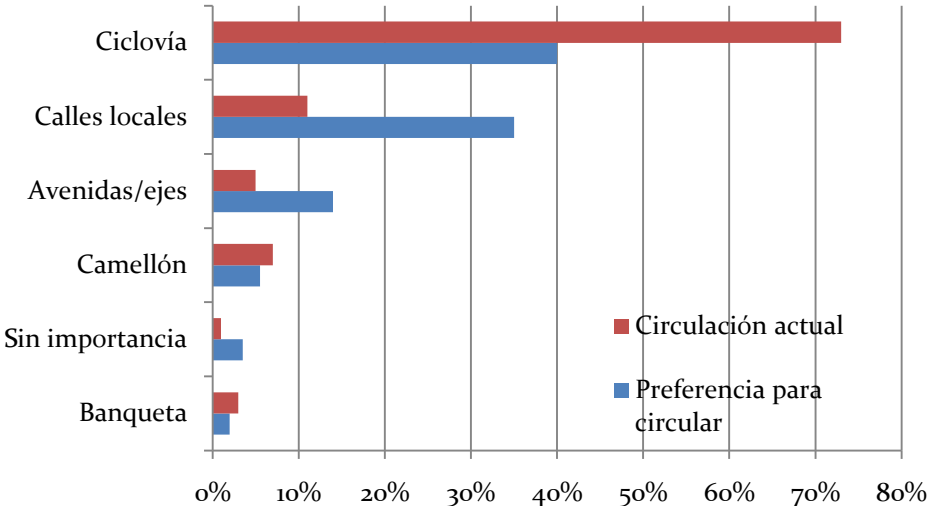
Los usuarios consideran que su calidad de vida ha mejorado y encuentran las mayores dificultades para andar en bici a la interacción con automóviles y falta de infraestructura como la falta de educación vial, demasiado tráfico, falta de ciclovías, etc. [Gráfica 15]

**Gráfica 15: Dificultades para andar en bicicleta**  
(adaptado de Ecobici 2012).



También muestran una clara preferencia por la circulación en ciclovías y calles locales, por las que no circulan o circulan a bajas velocidades los automóviles, cuestiones muy relevantes para la implementación de más infraestructura de este tipo en el campus. [Gráfica 15]

**Gráfica 15: Vía de circulación de usuarios de Ecobici, actual y preferente** (adaptado de Ecobici 2012).



## **j. Análisis de Movilidad**

Para la realización de este reporte se usó el tratamiento de información utilizado en la tesis de licenciatura “Análisis y evaluación de alternativas de transporte para Ciudad Universitaria”, del Ing. Escobosa et. Al. con los resultados de los aforos viales y peatonales publicados en el documento “Recomendaciones para mejorar el Sistema de Transporte Colectivo de CU”, realizado en abril de 1995 por la empresa Ingeniería de Tránsito y Transportes S.A., los resultados del estudio “ajuste de operación del sistema de semáforos” realizado en mayo del 2011 por la empresa Cal y Mayor y Asociados e información actualizada de la Dirección General de Planeación de la UNAM.

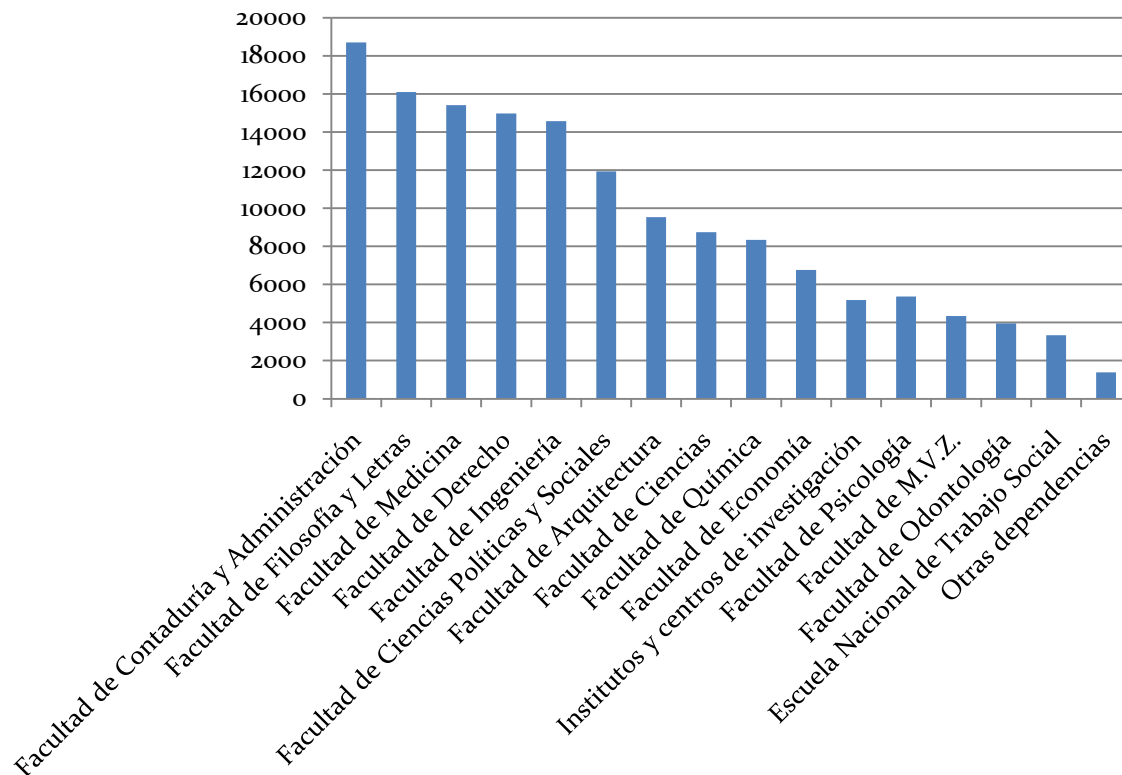
En análisis de movilidad presentado comprende la distribución espacial de la población dentro del campus, los accesos existentes, la manera en la que se puede ingresar y la repartición de los ingresos para cada uno, las líneas de deseo trazadas por los viajes de los visitantes del campus y su comportamiento horario, así como el comportamiento horario de estos flujos y el reporte de los aforos para el ajuste de operación del sistema de semáforos.

## 1. Distribución espacial de la población

No existen estudios que registren el volumen detallado, la distribución espacial ni el patrón de comportamiento de la demanda dentro del campus. Un análisis de la distribución de la población queda fuera de los alcances de este reporte, sin embargo, con base en las fuentes anteriormente mencionadas, se hace una aproximación del comportamiento de la demanda en Ciudad Universitaria de manera más adecuada.

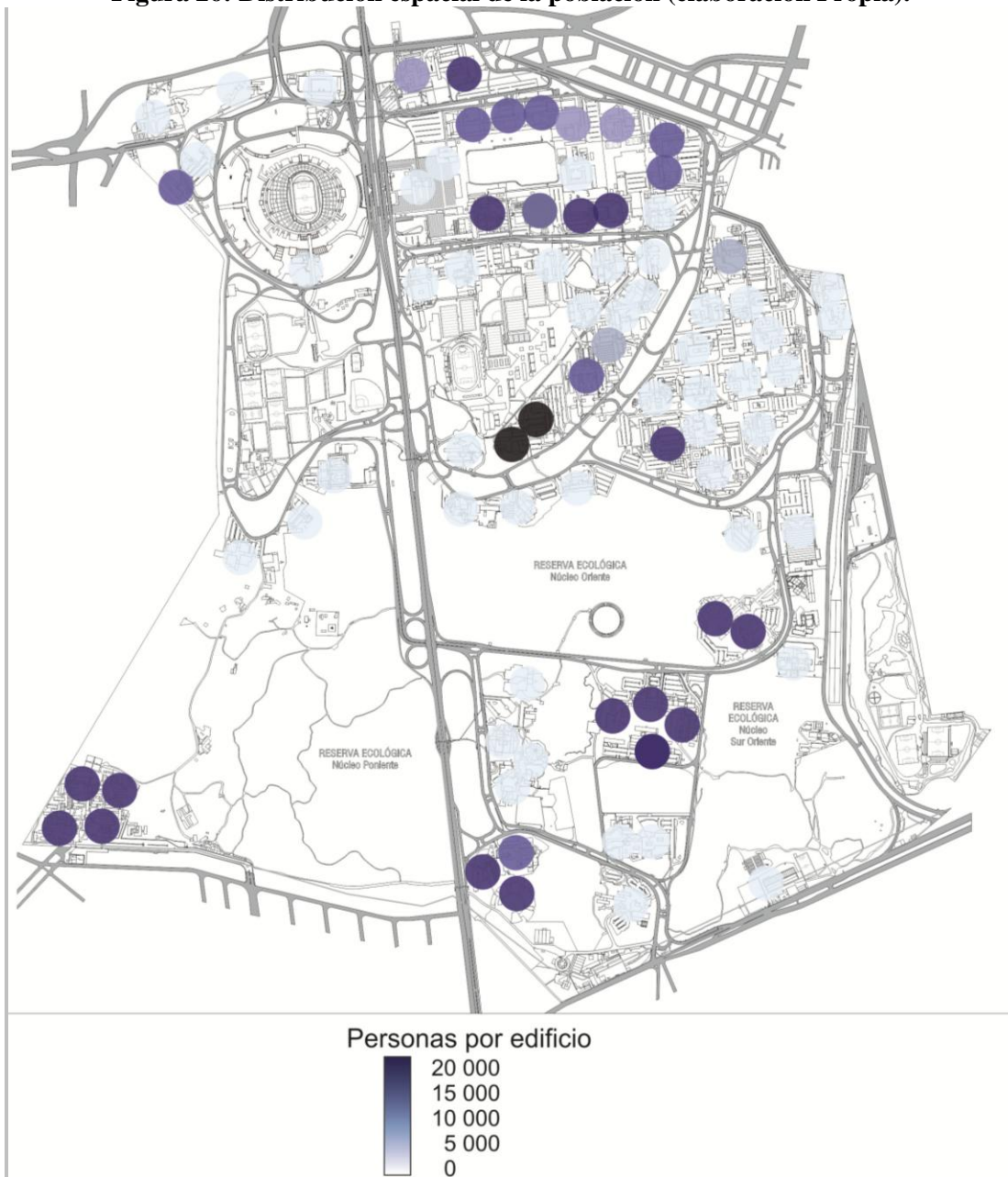
La población estudiantil y el personal académico se considera en las facultades, ya que ahí desarrollan principalmente sus actividades. Como se vio en el subcapítulo 2.g el personal administrativo se considerará distribuido uniformemente en las dependencias de las ocho zonas del campus en función de la superficie construida.

**Gráfica 16: Gráfica de población total por entidad académica**  
(adaptado de Dirección General de Personal UNAM 2011).



La distribución espacial de la población en el campus se muestra en la **Figura 26** donde se aprecia que la mayor concentración se encuentra en la zona I y II, correspondientes a las facultades aunque también hay importantes poblaciones en la zona V ya que se encuentra la nueva Unidad de Posgrado y el Posgrado de Economía, la zona VII también resalta ya que ahí se encuentra ubicado el CCH Sur [Figura 26].

**Figura 26: Distribución espacial de la población (elaboración Propia).**



## 2. Distribución de accesos al campus

Actualmente el campus universitario tiene 15 accesos, ubicados como muestra el plano de la **figura 27** algunos de ellos fueron concebidos desde su diseño original y otros han sido implementados a través de los años, actualmente la manera en que es posible el acceso al campus se muestra en la **Tabla 10** basada en la investigación de campo del prestador de servicio:

**Tabla 10: Facilidades dedicada a cada modo de transporte en los accesos del campus (elaboración propia).**

	Acceso	Banqueta	Rampas accesible	Bicicleta	Transporte Público				Automóvil Particular	Taxi
					Metrobús	Metro	Trolebús	Autobuses		
1	J. Botánico - CCH	sí	sí	no				no	no	no
2	Av. San Jerónimo	no	no	sí				no	sí	sí
3	Av. Revolución	sí	no	sí				sí	sí	sí
4	Eje 10- estadio	sí	no	no			sí	sí	sí	sí
5	Psicología	sí	no	sí	sí			no	sí	sí
6	Av. Universidad	sí	no	sí				sí	sí	sí
7	Calle de Comercio y Administración	sí	no	no			sí	sí	no	no
8	Copilco	sí	no	no		sí		sí	no	no
9	Cerro del Agua	sí	no	sí		sí		sí	sí	sí
10	Metro C.U.	sí	no	no		sí		sí	sí	sí
11	Av. de la Imán	sí	no	sí				sí	sí	sí
12	Posgrado de Economía	sí	sí	sí					sí	sí
13	Centro cultural	sí	sí	sí	sí				sí	sí
14	Metrobús C.U.	sí	sí	sí	sí				sí	sí
15	Servicios Médicos	no	sí	sí					sí	sí

**Figura 27: Accesos al campus de Ciudad Universitaria**  
(elaboración propia).



Este reporte se concentra en los accesos por los que las personas pueden llegar en cualquier modo que no sea el automóvil particular, ya que harían el cambio de modo en algún estacionamiento del campus. Por ello, los estacionamientos remotos del estadio olímpico son considerados estaciones de transferencia. La encuesta Ecobici, muestra que el 67% de los encuestados que realizan su viaje en transporte público



estaría dispuesto a cambiar de modo a la bicicleta, comparado con el 54% de usuarios dispuestos a dejar el automóvil.

En la tesis del Ing. Escobosa et. Al. Se realizaron encuestas directas sobre el modo de transporte utilizado por la población de cada entidad en el campus, que arroja como resultado que el 79% de la población en las facultades utiliza el transporte público e ingresa por los accesos de interés, mientras que del personal administrativo solo el 35% lo hace y de la población en institutos y otras dependencias solo el 10% lo utiliza.

**Tabla 11: Participación de la población en los accesos del campus.**  
(Elaboración propia con información de DGPL 2011 y Escobosa Et. Al.)

Población	Cantidad	Participación en accesos de interés
Facultades	142 037	79%
Institutos y otras dependencias	6 571	10%
Personal Administrativo	27 120	35%
Total de ingresos sin vehículo	175 728	69%

La **tabla 11** muestra la distribución de población de interés que ingresa por cada acceso. Cabe resaltar que el acceso del metro Universidad es por donde ingresa la mayor parte con un 31,2 por ciento de los ingresos totales, seguido por el acceso del Metrobús Ciudad Universitaria, con 10,5 por ciento, los accesos de Medicina y Odontología con el 8,9 por ciento y el Acceso de Av. Universidad con un 7 por ciento. Cabe agregar que aparentemente nadie entra por el acceso de la Av. San Jerónimo, Av. Del Imán, por el Posgrado de Economía ni por Servicios Médicos, lo cual se debe a que no existe la infraestructura como autobuses, Pumabús, Bicipuma, etc. para llegar o moverse en otro modo dentro del campus desde ese punto. El reparto de ocupación de los accesos del Campus se indican en la **tabla 12** y de forma gráfica en la **Figura 28**.

**Tabla 12: Distribución porcentual del uso de los accesos  
(elaboración propia con información de Escobosa et. Al.).**

	<b>Acceso</b>	<b>Porcentaje</b>
1	J. Botánico - CCH	1,4%
2	Av. San Jerónimo	
3	Av. Revolución	0,6%
4	Eje 10- estadio	2,8%
5	Psicología	1,8%
6	Av. Universidad	7,0%
7	Calle de Dr. Margain y CUC	0,7%
8	Medicina y Odontología	8,9%
9	Cerro del Agua	4,4%
10	Metro Universidad	31,2%
11	Av. de la Imán	
12	Posgrado de Economía	
13	Centro cultural	0,5%
14	Metrobús C.U.	10,5%
15	Servicios Médicos	
	<b>Total en accesos de interés</b>	<b>69.6%</b>
	<b>En auto por los accesos restantes</b>	<b>30,4%</b>

**Figura 28: Concurrencia de los accesos**  
 (Elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al.).



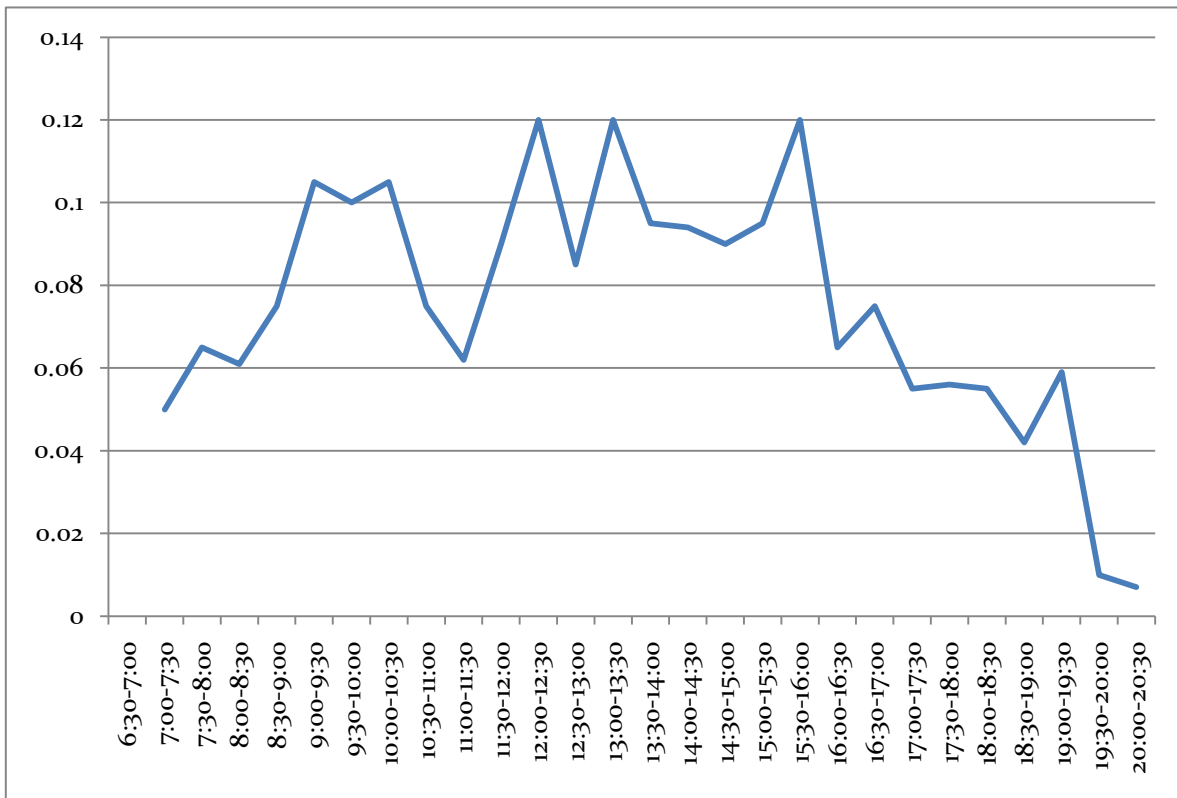
Ingresos por acceso



### 3. Comportamiento horario de la demanda

Los niveles de demanda crítica se tomaron de la tesis del Ing. Escobosa et. Al. Quienes medio de aforos en el acceso del metro Universidad determinaron al periodo de máxima demanda (PMD), aforando ingresos y salidas de personas del campus durante un día normal y concluyeron que el periodo de máxima demanda es de (15:30 - 16:00) que representa un flujo de 6 929 personas en esa media hora, 4% de la población total [Gráfica 17].

**Gráfica 17: Comportamiento horario de la demanda**  
(elaboración propia con información de Escobosa et. al.).



#### 4. Definición de líneas de deseo:

Las líneas de deseo indican el origen y destino de los viajes de la población, éstas fueron trazadas de acuerdo con los resultados del documento “Recomendaciones para mejorar el Sistema de Transporte Colectivo de C.U.” durante el periodo de máxima demanda, definido de (15:30 a 16:00) con 6 929 personas.

Las líneas de deseo pueden ser expresadas de manera matricial como muestra la **tablas 13 y 14** o de manera gráfica con líneas sobre un plano como muestran las **figuras 29, 30 y 31**.

**Tabla 13: Distribución de la demanda máxima desde accesos a facultades y zonas (elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al).**

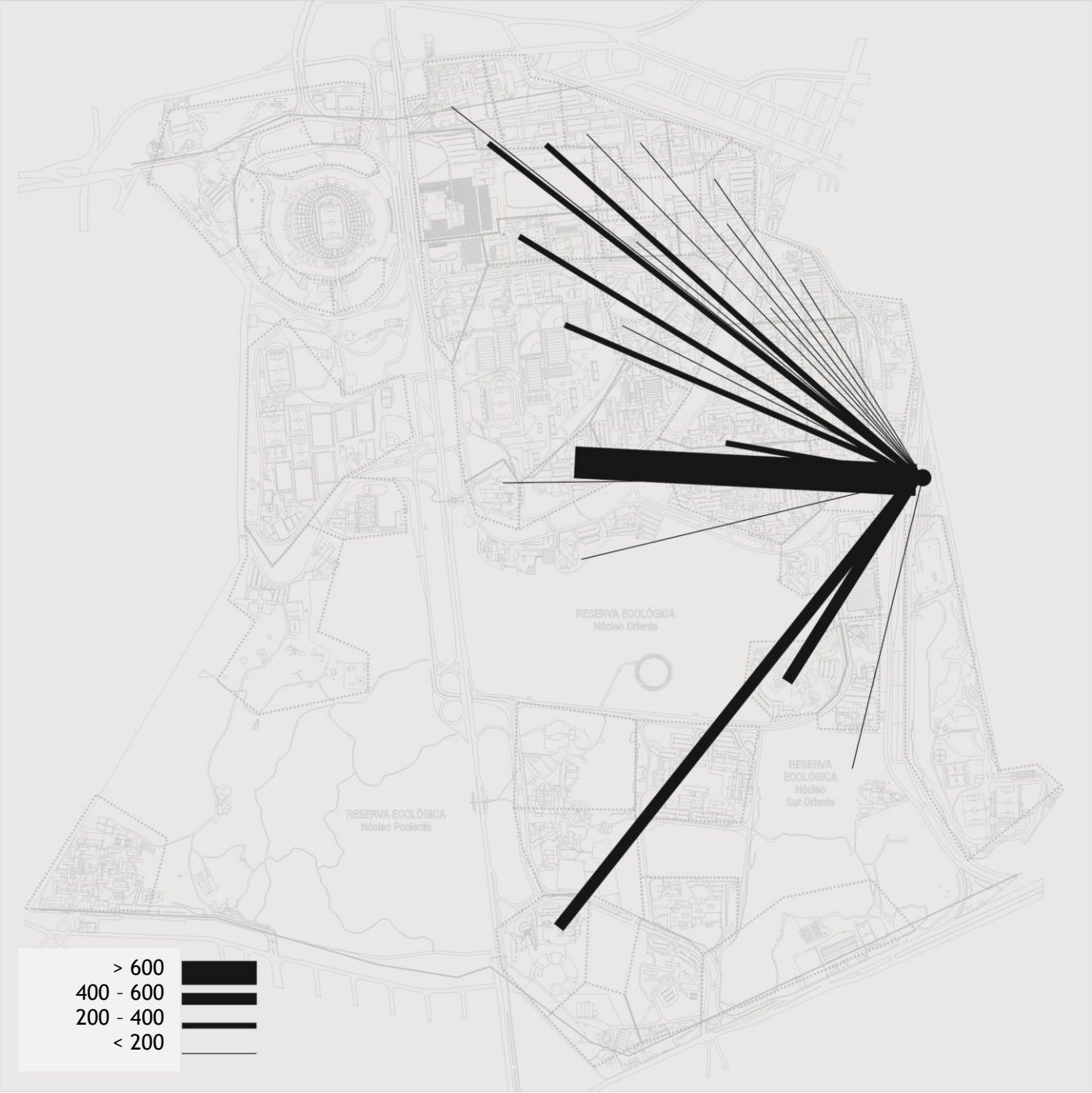
Origen		1	2	3	4	5	6	7	8
Destino		CCH	SnJ	Rev	10est	Psi	Uni	CUC	Med
Contaduría		0	0	0	0	0	0	0	0
C. Políticas		0	0	0	0	0	0	0	0
Arquitectura		0	0	0	93	69	35	0	79
Química		0	0	0	0	48	25	42	0
Ingeniería		0	0	0	0	83	57	0	125
Medicina		0	0	0	0	0	6	6	0
Filosofía		0	0	0	0	23	265	0	0
Derecho		0	0	0	0	48	74	47	55
Ciencias		0	0	0	0	0	0	0	0
Anexo de Ingeniería		0	0	0	0	0	0	0	0
Odontología		0	0	0	0	0	0	0	227
T. Social		0	0	0	0	0	0	0	0
Economía		0	0	0	13	11	34	0	43
Veterinaria		0	0	0	0	0	0	0	0
Psicología		0	0	0	0	0	51	0	0
Zona i		0	0	0	0	69	163	0	195
zona ii		0	0	0	0	0	0	0	0
zona iii		0	0	0	0	0	0	0	0
zona iv		0	0	0	0	0	0	0	0
zona v		0	0	0	0	0	0	0	0
zona vi		0	0	129	0	0	0	0	0
zona vii		0	0	0	0	0	0	0	0
zona viii		0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 14: Continuación de la tabla de distribución de la demanda máxima desde accesos a facultades y zonas (elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al).**

Origen	9	10	11	12	13	14	15
Destino	Cerro	M.C.U.	Imán	Posg	CCU	Mbus	Serv.M
Contaduría	11	867	0	0	0	280	0
C. Políticas	0	662	0	0	0	25	0
Arquitectura	0	177	0	0	0	156	0
Química	261	50	0	0	0	95	0
Ingeniería	0	50	0	0	0	136	0
Medicina	250	25	0	0	0	0	0
Filosofía	0	152	0	0	0	0	0
Derecho	0	151	0	0	0	0	0
Ciencias	0	205	0	0	0	74	0
Anexo de Ingeniería	0	76	0	0	0	100	0
Odontología	0	7	0	0	0	0	0
T. Social	0	72	0	0	0	106	0
Economía	0	27	0	0	0	0	0
Veterinaria	0	25	0	0	0	31	0
Psicología	0	7	0	0	0	0	0
Zona i	0	0	0	0	0	0	0
zona ii	0	114	0	0	0	0	0
zona iii	0	80	0	0	0	0	0
zona iv	0	91	0	0	0	0	0
zona v	0	38	0	0	38	0	0
zona vi	0	0	0	0	0	0	0
zona vii	0	0	0	0	0	0	0
zona viii	0	331	0	0	44	0	0

Con apoyo en los planos de las figuras 29, 30 y 31 se puede apreciar que desde el acceso de metro Universidad y desde los accesos en la av. Insurgentes Sur correspondientes a estaciones de Metrobús, se generan viajes distribuidos hacia todo el campus. Mientras que los viajes generados en accesos peatonales se dirigen hacia lugares más próximos a ellos. Cabe agregar que este ejercicio se realizó anterior a la implementación de los estacionamientos remotos del estadio, por lo que se debe de considerar al hacer la propuesta.

**Figura 29: Distribución gráfica de la demanda desde el acceso de la estación de metro Universidad (elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al.).**



**Figura 30: Distribución gráfica de la demanda desde los accesos en la Av. Insurgentes Sur (elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al.).**





**Figura 31: Distribución gráfica de la demanda desde los accesos del noroeste del campus (elaboración propia con datos de Escobosa Et. Al.).**



### 5. Velocidades y aforos vehiculares:

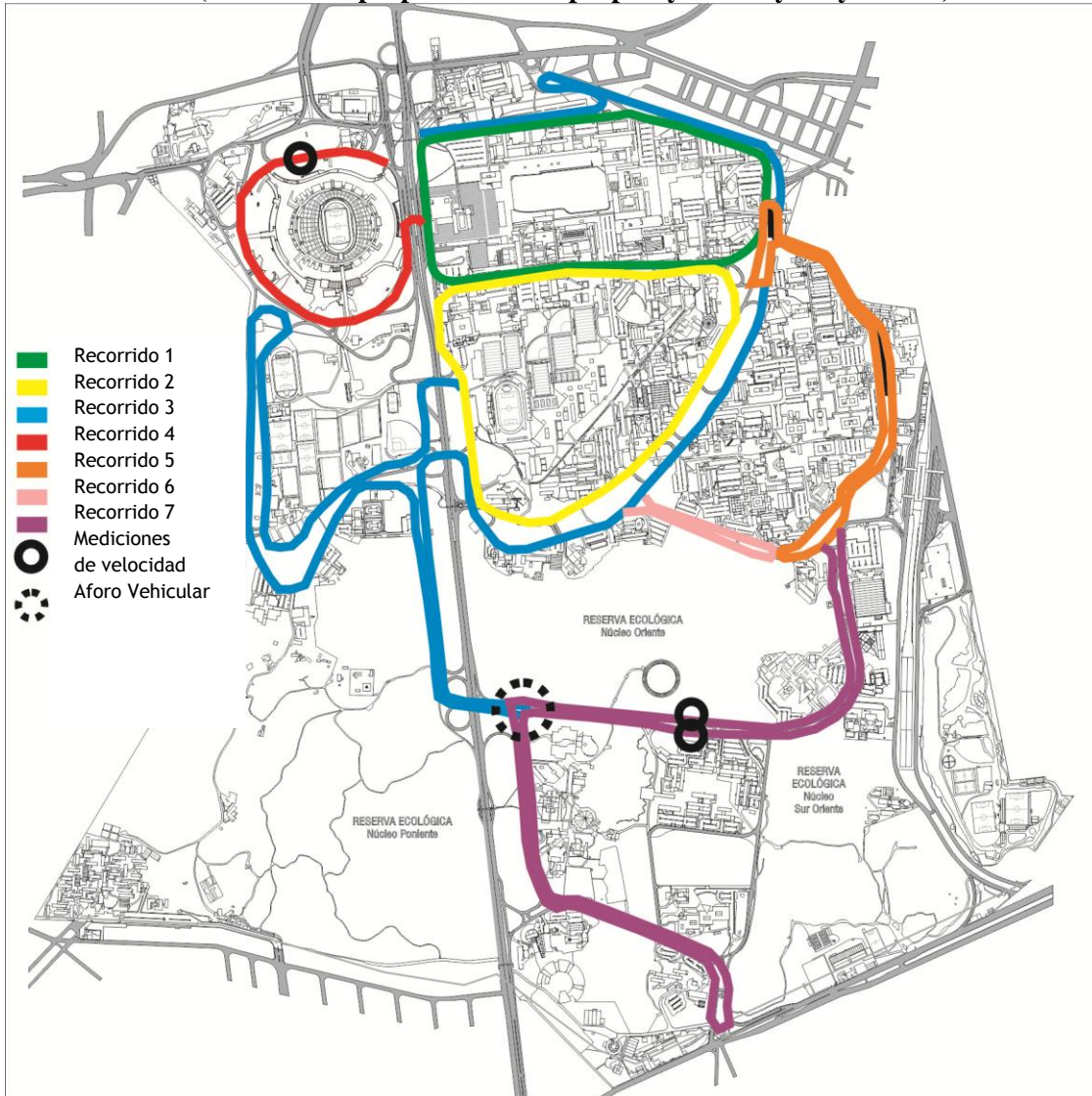
El análisis de movilidad de Cal y Mayor realizó en 2011 algunas mediciones de velocidades vehiculares a través de recorridos con diversas trayectorias en la hora pico y en la hora valle. Pueden apreciarse casos en donde la velocidad promedio es de cerca de 40 km/h máximo establecido por la normatividad del campus, que significa que en algún momento se circuló a una velocidad menor y a una velocidad mayor a los 40 km/h, indicando que es posible el infringir el reglamento de tránsito [Tabla 15 y figura 32]

El prestador de servicio realizó mediciones de velocidades en puntos característicos del campus donde se perciben altas velocidades. En el punto del recorrido 4 se registraron velocidades de alrededor de 63 km/h, así como en los puntos del recorrido 7 en sentido este con velocidades de 67 km/h y en sentido oeste con velocidades registradas de 34 km/h, las primeras dos sobrepasando considerablemente los límites seguros para circular en una zona escolar. [Figura 32]

**Tabla 15 : Velocidades promedio de recorridos vehiculares  
[Cal y Mayor 2011]**

Recorrido	Velocidad promedio [km/h]	
	Periodo Valle	Periodo Pico
1	24,34	21,07
2	25.69	19,46
3	35.64	32,89
4	33.64	31,52
5	25,45	25,00
6	40,02	38,33
7	39,46	32,08

**Figura 32: Recorridos vehiculares y mediciones de velocidades (elaboración propia con datos propios y de Cal y Mayor 2011).**



El análisis de Cal y Mayor Asociados que consistió en aforos peatonales y vehiculares en ciertos puntos e intersecciones del campus, así como un diagnóstico de la infraestructura actual y un análisis de velocidades vehiculares. En aforos de las intersecciones analizadas, aparece ya una cantidad considerable de bicicletas como se muestra en la [figura 32].

**Tabla 16: Resultados de aforos viales en intersecciones vehiculares  
(Cal y Mayor 2011).**

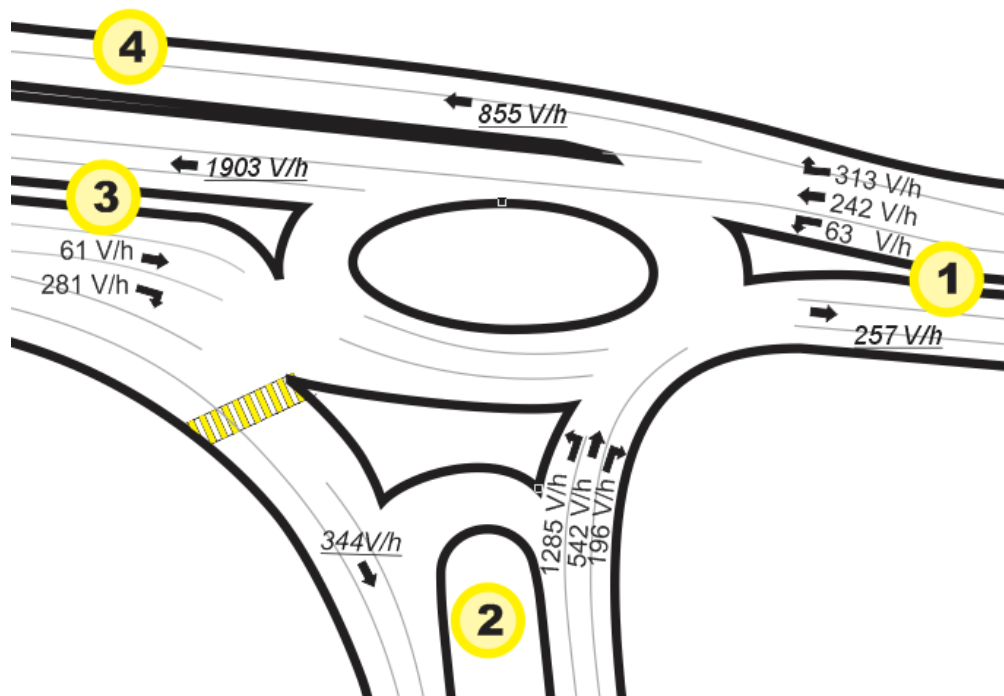
Nombre	VALORES DIARIOS (16hrs)						TOTAL
	vehículos	Automóviles	Taxi	Autobús	a pie	Bicicletas	
Filosofía	19022	13315	4756	533	13059	270	32191
	viajes	13315	4756	18642	13059	270	50300
Economía 1	9883	6918	2471	277	5874	156	15830
	viajes	6918	2471	9685	5874	156	25239
Economía 2	12732	8912	3183	356	8964	195	21784
	viajes	8912	3183	12477	8964	195	33905
Cerro del agua A	47357	33150	11839	1326	4699	449	52107
	viajes	33150	11839	46410	4699	449	97191
Química	26278	18395	6570	736	4228	233	30518
	viajes	18395	6570	25752	4228	233	55535
Arquitectura	27241	19069	6810	763	2822	246	30080
	viajes	19069	6810	26696	2822	246	56013
Anexo Ing. A	23929	16750	5982	670	11622	215	35565
	viajes	16750	5982	23450	11622	215	58345
Contaduría	27478	19235	6870	769	3907	231	31385
	viajes	19235	6870	26928	3907	231	57544
Metrobús	17374	12162	4344	486	11976	152	29356
	viajes	12162	4344	17027	11976	152	45896
Tienda UNAM	223229	156260	55807	6250	6139	1962	229455
	viajes	156260	55807	218764	6139	1962	441969

Estos estudios dieron como resultado que del total de vehículos contados, el 70 por ciento son automóviles particulares, el 25 por ciento son taxis, el uno por ciento son motocicletas y el tres por ciento son camiones y bicicletas. Donde podemos apreciar que en el acceso por cerro del agua hay una cantidad importante de viajes realizados en bicicleta, alcanzando los 449 en un día. Ya que en este punto no hay cobertura por el sistema de Bicicleta Pública Bicipuma, corresponden a viajes provenientes del exterior del campus en bicicleta [Tabla 16].

Por otro lado, se realizaron aforos por parte del prestador de servicio el 9 y el 15 de Noviembre, fechas que corresponden al cierre del semestre por lo que la afluencia de vehículos en el campus es menor y dado que una sola persona

realizó estos aforos en diferentes días, se recomienda que confirmados y comparados con aforos posteriores. Los aforos fueron realizados en la intersección mostrada en la **figura 33** y los resultados muestran que la mayor parte de los vehículos que ingresan a la intersección provienen del sur ( unos 2 000 V/h y gran parte se dirige hacia el oeste (unos 1285 V/h) en comparación con los que se dirigen hacia el este (257 V/h). Cabe agregar que así el señalamiento y la accesibilidad peatonal son muy pobres en dicha intersección [figura 33 y Gráfica 18].

**Figura 33: Intersección del Circuito Mario de la Cueva y el Centro Cultural (elaboración propia).**

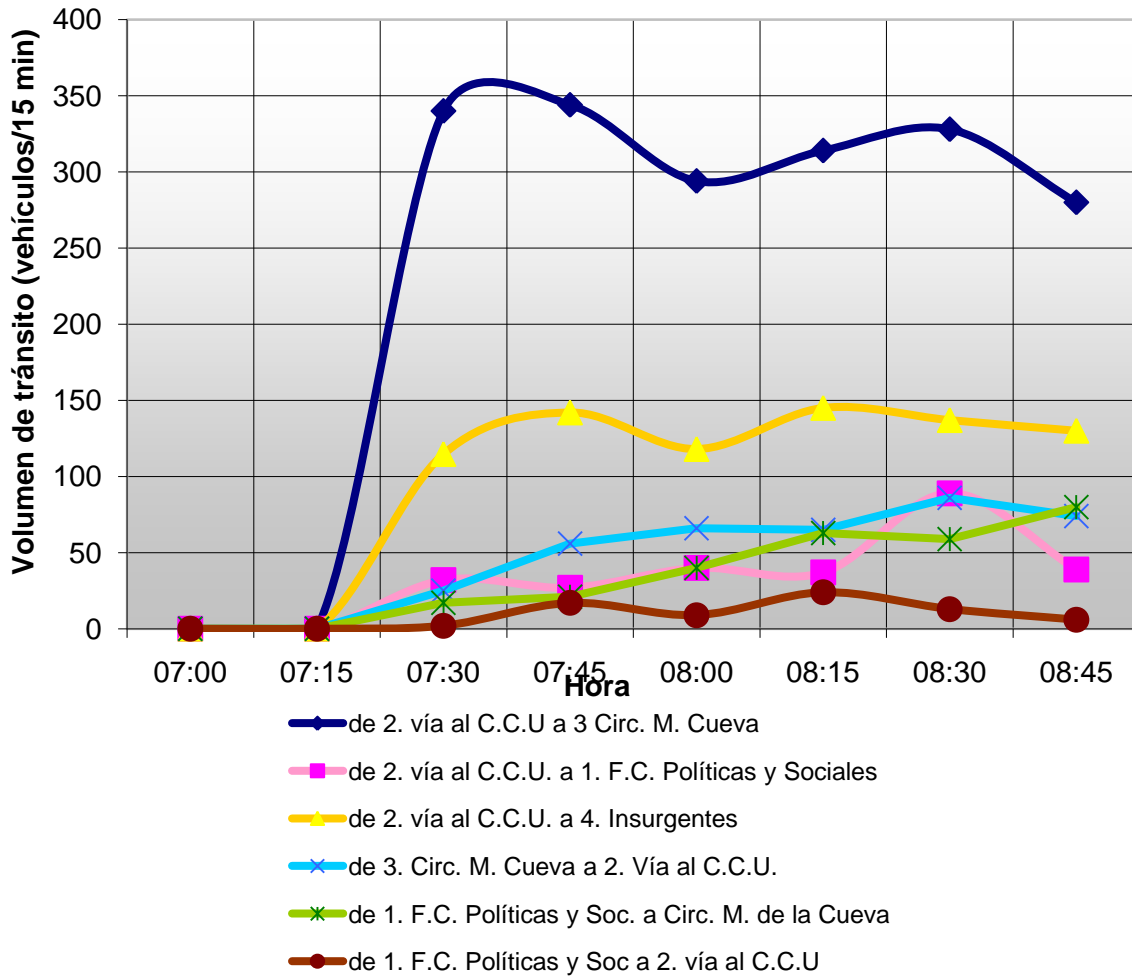


**Referencia:**

- 1 Hacia la Facultad de Ciencias Políticas y sociales.
- 2 Hacia el Centro cultural UNAM
- 3 Hacia el Circuito Mario de la Cueva e Insurgentes dirección sur.
- 4 Hacia Insurgentes dirección norte.

**Dirección:**

**Gráfica 18: Resultados de aforos en dicha intersección (elaboración propia).**



En la tesis de maestría de transporte Análisis macroscópico del tráfico vehicular en Ciudad Universitaria del Mtro. Argumedo Velázquez, en la cual se proponen y analizan implementaciones para mejorar el flujo vehicular en el campus, se concluye que “La configuración de la red vial de Ciudad Universitaria fue diseñada en circuitos, los cuales no son adecuados para la operación vehicular” y se analiza la opción de liberar los circuitos vehiculares que presentan congestión de los autos estacionados sobre ellos y concluye con que “la disminución del congestionamiento no fue de gran proporción excepto por algunos arcos en los circuitos”. Por lo que se supone que la implementación de carriles confinados no representaría grandes afectaciones para la circulación vehicular. [Argumedo, 2006]

## 6. Diagnóstico del uso de la bicicleta dentro del campus

Dentro del campus, la mayor parte de los viajes en bicicleta son provistos por el programa “Bicipuma” que circula dentro de un sistema cerrado de ciclovías. La **Tabla 17** muestra su evolución y se aprecia como los préstamos diarios están directamente relacionados con la cantidad de bicicletas en servicio y con la infraestructura implementada, sin embargo, en el 2008 y 2009 se presenta un decremento considerable de préstamos, al mismo tiempo que no hubo implementación de infraestructura ni de bicicletas, lo que sugiere que hay otra razón que influya en la toma de decisiones de los usuarios. Podría deberse a acciones tomadas por el sindicato de trabajadores del sistema o a implementaciones de mejora en el servicio de autobuses durante esos años.

**Tabla 17: Evolución del uso de la bicicleta y de la infraestructura de 2005 a 2011 (elaboración propia con datos de Agenda UNAM).**

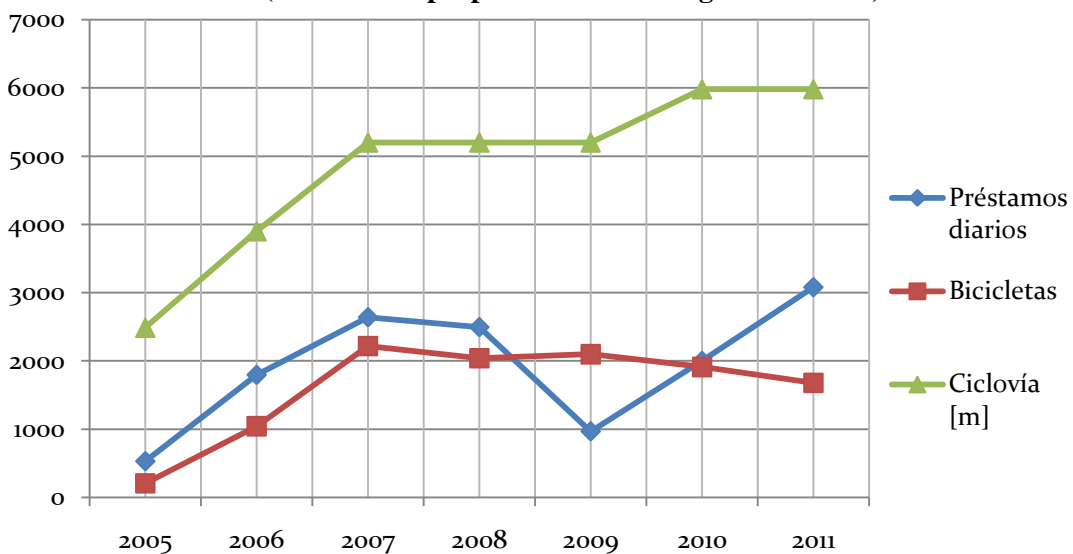
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Préstamos diarios	531	1796	2641	2497	968	2001	3081
Préstamos diarios promedio por estación	76	200	264	227	88	167	257
Incremento de préstamos		163%	32%	-14%	-61%	89%	54%
Bicicletas	208	1043	2217	2039	2099	1911	1678
Incremento de Bicicletas		401%	113%	-8%	3%	-9%	-12%
Ciclovía [m]	2488	3900	5200	5200	5200	5980	5980
Incremento en ciclovías		57%	33%	0%	0%	15%	0%

**Fotografía 18: Estación de Sistema de Bicicletas Públicas "Bicipuma" (elaboración propia).**



Actualmente en el campus opera con doce estaciones de préstamo como la que se muestra en la **Fotografía 18** en donde solo los usuarios registrados pueden acceder al servicio y en cada módulo hay personal del servicio. Estas estaciones dan servicio a Facultades, accesos e hitos ubicados cerca de ellos, su capacidad está indicada en la **Gráfica 19** cabe agregar que los operadores de las estaciones encontraron un acomodo más eficiente y aumentaron la capacidad de los módulos.

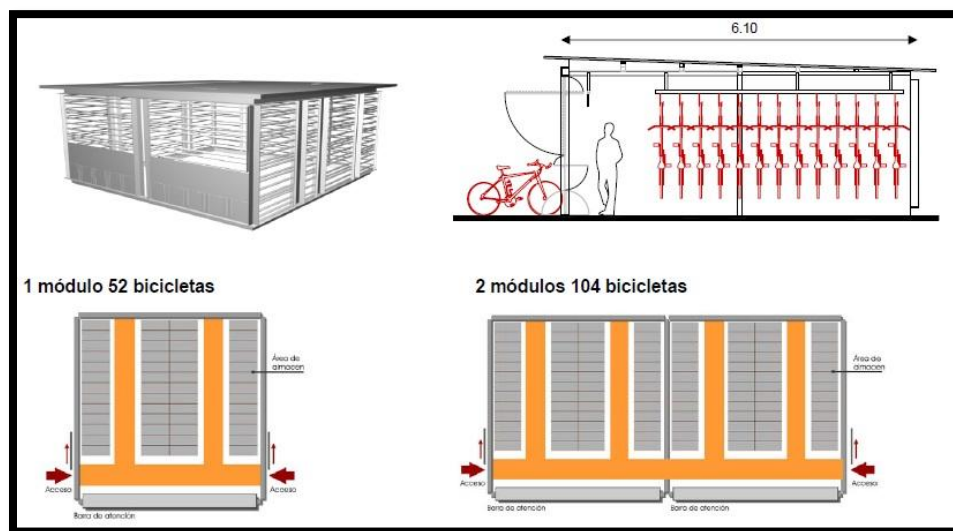
**Gráfica 19: Evolución del uso de la bicicleta y de la infraestructura disponible de 2005 a 2011 (elaboración propia con datos de Agenda UNAM).**





Cada módulo tiene unas dimensiones de 6,10 x 6,10 x 2,40 [m] y pueden albergar a 52 bicicletas. En algunas locaciones se han ubicado dos o más módulos para tener una mayor capacidad de servicio. Actualmente la operación es distinta a la planteada en el diseño mostrada en la **figura 34**, ya que solo hay un operador por estación y en estas se utiliza un acomodo de las bicicletas más eficiente para aumentar la capacidad del módulo.

**Figura 34: Funcionamiento de estación de bicicletas**  
(Cal y Mayor 2009).



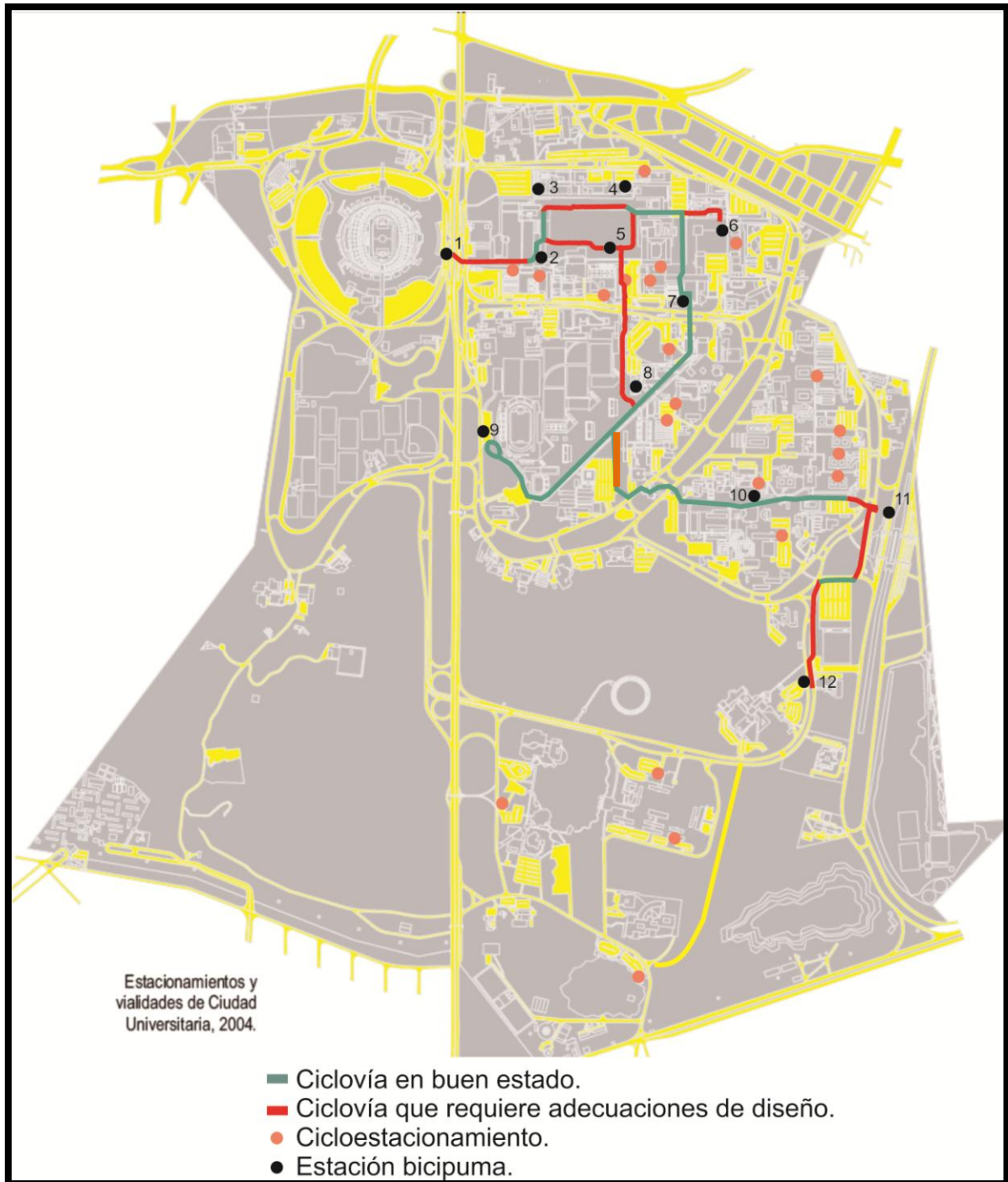
La bicicleta al ser un vehículo tan dinámico, podría circular tanto por vialidades para automóviles como por paseos peatonales, identificados en el **capítulo 1.d**, **figura 19** y sintetizados en la **figura 35** y ya que se busca el equilibrio entre los distintos actores de la vialidad y por ello, se harán las adecuaciones pertinentes para cada vía disponible.

**Figura 35: Vías disponibles antes de las implementaciones para bicicleta  
(elaboración propia).**



El autor de este reporte identifica la infraestructura que de acuerdo con sus conocimientos y experiencia, necesita adecuaciones. Los bici estacionamientos, indicados con círculos naranja, fueron implementados en función de la necesidad y la sensibilidad de cada dependencia. La **figura 36** muestra un plano con la infraestructura ciclista implementada hasta finales del año 2012, resultado de la investigación de campo realizada por el autor.

**Figura 36: Infraestructura ciclista implementada hasta el año 2012**  
(elaboración propia con información de DGPL 2012).



Se hizo reconocimiento en campo del señalamiento el 22 de Noviembre del 2012 donde se encontró el siguiente señalamiento perteneciente a diferentes normativas que denotan la falta de una normativa estandarizada para este modo de transporte [Fotografía 19 y 20].

**Fotografía 19: Señalamiento de Infraestructura ciclista segregada (elaboración propia).**



**Fotografía 20: Cruce de ciclovía con automóviles (elaboración propia).**

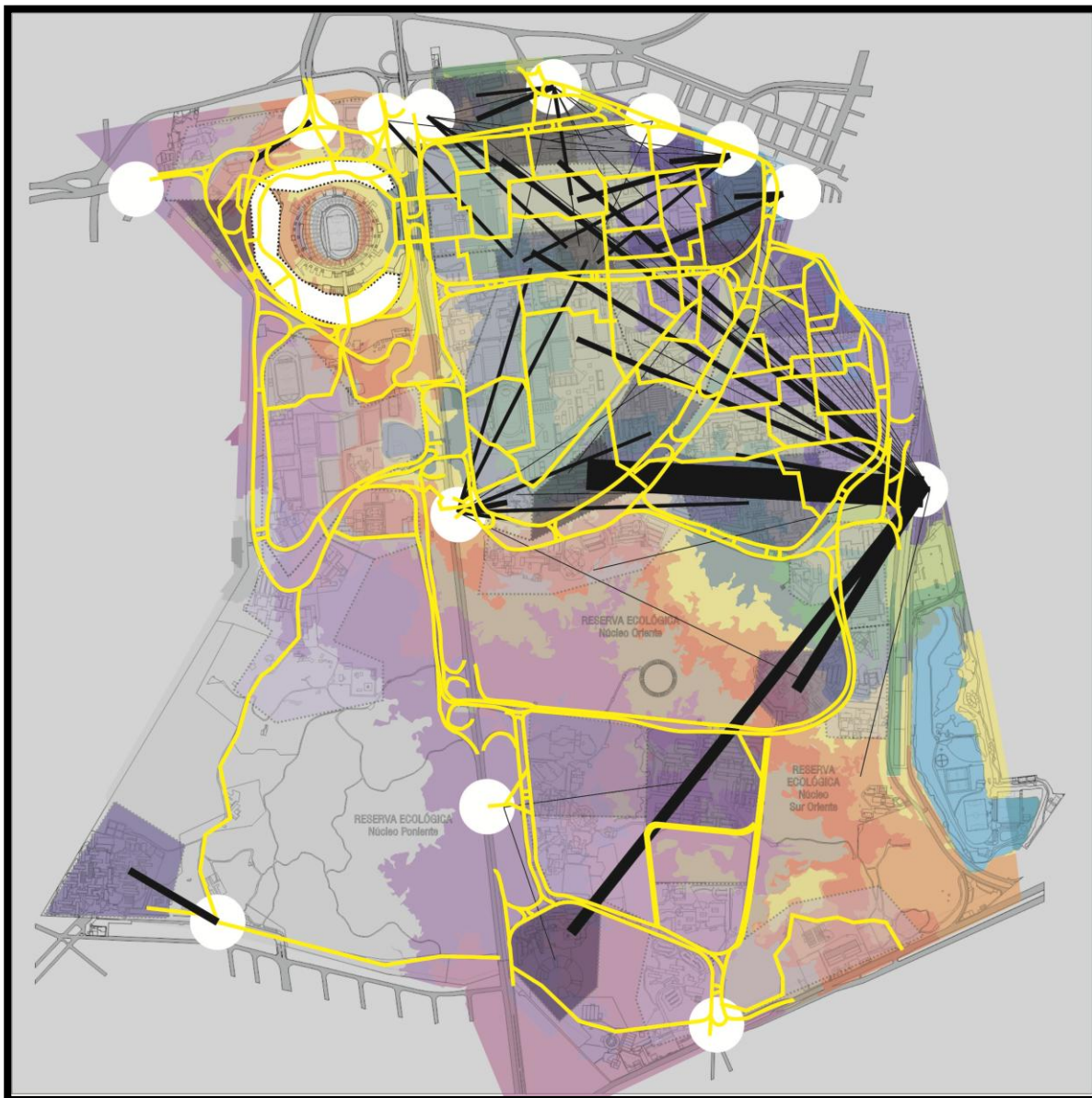




### 3. PROPUESTA:

En este capítulo se sintetizará la información recabada en el diagnóstico, específicamente la distribución geográfica de la población, la topografía del campus, los accesos, las líneas de deseo y las vialidades existentes para generar la propuesta de infraestructura en bicicleta, tanto vialidades como estaciones de préstamo para el campus mostradas en la **Figura 37**.

**Figura 37: Variables del espacio urbano relevantes para el diseño de infraestructura ciclista.**

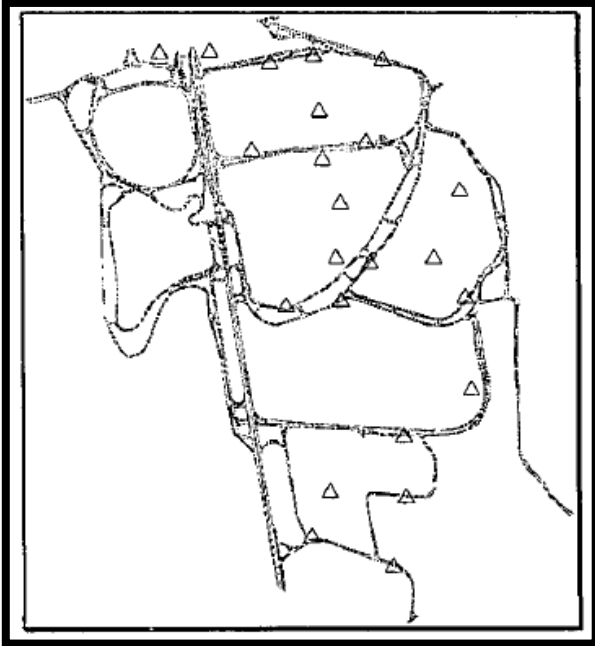


#### a. Ubicación de estaciones de préstamo de bicicletas

La **figura 37** muestra un plano del campus con las variables relevantes para la ubicación de estaciones de préstamo en el campus de distribución geográfica de la población, la topografía, las líneas de deseo y las vialidades existentes dentro del campus.

Las estaciones de préstamos se considera que tienen un radio de influencia de acuerdo con observaciones realizadas por el prestador de servicio en las cuales, los usuarios cuyo origen o destino se encuentra a 150 [m] de distancia o menos de la estación están dispuestos a usar el servicio, mientras que para casos en los que la estación se encuentra más lejos, el usuario tiende a elegir modos de transporte cuyas estaciones de servicio se encuentren más próximas. Ecobici ubica sus estaciones a menos de 300 [m] una de otra, es decir, con un radio de influencia de menos de 150 [m] (Ecobici 2011).

Las estaciones de parada de autobuses se consideran ubicadas correctamente a los orígenes y destinos que atienden, que hacen considerar que si las estaciones de bicicleta se encuentran cerca de ellas, se hará una mejor distribución de la demanda en los modos involucrados y se optimizará su operación la operación del sistema de préstamo de bicicletas.



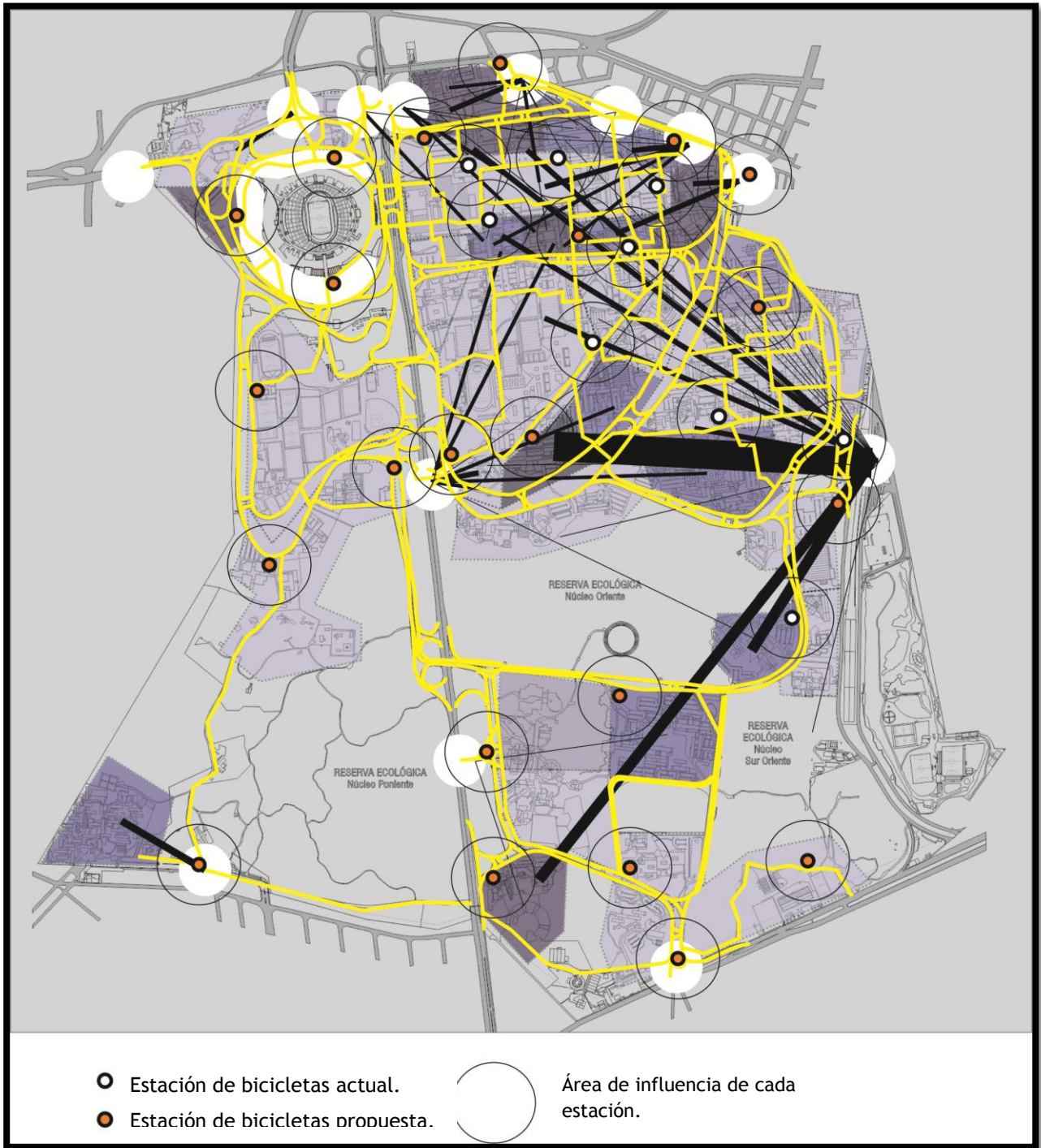
**Figura 38: Ubicación de estaciones de PRT**  
(recuperado de Escobosa et. Al. 1998).

Este reporte se apoya en los resultados de ubicación de estaciones de un sistema de PRT (siglas en inglés de Transporte rápido de pasajeros) del Ing. Escobosa [figura 38] (Escobosa Et. Al. 1998) ya que tienen características similares a las de estaciones de préstamo de bicicletas y fueron dispuestas de acuerdo con las condiciones de esos años. Dicho arreglo se adecuó a las condiciones actuales mostradas por la figura 37 y a las condiciones del terreno, corroborado con visitas de campo.

El arreglo de la distribución de estaciones para este reporte se indica en la figura 39, en la cual se aprecian los accesos al campus, las Zonas de Análisis de Transporte con mayor población las líneas de deseo de viajes y las vías disponibles, condiciones que definen la ubicación de las nuevas estaciones de préstamo en color naranja y las estaciones de préstamo existentes en color blanco, a las cuales se asocia su área de influencia.



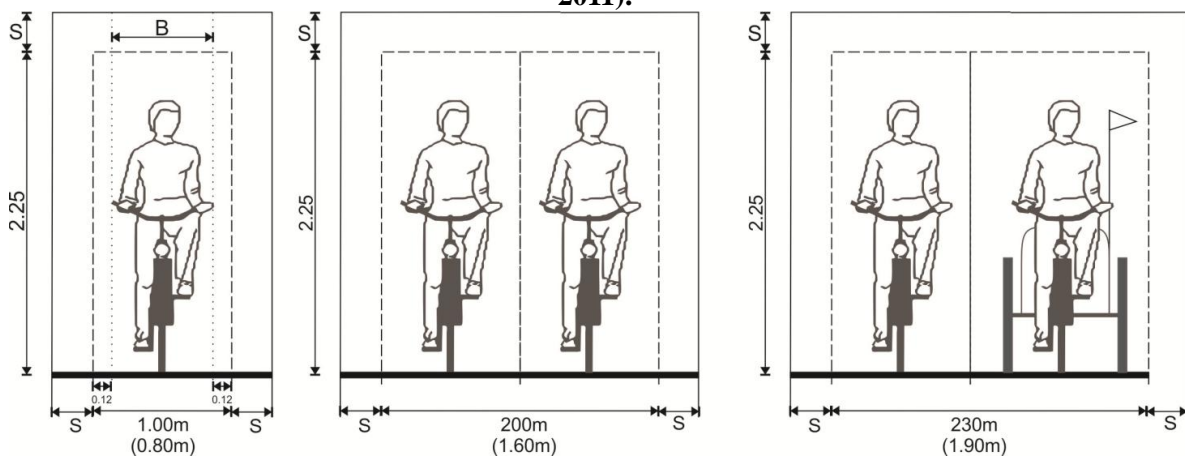
**Figura 39: Distribución de estaciones propuesta (elaboración propia).**



## b. Disposición de infraestructura ciclista.

El proceso de trazo fue identificando las trayectorias más propensas a ser seguidas para satisfacer las líneas de deseo identificadas, así como también para satisfacer líneas de deseo inducidas por nuevas estaciones y diferenciando la infraestructura a implementar definidas por las condiciones particulares de ese tramo, de acuerdo con las indicadas en el Marco teórico, que recapitulándolas, en la **figura 40** se explica el espacio de circulación para bicicletas:

**Figura 40: Espacio necesario para vías para bicicleta (adaptado de CROW 2007 y Bush 2011).**



Donde los valores entre paréntesis son aplicables sólo en casos muy puntuales y particulares y los demás son variables de acuerdo con [Busch 2011, CROW 2007]

$B = 0,75 \text{ m}$  Es el ancho de una persona en bicicleta

$0,12 \text{ m}$  Es el espacio necesario para los movimientos laterales al circular (debido al pedaleo, inestabilidad, viento, etc.)

$S =$  distancia de seguridad, donde:

$0,25 \text{ m}$  Distancia de bolardos, luminarias, señalización, árboles, parquímetros, muros, cercas.

$0,25 \text{ m}$  Distancia al espacio dedicado a la gente caminando.

$0,75 \text{ m}$  Distancia al carril de automóviles adyacente en la misma dirección.

$0,75 \text{ m}$  Distancia a automóviles estacionados en línea

$0,25 \text{ m}$  Distancia al lado no circulable de automóviles estacionados en batería.

$0,75 \text{ m}$  Distancia al lado circulable de automóviles estacionados en batería.

Dependiendo de las condiciones particulares de cada tramo, la infraestructura a implementar de acuerdo con el Manual de Ciclociudades tomo IV de infraestructura ciclista del ITDP, el manual de diseño de tránsito ciclista holandés CROW y los apuntes del curso de planeación de transporte de la Universidad Técnica de Múnich, será de las siguientes maneras:

1. Ciclocarril: Circulación de ciclistas por carriles delimitados en la vialidad.

Un ciclocarril es una franja dentro de la vialidad para los automóviles destinado exclusivamente a los ciclistas. Se delimita con señalamiento horizontal en el extremo derecho de la vía en el mismo sentido que los automóviles. Se implementa cuando hay un flujo menor a los 1 000 [v/d] (Busch 2011). El ancho de los ciclocarriles depende de cuantos ciclistas la usen,

para más de 1 500 ciclistas/día se requieren 2,25 [m] de ancho y para menos de 1 500 ciclistas/día se requieren 1.60[m] con un mínimo de 1,25 [m] respetando las distancias de seguridad en caso de estacionamiento y automóviles en movimiento a los lados (ITDP 2011, Busch 2011) [ **Tabla 18** ].

**Fotografía 21: Ejemplo de ciclocarril (ITDP 2011).**



**Tabla 18: Ancho de vía necesarios para Ciclo carriles**  
(adaptado de CROW 2007 y Bush 2011).

Ancho mínimo	1,25 [m]	<p style="text-align: center;"><b>Ciclocarril en vía con estacionamiento</b></p>
Ancho requerido menos de 1500 [Ciclistas/día]	1.60 [m]	
Ancho confortable requerido	2,00 [m]	
Ancho requerido más de 1500 [Ciclistas/día]	2,25 [m]	

## 2. Ciclovía: Circulación en vía exclusiva.

Una ciclovía es una vía o sección de vía exclusiva para la circulación ciclista, se ubica al extremo derecho de la vía entre la banqueta y los carriles para automóviles.

**Fotografía 22: Ejemplo de ciclovía (Recuperado de Google maps).**



Puede ser confinada cuando va a nivel de la calle y tiene elementos de confinamiento como bolardos, es elevada cuando va sobre el nivel de la calle o al nivel de la banqueta [Tabla 19]. Las dimensiones recomendadas en el curso de planeación de transporte de la Universidad Técnica de Múnich para la ciclovía elevada son:

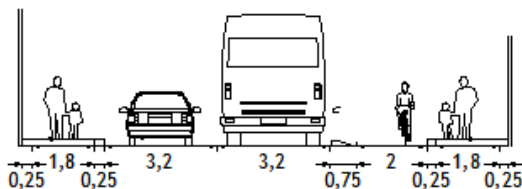
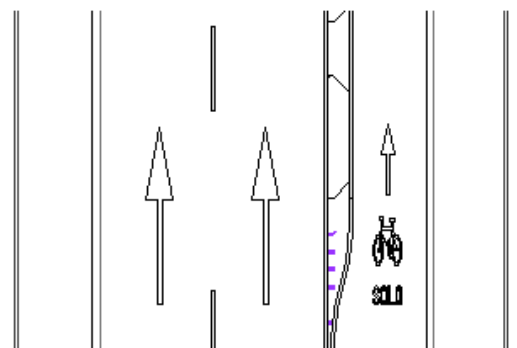
Fotografía 23: Ejemplo de Ciclovía (ITDP 2011).



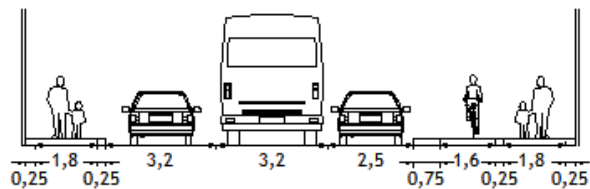
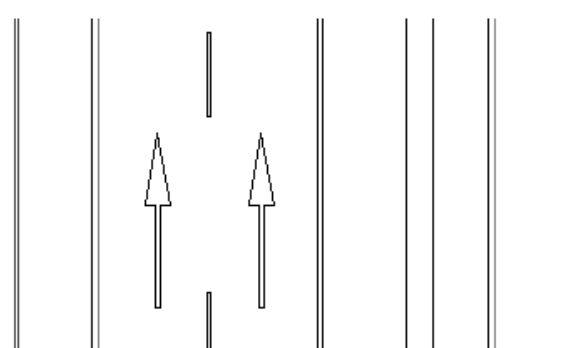
Tabla 19: Medidas en implementación de ciclovías (adaptado de Busch 2011 e ITDP 2011).

Ancho mínimo unidireccional	1,25 [m]
Ancho mínimo unidireccional con opción de rebase	1.60 [m]
Ancho requerido menos de 150 [Ciclistas/hr pico]	2,00 [m]
Ancho requerido más de 150 [Ciclistas/hr pico]	3,00 [m]

Ciclovía a nivel de vialidad



Ciclovía a nivel de banqueta con estacionamiento



### 3. Infraestructura ciclista de trazo independiente.

Ésta sigue una trayectoria completamente independiente de vialidades, cuando en el terreno existen condiciones completamente distintas a las de vialidades urbanas, como vialidades interurbanas, arterias, derechos de vía, parques o jardines se implementa este tipo de solución. Hay que asegurarse de tener un área de amortiguamiento de 1,00[m] de ancho a cada lado y contar con más de 2,00[m] de ancho para circulación peatonal (ITDP 2011). El ancho de vía, depende del flujo de usuarios que circulen sobre ella, para menos de 150 [ciclistas/hr] será de 3,00 [m] y para más de 150 [ciclistas/hora] será de 3,50 a 4,00 [m] (CROW 2007) [Tabla 20].

**Fotografía 24: Ejemplo de infraestructura ciclista de trazo independiente (ITP 2011).**



**Tabla 20: Medidas en implementación de infraestructura ciclista de trazo independiente (adaptado de ITDP 2011).**

	Menos de 150 [Ciclistas/hr]	Más de 150 [Ciclistas/hr]
<b>Ancho recomendado</b>	3,00 [m]	3,50 - 4,00 [m]
<b>Espacio lateral para circulación peatonal</b>	2,00 [m]	2,00[m]

### 4. Circulación de ciclistas y otro modo de transporte por la misma vía.

a. Circulación de ciclistas y personas a pie.

Es válida solo cuando las soluciones de separación de flujos es imposible, resulta altamente riesgoso mezclar con el flujo automotor y hay flujos de circulación menores a las 150 bicicletas y personas en hora pico. Se requieren más de 2,50 m de ancho de banqueta y a más de 2,50 m de distancia de seguridad del flujo automotor así como también la bicicleta circulará en el mismo sentido que el tránsito automotor. (Busch 2011).

Flujo máximos de personas a pie más bicicletas en la hora pico.	Ancho de banqueta mínimo
70 [Ciclistas + personas / h]	$\geq 2,50$ [m] - $3,00$ [m]
100 [Ciclistas + personas / h]	$\geq 3,00$ [m] - $4,00$ [m]
150 [Ciclistas + personas / h]	$\geq 4,00$ [m]

b. Carril Bus - Bici: Circulación de ciclistas y autobuses del servicio de transporte público.

Fotografía 25: Ejemplo de Carril Bus-Bici (ITP 2011).



**Tabla 21: Medidas en implementación de carril bus - bici (ITDP 2011).**

El carril Bus - bici consiste en un carril confinado exclusivo para bicicletas y autobuses de transporte público se ubica en el extremo derecho de la vía y deberá tener una dimensión entre 4,30m a 4,60m para asegurar un rebase adecuado de bicicletas y de vehículos de transporte [Tabla 21]. El carril podría ser más angosto, solo si la velocidad de la bici se incrementa por la pendiente, evitando las necesidades de rebase.



c. Vialidad compartida: Circulación de ciclistas y automóviles.

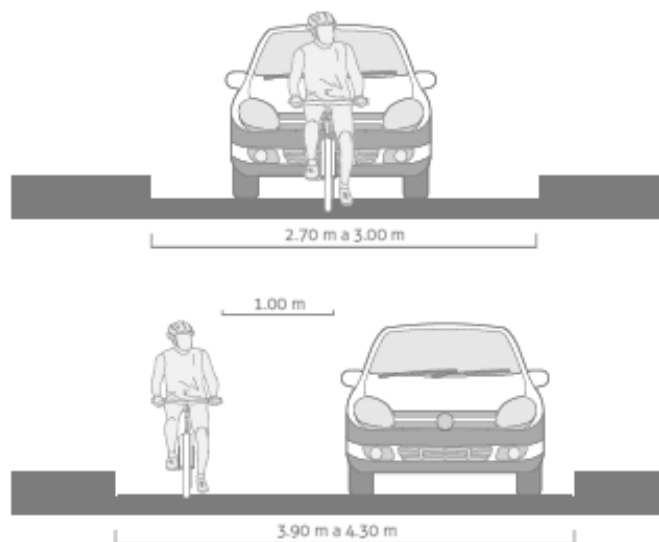
En la misma vialidad pueden circular el flujo de bicicletas y al automotor. Con la condición de que se circule en esa vialidad a menos de 30 km/h (zona 30), así para asegurar una circulación segura y eficiente. El ancho de carril es clave en este tipo de infraestructura, se debe asegurar que el carril sea de menos de 3,00 m de ancho

**Fotografía 26: Ejemplo de vialidad compartida (ITP 2011).**





para no invadir los espacios de circulación o de entre 3,90m y 4,30m para realizar un rebase seguro a 1m de distancia del ciclista (ITDP 2011). La cantidad de automóviles que pasan por esa vialidad es muy importante, en vialidades de 3 carriles se debe considerar como máximo un flujo de 1 000 [v/h] con menos de 6% de vehículos pesados (Busch 2011). Se debe colocar el señalamiento necesario como marcas en el pavimento de prioridad ciclista y delimitar el espacio para estacionamiento [Figura 41].

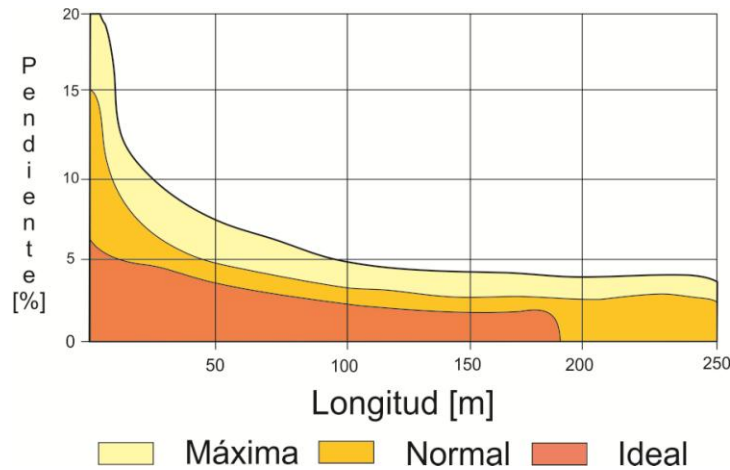


**Figura 41: Medidas en implementación de vialidad compartida (recuperado de ITDP 2011).**

#### d. Perfil vertical

El perfil vertical de las vialidades para bicicletas es de sumo cuidado al igual que para los automóviles. Para el diseño vertical de vialidades seguras se pueden considerar las recomendaciones de pendientes aceptables recomendadas por el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá mostradas en la **gráfica 20**, en caso de ser requerida una rampa, la **Tabla 22** recomienda longitudes de acuerdo al desnivel presente.

**Gráfica 20: Pendientes aceptables en función de la longitud**  
 (Adaptado de Desarrollo Urbano 1999).



**Tabla 22: Adaptación de rampas de acuerdo al desnivel del terreno**  
 (adaptado de Communauté Urbaine de Strasbourg 1998).

Desnivel	Longitud deseada de la rampa	Longitud máxima de la rampa
1,00 m	10% ( 12,00 m )	20% (8,00 m)
2,00 m	5% ( 41,00 m )	10 % (22,00 m)
3,00 m	3% (134,00 m )	6% (68,00m)
4,00 m	2% (250,00 m )	4% (126,00m)

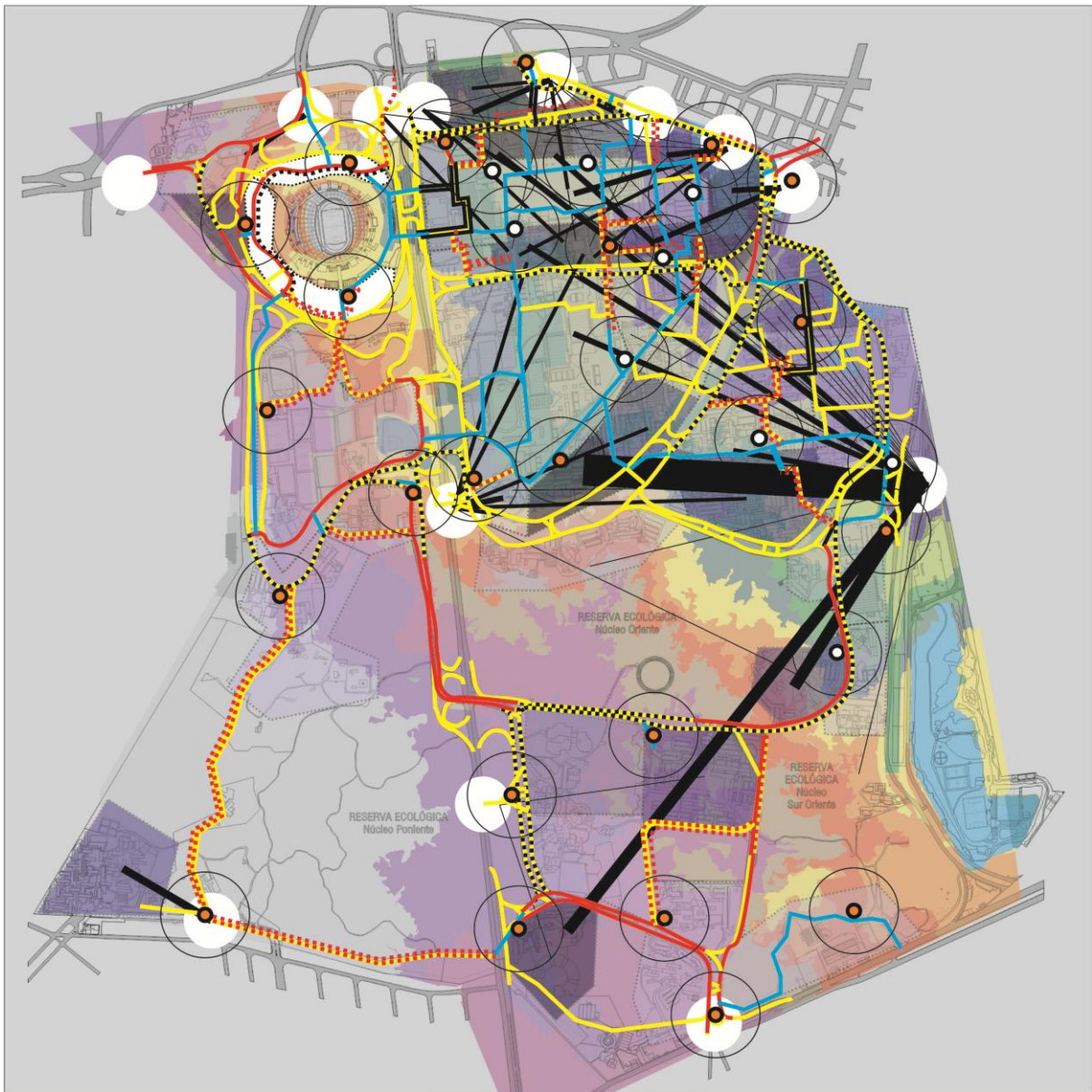
Así cómo para el arreglo de estaciones para bicicletas, las condiciones mostradas en la **figura 37** (distribución geográfica de la población, ubicación de accesos, la topografía, las líneas de deseo y las vialidades existentes dentro del campus) son condiciones decisivas para la disposición de vialidades para bicicletas, las cual, seguirá los objetivos expuestos en el marco teórico de:

- Coherente.

- Directa.
- Segura en términos de tránsito.
- Cómoda.
- Atractiva.

Por lo tanto, la infraestructura ciclista propuesta en este reporte con base en las condiciones anteriormente presentadas complementadas con investigaciones de campo realizadas por el prestador de servicio se muestra en la **figura 42** a continuación:

**Figura 42: Propuesta de infraestructura ciclista para el campus de ciudad Universitaria**



- |           |                                    |   |                               |
|-----------|------------------------------------|---|-------------------------------|
| .....     | Vialidad Compartida Unidireccional | ● | Biciestacionamiento existente |
| - - - - - | Vialidad Compartida Bidireccional  | ● | Biciestacionamiento propuesto |
| - - - - - | Carril compartido bus - bici.      | ○ | Cicloestación existente       |
| —         | Ciclovía confinada                 | ● | Cicloestación propuesta       |
| —         | Trazo Independiente bidireccional  |   |                               |
| —         | Trazo Independiente unidireccional |   |                               |

### c. Definición de programa de implementación.

Concluyendo con el producto final de la propuesta de infraestructura ciclista como muestra la **figura 47** más adelante. Dado que la implementación de infraestructura es un proceso largo se hace la recomendación de implementar por etapas de acuerdo con las mayores necesidades de la movilidad, consideradas de la siguiente manera:

1. Implementación adecuada de la infraestructura actual con base en reglamentos reconocidos y reubicación de estaciones de servicio de préstamo [**Figura 43**].
2. Ampliación para incrementar la cobertura del servicio hacia los accesos del estadio olímpico Universitario y Metrobús Ciudad Universitaria [**Figura 44**].
3. Ampliación hacia el Centro Cultural Universitario y sus accesos para inducir una demanda y ampliación el acceso de Odontología [**Figura 45**].
4. Ampliación hacia la zona deportiva y accesos de Av. Universidad y Cerro del Agua [**Figura 46**].
5. Ampliación hacia el Centro de Ciencias y Humanidades y a la facultad de Veterinaria, completando con adecuaciones de infraestructura sobre los corredores ciclistas restantes [**Figura 47**].

**Figura 43: Primera etapa de adecuaciones de infraestructura ciclista.**



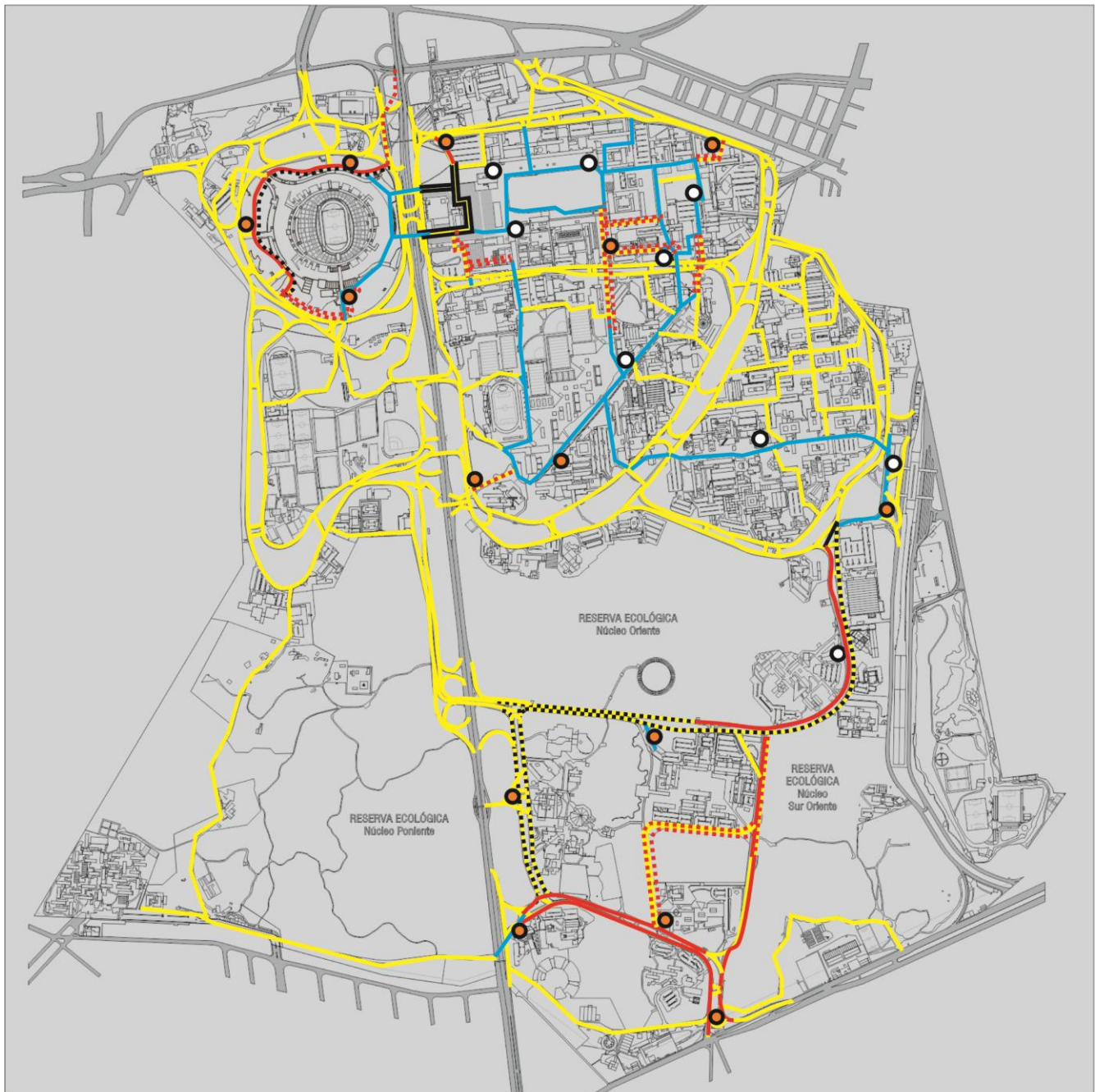
- |       |                                    |   |                         |
|-------|------------------------------------|---|-------------------------|
| ..... | Vialidad Compartida Unidireccional | ○ | Cicloestación existente |
| ..... | Vialidad Compartida Bidireccional  | ● | Cicloestación propuesta |
| ..... | Carril compartido bus - bici.      |   |                         |
| —     | Ciclovía confinada                 |   |                         |
| —     | Trazo Independiente bidireccional  |   |                         |
| —     | Trazo Independiente unidireccional |   |                         |

**Figura 44: Segunda etapa de ampliaciones hacia accesos clave.**



- |       |                                    |   |                         |
|-------|------------------------------------|---|-------------------------|
| ..... | Vialidad Compartida Unidireccional | ○ | Cicloestación existente |
| ..... | Vialidad Compartida Bidireccional  | ● | Cicloestación propuesta |
| ..... | Carril compartido bus - bici.      |   |                         |
| —     | Ciclovía confinada                 |   |                         |
| —     | Traza Independiente bidireccional  |   |                         |
| —     | Traza Independiente unidireccional |   |                         |

**Figura 45: Tercera etapa de ampliación hacia el Centro Cultural Universitario.**



- |           |                                    |   |                         |
|-----------|------------------------------------|---|-------------------------|
| .....     | Vialidad Compartida Unidireccional | ○ | Cicloestación existente |
| - - - - - | Vialidad Compartida Bidireccional  | ● | Cicloestación propuesta |
| - - - - - | Carril compartido bus - bici.      |   |                         |
| —         | Ciclovía confinada                 |   |                         |
| —         | Trazo Independiente bidireccional  |   |                         |
| —         | Trazo Independiente unidireccional |   |                         |











**Figura 46: Cuarta etapa de ampliación hacia la zona de campos deportivos.**



- |       |                                    |   |                         |
|-------|------------------------------------|---|-------------------------|
| ..... | Vialidad Compartida Unidireccional | ○ | Cicloestación existente |
| ..... | Vialidad Compartida Bidireccional  | ● | Cicloestación propuesta |
| ..... | Carril compartido bus - bici.      |   |                         |
| —     | Ciclovía confinada                 |   |                         |
| —     | Trazo Independiente bidireccional  |   |                         |
| —     | Trazo Independiente unidireccional |   |                         |

**Figura 47: Quinta etapa de ampliación hacia el CCH, Veterinaria e implementaciones en circuitos restantes.**



- |   |                                    |   |                         |
|---|------------------------------------|---|-------------------------|
|  | Vialidad Compartida Unidireccional |  | Cicloestación existente |
|  | Vialidad Compartida Bidireccional  |  | Cicloestación propuesta |
|  | Carril compartido bus - bici.      |   |                         |
|  | Ciclovía confinada                 |   |                         |
|  | Trazo Independiente bidireccional  |   |                         |
|  | Trazo Independiente unidireccional |   |                         |



#### 4. CONCLUSIONES:

Los proyectos de infraestructura para bicicletas aún son muy innovadores en México y en gran parte del mundo, actualmente ya se está generando un marco teórico que los sustente con investigaciones, pruebas y reglamentos para su implementación, para su implementación en cualquier parte del mundo.

La investigación durante el proyecto permitió entender la dinámica actual de la movilidad dentro del campus, así como obtener la información pertinente para generar una propuesta de infraestructura coherente y práctica para su implementación. La manera trascendental en la que ha cambiado, lo cual ha generado diferentes soluciones implementadas con el paso del tiempo y los diferentes actores involucrados en los proyectos de infraestructura de transporte en el campus, explican que los planes integrales son también algo muy nuevo en nuestro País. La generación de la propuesta permite orientar la generación los proyectos de infraestructura ciclista en el campus en una dirección y genera su evaluación así como también servir de plataforma para proyectos de este tipo en otras ciudades.

Enérgicamente que se realicen estudios de movilidad como encuestas origen destino para el campus para definir la situación de movilidad actual y dar pie a proyectos más eficientes. Dichos estudios pueden ser realizados a través de encuestas en línea, aprovechando las nuevas tecnologías y la popularidad que tienen el uso del internet en los integrantes del campus, y apoyarán a la planeación de cualquier proyecto de transporte dentro del campus.

Se encontró que la infraestructura ciclista implementada no sigue un reglamento de señalamiento de tránsito oficial, por lo que se recomienda utilizar el recomendado por el ITDP en su Manual de Ciclociudades tomo IV ya que en él se recopilan las mejores prácticas de los manuales utilizados en los lugares con más experiencia y se adaptan a las regulaciones y prácticas mexicanas [ITDP 2011].

Se recomienda también hacer un análisis formal de la caminabilidad en el campus, ya que se identificaron grandes necesidades y carencias, así como también se identificó que dichos espacios están siendo invadidos por infraestructura para automóviles y bicicletas, ignorando la importancia que tienen.

La creación de un plan de desarrollo para el campus también es una necesidad incipiente al igual que para todas las ciudades mexicanas, para poder cambiar el enfoque de la infraestructura que repara y soluciona al de infraestructura que prepare y mejore el espacio y convertirse en un campus que sea punta de lanza en la materia para nuestro País.



## BIBLIOGRAFÍA.

- 100 años de la UNAM, Construcción (2010). Recuperado el 6 de Noviembre de 2010 de <http://www,100.unam.mx/>, Construcción.
- 100 años de la UNAM, Transporte (2010). Recuperado el 6 de noviembre de 2012 de: <http://www,100.unam.mx/>, "La Universidad en 2010: Transporte
- Alcaldía mayor de Bogotá 2005. "Manual de Planeación y Diseño para la administración del tránsito y el transporte". Cal y Mayor y Asociados. Colombia.
- Alliance for Biking and Walking, (2012) "Bicycling and walking in the United States 2012 Benchmarking Report". Recuperado el 14 de Noviembre de [http://www.peoplepoweredmovement.org/site/index.php/site/memberse rvices/2012\\_benchmarking\\_report](http://www.peoplepoweredmovement.org/site/index.php/site/memberse rvices/2012_benchmarking_report). Estados Unidos.
- Archivo fotográfico de la DGOyC, Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM. "Colección Universidad doc. 4035".
- Beltrán Adriana (2003). Tesis "La bicicleta como medio alternativo de transporte para la ciudad". Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura. México.
- Bicicletos (2010). Historia de la Bicicleta. Recuperado el 20 de septiembre de 2010 Recuperado el 12 de Noviembre de 2012 de: <http://www.mundocaracol.com/bicicletos/historia.asp>
- Biciunámonos, 2012: Recuperado el 8 de diciembre de 2012 de: <http://www.biciunamonos.org/>
- Burton, Michael (1989). "Introduction to Transportation Planning". Inglaterra.
- Busch Fritz, Wulfhorst Gebhard (2011) "Grundmodul Verkehrstechnik und verkehrsplanung" Technische Universität München - Lehrgebiet Verkehrstechnik und Verkehrsplanung.
- Cal y Mayor y Asociados (2007) "Sistema de Movilidad Universidad Nacional Autónoma de México "Pumabús" y "Bicipuma". México.

- Cámara de Comercio de Bogotá, 2009. “Movilidad en bicicleta en Bogotá”.
- Cisneros Erik 2012 “Evaluación de Infraestructura Ciclista de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012”. ITDP México.
- CEIT, Centro Estatal de Investigación de la vialidad y el transporte. 2010.  
“-Estudio de demanda multimodal de desplazamientos de la Zona Metropolitana de
- Colegio de geografía UNAM, 2012 “Normales climatológicas”. Recuperado el 5 de Noviembre de 2012 de:  
<http://www.observatoriometeorologicounam.com/normales.htm>.
- Communauté Urbaine de Strasbourg (1998). “Le vélo dans la ville” Francia.
- Copenhagenize Film (2011), “Bicycle friendly University - UNAM in Mexico City” Recuperado el 3 de Noviembre de:  
<http://www.copenhagenize.com/2011/02/bicycle-friendly-university-unam-mexico.html>.
- Copenhagenize.com (2009), “Las ciudades más amigables con la bicicleta”, recuperado el 15 de Noviembre de 2012:  
<http://www.copenhagenize.com/2009/07/worlds-most-bicycle-friendly-cities.html>
- CROW (2007), Design Manual for Bicycle Traffic. Países Bajos: EDE.
- CTS, Centro de Transporte Sustentable de México (2009). “MEDEC”, recuperado el 10 de Noviembre de 2011 de  
[http://www.cleanairinstitute.org/escenarios/download/MEDEC\\_mayo2009.pdf](http://www.cleanairinstitute.org/escenarios/download/MEDEC_mayo2009.pdf).
- DGACU Bicipuma (2012), Recuperado el 6 de Noviembre de 2012 de:  
<http://www.tucomunidad.unam.mx/Bicipuma>.
- DGACU, Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria. “Conócenos”, recuperado el 8 de diciembre de 2012 de:  
<http://www.tucomunidad.unam.mx/index.php/conciertos/>



- DGADyR, Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas, “Quiénes somos”. Recuperado el 8 de diciembre de 2012 de: [http://www.deportes.unam.mx/quienes\\_somos/index.php](http://www.deportes.unam.mx/quienes_somos/index.php)
- DGOC, Dirección General de Obras y Conservación (2012). “Quiénes somos”, recuperado el 8 de diciembre de 2012 de: <http://www.obras.unam.mx/Pagina/index.php>
- Dirección General de Planeación, UNAM. “Memorias” Elaboración propia con información recabada de cada año. Recuperado el 15 de diciembre de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- Ecobici (2011). “Información del Servicio” Recuperado el 13 de Diciembre de 2011 de: <https://www.ecobici.df.gob.mx/modulos/modulos.php?TU5fSU5GT1JNQU NJT04%3D&&Mw%3D%3D>
- Ecobici (2012). “Encuesta ecobici 2012 principales resultados” Recuperado el 15 de diciembre de 2012 de: [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/flippingbooks/muevete\\_bici/estudio\\_encuestas\\_ecobici2012/](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/flippingbooks/muevete_bici/estudio_encuestas_ecobici2012/)
- Escobosa Aguirre, César; León-Orantes Escalante, Jorge; Vallejo Recio, Jorge Reynaldo (1998). “Análisis y evaluación de alternativas de transporte para Ciudad Universitaria” UNAM. México.
- F.A. UNAM, Facultad de Arquitectura, Recuperado el 8 de diciembre de 2012 de <http://www.arq.unam.mx/vinculacion/>
- Galindo, Luis Miguel. (2009). La economía del cambio climático en México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Garduño Arredondo, J. (2012). “Diagnóstico de fondos federales para el transporte y la accesibilidad urbana. Cómo gastamos nuestros recursos en México en 2011”. ITDP y Embajada Británica en México. México.
- Gobierno del Distrito Federal, Proyectos Especiales de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. (2010). “Estrategia de Movilidad en Bicicleta de la Ciudad de México”.

- Hernández Sampieri, R. et. Al. “Metodología de la Investigación”. Colombia.
- Homburger, W.S. Fundamentals of Traffic Engineering. 15th Edition, University of California, Berkeley.
- IBM (2011) Frustration Rising: IBM 2011 Commuter Pain Survey. Recuperado el 29 de diciembre de 2012 de <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32017.wss>
- IISUE / AHUNAM Colección Universidad doc. 4035
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2007). “Encuesta Origen Destino en la Zona Metropolitana del Valle de México”.
- Instituto de Desarrollo Urbano (2012). “Espacio Ciclorutas - Mapa de Ciclorutas”. Recuperado el 17 de Noviembre de 2012 de: [http://www.idu.gov.co/web/guest/espacio\\_ciclorutas](http://www.idu.gov.co/web/guest/espacio_ciclorutas)
- Instituto de Desarrollo Urbano. (1999). Plan Maestro de Cicloruta. Manual de Diseño. Elaborado por la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, DC. Recuperado el 29 de octubre de 2011, de <http://movilidadurbana.files.wordpress.com/2007/10/manual-de-diseno-de-ciclorutas.pdf>
- ITDP Institute of Transport and Development Policies. (2011). “Manual de Ciclociudades”.
- Jucamo 2012. “Transporte en la UNAM - apéndice”. Recuperado el 5 de Noviembre de 2012 de <http://jucamo.wordpress.com/>.
- Landeshauptstadt München (2010). Referat für Stadtplanung und Bauordnung Abteilung verkehrsplanung 2010. Recuperado el 17 de Noviembre de 2012 de <http://www.muenchen.de/fahrrad>.
- LCM - Laboratorio de la Ciudad de México 2000. “Zona Metropolitana del Valle de México. México. Recuperado el 16 de Noviembre de 2012 de: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn119-55.htm>
- LCM. ZMVM, Zona Metropolitana del Valle de México. Laboratorio de la Ciudad de México. México, 2000

- Manheim, Marvin (1979). “Fundamentals of Transportation Systems Analysis”, M.I.T, Estados Unidos de América.
- Medina Ramírez, S. (2012) “La importancia de reducción del uso del automóvil en México”. ITDP y Embajada Británica en México. México.
- México México 2009, Recuperado el 4 de noviembre del 2012 de : <http://www.mexicomaxico.org/Tranvias> .
- MIT. “Proyecto Copenhagen Wheel” 2012. Recuperado el 15 de diciembre de 2012 de <http://senseable.mit.edu/>
- Monzón, Andrés (2009) “Potencial de uso de la bicicleta en la ciudad universitaria de Madrid. España.
- Obrasweb 2012. “El puma que mira al sur” Reyes Heróles, Regina. Vasconcelos, Norma. <http://www.obrasweb.mx/construccion/2010/10/01/el-puma-que-mira-al-sur>
- Observatorio de Movilidad de Bogotá y la región, 2008. Programa ‘Ojo con Bogotá y la región’, Cámara de Comercio de Bogotá.
- Ortúzar, Juan de Dios & Willumsen, Luis G. (2002). Modelling Transport. John Wiley & Sons. Inglaterra.
- Pumabús (2011), Recuperado el 5 de noviembre de 2012 de: <http://www.pumabus.unam.mx/>
- Radelat, Guido (2003). Principios de Ingeniería de Tránsito. Institute of Transportation Engineering. Estados Unidos de América.
- RAE (2012) Diccionario de la Real Academia Española, recuperado el 15 de Noviembre de 2012 de: <http://lema.rae.es/drae/>
- Rivera Islas, V. et. Al. (2011). “Implementing Sustainable Urban Travel Policies in Mexico” : Instituto Mexicano del Transporte en el Foro Internacional del Transporte. Alemania.
- Secretaría de Salud. (2008). Programa de Acción Específico 2007 - 2012. Seguridad Vial. México: Subsecretaría de Prevención y Promoción de Salud).

- Setravi 2010, Reglamento de Tránsito.  
<http://www.setravi.df.gob.mx/work/sites/stv/resources/LocalContent/515/1/reglamentodetransito.pdf>
- Sistema de Transporte Colectivo STC. Recuperado el 4 de Noviembre de 2012 de: <http://www.metro.df.gob.mx/red/linea3.html> .
- Strida bikes. Recuperado el 15 de diciembre de 21012 de <http://www.strida.com/>.
- Vázquez, Natalia (2013). “Implementación de una intervención física y su impacto en la percepción del uso de la bicicleta en un campus universitario de la Ciudad de México”. UNAM. México.
- Vélo Quebec. (2003). Technical Handbook of Bikeway Design. (2da. Ed.).Montreal: Vélo Quebec.