

**PLAN DE RUTAS DE TRANSPORTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO AL
FINALIZAR LA JORNADA ACADEMICA NOCTURNA EN LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**JULIAN DAVID RUBIANO SIACHOQUE
MIGUEL ANGEL MOLINA LOPEZ
NELSON STEVEN BELTRAN GALVIS**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

**PLAN DE RUTAS DE TRANSPORTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO AL
FINALIZAR LA JORNADA ACADEMICA NOCTURNA EN LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**JULIAN DAVID RUBIANO SIACHOQUE
MIGUEL ANGEL MOLINA LOPEZ
NELSON STEVEN BELTRAN GALVIS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**ING. FABIAN GONZALEZ
Asesor disciplinar
LAURA CALA CRISTANCHO
Asesor metodológico**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 11 de Diciembre de 2015

DEDICATORIAS

La tesis que con gran esfuerzo y dedicación logré concluir, es sin duda el reflejo de muchos años de estudio, por esa razón la dedico a quienes forman parte de mi carrera profesional e indudablemente a mi familia que forjo mi destino e hizo posible con su apoyo incondicional este objetivo que durante mucho tiempo quisieron ver por concluido y confiar en mi crecer como Ingeniero Civil.

Gracias a mis asesores, el Ing. Fabián González y la Lic. Laura Cala, por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento que han hecho fácil lo difícil. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

También agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil y a todos los profesores que la conformaron, por todos los conocimientos impartidos, atención y amabilidad en todo lo referente a mi vida como estudiante de esta prestigiosa Universidad.

Julián David Rubiano Siachoque.

Agradezco de antemano a Dios, por darme la oportunidad y las herramientas para poder culminar mis estudios profesionales en ingeniería, esto es un gran logro y satisfacción personal. Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos, por sus oraciones, por constituir un apoyo inigualable y estar siempre presente en los momentos de dificultad al igual que a los docentes que estuvieron conmigo a lo largo de tal excelente formación integral.

Gracias al Ing. Fabián González y la Lic. Laura Cala, por el apoyo, el ánimo, la orientación y disposición para sacar el presente trabajo adelante, sin la ayuda de ustedes esta tesis no hubiera sido posible

Miguel Ángel Molina Lopez

Le agradezco a mis padres por haberme brindado todo para lograr mis estudios que con gran sacrificio se privaron de muchas cosas para ayudarme a salir adelante donde también me ayudaron a no rendirme en el camino siguiendo adelante con mis estudios, de ante manos a mis compañeros por que logramos unificar este trabajo de grado que en muchas veces vimos perdido gracias infinitas.

Nelson Steven Beltrán Galvis

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. ANTECEDENTES.....	13
5. MARCOS REFERENCIALES	15
5.1. MARCO CONCEPTUAL	15
5.1.1. La planeación y la operación de sistemas de transporte.....	15
5.1.2. Oferta de transporte.....	18
5.1.3. Demanda de transporte	19
5.1.4. El proceso de planificación del transporte.....	19
5.1.5. Sistemas de transporte	27
5.1.6. Etapas del modelo de transporte	29
5.2. MARCO GEOGRÁFICO	30
5.3. MARCO JURÍDICO	32
5.3.1. Ley No. 105 del 30 de diciembre de 1993.....	32
5.3.2. Ley 769 De 2002	32
5.3.3. Ley 336 de 1996.....	32
5.3.4. Decreto 170 De 2001.....	32
5.3.5. Decreto 1079 De 2015.....	33
5.3.6. Decreto 348 De 2015.....	33
5.3.7. Resolución 4350 De 1998.....	33

6.	DISEÑO METODOLÓGICO	34
6.1.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	34
6.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	35
6.3.	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	35
6.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	35
6.4.1.	Método de estudio origen destino (O-D)	35
6.4.2.	Población.....	36
6.4.3.	Muestra	36
6.4.4.	Variables	38
6.5.	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	38
6.5.1.	Fase I: Diseño encuesta matriz O-D (Origen – Destino)	38
6.5.2.	Fase II: Caracterización de la muestra, análisis oferta y demanda	39
6.5.3.	Fase III: Planteamiento de rutas	39
6.5.4.	Fase IV: Estimación costos operacionales.....	40
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
7.1.	DISEÑO ENCUESTA MATRIZ O-D (ORIGEN – DESTINO)	41
7.1.1.	Componente Socioeconómico.	41
7.1.2.	Componente Tipología de Transporte usado.	42
7.1.3.	Componente Frecuencia de Viaje.....	42
7.1.4.	Componente Percepción.	43
7.1.5.	Componente Viajes Atraídos.	44
7.1.6.	Aplicación de la Encuesta O-D.	45
7.2.	CARACTERIZACION DE LA MUESTRA, ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA	45
7.2.1.	Aspecto Socioeconómico.....	45
7.2.2.	Tipología de Transporte usado	48
7.2.3.	Frecuencia de Viaje	50

7.2.4.	Percepción	54
7.2.5.	Atracción de Viajes	57
7.3.	PLANTEAMIENTO DE RUTAS.....	64
7.3.1.	Zonificación área de estudio	64
7.3.2.	Matriz Origen Destino	66
7.3.3.	Líneas de deseo de viaje	67
7.3.4.	Centroides	68
7.3.5.	Redes	69
7.3.6.	Modelación y Diseño de Rutas	70
7.4.	ESTIMACION COSTOS OPERACIONALES	81
7.4.1.	Tipología Vehículo	81
7.4.2.	Costos y Parámetros observados	82
7.4.3.	Costos Variables	82
7.4.4.	Costos Fijos.....	86
7.4.5.	Costos De Capital.....	87
7.4.6.	Estructura de Costos del Pasaje.....	87
8.	CONCLUSIONES	89
9.	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFIA.....	92
10.	ANEXOS	94
10.1.	ANEXO A – MODELO ENCUESTA ORIGEN - DESTINO	95
10.2.	ANEXO B – PLANOS	96

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Género población encuestada.....	45
Tabla 2. Condición laboral población encuestada.....	46
Tabla 3. Costo promedio viaje	47
Tabla 4. Estrato Socioeconómico	48
Tabla 5. Tipo transporte usado.	49
Tabla 6. Necesidad de Transbordo a otros sistemas	50
Tabla 7. Tiempo desplazamiento hasta lugar de toma de servicio	51
Tabla 8. Tiempo espera de servicio.	52
Tabla 9. Tiempo de trayectoria o uso de un sistema de transporte.	53
Tabla 10. Prioridad estudiante al decidir usar un sistema de transporte.....	54
Tabla 11. Evaluación general transporte usado.	55
Tabla 12. Dificultades transporte usado.	56
Tabla 13. Hora salida estudiantes Facultad Ing. Civil.....	57
Tabla 14. Usuarios Ruta Transporte como sistema alternativo.	58
Tabla 15. Localidad de destino estudiantes facultad de Ing. Civil.	60
Tabla 16. Sectores de destino en Cundinamarca estudiantes facultad de Ing. Civil.....	61
Tabla 17. Matriz Origen Destino en hoja de cálculo	66
Tabla 18. Longitudes Rutas resultantes del modelo.....	71
Tabla 19. Diseño Operacional Ruta UGC-101	72
Tabla 20. Diseño Operacional Ruta UGC-102	73
Tabla 21. Diseño Operacional Ruta UGC-103	74
Tabla 22. Diseño Operacional Ruta UGC-104	75
Tabla 23. Diseño Operacional Ruta UGC-105	76
Tabla 24. Diseño Operacional Ruta UGC-106	77

Tabla 25. Diseño Operacional Ruta UGC-107	78
Tabla 26. Diseño Operacional Ruta UGC-108	79
Tabla 27. Diseño Operacional Ruta UGC-109	80
Tabla 28. Costo y rendimiento del combustible.....	82
Tabla 29. Costos y rendimiento de Lubricantes	83
Tabla 30. Costos y rendimiento de Llantas y otros servicios	84
Tabla 31. Salarios y prestaciones sociales	84
Tabla 32. Costos servicios de estación.....	85
Tabla 33. Costo Mantenimiento	85
Tabla 34. Costo Garaje.....	86
Tabla 35. Costo Impuestos	86
Tabla 36. Gastos de administración y rodamiento	86
Tabla 37. Costo Seguros y tipos de coberturas.....	87
Tabla 38. Costo de Capital.....	87
Tabla 39. Estructura de Costos.....	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonificación para fines de planeación del transporte.....	22
Figura 2. Representación esquemática de una red vial urbana.....	23
Figura 3. Etapas del modelo de transporte	29
Figura 4. Localización Facultad Ingeniería Civil. Universidad La Gran Colombia	31
Figura 5. Género población encuestada Facultad Ing. Civil.	45
Figura 6. Condición laboral población encuestada Facultad Ing. Civil.....	46
Figura 7. Costo promedio viaje población encuestada Facultad Ing. Civil.	47
Figura 8. Estrato socioeconómico población encuestada Facultad Ing. Civil.....	48
Figura 9. Transporte usado por la población encuestada Facultad Ing. Civil.....	49
Figura 10. Transbordos población encuestada Facultad Ing. Civil.	50
Figura 11. Tiempo de desplazamiento hasta lugar de toma de servicio.	51
Figura 12. Tiempo promedio espera de servicio.	52
Figura 13. Tiempo de trayectoria o uso de un sistema de transporte.....	53
Figura 14. Prioridad estudiante al decidir usar un sistema de transporte.	54
Figura 15. Evaluación general transporte usado.	55
Figura 16. Dificultades transporte usado.....	56
Figura 17. Hora salida estudiantes Facultad Ing. Civil.....	57
Figura 18. Usuarios Ruta Transporte como sistema alternativo.	58
Figura 19. Localidad de destino estudiantes Facultad Ing. Civil.	62
Figura 20. Población Localidades de Bogotá D.C.	63
Figura 21. Zonificación área de estudio	65
Figura 22. Id zonas de estudio.....	65
Figura 23. Matriz OD TransCAD	67
Figura 24. Esquema Líneas de deseo	67

Figura 25. Esquema Centroides	68
Figura 26. Conexión centroides con red vial	69
Figura 27. Rutas modeladas método ruta más corta.....	70
Figura 28. Ruta UGC-101	72
Figura 29. Ruta UGC-102	73
Figura 30. Ruta UGC-103	74
Figura 31. Ruta UGC-104	75
Figura 32. Ruta UGC-105	76
Figura 33. Ruta UGC-106	77
Figura 34. Ruta UGC-107	78
Figura 35. Ruta UGC-108	79
Figura 36. Ruta UGC-109	80
Figura 37. Propuesta Vehículo a usar Bus IDEALE-Marcopolo.....	81

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Fórmula estadística.	37
Ecuación 2. Tamaño de la muestra.....	38

INTRODUCCIÓN

El considerable aumento del número de estudiantes en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, al igual que en otras instituciones educativas del sector de Chapinero, ha contribuido a que dicha localidad sea una de las principales generadoras de viajes. Es de mencionarse, que el uso del suelo con actividades académicas, genera como consecuencia, otras actividades conexas que contribuyen a las cifras de población transitoria o en movimiento de la zona de estudio y a los impactos que se puedan generar en la movilidad del sector, haciendo referencia particularmente a restaurantes, bares y otras actividades comerciales.

Existen limitaciones a la hora de acceder a un sistema de transporte, debido al crecimiento de la demanda y a la falta de diferentes alternativas de transporte para movilizarse, siendo factible adelantar un estudio de rutas que permita más modos de transporte como lo es un sistema de rutas alternativas de transporte como sistema que optimice el desplazamiento de la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia sede Chapinero.

El presente estudio pretende identificar un plan de rutas estratégicas como respuesta a un estudio estadístico para determinar el número de estudiantes y los diferentes sitios de destino a los cuales los estudiantes se dirigen al finalizar las actividades académicas, esto con el fin de implementar un sistema de rutas de transporte alternativo que mejore la calidad en la movilidad durante estos desplazamientos.

1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La Facultad de Ingeniería Civil, sede de la Universidad La Gran Colombia, localizada en la Carrera 9 No 42ª 22 en la localidad de Chapinero, cuenta con 1.730 estudiantes matriculados en el segundo periodo del año 2015; para quienes hacer uso del servicio de transporte público como Transmilenio, Sistema Integrado de Transporte - SITP o servicio colectivo, se convierten en la primera alternativa al trasladarse a los hogares; de modo que los lleva a enfrentarse con la dinámica del transporte de la ciudad que ha cambiado durante los últimos 20 años de manera significativa; el incremento desmedido del parque automotor de vehículos particulares y motos, acompañado con un transporte público deficiente.

En la actualidad son múltiples los problemas de movilidad que tiene Bogotá: alta accidentalidad, congestión, limitada oferta de buses y taxis, conductores agresivos y sin capacitación, malla vial deficiente, Transmilenio saturado, adicionalmente a estos problemas, los largos trayectos de algunos estudiantes sumado a la escasez de rutas y altos tiempos de espera del transporte, conllevan a que los estudiantes se vean en la obligación de tomar más de un vehículo con los riesgos que esto implica, tomando como referencia los temas de inseguridad a los que podría exponerse un estudiante particularmente de la jornada nocturna.

Además de estos problemas de movilidad, la facultad de Ingeniería no está dotada con parqueaderos propios, por lo cual se ve la necesidad por parte de los estudiantes de acceder a parqueaderos privados o en otros casos abstenerse de movilizarse en vehículo particular. La aglomeración, atrasos e inseguridad, seguido de la falta de cultura por parte de los operarios de las rutas de Transmilenio y otros servicios, son aspectos que afectan la integridad y que además deben tolerar los estudiantes.

Los grandes recorridos imposibilitan a los estudiantes tomar medios de transporte alternativos como bicicletas o usar los senderos peatonales para desplazarse a los lugares de residencia. Sumado a esto, los problemas sociales como la inseguridad, incomodidad y los largos tiempos de espera generan un ambiente denso en la aglomeración de personas que se ven en la obligación de tomar como única alternativa los servicios de transporte masivo y servicios urbanos.

Los temas contractuales de inseguridad en los servicios de transporte masivo y servicio público se han tornado cada día con mayor intensidad haciendo que se dificulte aún más el desplazamiento de los estudiantes. La movilidad de los estudiantes es un trabajo arduo al transportarse en horarios que aumenta la vulnerabilidad a ser atacados y despojados de las pertenencias de uso personal y

escolar. Adicional a esto el colapso de los sistemas masivos de transporte llevan al límite del desequilibrio provocando un caos total que perturba el pleno desarrollo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

De acuerdo a la problemática anterior surge el siguiente interrogante:

¿Cuáles son las posibles rutas para un sistema alternativo de transporte que optimicen el desplazamiento al lugar de residencia de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de La Universidad La Gran Colombia al finalizar la jornada académica nocturna?

2. JUSTIFICACIÓN

La facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia se encuentra localizada en Carrera 9 No 42^a - 22 sector de Chapinero, dicha localidad se caracteriza por concentrar uno de los mayores porcentajes de instituciones educativas de educación superior en relación a otros sectores de la ciudad de Bogotá D.C. Estas instituciones educativas en su mayoría, ofrecen programas en la jornada diurna como nocturna.

En cuanto a vías de acceso al sector de Chapinero y particularmente a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, se cuenta principalmente con la Carrera 7 (sentido Norte-Sur y viceversa), Carrera 13 (sentido Norte-Sur), Av. Caracas (sentido Norte-Sur y viceversa) y Calle 45 (sentido Occidente-Oriente y viceversa), es de destacarse que los usuarios de transporte público convencional (servicio público colectivo) cuentan únicamente con la Carrera 13, Carrera 7 y calle 45. En la Av. Caracas opera exclusivamente el sistema de transporte masivo Transmilenio, dichas vías en su mayoría están conectadas desde los perímetros de Bogotá D.C., a la altura de la facultad, muchos de los servicios ya se encuentran inaccesibles al igual que la capacidad de las vías mismas. Todas las vías anteriormente mencionadas admiten uso de transporte particular.

Los inconvenientes de movilidad en el sector, se agudizan indiscutiblemente en horas pico y cualquier evento circunstancial que pueda suceder, impacta negativamente dicha movilidad siendo el factor común, la irregularidad en tiempos de espera para acceder a servicios de transporte, congestión y sobrecupo, además problemas de índole social, como incremento en la inseguridad y comodidad entre otros. Resultaría pretencioso tratar de erradicar estos aspectos, ya que son características inmersas de las urbes densamente pobladas y activas, Bogotá D.C. como ciudad capital, no es ajena a estas afecciones.

Por las características anteriormente descritas, es evidente que existen limitaciones a la hora de acceder a un sistema de transporte de forma segura, cómoda y eficiente, principalmente en horas pico de la noche, siendo factible un estudio de rutas de transporte como sistema alternativo que permita optimizar el desplazamiento de la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería Civil de la jornada nocturna, hasta su lugar de residencia al finalizar actividades académicas, bajo las premisas de seguridad, comodidad, economía, óptimos itinerarios y tiempos de desplazamiento principalmente.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de rutas de transporte, como sistema alternativo para estudiantes, de retorno a las viviendas al finalizar la jornada académica nocturna en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar la demanda de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia que posiblemente utilizaría el sistema alternativo de rutas al finalizar la jornada estudiantil.

Establecer los destinos o zonas de mayor demanda habitacional y caracterización de los desplazamientos de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, con base al diseño y aplicación de una encuesta origen-destino.

Realizar el diseño operacional de la oferta que cubra la demanda de estudiantes.

Diseñar un plan de rutas de transporte alternativo que obedezca a las demandas y requerimientos identificados en el estudio.

Establecer los costos operacionales de las rutas con la finalidad de determinar la tarifa del pasaje que posiblemente pagaría el estudiante como usuario de una determinada ruta.

4. ANTECEDENTES

Respecto a esta temática se han realizado trabajos académicos, por ejemplo, el realizado por Barco Londoño, Giovany Hoyos García y Edgar Adolfo, cuyo trabajo se titula “Diagnóstico y análisis de la situación actual del transporte para los estudiantes de la Universidad Nacional Sede Manizales Campus La Nubia.”¹. Esta investigación justifica que en la actualidad la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales se encuentra funcionando en tres zonas físicas denominadas campus, distribuidas en diferentes regiones de la ciudad, lo cual genera un problema de transporte para los estudiantes tanto en sus desplazamientos entre campus, como desde sus hogares al campus de la Nubia.

Con la situación manifestada, se planteó realizar un diagnóstico y análisis de la situación actual del transporte para los estudiantes con el cual se busca establecer las tendencias de demanda insatisfecha generada para la llegada y salida de los estudiantes del campus en mención, la metodología manejada consistió en recolectar la información existente relacionada con el transporte público y universitario, los horarios de clase y las carreras afectadas (población del campus la Nubia), se utilizó un formato de encuesta en el cual se establecieron horarios para encontrar la demanda insatisfecha tanto para la llegada como para la salida del campus.

Los resultados encontrados evidencian un problema de cupos para los estudiantes especialmente para las llegadas, por lo cual se plantearon soluciones tanto de la Universidad como del transporte público, para mejorar el problema de desplazamiento adecuado. Adicionalmente se aporta una información valiosa para la Universidad y el Municipio con el propósito de ayudar en los estudios que actualmente se realizan de origen y destino para así buscar un beneficio para los estudiantes y transportadores en el diseño de nuevas rutas.

Otro estudio realizado de carácter académico es el desarrollado por la I.C. Diana Patricia Moreno Palacio, cuyo trabajo se titula “El problema de movilidad en

¹ BARCO LONDOÑO, Giovany y HOYOS GARCÍA, Edgar Adolfo. Diagnóstico y análisis de la situación actual del transporte para los estudiantes de la Universidad Nacional Sede Manizales Campus La Nubia. Tesis de Grado. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. 2001. 83h.

campus universitarios. Caso aplicado: universidad de Antioquia”². En esta Tesis de Maestría se aborda el problema de movilidad en Campus Universitarios y para el caso de la Universidad de Antioquia (U. de A.), se elaboró un diagnóstico vial en cuanto a su accesibilidad en los diferentes modos de transporte y la congestión en los parqueaderos, diagnóstico que finalmente sirvió de materia prima para el diseño de una solución a este problema de movilidad. Se encontró que las personas que ingresan a las instalaciones del campus lo hacen caminando (aproximadamente 20%), en servicio público colectivo (bus y Metro) 70% y últimamente se ve marcada la tendencia a usar vehículo privado 10%, especialmente motocicleta.

También se trabajó en la elaboración de un modelo de Reparto Modal de viajes a la Universidad de Antioquia, donde se estudió el caso mencionado aplicando modelos de demanda desagregados utilizando la técnica de Preferencias Declaradas (PD) y aplicando modelos tipo Logit. Se realizaron aforos de entradas vehiculares y encuestas en la Universidad a personas con y sin automóvil para así obtener las condiciones actuales de ingreso en los diferentes modos de transporte y se hicieron preguntas hipotéticas a usuarios con vehículo particular con el fin de analizar si era posible una disminución del uso de este tipo de vehículo y para concientizar a las personas que visitan la Universidad de que utilicen el sistema de transporte público ya que la congestión dentro de ésta es un reflejo de la problemática del sistema de transporte de la ciudad.

En Bogotá D.C. existen empresas transportadoras privadas que funcionan como transporte alternativo para estudiantes, tal es el caso de la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI, quien ha autorizado que una empresa transportadora privada permita operar a las afueras de sus instalaciones con la finalidad de movilizar a los estudiantes de la jornada nocturna hacia sus domicilios, para ello, se disponen de 48 rutas que se dirigen hacia todos los sitios de la ciudad demandados por los estudiantes de la universidad incluida 2 rutas que parten hacia Zipaquirá y Soacha. Esta empresa transportadora moviliza cerca de 2500 estudiantes del horario nocturno y ha funcionado por los últimos 7 años.

² MORENO, Palacio Diana. El problema de movilidad en campus universitarios. Caso aplicado: universidad de Antioquia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad Nacional de Minas, Escuela de Ingeniería Civil.2006. 58h.

5. MARCOS REFERENCIALES

A continuación se relaciona un resumen de los ítems considerados dentro del ejercicio de trazado de líneas pendientes con sus respectivos valores, en función de determinar los aspectos a tener en cuenta.

5.1. MARCO CONCEPTUAL

Una de las preocupaciones principales del ambiente académico y técnico en transporte urbano de los últimos años, es la aparición y expansión de una modalidad de servicios de transporte de pasajeros, no encuadrada dentro de los esquemas formales del transporte público de las grandes ciudades, esto es, "no convencional".

"El calificativo de alternativo surge para nombrar un tipo de oferta de transporte por fuera del régimen de servicio público. Es prestado por particulares que conforman pequeñas y medianas empresas -PYMES- de gestión familiar; fundadas por los propietarios de los vehículos, que también trabajan como conductores. Destaca su tendencia a acompañar el proceso económico de fuertes contrastes, cristalizado en la notable polarización socioespacial, resultante de la producción urbana (y por ende su movilidad) dualizada y/o fragmentada".³ Lo anterior dentro de una normatividad que reglamenta este tipo de transporte.

Por lo anterior, se entiende el transporte alternativo como una forma post industrial, es decir derivada de un sistemas de transporte convencional, es flexible, cuyo objeto es la producción del transporte de pasajeros resultante del proceso de reestructuración de la economía o uso del suelo, ya sea en una dimensión zonal, local y regional, cuyo impacto en la ciudad se manifiesta, entre otras, en los cambios señalados.

5.1.1. La planeación y la operación de sistemas de transporte

La planeación del transporte se encarga de determinar la demanda, los generadores de viaje y los modos utilizados por el usuario, para proveer una alternativa óptima de prestación del servicio de transporte.

³ ARDILA GÓMEZ, Arturo. La planeación del transporte: una nueva propuesta con énfasis en la operación y el mantenimiento, 1994: 53, Coraggio, 2004.

La planeación del transporte abarca diversos problemas y procedimientos que varían de acuerdo con el nivel en que se lleve a cabo y el tipo de necesidad a satisfacer. La planeación la efectúan diversos organismos en diferentes niveles, así como las empresas privadas, incluidas las que proporcionan y las que utilizan los sistemas de transporte.

En el caso de las empresas privadas, las utilidades predominan como motivación; el interés en las necesidades públicas solo se manifiesta generalmente en relación con sus efectos en el beneficio social o a través de la conformidad con las exigencias de la ley y las disposiciones de las dependencias reguladoras. Los departamentos de transporte nacionales son responsables de las necesidades en materia de vías férreas, aerovías, vías acuáticas y carreteras⁴.

5.1.1.1. Objetivos de la planeación del transporte⁵

- a. Utilizar óptimamente la infraestructura de los medios de transporte disponibles para hacer frente de manera eficaz a la demanda de transporte de una región.
- b. Establecer una planeación integral, precisa y eficaz del sistema de transporte urbano. En este sentido, los modelos son la herramienta más eficaz para la planeación del transporte en una zona urbana.
- c. Anticipar los cambios que se presentarían en la demanda de transporte como consecuencia de modificaciones en el sistema de transporte. Análisis de escenarios alternos de mejoras al sistema de transporte urbano que se traduzcan en una operación más eficiente de los diversos medios de transporte. Por ejemplo: reestructuración de rutas de buses; cambios en sentidos de circulación en la red vial básica.
- d. Evaluar escenarios futuros del sistema de transporte, los cuales estén ligados a pronósticos de las principales variables socioeconómicas utilizadas para caracterizar la demanda de transporte.
- e. Analizar la relación entre el sistema de transporte y el sistema socioeconómico de una región. En este sentido, el sistema de transporte normalmente afectara la manera en que crece y cambia el sistema socioeconómico. Asimismo, los cambios en el sistema socioeconómico harán necesarias ciertas modificaciones al sistema de transporte.

⁴ CAL Y MAYOR, Rafael. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Volumen II, Planeación del transporte urbano. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaria de Transporte. Octubre de 2005. p 1-7.

⁵ Ibid., p 1-7.

- f. Evaluación de políticas de transporte y de actividad urbana en la ciudad. Entre los posibles estudios se encuentran los siguientes: construcción de líneas de tren ligero o de metro; implantación de un nuevo esquema de tarifas; cambios en los usos del suelo o densificación de algunas zonas; construcción de vías rápidas; Restricciones a la circulación de vehículos particulares; articulación de los modos de transporte que suplen las demandas de viaje; modificación en componentes tecnológicos de los equipos de transporte o de control de tráfico.

La planificación se puede definir como la disciplina que permite anticipar situaciones futuras y plantear soluciones realizables y factibles. En teoría, busca por medio del análisis de la situación actual el obtener soluciones que logren un sistema de transporte que permita la movilidad y la accesibilidad de sus usuarios.

La planificación es la fase fundamental del proceso de desarrollo y organización del transporte, pues es la que permite conocer los problemas, diseñar o crear soluciones y, en definitiva, optimizar y organizar los recursos para enfocarlos a atender la demanda de movilidad. En ella hay que destacar la importancia de asignar en los presupuestos los recursos necesarios para su realización.

La planificación del transporte permite la elaboración de estrategias de transporte adecuadas con el fin de organizar los flujos de movimientos generados por un área urbana o desarrollo urbanístico y preparar el diseño y operación de los sistemas y operaciones de transporte necesarios con el fin de proveer una accesibilidad adecuada maximizando los beneficios sociales y económicos del transporte, y minimizar el impacto negativo del transporte en nuestras ciudades y el medio ambiente⁶.

La planificación de transporte implica todas aquellas actividades que deben llevarse a cabo antes de la salida de un transporte desde el puesto de expedición.

Estas actividades incluyen:

- a. Contratar los servicios de un transportista.
- b. Organizar el medio de transporte.
- c. Especificar la ruta de transporte.
- d. Definir las etapas para cubrir esta ruta de la manera más eficaz posible.

⁶ LANE, Roberth. POWELL, Timothy. PRESTWOOD, Paul. Planificación analítica del Transporte. Colección nuevo urbanismo. Instituto de estudios de la Administración Local. Madrid 1973. p 15.

La operación de sistemas de transporte tradicionalmente ha sido definida como un menú de técnicas que controlan la cantidad de vehículos en las calles y la capacidad de la vía. Estas técnicas incluyen desde la sincronización de los semáforos, el manejo del tráfico, hasta el uso de sistemas inteligentes de transporte y técnicas para reducir la demanda de viajes motorizados.

Es necesario darle una visión más sistémica y permanente al concepto de operación. Al igual que toda infraestructura – acueducto, hidroeléctrica, sistema telefónico, entre otros, – un sistema de transporte debe ser operado y mantenido. Por ello, la definición de operación se toma del campo de la infraestructura en general, en donde la prestación del servicio es la razón de ser de la infraestructura y donde la operación es la actividad que permite la prestación del servicio.

5.1.2. Oferta de transporte

En el caso del transporte, la oferta se refiere al servicio proporcionado para el desplazamiento rápido de las personas en una región urbana. Este puede ser realizado en vehículos particulares o en unidades de transporte público. Como lo señalan Ortuzar y Willumzem⁷ una característica particular de la oferta de transporte es que se trata de un servicio y no de un bien. El servicio de transporte debe ser “consumido” en el mismo momento y sitio en que es “producido”, ya que de lo contrario se pierde su beneficio. Por tal motivo es muy importante que la oferta de transporte se adapte continuamente a la de la demanda⁸.

En el caso de las rutas de buses, la oferta de transporte depende del itinerario y de la frecuencia del servicio, así como el tipo de unidades utilizadas; por la naturaleza de este servicio, la oferta es variable y normalmente se adapta a las variaciones de la demanda

Con algunas excepciones, como los carriles reversibles la infraestructura vial puede ser considerada como un elemento de la oferta de transporte en una zona urbana.

La oferta de transporte se proyecta para atender cierto nivel de demanda; por tanto, en las horas de mayor confluencia de usuarios se presentan lo más bajos niveles de servicio. Las demás horas del día pueden resultar las menos rentables

⁷ ORTÚZAR, Juan de Dios. WILLUMSEN, Luis G. Medellín Transport, 4th Edition. Wiley-Blackwell, Oxford 2011. p.4

⁸ CAL Y MAYOR, Rafael, Op. Cit., p. 1-8.

para los concesionarios de servicio de transporte publico pero para el usuario pueden ser las más cómodas.

En lo que concierne a los vehículos particulares, la infraestructura es proporcionada por las autoridades gubernamentales, generalmente sin ningún costo directo a los usuarios.

En algunos casos como en los estacionamientos o en concesión a la iniciativa privada, se requiere efectuar un pago por el uso de la infraestructura.

5.1.3. Demanda de transporte⁹

Desde el punto de vista de la planeación de transporte, es necesario estimar los flujos que ocurren en el sistema en diferentes situaciones al respecto, se requiere pronosticar el comportamiento humano para pronosticar la demanda de transporte.

En la actualidad, la información sobre el comportamiento humano en respuesta a cambios en el sistema de transporte se representa por medio de funciones de demanda con ella se intenta predecir el comportamiento de un individuo o de un grupo de individuos ante situaciones cambiantes del sistema de transporte. Las decisiones de las personas sobre los viajes que deben efectuar como parte de sus actividades cotidiana conducen directamente a una “demanda” o un deseo de viajes. De esta manera, se puede afirmar que la demanda de viajes es derivada de los viajes que se efectúan para transportarse a ciertos lugares y no simplemente por el deseo de hacerlos; los viajes son un medio para realizar ciertas actividades humanas.

Los enfoques utilizados para la predicción de la demanda de transporte pueden ser clasificados individuales y de grupo de individuos o en desagregados y agregados, respectivamente.

Por su naturaleza dinámica, la demanda también responde a cambios en los niveles de servicio, a tal grado que se puede presentar una competencia permanente entre los diversos medios de transporte disponible en una ciudad.

5.1.4. El proceso de planificación del transporte

Existen unos puntos comunes básicos que pueden ser aplicados a todas las formas de planificación del transporte, tanto si se trata de nuevos medios de

⁹ Ibid., p 1-9.

transporte, como si se trata de un nuevo aeropuerto, de una mejora del sistema vario o del sistema ferroviario, o si se trata de políticas de transporte a escala nacional, regional o local. En todos los casos, el modo de enfrentarse al problema puede resumirse en tres fases distintas: fase de información, análisis y construcción del modelo; fase de establecimiento de previsiones, y fase de evaluación¹⁰.

La fase de información, análisis y construcción del modelo contesta a dos preguntas importantes. Primera: ¿Cuál es la demanda actual de viaje?, y segunda: ¿en qué medida esta demanda se encuentra satisfecha por los medios de transporte actuales? Para contestar a estas preguntas se realiza una toma de datos (y un análisis) de la demanda actual de viajes, y se examinan las relaciones entre la demanda actual y el medio ambiente urbano. Este examen proporciona los medios necesarios para la construcción de modelos de estas relaciones que pueden ser utilizados en la fase de establecimiento de previsiones.

*5.1.4.1. Fase de información (zonificación, toma de datos, construcción de redes)*¹¹

El primer elemento es la definición del área que será estudiada en detalle. Los estudios de gran envergadura tales como el London Traffic Survey describen los viajes que se producen en una conurbación y tiene en cuenta solo los medios de transporte más importantes y estratégicos como autopistas, carreteras principales ferrocarriles de cercanías y metro. Los estudios de menor escala tales como los realizados por las autoridades de los barrios de Londres (London Boroughs), describen los desplazamientos en la zona con mucho mayor detalle.

El objetivo principal de un modelo de transporte es predecir 1) el número de viajes que tendrán lugar por cada medio de transporte, 2) el origen y destino de estos viajes, y 3) la ruta que seguirán entre origen y destino. Para establecer el origen y destino de estos viajes se divide el área de estudio en un número determinado de zonas de tráfico. El tamaño de estas zonas depende del nivel de detalle requerido: cuanto más pequeño es el tamaño de las zonas, mayor es la precisión potencial del modelo; pero el costo del modelo aumenta también considerablemente al aumentar el número de zonas. La zona exterior al área de estudio también se divide en partes, aunque de un tamaño mucho mayor.

¹⁰ LANE, Roberth. POWELL, Timothy. PRESTWOOD, Paul. Op. cit., p 18.

¹¹ *Ibíd.*, p 20.

5.1.4.1.1 Zonificación

Es definida como la división de una región urbana en zonas homogéneas, con respecto a la generación de viajes. Normalmente se toma en cuenta los siguientes factores: usos de suelo, número de viviendas, población total, número total de empleos, red vial existente, medios de transporte disponible.

La zona de análisis de transporte es la unidad más pequeña para la que se efectúan análisis de generación y distribución geográfica de viajes. En la zonificación, las ZAT se identifican por medio de un número específico¹².

En la Figura 1. Se muestra un ejemplo de una zonificación para fines de planeación del transporte, en la que se observan los límites de varias ZAT. Las ZAT corresponden al nivel de análisis más detallado de primeros modelos de la secuencia convencional del proceso de planeación del transporte. Existe otro nivel menos detallado, establecido al agregar ZAT. Las unidades resultantes de la agregación de ZAT normalmente se denominan distritos.

En las ZAT las características de generación de viajes pueden ser consideradas como uniformes. Se busca mantener homogéneo el uso del suelo y habitualmente las ZAT son más pequeñas en donde se presentan una mayor actividad de viajes o del tránsito vehicular.

Cuando se establece la zonificación se debe buscar el equilibrio entre la precisión de los análisis del tránsito y el costo de la recolección de datos. También se debe tener en cuenta el nivel de precisión de los datos que serán utilizados en los escenarios futuros de análisis. Como información general se puede mencionar que a mayor número de zonas mayor costo de recolección y análisis de datos.

En la etapa principal de la zonificación se utilizan planos de uso del suelo para formular la ubicación de las ZAT. Habitualmente, se deberá consultar datos de las agregaciones de unidades estadísticas básicas, principalmente número de viviendas y de habitantes, para constituir de manera decisiva una o más ZAT.

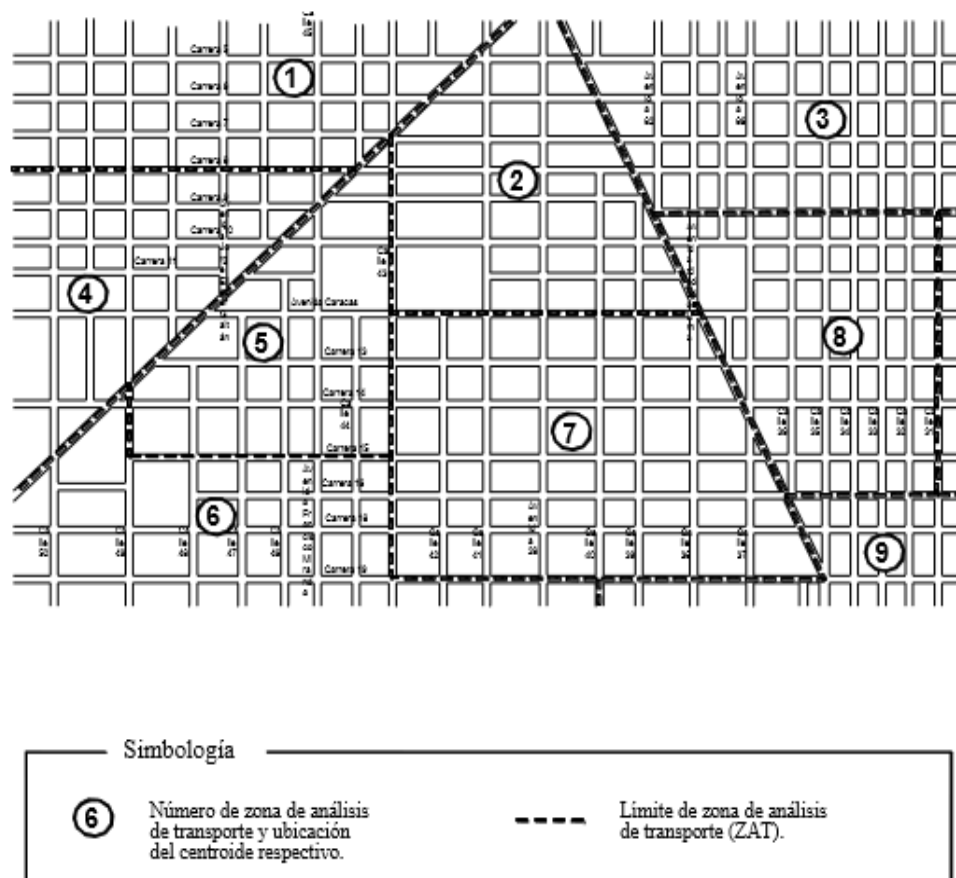
Cuando se habla de la generación de viajes, se deberá considerar la ubicación de las redes viales y de transporte público en el establecimiento de las ZAT. En el proceso de planeación del transporte todas las producciones y atracciones de viajes de las ZAT se realizan a través de un centroide, con el que se representa

¹² CAL Y MAYOR, Rafael, Op. Cit., p. 6-13

esquemáticamente toda la generación de viajes. Posteriormente, los centroides se unen a la red vial y de transporte público a través de arcos ficticios denominados "conectores de centroides"¹³.

En la Figura 1, los círculos en que se encierran los números de las ZAT podrían ser considerados como una representación esquemática de los centroides.

Figura 1. Zonificación para fines de planeación del transporte.



Fuente. Manual de planeación y diseño para la administración del transporte y el tránsito

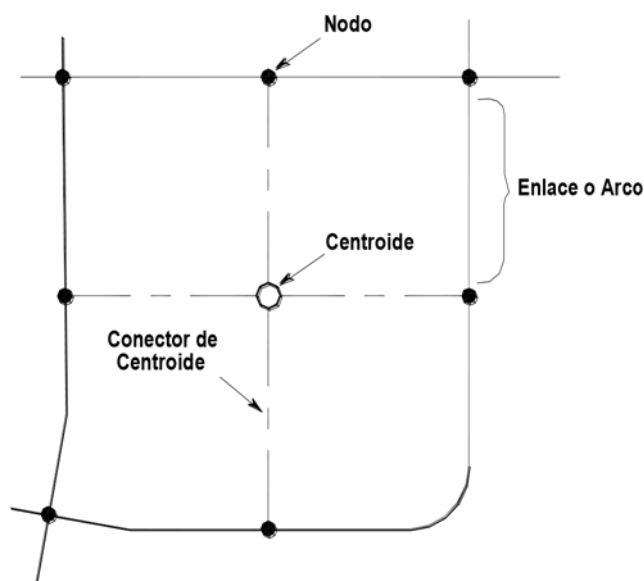
¹³ Ibíd., p.6-14

5.1.4.1.2 Redes vial y de transporte público

Las redes son representaciones esquemáticas de la infraestructura vial y de los itinerarios de las rutas de transporte público, tal como se ilustra en las Figuras 2, son elementos que corresponden a la oferta de transporte en una zona urbana.

Los nodos y arcos de la red vial esquemática representan a las intersecciones y los tramos viales, respectivamente, de la infraestructura vial. Las características geométricas (sección transversal, número de carriles, pendiente longitudinal, etc.) son aproximadamente constantes en un arco dado. En la Figura 2 también se observan unos arcos ficticios que unen al centroide de una ZAT con la red vial adyacente y a los que se les conoce como conectores de centroide.¹⁴

Figura 2. Representación esquemática de una red vial urbana.



Fuente. Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte

¹⁴ Ibíd., p.6-16

5.1.4.2. *Análisis y construcción de modelos*¹⁵

Los datos recogidos en las encuestas contienen gran cantidad de información sobre las características de los viajes. El análisis de este conjunto de datos puede servir para confeccionar esquemas generales de la situación actual de la ordenación del tráfico, rutas y frecuencias del sistema de autobuses, entre otros. Y lo que es más importante: permitirá comprender las relaciones entre las características de los viajes y medio ambiente urbano. Por ejemplo, se sabe por estudios ya realizados que la inmensa mayoría de los viajes al trabajo se realizan en las horas punta de la mañana y de la tarde, que la mayor parte de los recorridos comienzan o terminan en el lugar de residencia y que las tiendas y oficinas atraen mayor número de viajes por unidad de superficie que los usos comercial o industrial. Mediante la comprensión de las características de los viajes, las relaciones entre estas características y el medio ambiente urbano pueden ser establecidas y cuantificadas utilizando las técnicas de construcción de modelos.

La construcción de modelos es la parte más sugestiva de la planificación del transporte y es la clave para el establecimiento de las futuras demandas de viajes. Por el hecho de ser la fase más importante del proceso de planificación del transporte.

El modelo de transporte se divide convencionalmente en tres etapas: 1) la decisión de realizar los viajes, o generación de viajes, 2) la elección del destino, o distribución de viajes, y 3) el modo actual de realizar el viaje en un medio de transporte apropiado y por una ruta precisa, conocido como asignación. Estas tres etapas se tratan normalmente de un modo independiente, aunque en la práctica se encuentran relacionadas, y la generación de viajes no es independiente de la distribución de viajes ni de la asignación. Otro punto importante en el modelo de transporte es que la distribución del tipo de viajes, es decir, la elección entre transporte público o privado, ha de tenerse en cuenta en las tres etapas.

5.1.4.3. *Fase de previsiones*¹⁶

Para establecer la demanda futura de viajes es necesario obtener previamente toda la información posible para el año de diseño, referente a todos los factores obtenidos en la fase de análisis y construcción de modelos, que puedan influir en el funcionamiento del tráfico. Es aquí donde la planificación del transporte ha de

¹⁵ LANE, Roberth. POWELL, Timothy. PRESTWOOD, Paul. Op. cit., p 23

¹⁶ *Ibíd.* p 26

tener en cuenta los otros campos del proceso de planificación urbana. En particular, se requieren precisiones de los parámetros de planificación referentes a la población, al empleo y a la distribución de la renta, y estos parámetros requieren a su vez submodelos para predecir sus valores futuros. También han de hacerse suposiciones previas sobre niveles de inversión, niveles de servicio que se pretenden alcanzar, y naturaleza de los estándares ambientales que se pretenden conseguir.

La previsiones de distribución de la población constituyen uno de los aspectos más importantes de la planificación. Las previsiones del Registro General muestran las tendencias nacionales y regionales, pero no indican el crecimiento con el detalle requerido para la planificación de áreas urbanas. Las previsiones de población para el área total han de ser establecidas basándose en las tendencias observadas en el pasado en los datos del censo, o bien construyendo modelos de crecimiento poblacional basados en estimaciones sobre índices de natalidad, defunción y migración; pero para determinar la distribución por zonas de la población es necesario conocer también la posible distribución futura del uso residencial del suelo.

5.1.4.4. *Evaluación*¹⁷

Par completar el proceso de previsión del tráfico, los resultados han de ser examinados y evaluados. La evaluación puede realizarse en cuatro etapas, la primera de las cuales es una simple evaluación numérica. En todas las etapas del proceso de previsión es necesario comprobar los resultados, para evitar errores de codificación o de cálculo. Suponiendo que el modelo es matemáticamente correcto, el paso siguiente es comprobar la precisión de las previsiones resultantes. Este es un prerequisite esencial para toda la evaluación posterior, puesto que la interpretación de los resultados del modelo de transporte depende de las circunstancias en las que el modelo ha sido aplicado. Una vez comprobado que los resultados del modelo de transporte predicen adecuadamente el tipo de movimientos resultantes del sistema de transporte, es posible pasar a la etapa siguiente del proceso de evaluación, que podemos denominar evaluación económica y de la operatividad.

Con la evaluación de la operatividad se trata de comprobar si las redes propuestas satisfacen adecuadamente el tipo de distribución de viajes prevista. Es muy raro que esto suceda en las primeras comprobaciones. O bien tienen que modificarse

¹⁷ *Ibíd.*, p 27

ciertas redes, o bien hay que ensayar algunas políticas; por ejemplo, aceptar la restricción del tráfico en ciertas áreas, junto con estándares más bajos de operatividad y niveles de servicio más exiguos.

Se entiende por *planificación del transporte* al desarrollo de un proyecto que pretende estudiar demandas presentes y futuras de movilidad y/o accesibilidad de material y principalmente de personas o bien es una “herramienta de gestión y planificación que establece las directrices para orientar el desarrollo del sector y se constituye en instrumento fundamental para formular, evaluar, revisar y analizar las políticas, planes y proyectos dirigidos al sector transporte”¹⁸.

Estos proyectos están precedidos por estudios de movimientos y necesariamente involucran a los diferentes medios de transporte. Este concepto va estrechamente relacionado con el campo de la ingeniería de transporte.

Se define *Tránsito* a la acción y efecto de transitar, es decir, trasladar o movilizar personas o vehículos ya sea por una vía o franja destinada para tal fin, el tránsito se materializa mediante un medio que es el que permite el desplazamiento de un lugar a otro, este aspecto es denominado *transporte*.

Se necesitan 5 elementos para que constituyan un sistema de transporte:

- a. Una infraestructura o espacio físico, incluye terminales o puertos.
- b. Un vehículo (cuerpo o tecnología).
- c. Energía (combustible o impulso).
- d. Un operador.
- e. Servicios de soporte que permiten que ocurra de forma segura.

Un escenario ideal en el transporte es que los usuarios aprovechen al máximo la infraestructura, energía y sus vehículos, y que dicha infraestructura no sea superada por la demanda.

Para transportarse se pueden usar los propios medios de transporte o los transportes públicos dependiendo de la distancia, la frecuencia y de la disponibilidad de tiempo, recursos y necesidad de hacerlo confortablemente.

¹⁸ ARDILA, Gómez Arturo. La planeación del transporte: una nueva propuesta con énfasis en la operación y el mantenimiento, 1994: 28, Coraggio, 2004.

Basado en el Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española¹⁹, se definen los siguientes conceptos:

Transportar “llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra parte por el porte o precio convenido”.

Transitar “ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos”.

El *transporte privado* “es aquel en el que la persona es el operador, puede escoger una ruta, la hora de partida, e interferir en la rapidez del viaje. El usuario se hace cargo de los costos del vehículo”.

5.1.5. Sistemas de transporte

Según M. L. Manheim²⁰, el análisis de sistemas de transporte debe apoyarse en las dos premisas básicas siguientes:

- a. El sistema global de transporte de una región debe ser visto como un sistema multimodal simple.
- b. El análisis del sistema de transporte no puede separarse del análisis del sistema social, económico y político de la región.

Por lo tanto, el análisis del *sistema global de transporte*, se deben considerar:

- a. Todos los modos de transporte.
- b. Todos los elementos del sistema de transporte: las personas y mercancías a ser transportadas; los vehículos en que son transportados, la red de infraestructura sobre la cual son movilizados los vehículos, los pasajeros y la carga, incluyendo las terminales y los puntos de transferencia.
- c. El viaje total desde el punto de origen hasta el de su destino, en todos los modos y medios, para cada flujo específico.

El sistema de transporte de una región está estrechamente relacionado con su sistema socioeconómico. En efecto, el sistema de transporte usualmente afecta la manera en que los sistemas socioeconómicos crecen y cambian y, a su vez, las

¹⁹ ROESS, Roger P.; Prassas, Elena S. and Mcshane, William R. Traffic Engineering. Third edition, Pearson Prentice hall, New Jersey, 2004.

²⁰ AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guide for the planning, design, and operation of Pedestrian Facilities. Washington, D.C., 2004.

variaciones en los sistemas económicos generan cambios en los sistemas de transporte.

Los *transportes públicos* son compartidos con otras personas y están disponibles para la gente en general. Se paga una tarifa. Tienen una ruta, paradas, un horario establecido y una velocidad de operación.

Los dos tipos de transporte anteriormente mencionados presentan como factor común el concepto de *ruta*, la cual puede definirse como los itinerarios que se siguen y se estudian para organizarlas direcciones de los domicilios de cada estudiante.

“Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cuantitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Éstas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial”²¹.

De acuerdo al autor Cal y Mayor²², la misión del transporte se lleva a cabo mediante la provisión de redes compuestas por las siguientes estructuras:

5.1.5.1. *Las conexiones o medios:*

Son aquellas partes o elementos fijos, que conectan las terminales, sobre los cuales se desplazan las unidades transportadoras. Pueden ser de dos tipos:

Conexiones físicas: Carreteras, rieles, ductos, rodillos y cables.

Conexiones navegables: mares, ríos, el aire y el espacio.

5.1.5.2. *Las unidades transportadoras:*

Son las unidades móviles en las que se desplazan las personas y las mercancías. Por ejemplo: vehículos, cabinas, bandas, motobombas, la presión y la gravedad.

²¹ CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. 7ª edición, Editorial Alfa omega, México D.F, 1994. p 355.

²² Ibíd. P. 34-35.

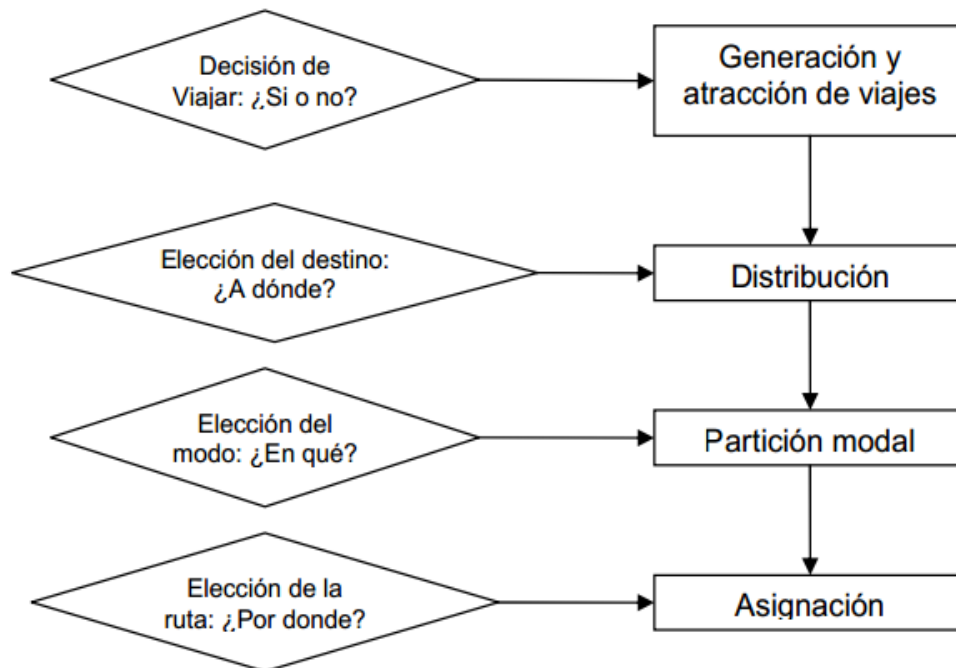
5.1.5.3. Las terminales:

Son aquellos puntos donde el viaje o embarque comienza y termina, o donde tiene lugar un cambio de unidad transportadora o modo de transporte.

5.1.6. Etapas del modelo de transporte

En el modelo tradicional de 4 etapas, se considera que el usuario realiza una serie de decisiones sucesivas y, por tanto, independientes unas de otras, como se muestra en la Figura 3:

Figura 3. Etapas del modelo de transporte



Fuente: CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones.

La cantidad y tipos de viajes son estimados en la fase de Generación de viajes para cada zona de análisis. En la etapa de distribución, los viajes por propósito se vinculan con las zonas a tractoras a través de una matriz con impedancia Zona a Zona (la impedancia está determinada por tiempo, distancia, costo). En la fase de Partición modal, los viajes de las personas se convierten a viajes en auto y otro tránsito, basándose en una función costo/disponibilidad/preferencia relativa. Estos

viajes son cargados a la red de transporte para la Asignación sobre las vías de circulación, usualmente a través de algún método de equilibrio que utiliza el tiempo de viaje y congestión, con la premisa de que los individuos pueden reducir sus costos por selección de rutas.

5.2. MARCO GEOGRÁFICO

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia está ubicada en la localidad No. 2 Chapinero, al oriente de la ciudad de Bogotá D.C., en la UPZ (Unidad de Planeamiento Zonal) 99 llamada de igual forma Chapinero cuya dirección catastral registra como Carrera 9 No 42A – 22, barrio Sucre.

La topografía de Chapinero combina una parte plana a ligeramente ondulada ubicada al occidente de la localidad y otra parte inclinada a muy inclinada localizada en los Cerros Orientales (Reserva Forestal Nacional Protectora Bosque Oriental de Bogotá D.C.) y su piedemonte.

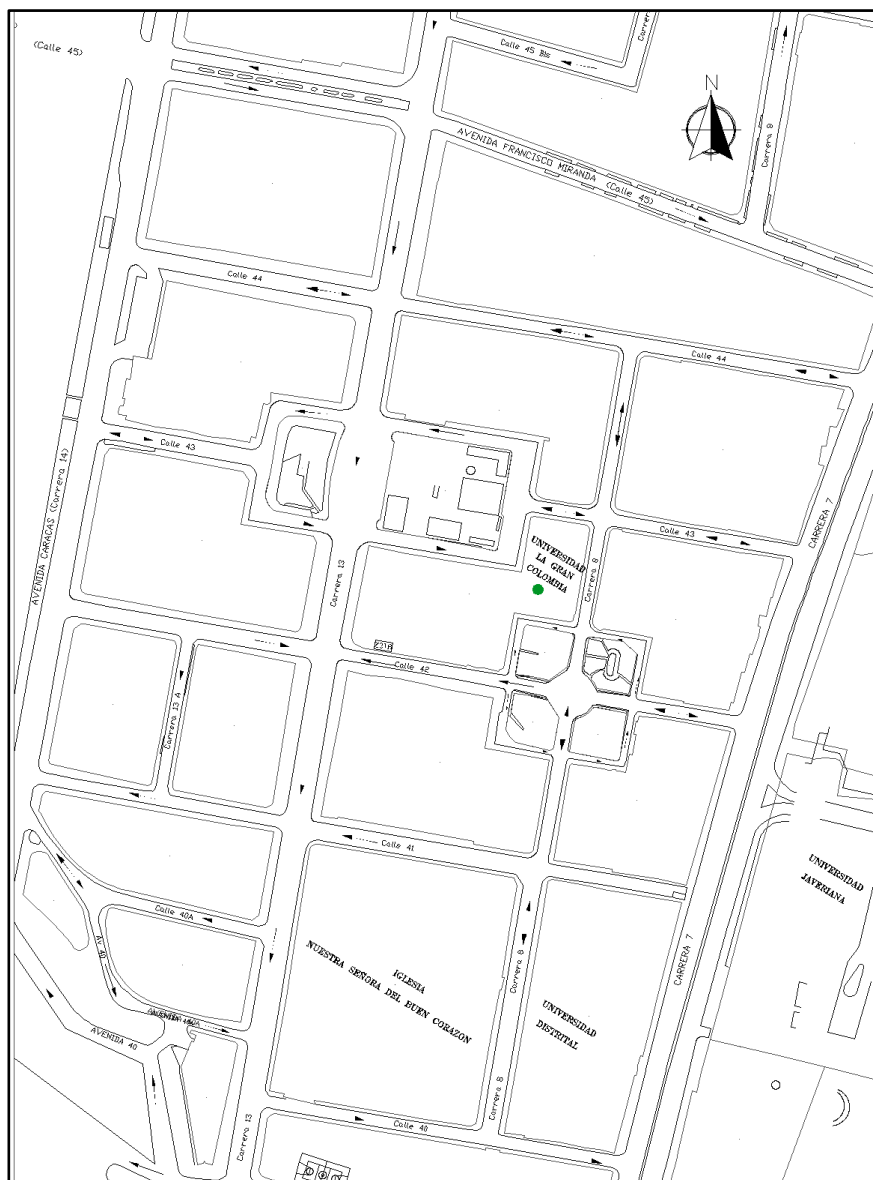
La temperatura superficial de Chapinero puede referirse a los datos registrados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C., en la Estación Usaqué durante los años 2007 a 2010, el promedio de estos últimos cuatro años es de 13,48 grados centígrados.

En cuanto a los recursos hídricos, Chapinero tiene fuentes diversas de agua como el Río Arzobispo, la Quebrada La Vieja, la Quebrada Rosales, la Quebrada El Chicó, la Quebrada Las Delicias y el Río Neuque.

La UPZ 99 Chapinero se localiza en la zona suroccidental de la localidad de Chapinero, tiene una extensión de 159,3 hectáreas, que equivalen al 12,1% del total de área de las UPZ de esta localidad. Esta UPZ limita, al norte, con la UPZ Chicó Lago (Calle 67); al oriente, con la UPZ Pardo Rubio (Carrera 7 y cerros orientales); al sur, con UPZ Sagrado Corazón (Calle 39, Río Arzobispo); y al occidente, con las UPZ Los Alcázares, Galerías y Teusaquillo (Avenida Caracas). Dicha UPZ, es un área muy activa donde se pueden encontrar importantes zonas de educación, comercio, servicios sociales y oficinas, las vías arteriales con que cuenta la UPZ facilitan su integración con el resto de la ciudad y con la región, en especial gracias a la avenida Caracas y la avenida Alberto Lleras (carrera 7ª), que

conecta a toda la ciudad de norte a sur y la avenida Pablo VI (Calle 53), que la conecta directamente con el occidente de la ciudad²³.

Figura 4. Localización Facultad Ingeniería Civil. Universidad La Gran Colombia



Fuente. Los autores

²³ ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos, Localidad No. 2 Chapinero. Secretaría Distrital de Planeación. 2011. [En Línea] <http://www.sdp.gov.co/portal/>

5.3. MARCO JURÍDICO

5.3.1. Ley No. 105 del 30 de diciembre de 1993

"Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones".

Esta ley en el Título III, Capítulo I, se presentan las normas generales aplicables a la Planeación del Transporte y la Infraestructura.

5.3.2. Ley 769 De 2002

"Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones".

La anterior Ley en el artículo 2, se listan las definiciones pertinentes aplicables al tránsito, transporte y fundamentalmente a la tipología de vehículos y vías.

5.3.3. Ley 336 de 1996

"Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte".

Además de esto es importante reconocer la normatividad técnica que existe ante secretaria de movilidad, la cual regula las medidas especiales para la prevención de la accidentalidad de vehículos de transporte de pasajeros, permisos y especificaciones de transporte de pasajeros, reglamento de tarifas para el transporte de pasajeros.

5.3.4. Decreto 170 De 2001

"Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros"

Dicho decreto en el Artículo 1 establece : "El presente decreto tiene como objeto reglamentar la habilitación de las empresas de transporte público colectivo terrestre automotor de pasajeros del radio de acción metropolitano, distrital y/o municipal y la prestación por parte de éstas, de un servicio eficiente, seguro, oportuno y económico, bajo los criterios básicos de cumplimiento de los principios rectores del transporte, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicarán las restricciones establecidas por la ley y los convenios internacionales."

5.3.5. Decreto 1079 De 2015

"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector transporte".

Del anterior decreto en el Título 1: Transporte Terrestre automotor, el Capítulo 1 titulado "Servicio Público de Transporte Automotor Colectivo Metropolitano, Distrital y Municipal de Pasajeros" tiene como objeto "reglamentar la habilitación de las Empresas de Transporte Público Colectivo Terrestre Automotor de Pasajeros del radio de acción metropolitano, distrital y/o municipal y la prestación por parte de estas, de un servicio eficiente, seguro, oportuno y económico, bajo los criterios básicos de cumplimiento de los principios rectores del transporte, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicaran las restricciones establecidas por la ley y los Convenios Internacionales."

5.3.6. Decreto 348 De 2015

"Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor especial y se adoptan otras disposiciones".

Del anterior decreto en el Artículo 1, establece el objeto como "reglamentar la prestación del Servicio Público de Transporte Automotor Especial y establecer los requisitos que deben cumplir las empresas interesadas en obtener y mantener la habilitación en esta modalidad, la cuales deberán operar en forma eficiente, segura, oportuna y económica, cumplimiento con los principios rectores del transporte, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicaran las restricciones establecidas por la ley y los Convenios Internacionales."

5.3.7. Resolución 4350 De 1998

"Por la cual se establece la metodología para la elaboración de los estudios de costos que sirven de base para la fijación de las tarifas del transporte público municipal, distrital y/o metropolitano de pasajeros y/o mixto".

A partir de la anterior resolución se adoptaran los parámetros establecidos para elaborar los estudios de costos del transporte público, los cuales servirán de base para fijar las tarifas que se cobrarán a los usuarios, dada una clase de vehículo y en los diferentes niveles de servicio.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El estudio objeto de la investigación está enmarcada dentro de una línea de Investigación planteada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad la Gran Colombia es VÍAS Y TRANSPORTE PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA REGIONAL SOSTENIBLE, LA COMPETITIVIDAD Y EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL: VITRA-UGC; la cual, considera que las vías terrestres son fuente de economía y desarrollo de las regiones y la mayoría de éstas deben enfrentar problemática de construcción, diseño y mantenimiento debido a situaciones topográficas, geológicas, hidrológicas, culturales y ambientes para lo cual se necesita realizar investigación para dar soluciones funcionales a las diferentes problemáticas.

Según estas consideraciones la pregunta orientadora de la línea de investigación en vías y transportes para el desarrollo de la infraestructura física regional sostenible y la calidad de vida –VITRA-UGC es:

¿Qué contribución puede realizar la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, desde el área de vías y transportes, al desarrollo de la infraestructura física vial de las diversas regiones colombianas, considerando aspectos relacionados con el diseño, trazado, construcción, operación, mantenimiento y rehabilitación de vías, el transporte intermodal, la modelación y planeación del tránsito y la optimización de las intersecciones viales urbanas y rurales, por medio de la implementación de tecnologías apropiadas, indispensables para la competitividad y el desarrollo económico y social?

Las regiones y las ciudades para su comunicación y comercialización necesitan de transportes que presten comodidad, seguridad y se movilicen sobre sitios seguros y estables, lo cual debe asegurar una mejora en la calidad de vida.

Según lo anterior la línea de investigación en vías y transportes aborda las siguientes problemáticas:

- Diseños de vías deficientes que afectan la seguridad en la movilidad vial.
- Ineficiencia en el trazado de las vías para contrarrestar los problemas de inestabilidad propios de la región andina colombiana.
- Falta de desarrollo e integración de modos de transporte en las diferentes regiones y ciudades del país.
- Deficiencia en la aplicación y uso de materiales y equipos apropiados para la construcción, mantenimiento y rehabilitación de vías.

- Falta desarrollar e implementar tecnologías apropiadas para la planeación del tránsito en proyectos urbanísticos futuros.

6.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación de éste proyecto está enmarcada dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se va a demostrar con base en una medición numérica, con el fin dar resultados de igual manera cuantificables.

6.3. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación desarrollada es Descriptiva - Proyectiva ya que se inicia caracterizando un evento dentro de un contexto en particular y finalmente se está planteando una propuesta como solución a una problemática.

6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

El proceso de investigación planteado para este trabajo tendrá los siguientes instrumentos de trabajo y medición.

6.4.1. Método de estudio origen destino (O-D)

El estudio de campo del origen y el destino sirve para obtener datos del número y tipo de viajes en un área, incluyendo movimientos de vehículos y pasajeros o carga, de varias zonas de origen a varias zonas de destino.

6.4.1.1. Encuesta Domiciliaria

Consisten en realizar encuestas directamente en cada una de las viviendas que pertenecen a una muestra previamente seleccionada, lo anterior corresponde a la metodología propuesta por la teoría en Planeación de Transporte; adaptándolo al contexto de la presente investigación, la encuesta se aplicará a la población asistente a las aulas de la Facultad de Ingeniería Civil que es la que constituye el origen.

Esta encuesta permite obtener información sobre los viajes realizados, ya que los datos obtenidos en la misma se utilizan directamente para estimar los flujos de viajes entre todas las zonas en que se divide una ciudad para fines de planeación del transporte, adicionalmente se obtiene información sobre las variables socioeconómicas, tales como el ingreso y la tenencia de vehículos, entre otros

aspectos. La muestra a encuestar está definida en el numeral 6.4.3 del presente documento.

6.4.1.2. Procedimiento de Campo

De preferencia para la presente investigación, las entrevistas domiciliarias se deben realizar a una hora de la noche en que se encuentren disponibles la mayor parte de los estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil. En cualquier caso, se recomienda avisar a los estudiantes, con una anticipación de uno o más días, para establecer de una manera eficaz el horario más conveniente para la realización de esta actividad. En muchos casos, será imposible reunir a todos los miembros en un mismo horario por lo cual resultaría práctico realizar múltiples entrevistas que se adapten a la disponibilidad de los mismos; en las aulas de clase, lugares de descanso y cafetería, únicamente con la garantía de que el personal encuestado correspondan a la jornada nocturna de la facultad.

Dado que en las entrevistas domiciliarias se recopila información sobre los viajes efectuados el día anterior, se recomienda que éstas se realicen los días miércoles, jueves y viernes. En general, los días martes a jueves son considerados como típicos para efectos de la planeación del transporte; es común que los lunes ocurran ausencias, mientras que los viernes suelen registrarse más viajes que en cualquier otro día hábil.

Las semanas que se seleccionen para la ejecución de las entrevistas domiciliarias deberán corresponder a períodos normales de estudio y no a temporadas de vacaciones. Se recalca la necesidad de recopilar información representativa de un día típico, desde el punto de vista de la generación de viajes.

6.4.2. Población

Para la investigación se ha determinado cuantificar la totalidad de los alumnos matriculados en el primer semestre del año 2015 en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia. Para efectos de muestreo de promedia a una población total de 1.730 estudiantes.

6.4.3. Muestra

Para efectos de aplicar la encuesta se determinará como muestra a una porción representativa del total de estudiantes matriculados en el horario nocturno de la facultad de Ingeniería Civil.

6.4.3.1. Tipo de Muestra

El tipo de muestreo a emplear en la presente investigación será Aleatorio Simple: este método se caracteriza por la extracción o elección de los individuos aleatoriamente o al azar, de forma que cada estudiante de la población tuvo igual oportunidad de salir en la muestra, para efectos del logro de los objetivos propuestos y sus resultados aspectos como edad, sexo, semestre académico cursado entre otros., no son determinantes.

6.4.3.2. Tamaño de la Muestra

Una vez seleccionada la población sujeta a estudio, se va a realizar mediante el uso de fórmulas estadísticas; se trabajará con una muestra de la población de 1.730 alumnos presenciales que tiene la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, la muestra debe ser probabilística y en forma aleatoria. Para el análisis de la muestra aplicaremos la fórmula estadística para poblaciones finitas con un intervalo de confianza del 95%:

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

Ecuación 1. Fórmula estadística.

Dónde:

n= Número de elementos (tamaño de la muestra)

Z= Nivel de confianza

N= Universo o población

p= Población a favor

q= Probabilidad en contra (1-p)

e= Error de estimación (precisión en los resultados)

Para determinar el tamaño de la muestra de la presente investigación, se han determinado los siguientes datos:

Z= 95%

N= 1.730

p= 50%

q= 50%

e= 5%

$$n = \frac{(1.96)^2(0.50)(0.50)(1730)}{(1730 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.50)(0.50)}$$

$$n = 316 \text{ estudiantes}$$

Ecuación 2. Tamaño de la muestra.

Se aplicará encuesta origen-destino a mínimo 316 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil.

6.4.4. Variables

Las variables de la presente investigación son de carácter cuantitativo ya que con ellas va a realizar un análisis sistemático mediante métodos estadísticos.

6.4.4.1. Variables dependientes

- a. Tiempo del trayecto.
- b. Número de rutas.
- c. Número de buses.

6.4.4.2. Variables independientes

- a. Lugar de destino.
- b. Hora del desplazamiento.
- c. Número de estudiantes.
- d. Días de la semana.

6.5. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

6.5.1. Fase I: Diseño encuesta matriz O-D (Origen – Destino)

En esta fase de investigación se realizó el diseño y posterior aplicación de la encuesta origen – destino.

La encuesta origen-destino estuvo estructurada de tal forma que permitió identificar los diferentes destinos a los cuales se desplazan los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil al término de actividades en la jornada nocturna al igual que identificar y caracterizar los siguientes aspectos:

- a. Caracterización de la muestra.
- b. Tipología de transporte usado.
- c. Aspectos Socioeconómicos.

- d. Tiempos de desplazamiento.
- e. Percepción de seguridad, comodidad y calidad

El estudio como ya se anotó, precisó los orígenes y destinos de pasajeros que utilizan una ruta específica de transporte público y se usa principalmente para identificar y planear las mejoras de una ruta.

La aplicación de la encuesta se realizó por medio físico. Se previó realizar la encuesta en clases de horario nocturno asegurando así la veracidad de los datos y las percepciones de los estudiantes de la jornada nocturna de la facultad, la selección se realizaron aleatoriamente, garantizando que se conteste la encuesta con el mínimo de estudiantes seleccionados como muestra.

6.5.2. Fase II: Caracterización de la muestra, análisis oferta y demanda

Una vez realizadas las encuestas se procedió a procesarlas a fin de determinar las características actuales de la demanda de transporte por parte de los estudiantes.

Para caracterizar la oferta de servicio de transporte se tuvo en cuenta:

- a. Sistemas de transporte público ofrecidos en el sector.
- b. Tipología de transporte usado.
- c. Tiempo de espera de un servicio determinado.
- d. Tiempo de traslado en un servicio.

Se ha realizado con la información capturada en las encuestas de la Universidad, tablas y gráficas de demanda horaria con las siguientes características:

- a. Horario de clases.
- b. Horarios de salida.
- c. Sectores de la ciudad de destino.
- d. Percepción de seguridad y comodidad.

6.5.3. Fase III: Planteamiento de rutas

En esta fase se encuentran sistematizados los análisis y constituye el producto de la investigación, el cual comprenderá las siguientes actividades:

- a. Establecer número de vehículos (capacidad transportadora), frecuencias e intervalos.
- b. Trazado espacial preliminar de rutas sobre trazado vial a destinos de mayor demanda identificados.

- c. Modelación rutas preliminares respecto a tiempos de arribo y características de movilidad y malla vial en software TransCad®.
- d. Trazado definitivo de rutas sobre mapa de malla vial de Bogotá D.C.

6.5.4. Fase IV: Estimación costos operacionales

Dada la tipología de un vehículo de servicio de transporte urbano, se estimarán los costos operaciones, discriminados en *Costos Variables*, *Costos Fijos* y *Costos de Capital* para finalmente estimar el *Costo del pasaje* el cual pagaría el estudiante usuario del sistema de rutas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. DISEÑO ENCUESTA MATRIZ O-D (ORIGEN – DESTINO)

Tomando como referencia la metodología vigente propuesta por la Secretaría de Tránsito y Transporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., referente al diseño de una encuesta origen destino (O-D)²⁴, se contemplan principalmente cinco (5) aspectos estructurales los cuales deben contener la encuesta de esta tipología y que han sido presentados en *Anexo No 1 – Formato Encuesta O-D-UGC-001*, dicha encuesta se desarrolla en un total de dieciséis (16) preguntas, trece (13) de ellas de selección múltiple y tres (3) de respuesta abierta:

7.1.1. Componente Socioeconómico.

Este componente hace referencia a la identificación de estrato socioeconómico, condición laboral y sexo, ya que estos aspectos en cierto modo direccionan el tipo de vehículo tomado para transportarse, cada tipo de transporte requiere un nivel de contribución económica, podría decirse que ha mayor calidad del mismo incrementa su costo, aspecto que así mismo se vincula a una condición laboral y genero sexual o nivel de adquisición económica. Para responder a este componente se han determinado las preguntas No 1, 2, 12 y 16:

Pregunta No.1: Indique género del encuestado.

- ☐ Masculino
- ☐ Femenino

Pregunta No.2: Indique su condición laboral.

- ☐ Trabaja
- ☐ No Trabaja.

Pregunta No.12: Al usar un servicio de transporte publico ¿Cuál es el costo promedio total del viaje hasta su destino?

- ☐ \$1.600 - \$2.000
- ☐ \$2.000 - \$3.000
- ☐ \$3.000 - \$4.000
- ☐ \$4.000 - \$6.000
- ☐ Otro: Cuál? _____

²⁴ CAL Y MAYOR, Rafael, Op. Cit., p. 2-20

Pregunta No.16: Indique estrato socioeconómico de su domicilio
(Pregunta abierta)

7.1.2. Componente Tipología de Transporte usado.

En este componente se ha identificado los principales medios de transporte que se usan en el sector origen objeto de estudio y en la cotidianidad. Las preguntas No 4 y 9 pretenden identificar cual de esos sistemas de transporte es el más usado por los estudiantes y si existe el suceso en que por alguna obligación tengan que tomar más de un sistema para arribar a su destino, este aspecto es determinante para desplazamientos fuera del perímetro urbano.

Pregunta No.4: Al terminar sus labores académicas, ¿en qué tipo de transporte Ud. retorna a su vivienda?:

- ☐ Sistema Transmilenio
- ☐ SITP
- ☐ Público ejecutivo
- ☐ Taxi
- ☐ Transporte Privado (auto, moto, bicicleta)
- ☐ Otro:Cuál? _____

Pregunta No.9: ¿Toma Ud. más de un sistema de transporte para arribar a su hogar?

- ☐ Si
- ☐ No

7.1.3. Componente Frecuencia de Viaje.

Las preguntas diseñadas para responder a este componente son las preguntas No 5, 6 y 7. Este componente determina principalmente los tiempos totales que pueden presentarse desde el origen (Facultad de Ingeniería Civil UGC) hasta el destino del estudiante (Hogar), teniendo presentes tiempos intermedios relativos como lo son *tiempos de desplazamientos* hasta el lugar de toma del sistema y así mismo, *tiempos de espera* de un determinado servicio, estos tiempos servirán de parámetro de validación respecto a los tiempos esperados de las rutas propuestas:

Pregunta No.5: ¿Cuánto tiempo Ud. tarda en desplazarse desde la facultad Ingeniería hasta el sitio donde toma transporte?

- ☐ 5 min. – 10 min.
- ☐ 10 min. – 15 min

- ☐ 15 min. – 20 min
- ☐ Otro: Cuál? _____

Pregunta No.6 ¿Cuánto tiempo en promedio tarda Ud. esperando transporte público al salir de la facultad?

- ☐ 5 min. – 10 min.
- ☐ 10 min. – 15 min.
- ☐ 15 min. – 20 min.
- ☐ Otro: Cuál? _____

Pregunta No.7 ¿Cuánto tiempo en promedio tarda Ud. luego de tomar un sistema de transporte en llegar a su destino?

- ☐ 0.5 h. – 0.75h.
- ☐ 0.75 h. – 1 h.
- ☐ 1h. – 1.25h.
- ☐ 1.25h. – 1.5h.
- ☐ Otro: Cuál? _____

7.1.4. Componente Percepción.

Este componente busca visualizar la percepción que tiene el estudiante como usuario de un sistema de transporte en aspectos como calidad, seguridad, ventajas, desventajas entre otras experiencias que resultan ser subjetivas, puesto que van condicionados a unas condiciones particulares de cada usuario. Para ello se han diseñado las preguntas No 8, 10 y 11:

Pregunta No.8: Al momento de decidir qué tipo de transporte tomar, Ud. prioriza:

- ☐ Economía
- ☐ Seguridad
- ☐ Tiempo
- ☐ Trayectoria
- ☐ Comodidad

Pregunta No.10: Como evalúa su medio de transporte:

- ☐ Excelente
- ☐ Bueno
- ☐ Regular
- ☐ Malo

Pregunta No.11: ¿Cuál cree Ud. que es la mayor dificultad de su transporte habitual?

- ☐ Hora de Salida
- ☐ Hora de Llegada
- ☐ Costo
- ☐ Trayectoria
- ☐ Sobrecupo
- ☐ Cantidad de servicios

7.1.5. Componente Viajes Atraídos.

Este es el componente determinante para el desarrollo del objeto de la presente investigación, las preguntas diseñadas para tal fin son las No 3, 13, 14, y 15. A partir de dichas preguntas se establece la hora de salida de las rutas a implementar, establecer la posible demanda o disposición de estudiantes para usar dichas rutas y finalmente la compilación de los destinos o áreas de mayor demanda, los cuales se pretenden suplir con el diseño de un oferta de rutas como transporte alternativo:

Pregunta No.3: ¿En qué rango de horario Ud. Sale de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia?

- ☐ 6:00 PM a 8:00 PM
- ☐ 8:00 PM a 10:00 PM

Pregunta No.13: ¿Si la facultad de Ingeniería autorizara un sistema de transporte para estudiantes al término de actividades académicas, que cumpla sus expectativas de costo, tiempo, comodidad, seguridad e itinerarios, Ud. lo usaría?

- ☐ Si
- ☐ No

Pregunta No.14: Indique localidad de residencia o destino de viaje.
(Pregunta abierta)_____

Pregunta No.15: Indique Barrio de residencia o destino de viaje.
(Pregunta abierta)_____

7.1.6. Aplicación de la Encuesta O-D.

La encuesta (Ver Anexo No 1 – Formato Encuesta O-D-UGC-001), se aplicó en las instalaciones de la facultad de Ingeniería Civil entre el 17 de septiembre al 26 de septiembre del 2015, desde las 18:00 a las 22:00 horas, a pesar que el mínimo requerido de encuestas a aplicar según el numeral 6.4.3.2 *Tamaño de la muestra*, del presente documento, determinó 316 encuestas, se aplicaron en realidad un total de 360, bajo esta muestra se realizó la siguiente caracterización.

7.2. CARACTERIZACION DE LA MUESTRA, ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA

La caracterización de la muestra se realizó tomando como referente los cinco (5) componentes en los cuales se desarrolló la encuesta:

7.2.1. Aspecto Socioeconómico.

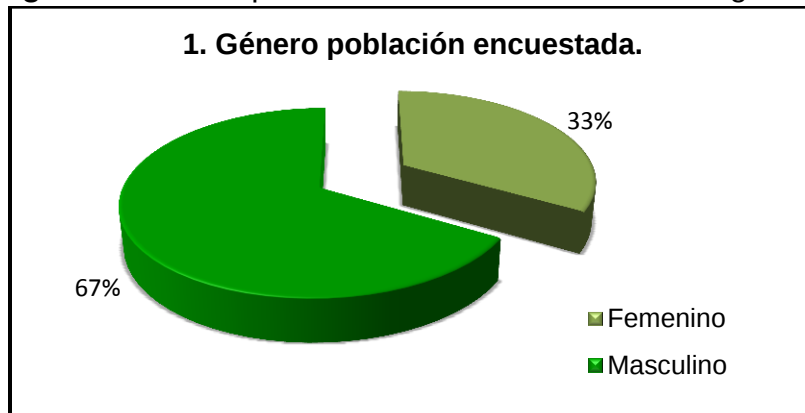
La pregunta No 1, tiene como objeto determinar el género de la población encuestada, en la Tabla 1 y la Figura 5 se presentan los resultados:

Tabla 1. Género población encuestada

Género Encuestado	No. Estudiantes
Femenino	577
Masculino	1153
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 5. Género población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta pregunta, se identifica que existe una mayor población de hombres presente en las aulas en la jornada nocturna, con un porcentaje del 67% (1153 estudiantes) frente al 33% (577 estudiantes) de la presencia de mujeres.

En cuanto a la pregunta No 2, que establece la condición laboral de los encuestados, en la Tabla 2 y la Figura 6 se presentan los resultados:

Tabla 2. Condición laboral población encuestada

Condición Laboral	No. Estudiantes
No trabaja	437
Trabaja	1293
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 6. Condición laboral población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

Según la Figura 6, 1293 estudiantes de los 1730 encuestados presentan algún vínculo laboral, constituyendo el 75% del total encuestado, esta cifra es esperada teniendo en cuenta que la jornada de estudio favorece que el estudiante se emplee.

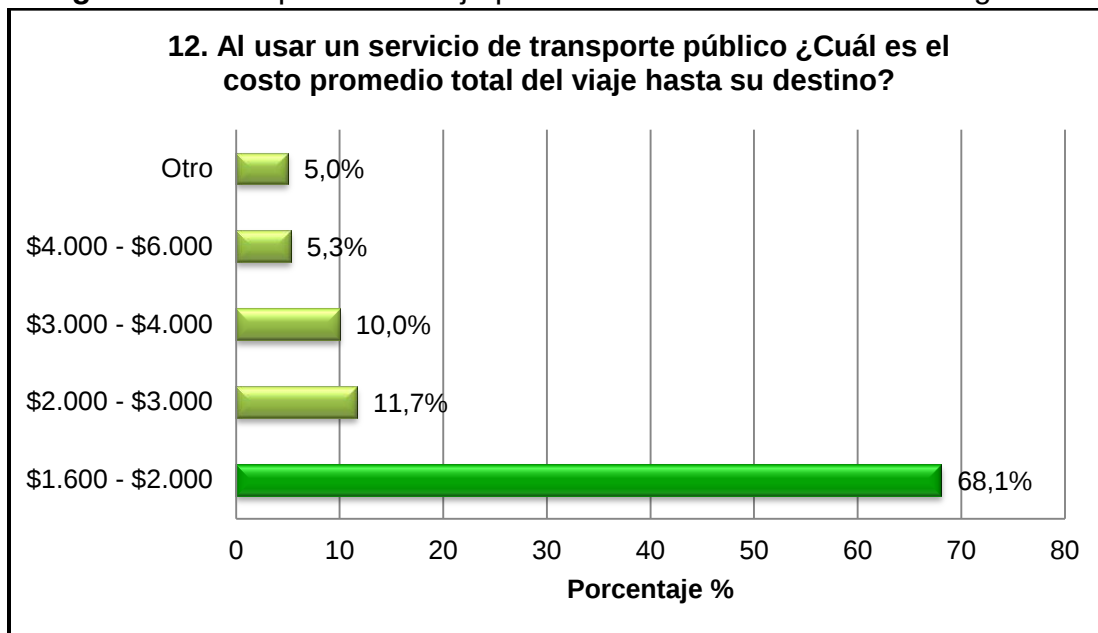
La pregunta No 12, indaga acerca del costo promedio que un estudiante paga por el viaje hasta su destino, ya sea uno o más sistemas de transporte, en la Tabla 3 y la Figura 7 se presentan los resultados:

Tabla 3. Costo promedio viaje

Costo	No. Estudiantes
\$1.600 - \$2.000	1177
\$2.000 - \$3.000	202
\$3.000 - \$4.000	173
\$4.000 - \$6.000	91
Otro	87
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 7. Costo promedio viaje población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

Dada la Figura 7 se infiere que el 68% (1177 estudiantes) de la población encuestada paga por el viaje hasta su destino un valor que oscila entre los \$1.600 a \$2.000, este valor corresponde principalmente a servicios de transporte público como lo son Transmilenio, SITP, y transporte público urbano (bus, buseta, entre otros), este resultado es comparable con la Figura 9, en donde se evidencia la mayor proporción para este tipo de transportes. De igual forma es apreciable que este valor corresponde a que los estudiantes toman un solo tipo de transporte como se registra en la Figura 10.

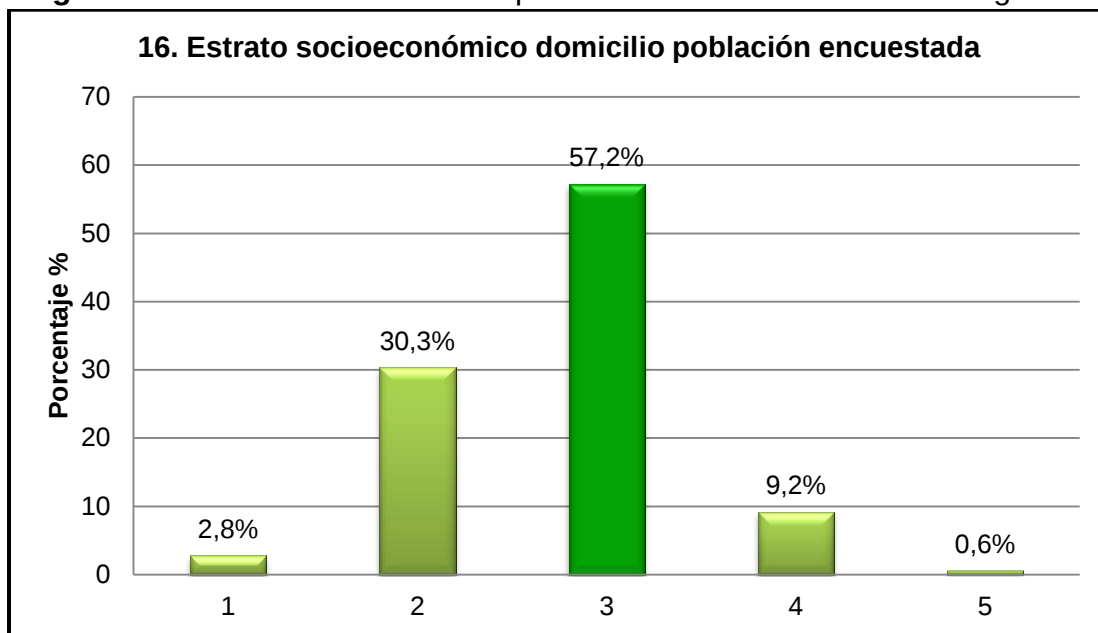
La pregunta No 16, identifica el estrato socioeconómico de la vivienda donde reside la población encuestada en la Tabla 4 y la Figura 8 se presenta los resultados:

Tabla 4. Estrato Socioeconómico

Estrato Socioeconómico	No. Estudiantes
1	48
2	524
3	990
4	159
5	10
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 8. Estrato socioeconómico población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

A partir de la Figura 8 se identifica que el 87.5% de la población encuestada pertenece a los estratos 2 y 3. El estrato 3 es mayoría con un 57.2% (990 estudiantes) seguido del estrato 2 con un 30.3% (524 estudiantes).

7.2.2. Tipología de Transporte usado

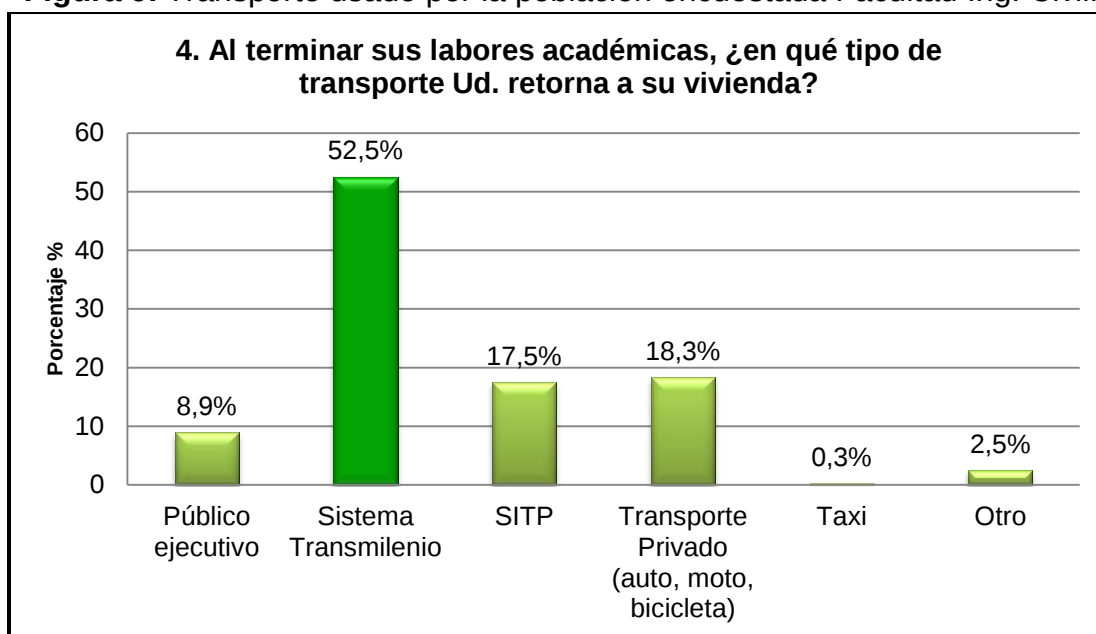
La pregunta No 4, relaciona los servicios de transportes usados en el sector, la Tabla 5 y la Figura 9 presentan los sistemas más usados por los estudiantes al terminar la jornada académica:

Tabla 5. Tipo transporte usado.

Tipo de Transporte	No. Estudiantes
Público ejecutivo	154
Sistema Transmilenio	908
SITP	303
Transporte Privado (auto, moto, bicicleta)	317
Taxi	5
Otro	43
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 9. Transporte usado por la población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

Según los resultados presentados en la Figura 9, la mayor proporción de la población estudiantil se moviliza en el sistema de transporte masivo Transmilenio constituyendo el 52.5% (908 estudiantes) del total encuestado, seguido de población con vehículo propio con el 18.3% (317 estudiantes), a este porcentaje las motocicletas contribuyen con un 13%, es el mayor sistema de transporte privado que usan los estudiantes con vehículo propio, finalmente con un 17.5% (303 estudiantes) el uso del sistema SITP. En otros sistemas con un 2.5% (43 estudiantes) se determinó principalmente desplazamientos a pie.

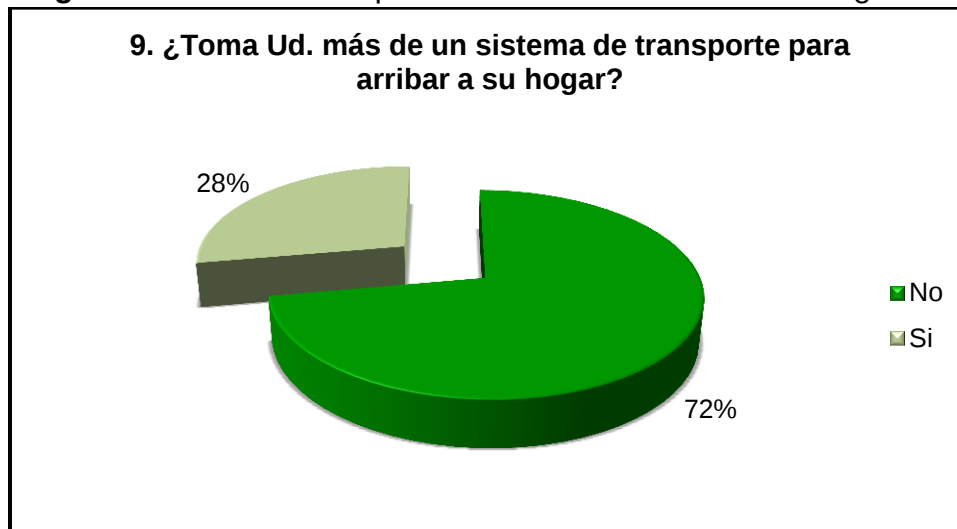
La pregunta No 9 establece si los estudiantes toman más de un transporte para llegar a su domicilio, los resultados son los siguientes:

Tabla 6. Necesidad de Transbordo a otros sistemas

Toma más de un sistema de transp.	No. Estudiantes
No	1249
Si	481
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 10. Transbordos población encuestada Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

De acuerdo a la Figura 10 tan solo el 28% (481 estudiantes) de los encuestados se ven en la obligación de tomar más de un servicio para llegar a su destino, a este porcentaje contribuyen los estudiantes que residen fuera del perímetro urbano y deben tomar un transporte intermunicipal. El 72% (1243 estudiantes) toman un único servicio, este porcentaje de estudiantes es comparable con el porcentaje que pagan el costo promedio equivalente a un único servicio, en promedio de \$1.600 - \$2.000 como se presenta en la Figura 7.

7.2.3. Frecuencia de Viaje

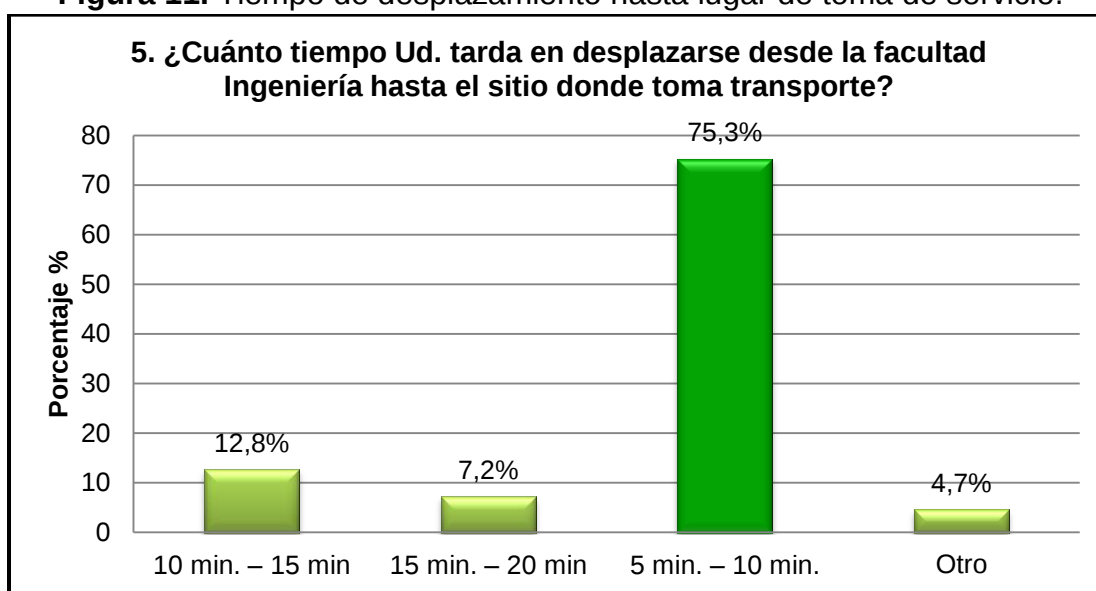
La pregunta No 5 recopila los tiempos promedio de desplazamiento desde la salida de las instalaciones de la facultad hasta el lugar donde se toma un servicio de transporte, en la Tabla 7 y la Figura 11 se presenta los resultados:

Tabla 7. Tiempo desplazamiento hasta lugar de toma de servicio

Tiempo promedio de desplazamiento	No. Estudiantes
10 min. – 15 min	221
15 min. – 20 min	125
5 min. – 10 min.	1302
Otro	82
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 11. Tiempo de desplazamiento hasta lugar de toma de servicio.



Fuente. Los autores

El 75.3% (1302 estudiantes) tarda entre 5 min a 10 min en desplazarse hasta el sitio donde toman el transporte tradicional, este corto tiempo es de esperarse ya que la facultad de Ingeniería Civil se encuentra a pocas cuadras de la estación de Transmilenio de la Cll. 45, siendo este como se identifica en la Figura 9, el tipo de transporte más usado, de igual forma la Cra. 7 y 13 constituyen importantes corredores de transporte público y SITP en la ciudad.

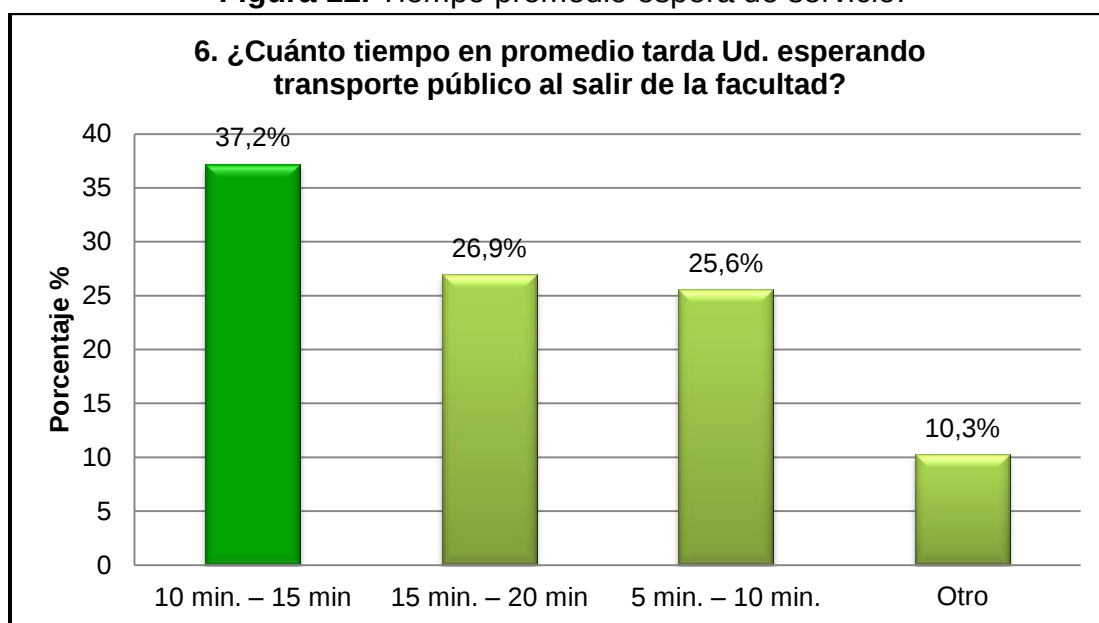
Ahora bien, para determinar cuánto tiempo tarda un estudiante luego de llegar al paradero o lugar donde tome su transporte en esperar para acceder al sistema de transporte, es decir, hasta subir el vehículo, se encontraron los siguientes resultados representados en la Tabla 8 y Figura 12:

Tabla 8. Tiempo espera de servicio.

Tiempo promedio de espera	No. Estudiantes
10 min. – 15 min	644
15 min. – 20 min	466
5 min. – 10 min.	442
Otro	178
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 12. Tiempo promedio espera de servicio.



Fuente. Los autores

Según la Figura 12 los tiempos de espera de un servicio son homogéneos aunque el mayor porcentaje coincide con un tiempo de espera de un servicio de entre 10min a 15min es del 37.2% (644 estudiantes). Se aprecia que el 26.9% (466 estudiantes) tarda en esperar un servicio entre 15min a 20min, tiempo más largo de espera en la encuesta, se observó que existe una correlación específica entre este tiempo y los estudiantes que toman servicio de SITP como medio de transporte habitual. Los encuestados manifestaron que aunque la frecuencia de los servicios pueda ser entre 5min y 10min, los altos tiempos de espera obedecen a aspectos de sobrecupo, lo cual prolonga el tiempo de acceder a un determinado servicio, este aspecto se evidencia en la Figura 16.

En la Tabla 9 y Figura 13 establecen según la experiencia del encuestado, el tiempo de duración del trayecto del sistema de transporte convencional usado, es

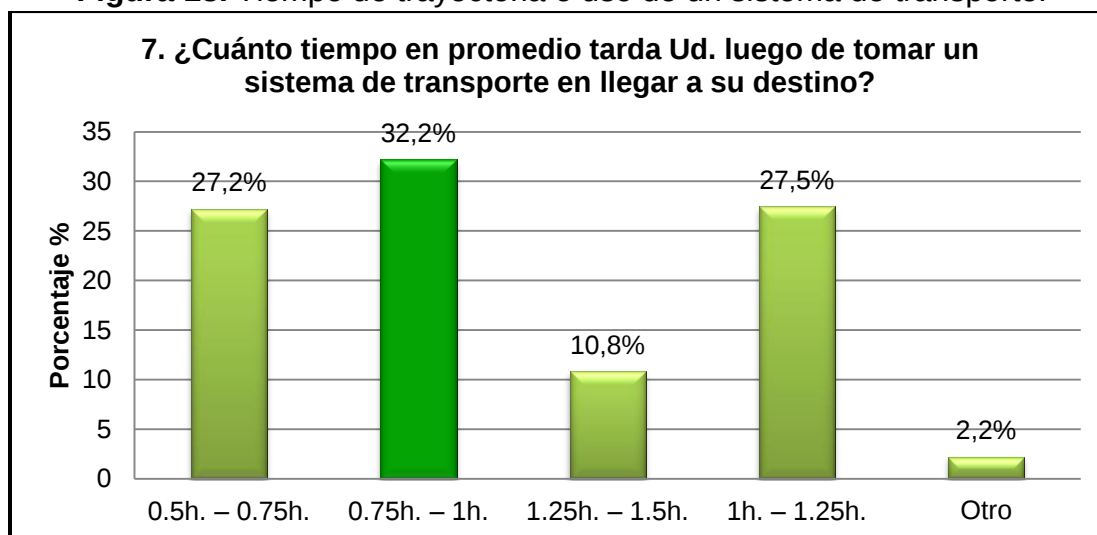
decir, el tiempo que transcurre luego de subir al vehículo hasta el lugar de residencia o el tiempo de uso del servicio de transporte.

Tabla 9. Tiempo de trayectoria o uso de un sistema de transporte.

Tiempo trayectoria transporte	No. Estudiantes
0.5h. – 0.75h.	471
0.75h. – 1h.	557
1.25h. – 1.5h.	187
1h. – 1.25h.	476
Otro	38
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 13. Tiempo de trayectoria o uso de un sistema de transporte.



Fuente. Los autores

Las cifras presentadas en la Figura 13 son homogéneas, la mayoría de la población estudiantil con un 32.2% (557 estudiantes), demora entre 0.75h y 1h el trayecto de desplazamiento luego de acceder al servicio. Se observó que una proporción menor del 10.8% (187 estudiantes) tarda de 1.25h a 1.5h, esta cifra podría asociarse a los estudiantes que residen fuera del perímetro urbano, principalmente Soacha y Facatativá, el 2.2% (38 estudiantes) demoran en su mayoría más de 1.5h, de igual forma residen fuera del perímetro urbano, de esta última cifra, un 1% demora menos de 0.5h ya que habitan en los alrededores de la facultad de ingeniería donde probablemente se desplazan caminando.

7.2.4. Percepción

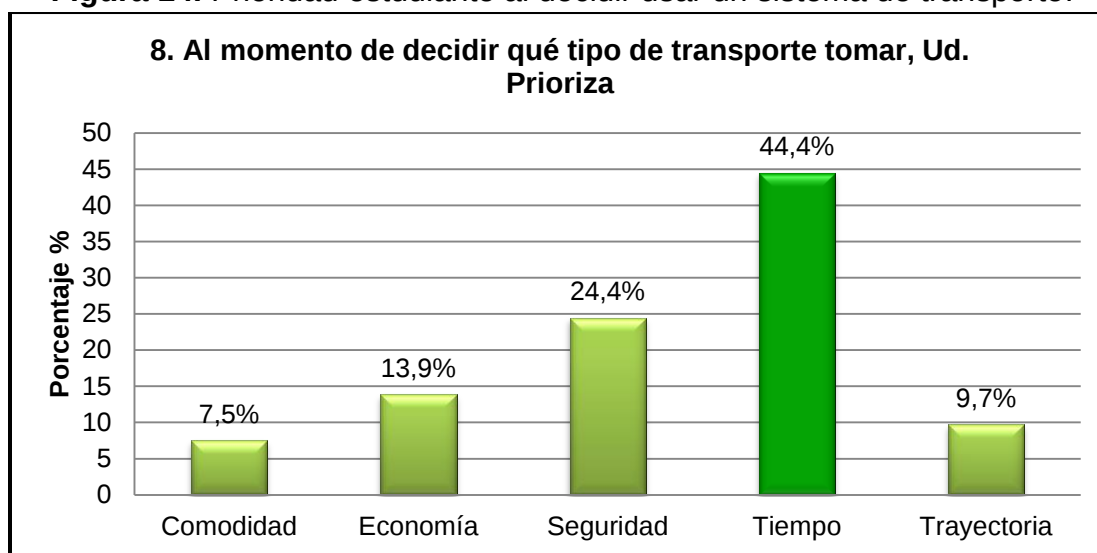
En la Tabla 10 y Figura 14, se identifican las prioridades de los estudiantes al momento de decidir el transporte a usar.

Tabla 10. Prioridad estudiante al decidir usar un sistema de transporte.

Prioridad al viajar	No. Estudiantes
Comodidad	130
Economía	240
Seguridad	423
Tiempo	769
Trayectoria	168
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 14. Prioridad estudiante al decidir usar un sistema de transporte.



Fuente. Los autores

El 44.4% de la población estudiantil al momento de decidir el tipo de transporte a usar, prioriza el tiempo como aspecto determinante, este resultado es comparable con la información presentada en la Figura 9, donde el sistema Transmilenio es el sistema mayor demandado, este sistema establece menores tiempos de desplazamiento, ya que posee red vial exclusiva, por lo cual presenta poca o nula probabilidad de trancón vehicular. Para el estudiante de la jornada nocturna, llegar pronto al lugar de destino es determinante, llegar a altas horas de la noche aumenta la exposición a aspectos como inseguridad, adicionalmente el tiempo ganado en un posible desplazamiento puede requerirse para actividades académicas o sencillamente descanso.

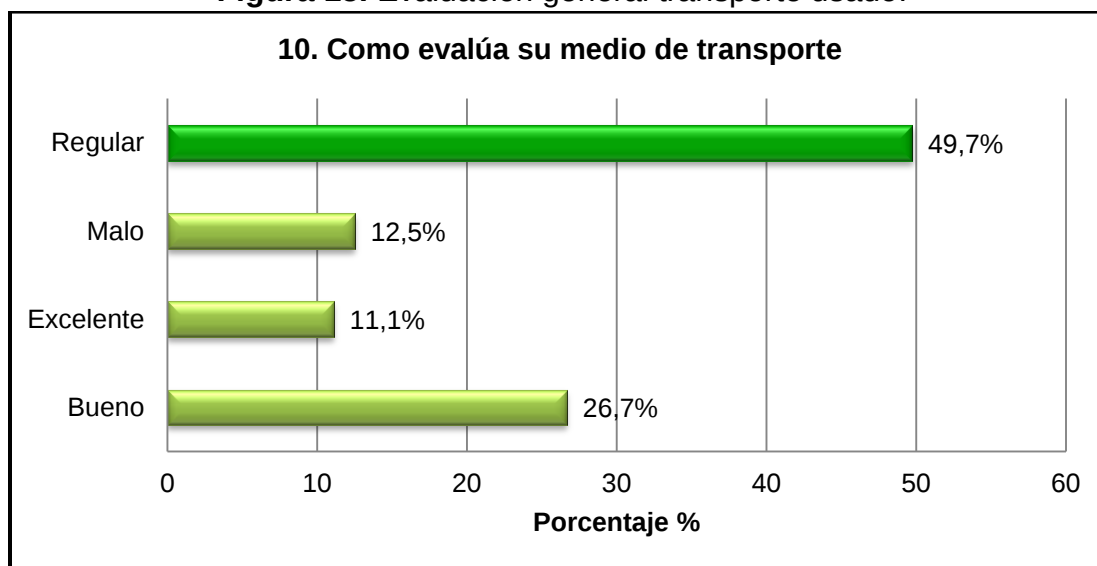
Ahora en la Tabla 11 y Figura 15, se presenta la percepción general que tiene el estudiante acerca al transporte habitual de uso.

Tabla 11. Evaluación general transporte usado.

Evaluación Transporte usado	No. Estudiantes
Bueno	461
Excelente	192
Malo	216
Regular	860
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 15. Evaluación general transporte usado.



Fuente. Los autores

Este indicador es bastante subjetivo puesto que la evaluación se basa en la experiencia general del estudiante con aspectos como seguridad, comodidad, tiempo, infraestructura, vehículos y en general los aspectos en los que se desarrolla la encuesta. En este orden de ideas para el 49,7% de los estudiantes, su medio de transporte es regular, este resultado podría obedecer y justificarse al analizar que para el 44,7% de los estudiantes el sobrecupo es una de las mayores dificultades de su transporte habitual (Figura 16), los altos tiempos de espera de un determinado servicio que oscila entre 10min y 15min para el 37,2% (Figura 12) que así mismo se relaciona con la baja frecuencia del mismo. El 26,7% de la

población evalúa su medio de transporte como bueno. La menor proporción, con un 11,1% evalúa su transporte como excelente, se determinó que dicha proporción en su mayoría, es la que se moviliza en vehículo privado o a pie.

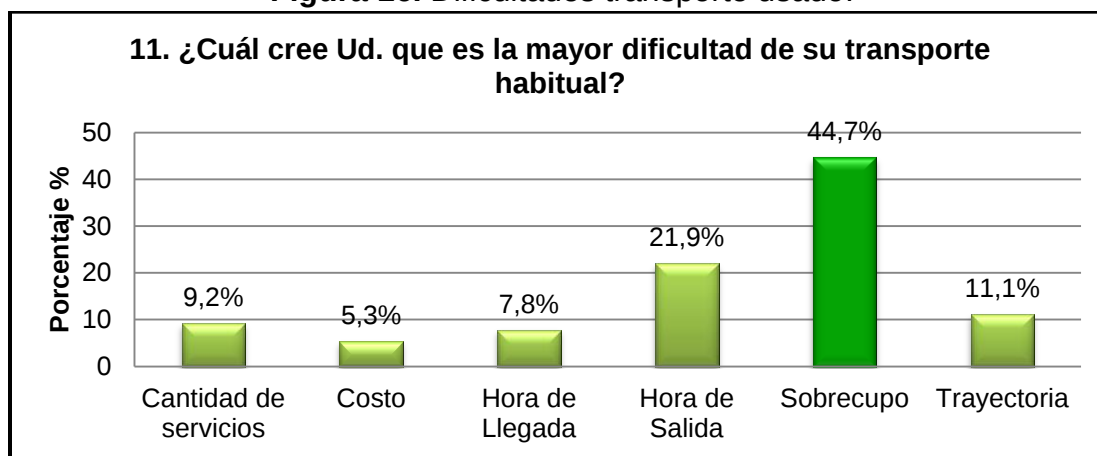
Existe diversidad de limitantes que influyen a la hora de decidir u optar por un determinado tipo de transporte, la Tabla 12 y Figura 16 presenta los resultados obtenidos.

Tabla 12. Dificultades transporte usado.

Dificultad Transporte usado	No. Estudiantes
Cantidad de servicios	159
Costo	91
Hora de Llegada	135
Hora de Salida	380
Sobrecupo	774
Trayectoria	192
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 16. Dificultades transporte usado.



Fuente. Los autores

Según la información anteriormente presentada, para el 44,7% de los estudiantes, el sobrecupo es la mayor dificultad del transporte habitual, como se afirma en la justificación del presente documento, la Facultad de Ingeniería Civil de la universidad la Gran Colombia, se encuentra localizada en un espacio donde el uso del suelo corresponde a actividades dotacionales (universidades y demás actividades académicas) comercial y residencial, lo cual constituye como factor determinante de alta concentración de población en forma transitoria, adicionalmente por su localización geográfica próxima al centro de la ciudad, a

dicha altura los sistemas de transporte públicos llegan a su capacidad de ocupación máxima, ya que muchos de estos sistemas de transporte públicos inician operación en los extremos o rincones de la ciudad, y así mismo la baja frecuencia de servicios que como ya se ha mencionado anteriormente conduce a altos tiempos de espera, todos estos aspectos contribuyen al sobrecupo.

El 21.9% de los estudiantes ve como dificultad la hora de salida al momento de tomar un sistema de transporte ya que entre más tarde la frecuencia de servicios baja incrementado los tiempos de espera, además se estaría prolongando la hora de llegada al destino y se podría incurrir en problemas de seguridad.

7.2.5. Atracción de Viajes

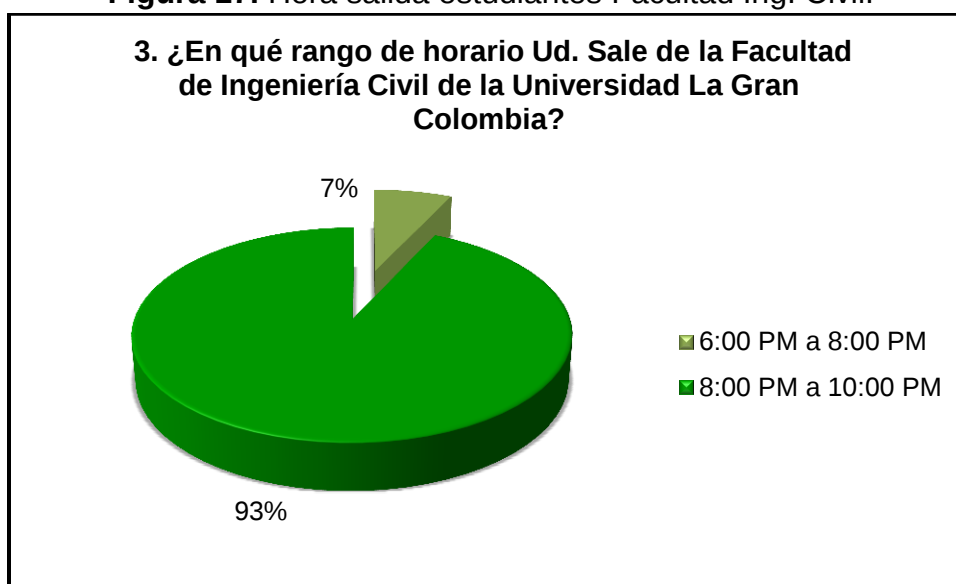
En la Tabla 13 y Figura 17, se presenta el horario en el cual los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil terminan su jornada académica y se disponen a arribar a su domicilio.

Tabla 13. Hora salida estudiantes Facultad Ing. Civil.

Hora salida facultad Ingeniería	No. Estudiantes
6:00 PM a 8:00 PM	120
8:00 PM a 10:00 PM	1610
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 17. Hora salida estudiantes Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

La anterior gráfica evidencia que el 93% de la población estudiantil, termina sus labores académicas luego del segundo bloque académico comprendido entre las 8:00 PM y las 10:00 PM. Es por eso, que la totalidad de las rutas en términos de efectividad, saldrán únicamente es este horario, es decir, la propuesta de rutas diseñadas empezarían a operar desde las 9:30 PM hasta las 10:00 PM.

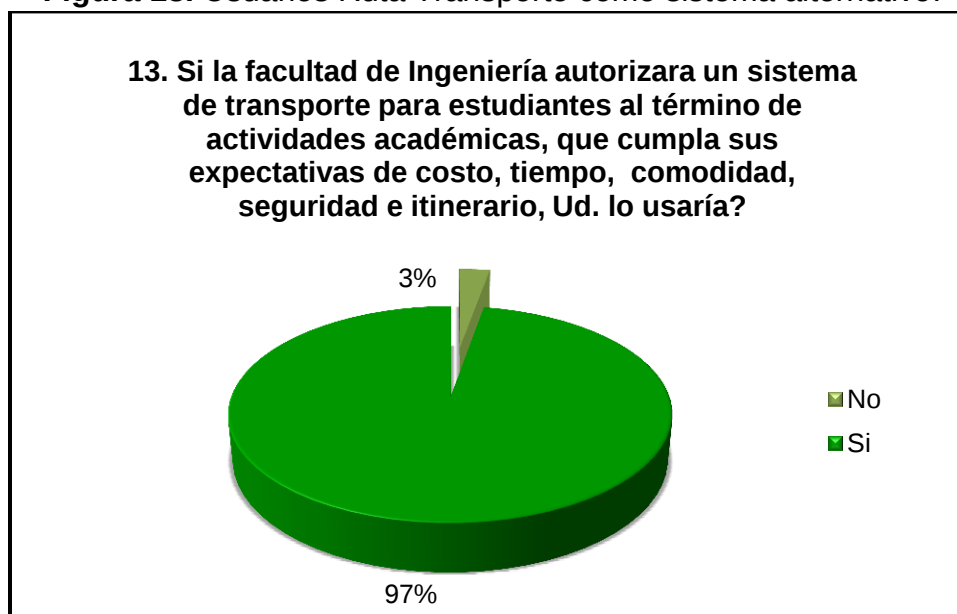
En la siguiente Tabla 14 y Figura 18, se representa la cantidad de personas que estarían dispuestas a usar una ruta que cumpla con sus expectativas de itinerario y así mismo acertar la magnitud de la muestra a demandar.

Tabla 14. Usuarios Ruta Transporte como sistema alternativo.

¿Usaria Ruta de transporte?	No. Estudiantes
No	48
Si	1682
Total general	1730

Fuente. Los autores

Figura 18. Usuarios Ruta Transporte como sistema alternativo.



Fuente. Los autores

La Figura 18 evidencia que el 97% (1682 estudiantes) de los 1930 estudiantes, estarían dispuestos a ser usuario de una ruta de transporte como sistema alerno con destino a su lugar de residencia si cumpliera con sus expectativas de itinerario, tiempo y costo principalmente, a este porcentaje hacen parte los estudiantes que se movilizan en vehículo automotor propio ya que manifiestan que

la frecuencia de uso del transporte privado no es fija o va condicionada a factores de disponibilidad de vehículo, el pico y placa vehicular que regula la movilidad en la ciudad de Bogotá D.C. en el caso de los que usan automóvil o sencillamente la deficiente oferta de zonas de parqueo en el sector y nula por parte de la Facultad de Ingeniería Civil.

Por el alto porcentaje de aprobación al uso de la mencionada ruta de transporte, se ha determinado hacer la evaluación del modelo de rutas con el 100% de la población de la jornada académica es decir bajo el parámetro de 1930 usuarios.

La información presentada en la Tabla 15 y Figura 19, evidencia la distribución habitacional de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil en las distintas localidades en las cuales se encuentra sectorizada la ciudad de Bogotá D.C., a partir de dicha información se establecerán las zonas de estudio y centroides de viajes atraídos, con esta información se determinará el diseño y posterior propuesta de rutas.

Tabla 15. Localidad de destino estudiantes facultad de Ing. Civil.

	Localidad de Destino	No. Estudiantes
	Antonio Nariño	48
	Barrios Unidos	24
	Bosa	106
	Candelaria	14
	Chapinero	38
	Ciudad Bolívar	67
*	Cundinamarca	139
	Engativa	216
	Fontibon	115
	Kennedy	260
	Martires	48
	Puente Aranda	82
	Rafael Uribe Uribe	67
	San Cristobal	125
	Santa Fe	5
	Suba	178
	Teusaquillo	38
	Tunjuelito	48
	Usaquen	72
	Usme	38
	Total general	1730

Fuente. Los autores

* La encuesta O-D aplicada, evidenció que existe un número representativo de estudiantes que reside fuera del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C. siendo el 8.1% de la población encuestada, tal como se indica en la Figura 19.

En la Tabla 16 se listan los sectores agrupados dentro de Cundinamarca, se observó que a esa proporción, el 4.5% de la población identificada en destino como Cundinamarca, viaja hacia el sector de Soacha y el 1.2% a Facatativá siendo los sectores más representativos. Para las zonas de Cundinamarca, por su ubicación, no se atenderá su oferta, en cambio se propondrá un lugar estratégico donde se pueda acceder a un sistema de transporte intermunicipal.

Tabla 16. Sectores de destino en Cundinamarca estudiantes facultad de Ing. Civil

Sectores Cundinamarca de Destino	No. Estudiantes
Guasca	5
La Calera	10
Mosquera	5
Soacha	77
Chia	5
Facatativa	19
Funza	5
Madrid	10
Sibate	5
Total general	139

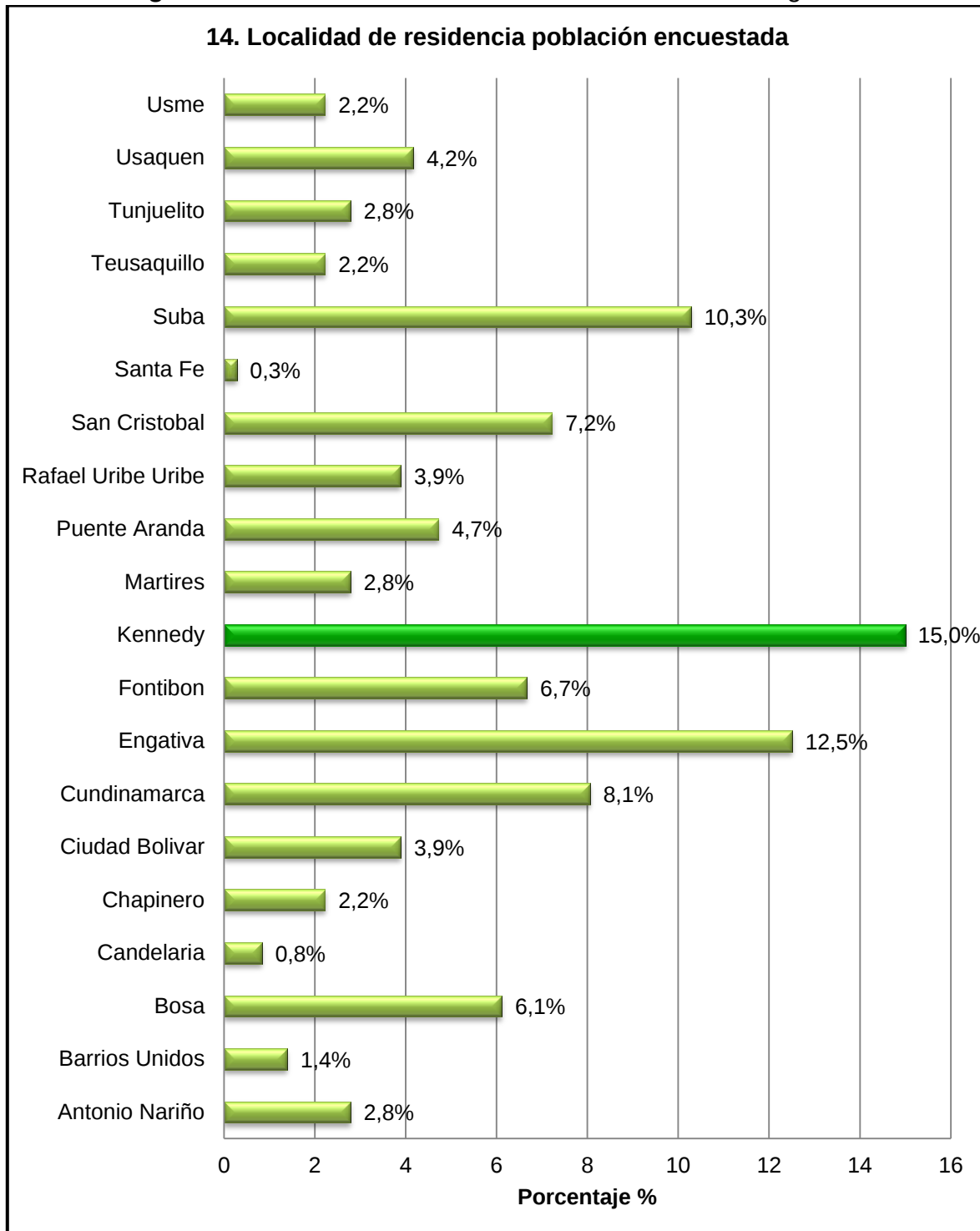
Fuente. Los autores

La información presentada en la Tabla 15 y Figura 19, evidencia que Kennedy es la localidad de mayor demanda habitacional por parte de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil con un 15% de la población, de igual forma, Engativá es el segundo sector que registra mayores demandas con un 12,5%, otro sector que aporta una demanda considerable es la localidad de Suba con el 10.3% y finalmente San Cristóbal con el 7,2%.

Como se indicó anteriormente existe una fracción de población cuyo destino es Soacha, siendo el 4.5% de la población, este porcentaje será adicionado al obtenido para la localidad de Bosa, siendo así, pasará de un 6.1% a un 10,6% de la población constituyendo una fracción considerable para el estudio.

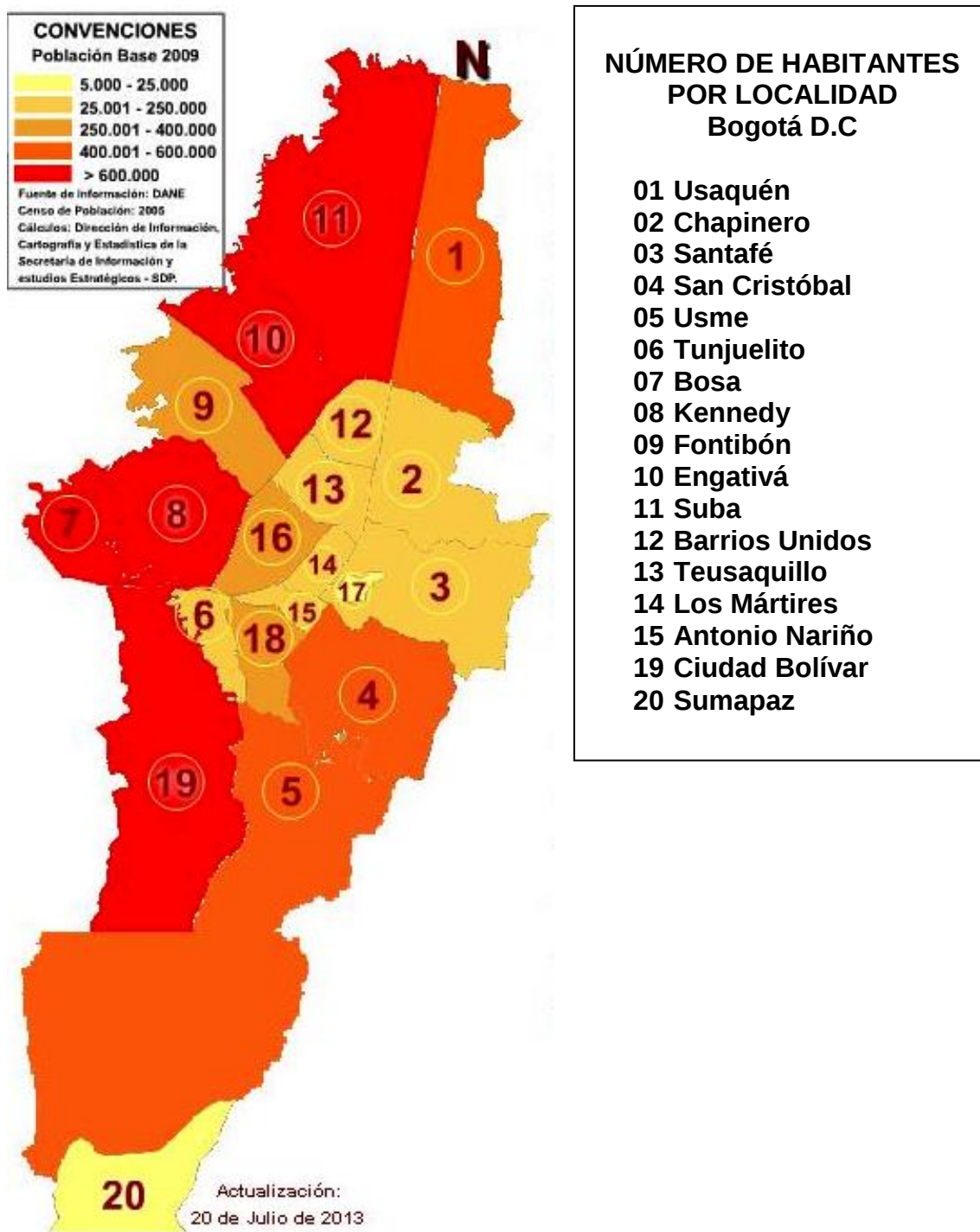
Los porcentajes resultantes, obtenidos a partir del análisis de ocupación por localidad son justificables ya que dichas localidades concentran la mayor población: 07 Bosa, 08 Kennedy, 10 Engativá y 11 Suba. La Figura 20 evidencia que dichas localidades concentran la mayor población en la ciudad de Bogotá D.C., mayor a 600.000 habitantes, y se localizan en el extremo occidental de la misma, siendo los destinos más lejanos respecto al origen ubicado en la localidad 02 Chapinero (ubicación Facultad de Ingeniería Civil UGC). La localidad 04 San Cristóbal se ubica en el segundo grupo de localidades con mayor concentración de habitantes después de las anteriormente mencionadas, donde concentra entre 400.001 a 600.000 habitantes, esta localidad se encuentra geográficamente más cerca del origen y se ubica en el costado sur-oriental de la ciudad de Bogotá D.C. Como es de notarse los viajes de la mayoría de la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, son hacia el suroccidente, noroccidente y suroriente de la ciudad de Bogotá D.C.

Figura 19. Localidad de destino estudiantes Facultad Ing. Civil.



Fuente. Los autores

Figura 20. Población Localidades de Bogotá D.C.



Fuente. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría distrital de planeación. [En Línea]

<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/RelojDePoblacion>.

7.3. PLANTEAMIENTO DE RUTAS

7.3.1. Zonificación área de estudio

La zonificación del área de estudio es una tarea estratégica ya que las zonas constituyen las unidades básicas de análisis y se definen en función de determinados criterios. Estas zonas reflejan características de uso del suelo, localización de actividades o también singularidades urbanas; asimismo, tienen similitud y son compatibles con las divisiones geográficas administrativas y políticas como son los barrios. En síntesis, los criterios adoptados para definir la zonificación de la ciudad fueron:

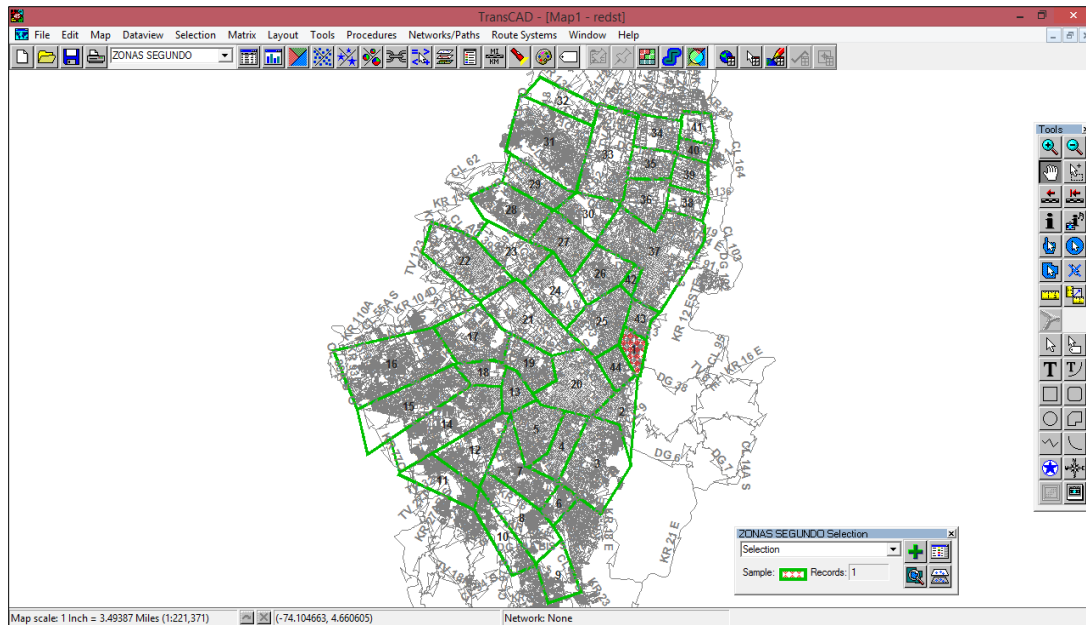
- Homogeneidad al interior de sectores determinados, cuidando que sus límites fueran compatibles con los cordones y líneas pantalla al interior de la ciudad y con las fronteras entre barrios.
- Las zonas no deben tener tamaño igual, conviene generar zonas más pequeñas en áreas congestionadas que en las que no tienen este problema.
- La forma de las zonas debe permitir una determinación fácil de los centroides y sus conectores.
- Las zonas se trataron de configurar de tal forma que el centro geométrico de cada zona coincida con la red vial de la ciudad.

Haciendo uso del software TransCAD, se ha montado la red geográfica vial IDU de la ciudad de Bogotá D.C., la cual se encuentra caracterizada con información como lo es nomenclaturas, sentido de flujo vehicular y geometría de la vía principalmente, dicha información se encuentra contenida en archivos geográficos y capas (Layers) que concentran la información.

En el marco de la zonificación adoptada mediante los anteriores criterios, se diseñó un sistema de zonificación con fines de análisis de transporte conformado por 44 ZAT's (Zonas de Análisis de Transporte) las cuales han sido dibujadas en el modelo TransCAD como archivo geográfico, tal como se muestra en la Figura 21. En el plano anexo *PL-VITRA-UGC-RUT-2015-2-101*, se da evidencia de la localización de las zonas de demanda habitacional por los estudiantes y se trazan las 44 zonas ZAT's de estudio las cuales fueron base para el análisis de zonas en el software.

La zonificación empleada está referida única y exclusivamente al ámbito urbano, ya que el análisis del transporte rural se encuentra por fuera del alcance de la presente investigación. Las demandas identificadas en áreas fuera del perímetro urbano, serán asignadas a la zona límite más próximo.

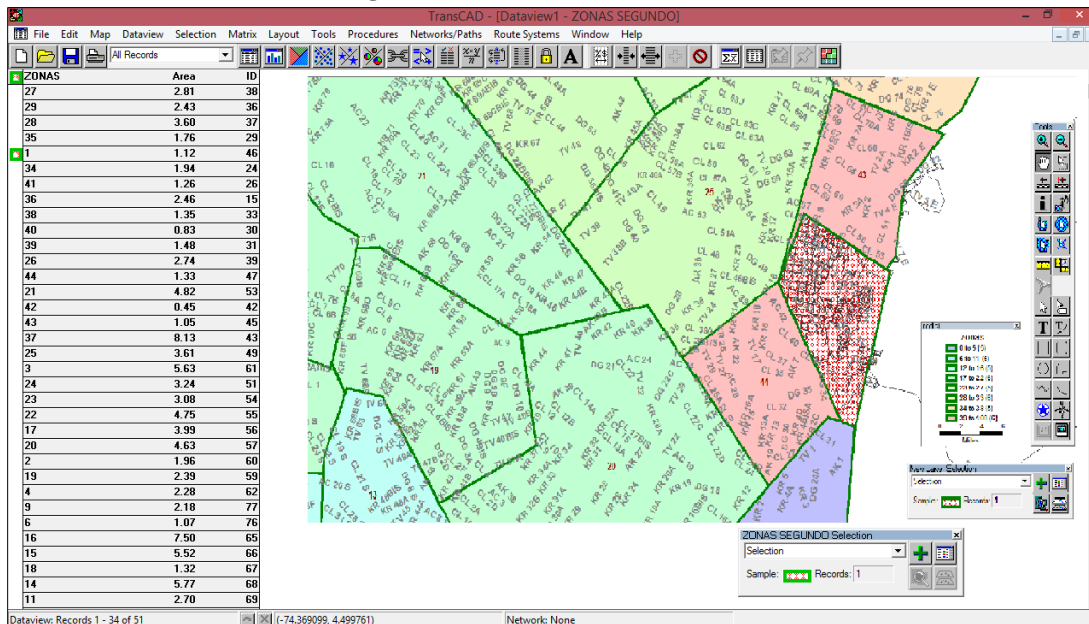
Figura 21. Zonificación área de estudio



Fuente. Los autores

El modelo digital asigna a cada zona un Id el cual será la identificación asignada por el software a cada una de las zonas. La zona sombreada en rojo de la siguiente figura, constituye la zona de origen identificada como No 1, es donde se localiza geográficamente la Facultad de Ingeniería Civil de la UGC y será la zona generadora de viajes.

Figura 22. Id zonas de estudio



Fuente. Los autores

7.3.2. Matriz Origen Destino

Se generó la matriz origen destino OD, la cual consiste en una tabla de datos arreglados por zonas, dichos datos son viajes o flujos de origen-destino, es decir, la cantidad de viajes atraídos por zonas.

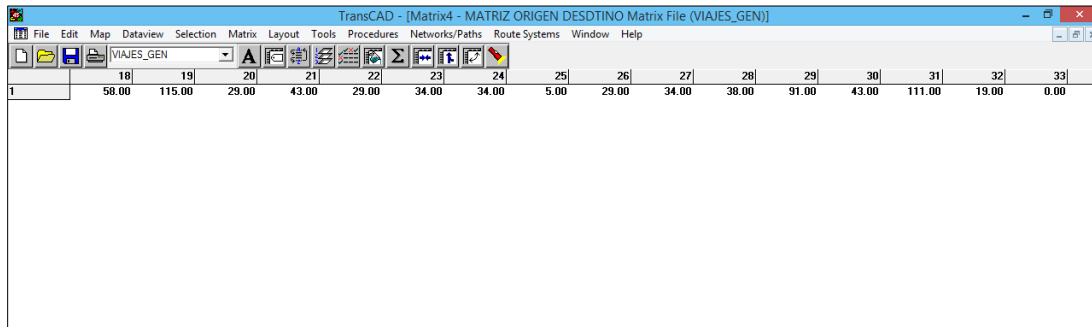
Tabla 17. Matriz Origen Destino en hoja de cálculo

ZO	ZF	VIAJES GENERADOS
1	1	34
1	2	5
1	3	72
1	4	62
1	5	82
1	6	29
1	7	5
1	8	0
1	9	24
1	10	5
1	11	43
1	12	29
1	13	38
1	14	163
1	15	53
1	16	77
1	17	120
1	18	58
1	19	115
1	20	29
1	21	43
1	22	29
1	23	34
1	24	34
1	25	5
1	26	29
1	27	34
1	28	38
1	29	91
1	30	43
1	31	111
1	32	19
1	33	0
1	34	19
1	35	24
1	36	10
1	37	10
1	38	5
1	39	14
1	40	29
1	41	14
1	42	10
1	43	38
1	44	5

Fuente. Los autores

Esta matriz es importada al software con formato DBASEIV, el modelo lo sintetizará como se indica en la siguiente figura, en forma lineal, ya que se parte del hecho de un único origen, es decir, la Facultad de Ingeniería Civil identificado como Zona No 1, de tal modo que en la fila superior se listan las 44 zonas, en la primera celda de la fila inferior se indica la zona de origen y las otras celdas se indican los distintos viajes generados por zona.

Figura 23. Matriz OD TransCAD

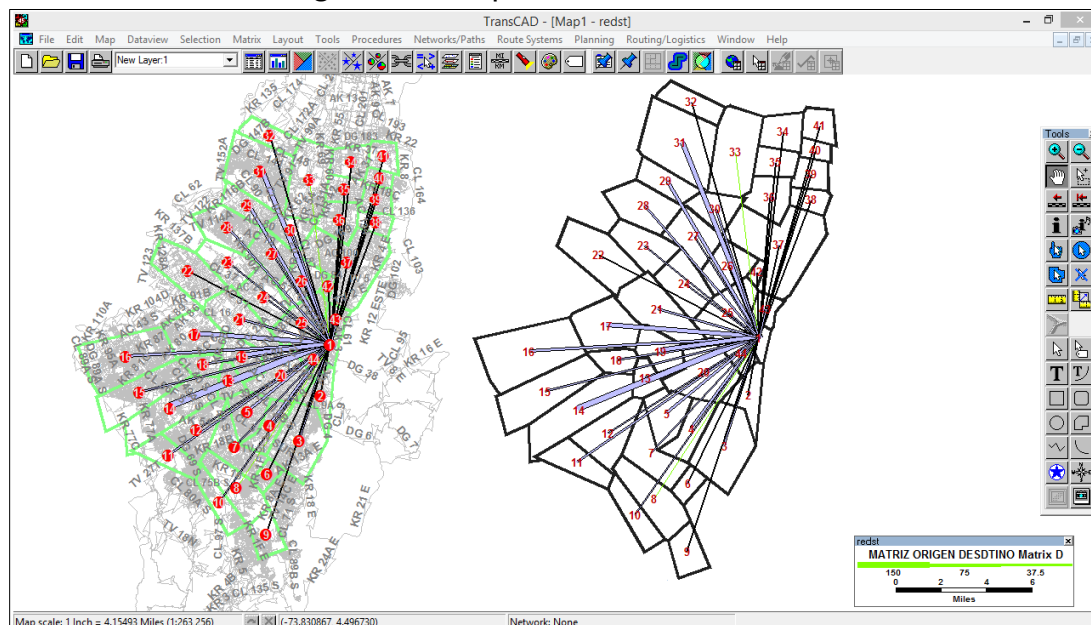


Fuente. Los autores

7.3.3. Líneas de deseo de viaje

De acuerdo a la asignación de zonas (ZAT's) y asignación de viajes generados por zona, TransCAD permite hacer un análisis geográfico el cual determina las líneas de deseo, que en sí mismo, son líneas rectas que unen el punto de origen con el centroide de la zona.

Figura 24. Esquema Líneas de deseo



Fuente. Los autores

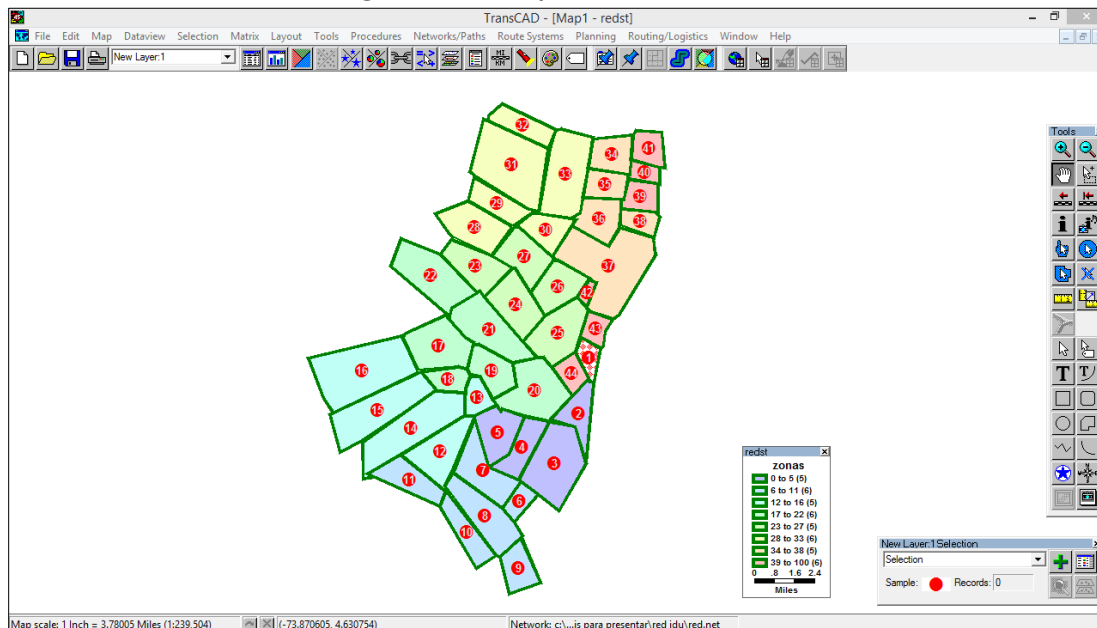
Al observar el espesor de los anteriores esquemas de líneas de deseo se establece que dicho espesor se relaciona con el nivel de demanda que presenta cada una de las zonas.

Se aprecia que la línea de deseo 1-14, es la más robusta respecto a las otras, comparando esta información con la matriz presentada en la Tabla 17, la zona 14 es la mayor demandada con 166 viajes generados, esta zona se agrupan barrios de la localidad de Kennedy y Bosa.

7.3.4. Centroides

Un centroide puede considerarse como el punto que representa una zona. En general, el centroide constituye el punto de origen y destino de todos los viajes que van o vienen de una zona, supone la concentración de actividades y viajes para poder ser enlazado al modelo de red. Debido al tamaño de las zonas cada centroide fue ubicado en forma automática por el software de modelación en el centro geométrico de cada área.

Figura 25. Esquema Centroides



Fuente. Los autores

7.3.5. Redes

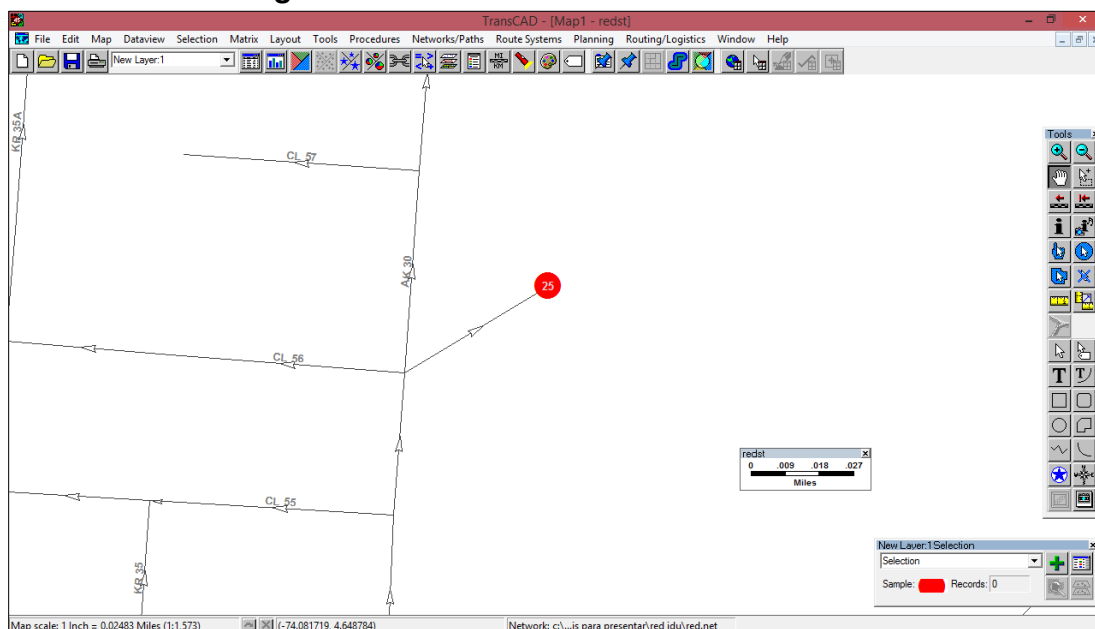
Esta red es una estructura especial de datos, conformada por nodos y arcos, que almacena características importantes de los sistemas y facilidades de transporte. El sistema vial principal de la ciudad es una red. En general, la red empleada contiene características detalladas como:

- Restricciones o penalización de giros
- Pasos elevados, pasos deprimidos y tramos de sentido único
- Intersecciones y atributos de unión
- Terminales intermodales y puntos de transferencia
- Conectores de centroides de zonas
- Clasificaciones de tramos

En modelación de transporte, la red tendrá asociados algunos atributos tales como longitud y tiempo de viaje, contendrá otros datos adicionales como número de carriles, sentidos de circulación, restricciones, etc.

Lo que se indica en la siguiente figura, es la interconexión de cada uno de los 44 centroides de las zonas a la red geográfica IDU, esto con la finalidad de al momento de establecer la rutas, se asocien con las vías a usar para la conexión del punto origen hasta el centroide de destino.

Figura 26. Conexión centroides con red vial



Fuente. Los autores

7.3.6. Modelación y Diseño de Rutas

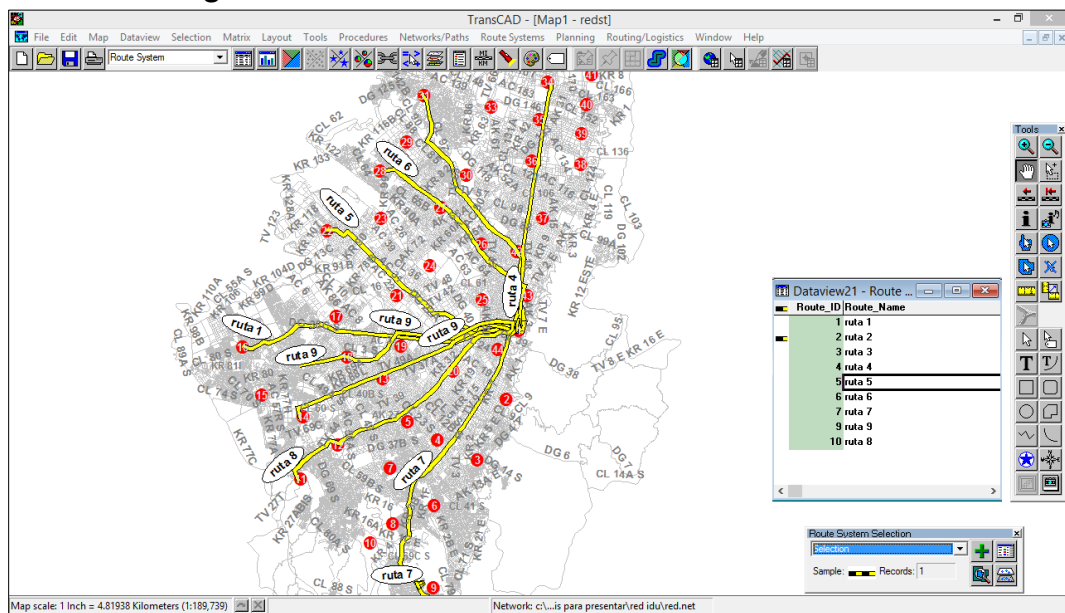
La herramienta de modelación propuesta brinda al analista de transporte algunos modelos alternativos para abordar las tareas de planificación del transporte público.

Se ha usado la interfaz TransCAD, la cual proporciona modelos distintos de elección de rutas de transporte público, para esta modelación se ha usado el método de la ruta más corta (Todo o Nada).

El método de la ruta más corta encuentra un único camino desde el origen al destino, de tal manera que se minimice el costo generalizado de viaje. En cualquier segmento de ruta una sola línea de transporte es elegida, incluso si el segmento es atendido por varias líneas de tránsito con tiempos de viaje idénticos.

En la Figura 27 se evidencia el resultado de la modelación por el método de la ruta más corta, a partir de ella se han obtenido la oferta de 9 rutas que cumplen la demanda del 94.2%, es decir, 1630 estudiantes de los 1730 serían usuarios del plan de rutas. Los restantes 100 estudiantes no se incluyeron como posibles usuarios ya que de esta cantidad el 43% residen cerca de la facultad, por consiguiente su desplazamiento hasta el destino es caminando, el restante 57% corresponde a minorías de estudiantes que su lugar de residencia se encuentra bastante alejado de los centroides operacionales, lo cual no resultaría económico la llegada de la ruta hasta dicho punto.

Figura 27. Rutas modeladas método ruta más corta



Fuente. Los autores

Luego de verificar el itinerario obtenido por el modelo de TransCAD, se ha procedido a verificar el cubrimiento de dicha propuesta de rutas, con las demandas identificadas a partir de la encuesta OD y representadas en el plano No. *PL-VITRA-UGC-RUT-2015-2-101*, las longitudes de rutas propuestas por el software son las siguientes:

Tabla 18. Longitudes Rutas resultantes del modelo

No. de Ruta	Distancia (km)
Ruta 9	9,65
Ruta 8	14,60
Ruta 7	16,40
Ruta 6	11,65
Ruta 5	12,43
Ruta 4	12,66
Ruta 3	14,20
Ruta 2	12,72
Ruta 1	15,05

Fuente. Los autores

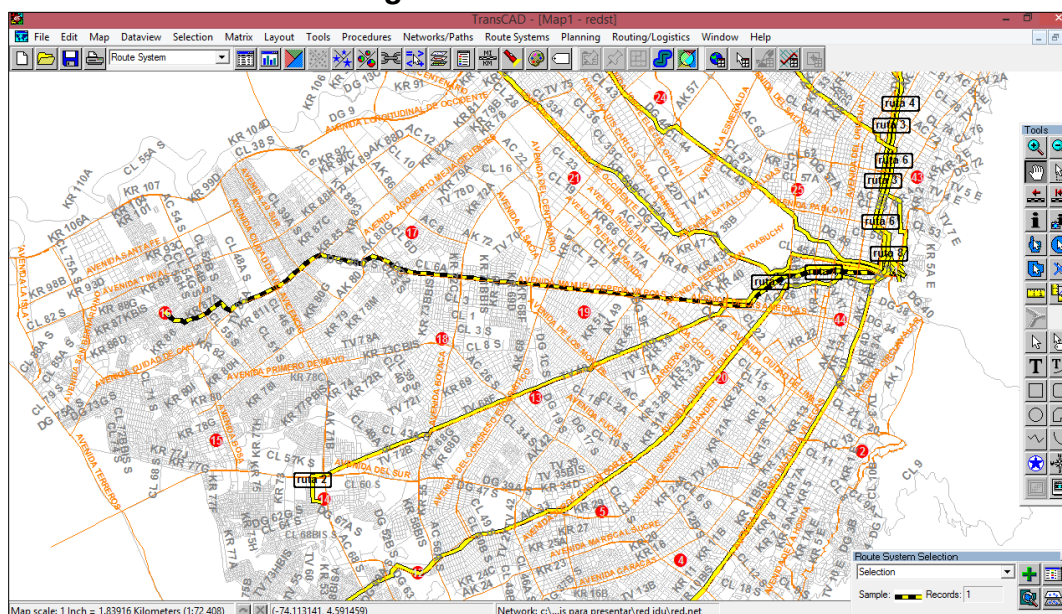
Al hacer la verificación se determinó que no todas las rutas satisfacían a cabalidad las demandas, mínimas fracciones no quedaron cubiertas o la ruta transitaba relativamente lejos del destino, por consiguiente se procedió a su optimización.

Las 9 rutas diseñadas operarían de lunes a viernes desde el horario de las 9:30 PM hasta las 10:00 PM.

A continuación se presenta el desarrollo de cada una de las 9 *Rutas*, la figura que acompaña a cada una de las propuesta finales, corresponden a la resultante por el modelo, el trazado final optimizado ha sido representado en el plano anexo No *PL-VITRA-UGC-RUT-2015-2-102*, de igual forma, en las tablas anexas se presenta el diseño operacional de cada ruta, en donde se definen las siguientes características de la operación: Código identificación de la ruta, origen, destino, itinerario, longitud de la ruta, demanda, frecuencia de operación de buses, intervalo de operación de buses, velocidad promedio del recorrido y tiempo esperado de viaje.

7.3.6.1 Ruta No 1 – UGC-101

Figura 28. Ruta UGC-101



Fuente. Los autores

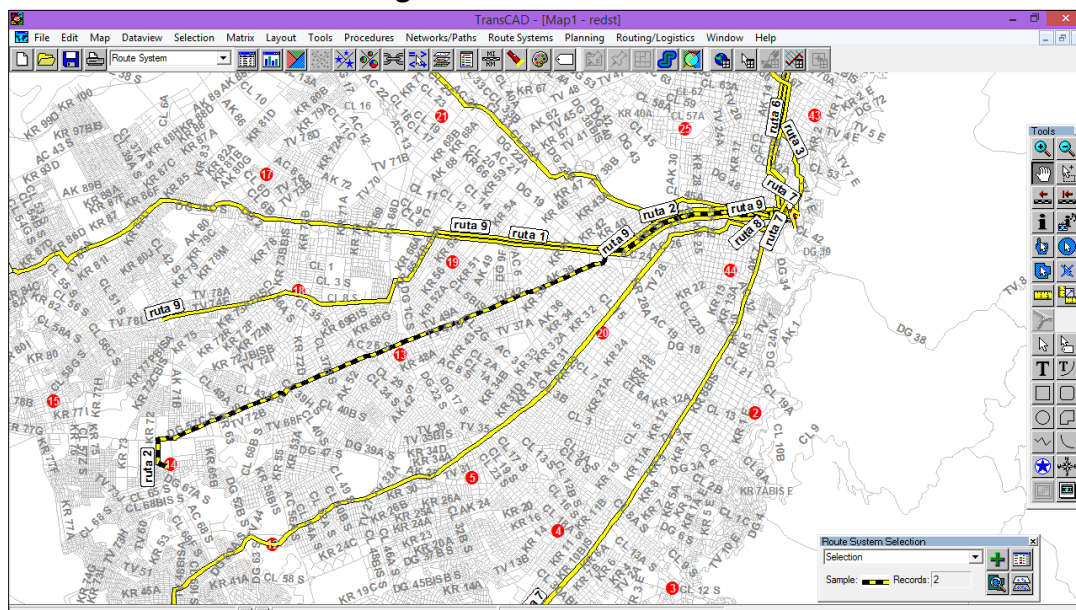
Tabla 19. Diseño Operacional Ruta UGC-101

RUTA No 1 - UGC-101	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Santiago de Las Atalayas - Localidad de Bosa
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Cll. 46 - Kr. 13 - Cll. 45 - Kr. 30 - AV. De las Americas - AV. Ciudad de Cali - AV. Tintal Cll. 59C S (Barrio Santiago de Las Atalayas)
LONGITUD DE RUTA	17,6 Kilometros
DEMANDA	370 Personas
FRECUENCIA	9 Buses / 30 minutos
INTERVALO	3 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	42 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.2 Ruta No 2 – UGC-102

Figura 29. Ruta UGC-102



Fuente. Los autores

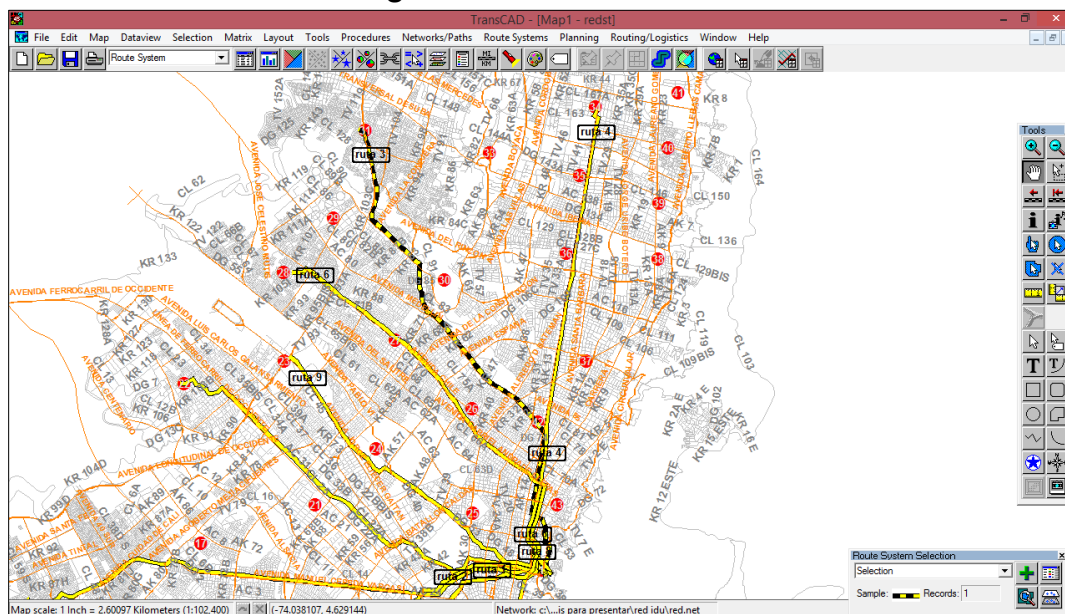
Tabla 20. Diseño Operacional Ruta UGC-102

ruta No 2 - UGC-102	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil - Sede Chapinero
DESTINO	La estación - Localidad de Bosa
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Cll. 46 - Kr. 13 - Cll. 45 - Kr. 30 - Autopista Sur - Cll. 65 S (Barrio Bosa La Estación)
LONGITUD DE RUTA	15,7 Kilometros
DEMANDA	201 Personas
FRECUENCIA	6 Buses / 30 minutos
INTERVALO	5 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	37 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.3 Ruta No 3 – UGC-103

Figura 30. Ruta UGC-103



Fuente. Los autores

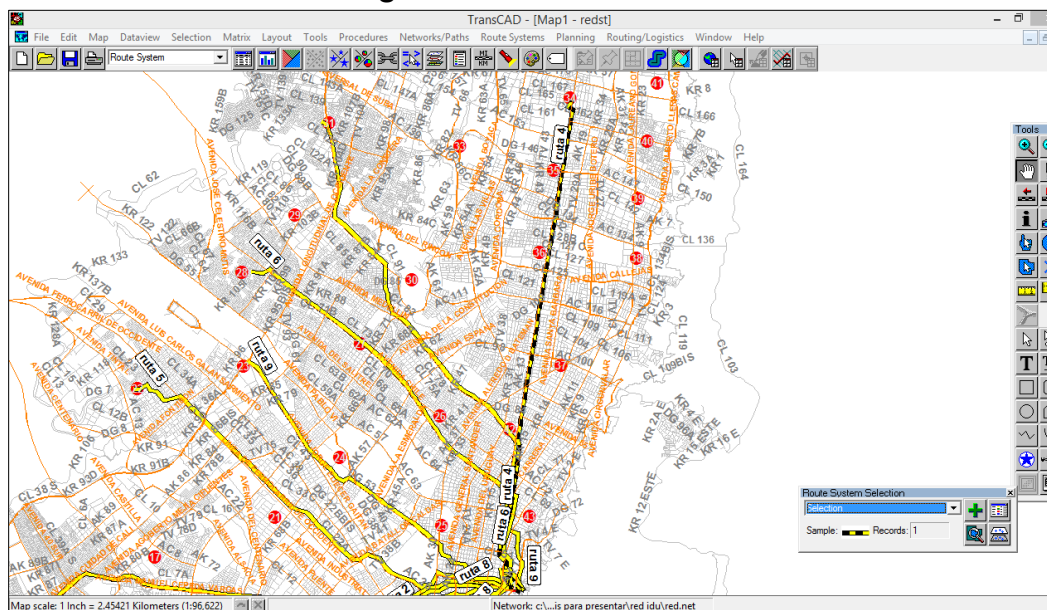
Tabla 21. Diseño Operacional Ruta UGC-103

ruta No 3 - UGC-103	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Las Mercedes - Localidad de Suba
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Cll. 80 - Tr. 76 - Kr. 76 - AV. Morisca (Cll. 90) - AV. Ciudad de Cali - Cll. 150A- Kr. 101 - Cll. 151 - Kr. 92 (Barrio Las Mercedes)
LONGITUD DE RUTA	18,8 Kilometros
DEMANDA	274 Personas
FRECUENCIA	8 Buses / 30 minutos
INTERVALO	4 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	45 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.4 Ruta No 4 – UGC-104

Figura 31. Ruta UGC-104



Fuente. Los autores

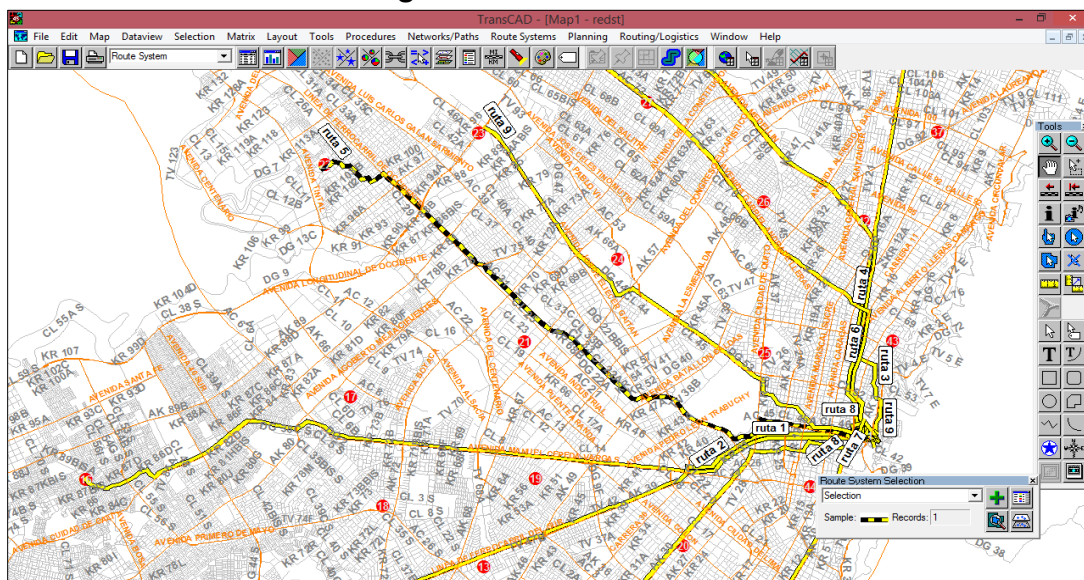
Tabla 22. Diseño Operacional Ruta UGC-104

RUTA No 4 - UGC-104	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	San Antonio - Localidad de Usaquen
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Auto Norte - Cll. 183 - Kr. 9 (Barrio San Antonio)
LONGITUD DE RUTA	17,1 Kilometros
DEMANDA	106 Personas
FRECUENCIA	3 Buses / 30 minutos
INTERVALO	10 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	41 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.5 Ruta No 5 – UGC-105

Figura 32. Ruta UGC-105



Fuente. Los autores

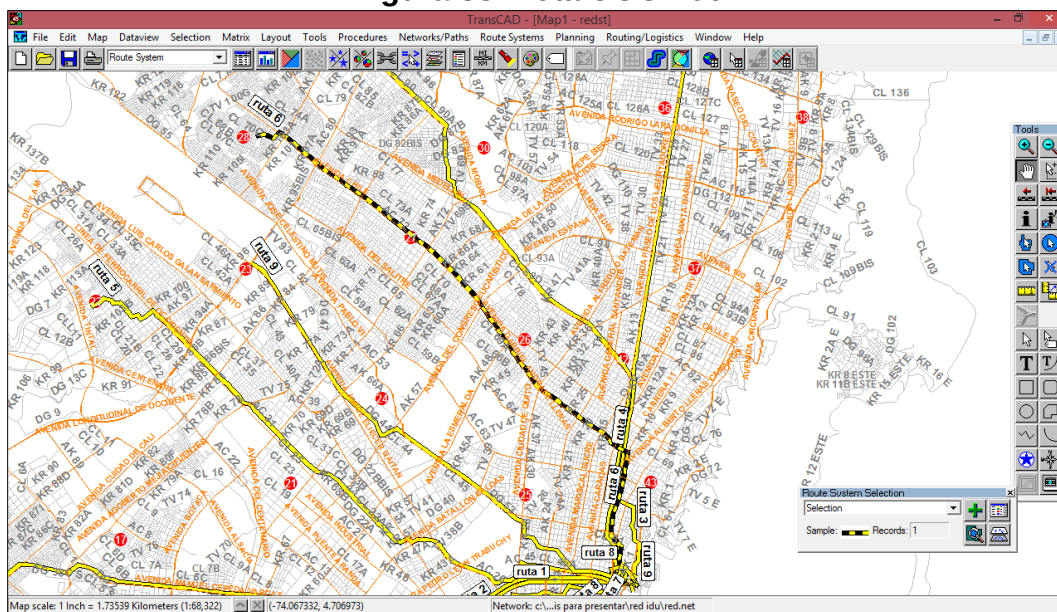
Tabla 23. Diseño Operacional Ruta UGC-105

RUTA No 5- UGC-105	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Puente Grande - Localidad de Fontibon
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Cll. 46 - Kr. 13 - Cll. 45 - Kr. 30 - Kr. 33 - Cll. 26 - AV. Batallon Caldas (Kr. 50) - AV. La Esperanza - AV. Ciudad de Cali - AV. Ferrocarril de Occidente (Cll. 22) - Kr. 116 - Cll. 117 - Kr. 128 (Barrio Puente Grande)
LONGITUD DE RUTA	17,3 Kilometros
DEMANDA	145 Personas
FRECUENCIA	4 Buses / 30 minutos
INTERVALO	7 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	42 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.6 Ruta No 6 – UGC-106

Figura 33. Ruta UGC-106



Fuente. Los autores

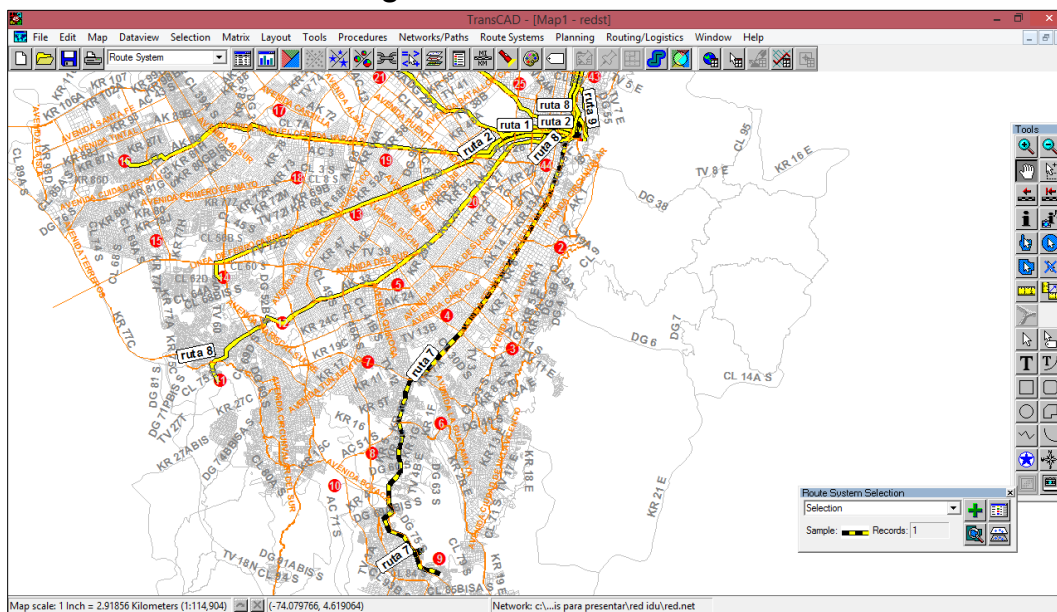
Tabla 24. Diseño Operacional Ruta UGC-106

RUTA No 6- UGC-106	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Villas del Dorado - Localidad de Engativa
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 44 - AV. Caracas - Cll. 72 - Kr. 110 (Barrio Villas del Dorado)
LONGITUD DE RUTA	13,1 Kilometros
DEMANDA	101 Personas
FRECUENCIA	3 Buses / 30 minutos
INTERVALO	11 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	31 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.7 Ruta No 7 – UGC-107

Figura 34. Ruta UGC-107



Fuente. Los autores

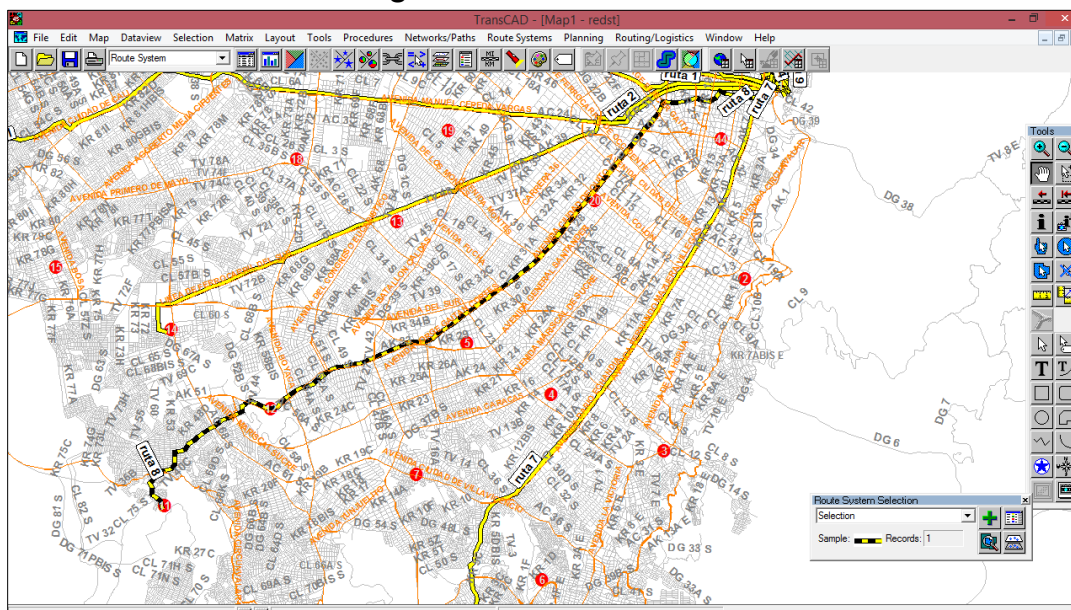
Tabla 25. Diseño Operacional Ruta UGC-107

RUTA No 7- UGC-107	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Comuneros - Localidad de Usme
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 43 - Kr. 7 - Kr. 13 - Kr. 10 - Tv. 11C - Dg. 38 F S - Dg. 44 Bis S - Cll. 44 S - Kr. 9A - Tv. 6 Bis - Cll. 49H S - Kr. 10 - Cll. 51 S(Av. Caracas) - Kr. 1 - Cll. 91 S (Barrio Comuneros)
LONGITUD DE RUTA	20,3 Kilometros
DEMANDA	197 Personas
FRECUENCIA	5 Buses / 30 minutos
INTERVALO	5 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	48 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.8 Ruta No 8 – UGC-108

Figura 35. Ruta UGC-108



Fuente. Los autores

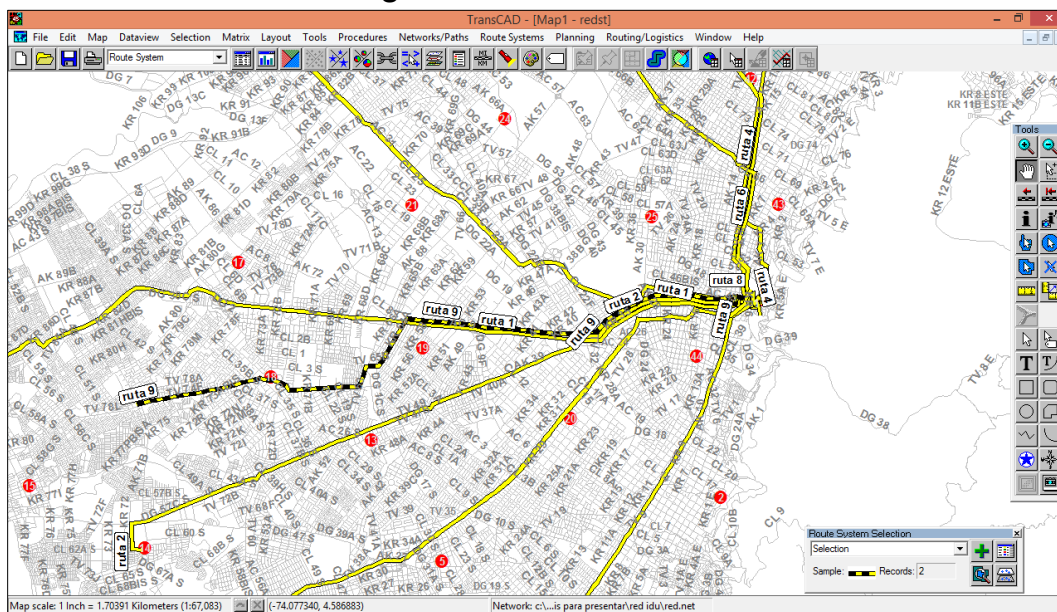
Tabla 26. Diseño Operacional Ruta UGC-108

ruta No 8- UGC-108	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Arboleda Alta - Localidad de Ciudad Bolívar
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 42 - Kr. 13 - Kr. 10 - Cll. 19 - Kr. 22 - Cll. 22 - Kr. 27 - Tv. 33 - Tv. 30 - Kr. 51 - Cll. 68 S - Kr. 45 S - Cll. 68C S - (Barrio Arboleda Alta)
LONGITUD DE RUTA	16,7 Kilometros
DEMANDA	183 Personas
FRECUENCIA	5 Buses / 30 minutos
INTERVALO	5 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	40 Minutos

Fuente. Los autores

7.3.6.9 Ruta No 9 – UGC-109

Figura 36. Ruta UGC-109



Fuente. Los autores

Tabla 27. Diseño Operacional Ruta UGC-109

RUTA No 9- UGC-109	
ORIGEN	Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenieria Civil - Sede Chapinero
DESTINO	Ciudad Roma - Localidad de Kennedy
ITINERARIO	Parqueadero (Cuatro Parques) - Cll. 42 - Kr. 13 - Cll. 39 - Kr. 18 - Cll. 39 - Kr. 19 - Cll. 34 - AV. de las Americas - Kr. 68 - AV. 1 de Mayo (Barrio Ciudad Roma)
LONGITUD DE RUTA	14,8 Kilometros
DEMANDA	111 Personas
FRECUENCIA	3 Buses / 30 minutos
INTERVALO	10 minutos
VELOCIDAD	25 Km/h
TIEMPO ESPERADO DE VIAJE	36 Minutos

Fuente. Los autores

7.4. ESTIMACION COSTOS OPERACIONALES

7.4.1. Tipología Vehículo

Figura 37. Propuesta Vehículo a usar Bus IDEALE-Marcopolo



Fuente. [En Línea]

http://www.superpolo.com.co/superpolo/es/productos/producto/ideale_660

IDEALE, ideal para el transporte urbano, económico, seguro y con una reducción significativa en el costo de operación, dotado con los mejores componentes mecánicos, de fácil acceso, con dispositivos ópticos delanteros y traseros, puerta de acceso adelante del eje para optimizar el espacio interior con una estructura resistente y reforzada para generar seguridad en el momento de algún impacto, con amplio panorámico para mayor visibilidad del conductor, puerta pantográfica, mejor distribución en el tablero de instrumentos y con una consola superior para guardar objetos.

Este vehículo cuenta con un equipo estándar en estructura de acero inyectada en poliuretano, tiene una capacidad para 36 pasajeros + conductor, cuenta con aire

acondicionado y un sistema de sillas y pasamanos encapsulados, división de cabina y espejos carenados para mayor seguridad.

7.4.2. Costos y Parámetros observados

La información básica sobre el automotor y sus características, usos y rendimientos, sobre los insumos, la frecuencia de cambio y sus precios, sobre los servicios remunerados y sobre los viajeros y las condiciones de operación fueron determinados a través de procesos muestrales de carácter aleatorio, en los que se realizaron observaciones a los diferentes actores para mayor claridad en el momento de realizar estos análisis.

En relación con los costos y rendimientos de los insumos y factores de costo, en las tablas siguientes se presentan algunos de los principales valores encontrados, atendiendo a su importancia o peso relativo y algunas singularidades en su costo.

7.4.3. Costos Variables

En la Tabla 28 se presentan el precio y el rendimiento del combustible (Diesel) en Bogotá D.C. Este es el ítem crítico en el servicio, pues los precios han crecido hasta tres veces la inflación general y los rendimientos son bajos por la tecnología vehicular, lo cual aumentado la oferta de vehículos, son las variables responsables de los fuertes crecimientos de la tarifa y la consiguiente reducción del ingreso de los viajeros, como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 28. Costo y rendimiento del combustible

1.1. Combustible					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Precio	\$/galón	\$ 7.973,00			
Rendimiento	Km/galón	40,00			
Total Combustible			\$ 199,33	\$ 67.061,79	\$ 17,88

Fuente: Los Autores

En la Tabla 29 se presentan los principales ítems, costos y rendimientos relacionados con los lubricantes y filtros. Este es un costo variable que dado el kilometraje y las frecuencias de cambio ocurre cada mes.

Tabla 29. Costos y rendimiento de Lubricantes

1.2. Lubricantes					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Aceite Motor					
Precio	\$/cuarto	\$ 14.000,00			
Capacidad del motor	Cuartos	6,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Costo			\$ 7,00	\$ 2.355,11	\$ 0,63
Aceite Caja					
Precio	\$/cuarto	\$ 14.500,00			
Capacidad de la caja	Cuartos	4,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Costo			\$ 4,83	\$ 1.626,15	\$ 0,43
Filtro de Aceite					
Precio	\$/unidad	\$ 12.500,00			
Cantidad	Unidad	1,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Costo			\$ 1,04	\$ 350,46	\$ 0,09
Filtro de Aire					
Precio	\$/unidad	\$ 26.000,00			
Cantidad	Unidad	1,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Costo			\$ 2,17	\$ 728,96	\$ 0,19
Filtro de Combustible					
Precio	\$/unidad	\$ 10.500,00			
Cantidad	Unidad	1,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Costo			\$ 0,88	\$ 294,39	\$ 0,08
Total Lubricantes			\$ 15,92	\$ 5.355,07	\$ 1,43

Fuente: Los Autores

Así, mismo se enuncian los costos y frecuencias de cambio de llantas y servicios conexos. Es este caso, el costo hace relación solo con llantas nuevas y su frecuencia de cambio (Tabla 30). Este ítem, al contrario del anterior, ha venido reduciendo su participación en el costo, por precios más competitivos y mayor durabilidad que en el pasado.

Tabla 30. Costos y rendimiento de Llantas y otros servicios

1.3. Llantas					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Llantas					
Precio	\$/unidad	\$ 722.900,00			
Cantidad	Unidad	6,00			
Frecuencia de cambio	Km	5000,00			
Costo			\$ 867,48	\$ 291.858,83	\$ 77,81
Neumáticos					
Precio	\$/unidad	\$ 32.000,00			
Capacidad de la caja	Unidad	6,00			
Frecuencia de cambio	Km	5000,00			
Costo			\$ 38,40	\$ 12.919,47	\$ 3,44
Protectores					
Precio	\$/unidad	\$ 17.500,00			
Cantidad	Unidad	6,00			
Frecuencia de cambio	Km	5000,00			
Costo			\$ 21,00	\$ 7.065,33	\$ 1,88
Montallantas					
Precio	\$/unidad	\$ 6.000,00			
Cantidad	Unidad	6,00			
Frecuencia de cambio	Km	5000,00			
Costo			\$ 7,20	\$ 2.422,40	\$ 0,65
Total Llantas			\$ 934,08	\$ 314.266,03	\$ 83,78

Fuente: Los Autores

En la Tabla 31 se relaciona la remuneración salarial y la carga prestacional, que típicamente es un ítem de los costos fijos para el respectivo análisis, la información sobre la remuneración, obtenida a partir de las encuestas a operadores y conductores señalada varia ya que para nuestro caso no es una actividad que se desarrollaría durante todo el día, es por ello que se ve reflejado el salario menor porque se desempeñaría en tres (3) horas en horario nocturno.

Tabla 31. Salarios y prestaciones sociales

1.4. Salarios y prestaciones					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Salarios y Auxilios					
Salario	\$/mes	\$ 300.000,00			
Carga prestacional	\$/mes	\$ 189.000,00			
Total Salarios			\$ 1.453,43	\$ 489.000,00	\$ 130,36

Fuente: Los Autores

En las Tabla 32 y 33, se presentan los costos del mantenimiento del Microbus que se compone del lavado general, el cual consiste en el lavado del motor y chasis del vehículo, petrolizada y engrase, además el microbús debe ser aseado al final de cada servicio diario en el cual debe recibir un aseo y lavado parcial.

Tabla 32. Costos servicios de estación

1.5. Servicios de estación					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Lavado General					
Servicio	\$	\$ 50.000,00			
Frecuencia de servicio	Km	5000,00			
Costo			\$ 10,00	\$ 3.364,44	\$ 0,90
Petrolizada					
Servicio	\$	\$ 20.000,00			
Frecuencia de servicio	Km	5000,00			
Costo			\$ 4,00	\$ 1.345,78	\$ 0,36
Lavado Motor					
Servicio	\$	\$ 15.000,00			
Frecuencia de servicio	Km	5000,00			
Costo			\$ 3,00	\$ 1.009,33	\$ 0,27
Engrase					
Servicio	\$	\$ 7.000,00			
Frecuencia de servicio	Km	5000,00			
Costo			\$ 1,40	\$ 471,02	\$ 0,13
Lavado parcial o Aseo					
Servicio	\$	\$ 16.000,00			
Frecuencia de servicio	Km	5000,00			
Costo			\$ 3,20	\$ 1.076,62	\$ 0,29
Total Servicios de estación			\$ 21,60	\$ 7.267,20	\$ 1,94

Fuente: Los Autores

Tabla 33. Costo Mantenimiento

1.6. Mantenimiento					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Mantenimiento General	\$	\$ 3.000.000,00			
Frecuencia de cambio	Km	12000,00			
Total Mantenimiento			\$ 250,00	\$ 84.111,11	\$ 22,42

Fuente: Los Autores

7.4.4. Costos Fijos

En la Tabla 34 se relaciona los gastos de garaje, estos pueden llegar a variar, dependiendo de la zona en el que sea requerido y el servicio que sea prestado en el mismo.

Tabla 34. Costo Garaje

2.1. Garaje					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Canon	\$/Mes	\$ 72.000,00			
Kilometros	Mes	4500,00			
Total Garaje			\$ 16,00	\$ 5.383,11	\$ 1,44

Fuente: Los Autores

En la Tabla 35 se presentan las cifras de impuestos con el transporte a desempeñar, cuyo valor es anual y es un porcentaje del valor comercial del vehículo y que como se mencionó, considera un Microbus de transporte urbano.

Tabla 35. Costo Impuestos

2.2. Impuestos					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Impuesto					
Impuesto vehicular	\$/mes	\$ 24.000,00			
Total Impuestos			\$ 71,33	\$ 24.000,00	\$ 6,40

Fuente: Los Autores

En la Tabla 36 se muestra la necesidad de cubrir los gastos del monitoreo y seguimiento que se debe hacer a el vehículo para su rendimiento, este precio está sujeto a las condiciones en las que se den los costos administrativos.

Tabla 36. Gastos de administración y rodamiento

2.3. Gastos de administración y rodamiento					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Administración	\$/mes	\$ 31.000,00			
Total Administración			\$ 92,14	\$ 31.000,00	\$ 8,26

Fuente: Los Autores

En la Tabla 37 se presentan los costos, estos se deben tener en cuenta ya que los riesgos son inherentes al sector, se incluyen los costos de las primas de aseguramiento de carácter obligatorio (SOAT y aseguramiento contractual) y de tipo extracontractual que deberían ser objeto de contratación.

Tabla 37. Costo Seguros y tipos de coberturas

2.4. Seguros					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
Seguro obligatorio accidente de tránsito (SOAT)	\$/mes	\$ 58.658,33			
Seguro responsabilidad civil (Extracontractual)	\$/mes	\$ 83.333,33			
Seguro de pasajeros (Contractual)	\$/mes	\$ 14.666,67			
Total Seguros			\$ 465,63	\$ 156.658,33	\$ 41,76

Fuente: Los Autores

7.4.5. Costos De Capital

Se incluye, así mismo, en la Tabla 38 la relación de los costos de capital propios de la inversión. El valor base es el de un vehículo modelo 2014 tipo Urbano, que es el más utilizado. Se presentan así mismo los costos financieros y de rendimiento del capital o costos de oportunidad, que capítulo aparte, son considerados en la Resolución 4350 de 1998 con un tasa significativa alta (tasa de colocación del sistema financiero), posiblemente cubriendo al inversionista por los altos riesgos de la actividad. Este ítem es otro de los que ha venido reduciendo su participación por las mismas razones que se expresaron para las llantas: una tasa de cambio favorable, un mercado automotriz competitivo, una menor necesidad de mantenimiento y reparaciones.

Tabla 38. Costo de Capital

3.1. Rentabilidad					
ITEM	Unidad	Valor	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
(Va) Valor comercial del vehículo para el año de estudio	\$	\$ 80.000.000,00			
(n) Vida útil del vehículo	Años	20,00			
(Vs) Valor de salvamento 30% de Va	\$	\$ 24.000.000,00			
(r) Tasa de interés real $((1 + k) / (1 + f)) - 1$	%	7,82%			
(k) Tasa promedio anual de colocación	%	12,03%			
(f) Tasa promedio anual de inflación	%	3,90%			
Costo de capital (CK)		\$ 7.507.535,85	\$ 22.314,34	\$ 7.507.535,85	\$ 2.001,42
3.1. Rentabilidad		\$ 4.381.905,68	\$ 13.024,16	\$ 4.381.905,68	\$ 1.168,16
3.2. Recuperación de capital		\$ 3.125.630,17	\$ 9.290,18	\$ 3.125.630,17	\$ 833,25
Total Costo de Capital		\$ 7.507.535,85	\$ 22.314,34	\$ 7.507.535,85	\$ 2.001,42

Fuente: Los Autores

7.4.6. Estructura de Costos del Pasaje

Con estos costos y los parámetros metodológicos relacionados en la resolución correspondiente, se procede a la determinación de la estructura de costos, al cálculo de los indicadores de costo por kilómetro (Costo/Km), de costo por mes (Costo/Mes) y de costo por pasajero (Costo/Pasajero) y por supuesto, del ingreso normal requerido por cada uno de los pasajeros (Ver Tabla 39).

Este cálculo, como se mencionó previamente obedece a los parámetros observados en campo a partir de la muestra de encuestas aplicadas y en su caso, se ha calculado cubrimiento por lo menos los cargos y pagos o gastos exigidos por la normatividad, independientemente de las formas de contratación o de los valores relacionados, como ocurre en la remuneración salarial.

Tabla 39. Estructura de Costos

MICROBUS MARCOPOLO IDALE URBANO - MODELO 2014, COMBUSTIBLE DIESEL			
PARAMETROS DE OPERACIÓN			
Pasajeros al mes	33760,00	Recorridos al día	9,00
Kilómetros al mes	3028,00	Kilómetros al día	151,40
Días al mes	20,00	Pasajeros al día	1688,00
Longitud de ruta promedio (Km)	16,82		
ESTRUCTURA DE COSTOS			
1. COSTOS VARIABLES	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
1.1. Combustible	\$ 199,33	\$ 67.061,79	\$ 17,88
1.2. Lubricantes	\$ 15,92	\$ 5.355,07	\$ 1,43
1.3. Llantas	\$ 934,08	\$ 314.266,03	\$ 83,78
1.4. Salarios y prestaciones	\$ 1.453,43	\$ 489.000,00	\$ 130,36
1.5. Servicios de estación	\$ 21,60	\$ 7.267,20	\$ 1,94
1.6. Mantenimiento	\$ 250,00	\$ 84.111,11	\$ 22,42
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	\$ 2.874,36	\$ 967.061,20	\$ 257,81
2. COSTOS FIJOS	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
2.1. Garaje	\$ 16,00	\$ 5.383,11	\$ 1,44
2.2. Impuestos	\$ 71,33	\$ 24.000,00	\$ 6,40
2.3. Gastos de administración y rodamiento	\$ 92,14	\$ 31.000,00	\$ 8,26
2.4. Seguros	\$ 465,63	\$ 156.658,33	\$ 41,76
TOTAL DE COSTOS FIJOS	\$ 645,10	\$ 217.041,44	\$ 57,86
TOTAL DE COSTOS VARIABLES Y FIJOS	\$ 3.519,46	\$ 1.184.102,65	\$ 315,67
3. COSTOS DE CAPITAL	Costo/Km	Costo/Mes	Costo/Pasajero
3.1. Rentabilidad	\$ 13.024,16	\$ 4.381.905,68	\$ 1.168,16
3.2. Recuperación de capital	\$ 9.290,18	\$ 3.125.630,17	\$ 833,25
TOTAL DE COSTOS DE CAPITAL	\$ 22.314,34	\$ 7.507.535,85	\$ 2.001,42
TOTAL DE COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 25.833,80	\$ 8.691.638,49	\$ 2.317,08
COSTOS POR KILOMETRO			\$ 25.833,80
INGRESO NORMAL REQUERIDO (TARIFA PASAJE POR USUARIO)			\$ 2.317,08

Fuente: Los Autores

8. CONCLUSIONES

A partir de la encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, se logró determinar la siguiente caracterización:

La facultad de Ingeniería Civil en la jornada nocturna se encuentra ocupada por 1730 estudiantes de los cuales los hombres son mayoría con un 67% y mujeres con el restante 33%. Se identificó que el 75% presentan alguna actividad laboral, esta cifra es de esperarse ya que el horario de actividades académicas permite al estudiante emplearse. En cuanto al estrato socioeconómico de la vivienda donde reside el estudiante se estableció que el 57.2% es estrato 3, seguido de estrato 2 con un 30.3%. El modo de transporte predominante de uso de los estudiantes para desplazarse hacia sus viviendas, es el sistema masivo Transmilenio el cual el 52.5% de los estudiantes lo usan ya que se identificó que optimizar el tiempo es el factor a priorizar al momento de decidir el tipo de transporte a usar. El 97%, es decir, 1682 estudiantes estarían dispuestos a usar un plan de rutas de transporte como sistema alternativo para llegar a sus hogares en caso que la universidad realizara una futura implementación.

Kennedy es la localidad con mayor demanda habitacional por parte de los estudiantes, allí reside el 15% de la población estudiantil, le sigue Engativá con el 12.5%, Suba con el 10.3%, San Cristóbal con 7.2%, Fontibón 6.7% y Bosa con un 6.1%, una fracción importante de estudiantes reside fuera del perímetro urbano de Bogotá D.C., donde se destaca Soacha con un 4,4% del total de la población, seguido de Facatativá con 1.1% y Madrid con el 0.6%. Se observa que estas zonas demandadas, geográficamente se encuentran localizadas en el costado occidental de la ciudad de Bogotá D.C. (suroriental y nororiental).

Se han diseñado 9 rutas que cumplen la demanda del 94.2%, es decir, 1630 estudiantes de los 1730 serían usuarios del presente plan de rutas. El restante 5.8% se descartaron como usuarios puesto que residen en los perímetros de la zona donde se ubica la facultad por consiguiente se desplazan caminando y otra minoría por su localización particular y baja demanda no se cubrió.

La ruta más corta en distancia recorrida es la UGC-106 con 13,1 Km y tiene como último destino el barrio Villas de Dorado en la Localidad de Engativá, con un tiempo esperado de viaje de 31min, así mismo, dicha ruta es la de menor demanda ya que sería usada por el 5.84% de los estudiantes.

Las dos rutas más largas en distancia recorrida son la UGC-107 con 20,3 Km y tiene como último destino el barrio Comuneros en la Localidad de Usme, con un

tiempo esperado de viaje de 48min, esta ruta resultaría la cuarta (4) más demandada puesto que sería usada por el 6.30% de los estudiantes. La segunda ruta es la UGC-103 con 18,8 Km y tiene como último destino el barrio La Mercedes en la Localidad de Suba, con un tiempo esperado de viaje de 45min, esta ruta resultaría la segunda (2) más demandada puesto que sería usada por el 15.9% de los estudiantes.

La ruta con mayor demanda según el estudio es la UGC-101, ya que sería usada por el 21.4% de los estudiantes, su destino será el barrio Las Atalayas en la Localidad de Bosa y atendería demandas de sectores de Kennedy, localidad identificada con la mayor demanda de los estudiantes, dicha ruta tiene una extensión de 17,6 Km y tiempo esperado de viaje de 42 min.

Al comparar la tarifa del pasaje estimada de \$2.317 con el costo tarifario del transporte público vigente, en los precios se ve un incremento representativo del 27% más altos que los costos del sistema de transporte mayormente demandado por los estudiantes (tomando como referencia la tarifa de \$1.800, correspondiente al sistema de transporte masivo Transmilenio), con las consecuencias e impactos que esto conlleva, las circunstancias de sostenibilidad de un servicio necesario y fundamental en la zona de estudio. Lo anterior, considerando la presencia creciente de alternativas como las motocicletas o el vehículo particular.

Ahora bien, de acuerdo con los resultados obtenidos y como era de esperarse, la rentabilidad es el ítem que más pesa en la estructura de costos (50,42%), seguido de la recuperación del capital (35,96%), por el salario y prestaciones sociales (5,63%), y por el costo de las llantas y otros servicios (3,62%), los costos que se reflejan en el estudio son básicos en una propuesta de optimización a que se hará referente posteriormente y tendrá un gran aceptación entre los estudiantes.

9. RECOMENDACIONES

Al hacer un diseño de rutas en este tipo de software, y garantizar óptimos resultados es clave hacer una buena zonificación, es recomendable no limitarse a la cantidad de dichas zonas, se recomienda que una zona abarque la dispersión uniforme de un área no dejando vacíos que puedan desplazar el centroide de la zona respecto al centro de puntos de demanda.

Un software de modelación de rutas como el empleado en la presente investigación resulta ser una herramienta muy útil ya que estos sistemas vienen configurados y alimentados con múltiples bases de datos y demás información necesaria para un correcto trazado, pero es importante verificar dichos resultados ya que la información de redes viales de una ciudad como lo es Bogotá D.C., está en cambio constante, cambios de sentido de flujo, nuevas vías, uso del suelo etc., es por eso que si no se trabaja con bases de datos actualizadas se puede incurrir a errores operacionales que de no ser detectados en la planeación de un sistema de transporte hacen de la ruta un fracaso.

Todas las asignaciones de transporte público o privado deber ser probadas y calibradas antes de su uso en modelación. Para la prueba, se debe demostrar que el sistema está funcionando correctamente en cuanto a la conectividad de las zonas y a la obtención de rutas razonables entre un número significativo de pares origen destino. La mejor forma de hacerlo es confrontando los resultados del modelo con la información proveniente de conteos de ascenso - descenso y de nuevas encuestas, haciendo los ajustes necesarios a los ponderadores de los distintos componentes de la función de costo generalizado y en ocasiones ajustando también el valor subjetivo del tiempo.

Para una futura implementación, se recomienda hacer un estudio de parqueo de los buses que demandarán las rutas, como bien se anotó en los itinerarios, se estableció que podría ser el sector de cuatro parques, al respaldo de la facultad, pero es necesario establecer que impacto podría generarse en la movilidad del sector el uso de este espacio o el que se identifique como apropiado, adicionalmente, se deberá determinar el sitio de ascenso y descenso de los estudiantes con la finalidad de no generar algún bloqueo al flujo normal del tránsito.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos, Localidad No. 2 Chapinero. Secretaria Distrital de Planeación. 2011. [En Línea] <http://www.sdp.gov.co/portal/>

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guide for the planning, design, and operation of Pedestrian Facilities. Washington, D.C., 2004.

ARDILA, Gómez Arturo. LA PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE: UNA NUEVA PROPUESTA CON ÉNFASIS EN LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO, 1994: 53, Coraggio, 2004.

BARCO, Londoño, Giovany y HOYOS García, Edgar Adolfo. Diagnóstico y análisis de la situación actual del transporte para los estudiantes de la Universidad Nacional Sede Manizales Campus La Nubia. Tesis de Grado. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. 2001.

CAL Y MAYOR, Rafael. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Volumen I y II, Planeación del transporte urbano. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. D.C., Secretaria de Transporte. Octubre de 2005

CAL Y MAYOR, Rafael. CARDENAS, James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. 7ª edición, Editorial Alfa omega, México D.F, 1994.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. (NTC 1486).

LANE, Roberth. POWELL, Timothy. PRESTWOOD, Paul. Planificación analítica del Transporte. Colección nuevo urbanismo. Instituto de estudios de la Administración Local. Madrid 1973.

MORENO, Palacio Diana. El problema de movilidad en campus universitarios. Caso aplicado: universidad de Antioquia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad Nacional de Minas, Escuela de Ingeniería Civil. 2006. 58p.

ROESS, Roger P.; Prassas, Elena S. and Mcshane, William R. Traffic Engineering. Third edition, Pearson Prentice hall, New Jersey, 2004.

10. ANEXOS

10.1. ANEXO A – MODELO ENCUESTA ORIGEN - DESTINO

10.2. ANEXO B – PLANOS

PL-VITRA-UGC-2015-2-101	PLANO ZONIFICACION Y DEMANDAS
PL-VITRA-UGC-2015-2-102	PLANO DE RUTAS