



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO
DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA**

18.

PRESENTADO POR:

DAVID ALEJANDRO RAMÍREZ CAJIGAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

SANTIAGO DE CALI

FEBRERO DE 2018



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO
DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA**

18.

PRESENTADO POR:

DAVID ALEJANDRO RAMÍREZ CAJIGAS

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

DIRECTORA

MARIA FERNANDA GARCIA ALADIN

INGENIERA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIA

SANTIAGO DE CALI

FEBRERO DE 201



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Facultad de Ingeniería
Secretaría de la Facultad

Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería Civil

Fecha: febrero 21-2018

Autores: David Alejandro Ramirez Cajigas

Nombre del Proyecto de Grado: Diseño de la distribución espacial de las rutas del sistema MIO de acuerdo con la calidad del servicio percibido en la Comuna 18

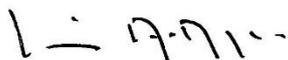
Director: María Fernanda García Aladín

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero Civil.



Dr. Jaime Aguilar Zambrano
Decano de la Facultad de Ingeniería



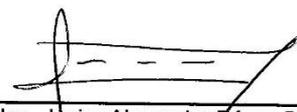
Dr. Iván Fernando Otálvaro Calle
Director Carrera Ingeniería Civil



Ing. Maria Fernanda García Aladín
Director(a) Trabajo de Grado



Ing. Luis Fernando Macea Mercado
Jurado 1



Ing. Javier Alexander Pérez Caicedo
Jurado 2

Santiago de Cali, 12 febrero de 2018

Doctor
Iván Fernando Otálvaro
Director de Carrera de Ingeniería civil.
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI

Cordial Saludo,

La presente es para comunicarle que como directora de Trabajo de Grado del estudiante DAVID ALEJANDRO RAMIREZ CAJIGAS con código EMPLID 0200379, puedo confirmar que el proyecto "DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA 18." ha sido culminado y se encuentra listo para ser sustentado.

Atentamente,



MARIA FERNANDA GARCIA ALADIN
Directora de Trabajo de grado.

Santiago de Cali, 12 febrero de 2018

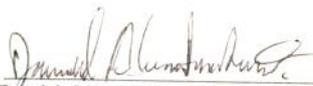
Doctor
Iván Fernando Otálvaro
Director de Carrera de Ingeniería civil.
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI

Cordial Saludo.

Mediante esta carta me permito presentar la corrección del Trabajo de Grado titulado "DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA 18." el cual se ha culminado exitosamente y está listo para ser sustentado.

Esto con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para optar por el título de Ingeniero civil

Atentamente.



David Alejandro Ramirez Cajigas
C.C. 1.144.073.340 de Cali
Código EMPLID: 0200379



ACTA

TIPO DE ACTA: Reunión
LUGAR: Oficina MetroCali
FECHA: noviembre 23 de 2017
HORA: 9:00 AM

ASISTENTES	CARGO
1. Luis Felipe García	Director de Operaciones de MetroCali
2. María Fernanda García	Profesora Pontificia Universidad Javeriana Cali
3. David Alejandro Ramírez	Alumno Pontificia Universidad Javeriana Cali

ORDEN DEL DÍA

1. Presentación del tema de investigación del alumno David A Ramírez C, titulado DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA 18.
2. Identificar la información de la Operación de MIO en la comuna 18 que se requiere para el desarrollo del Trabajo de Grado
3. Discusión de la investigación con los expertos

DESARROLLO DE LA REUNION

1. Se realizará un análisis del transporte público en la Comuna 18 con los indicadores topológicos de accesibilidad, los cuales se aplicarán a las rutas internas. Esta investigación está motivada en el hecho de que actualmente la comuna presenta una distribución de paradas muy inferiores a los 300 m y, en general, largos tiempos de viaje. Los usuarios manifiestan complacencia ante el servicio puerta a puerta, pero a su vez el tiempo de viaje es una fuente del descontento de los usuarios con respecto al servicio. Se propone que las paradas de los buses en todo sistema de transporte público deben planificarse dentro de una distancia adecuada (máximo 300 metros de caminata hasta la estación por parte del usuario) entre una y otra que evite lentitud en el desplazamiento de los vehículos, por lo cual el presente trabajo plantea reubicar los paraderos a una distancia típica de 300 m y además con un radio de cubrimiento de sitios de atracción o concentración de los ciudadanos, que les evite largos y fatigosos desplazamientos entre las paradas y el lugar de destino, pero disminuya el tiempo de viaje, entre otros factores.
2. Debido a la necesidad de realizar la investigación basada en datos reales, que den validez a las conclusiones del trabajo, se realiza la siguiente solicitud de información a Metrocali:
 - a. PSO-171107 V3_Rev.xls SIG MIO PSO 171107.kmz, PARADAS.shp y RUTAS.shp, este conjunto de información es la base de datos de todo el sistema de transporte masivo MIO a noviembre de 2017.
 - b. La información indicada será procesada solo con fines académicos y seguirá siendo tratada en este mismo contexto.



ACTA

DECISIONES TOMADAS

1. Se le brindo al estudiante de la Pontificia Universidad Javerina Cali, David Alejandro Ramirez Cajigas, los datos correspondientes a las rutas, paraderos y estación existentes a noviembre de 2017, en la comuna 18.

	Compromisos	Responsable	Fecha Programada	Fecha Ejecutada
1.	Realizar la investigación con datos reales suministrados por MetroCali	David Alejandro Ramirez C	Enero 2018	Enero 2018
2.	MetroCali se comprometió a facilitar la base de datos para ruta y paraderos, de la comuna 2018 a noviembre de 2017	Luis Felipe García A	23 de noviembre de 2017	23 noviembre de 2017

Luis Felipe García

Director de Operaciones MetroCali

David Alejandro Ramirez
María Fernanda García

Alumno Pontificia Universidad Javeriana Cali

Profesora Pontificia Universidad
Javeriana Cali

Anexos:

Proyecto/ Elaboro:

Original: (serie: subserie:).

Copia:

Tabla de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Definición del problema de investigación	4
1.2	Objetivos.....	8
1.2.1	Objetivo general	8
1.2.2	Objetivos específicos.....	8
2	ESTADO DEL ARTE.....	9
2.1	Antecedentes.....	9
2.2	Santiago de Cali.....	15
2.2.1	Ubicación	19
2.2.2	Aspectos poblacionales y sociales.....	19
2.3	Análisis de accesibilidad y medidas topológicas de accesibilidad	20
2.3.1	Índice de Shimbel (IS):	21
2.3.2	Factor de ruta (<i>Frij</i>)	21
2.3.3	Indicador absoluto de tiempo global (<i>TGij</i>)	22
2.3.4	Índice de trazado – velocidad (<i>itvij</i>).....	23
2.3.5	Trazado de Ruta	23
3	METODOLOGÍA	24
3.1	Identificación de la comuna.....	25
3.2	Análisis de los datos obtenidos.....	26
3.3	Análisis de accesibilidad de paraderos y rutas en la comuna 18.....	26

3.4	Propuesta de distribución de rutas y paraderos.	26
4	APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	28
4.1	Procesamiento de la muestra piloto y de las encuestas ¿Cali cómo vamos? y Gran encuesta de movilidad 2015	28
4.2	Descripción muestra piloto.....	28
4.3	Actividades diarias de los ciudadanos	31
4.3.1	Distribución de los motivos de viaje	31
4.3.2	Edad y género de los usuarios del sistema de transporte MIO.....	31
4.3.3	Actividades no desarrolladas por causa del transporte público.....	32
4.3.4	Dinero a gastar en transporte diario	33
4.3.5	Disposición a pagar una mayor tarifa con tal de mejorar el transporte.....	34
4.3.6	Preferencia entre transporte público y privado	34
4.3.7	Número de vehículos disponibles para la familia	34
4.3.8	Disposición de las personas a pagar taxi.....	34
4.3.9	Nivel de ingreso familiar.....	35
4.3.10	Criterio de la gente sobre el sistema de transporte público que mejoraría la movilidad.....	35
4.3.11	Cubrimiento horario del transporte público en Cali.....	36
4.3.12	Observaciones generales del Capítulo de resultados.....	36
4.4	Características de la ubicación de los paraderos que afectan la percepción de costo y el tiempo real de viaje de los usuarios.....	37
4.4.1	Frecuencia de transbordos para llegar a destino.....	38
4.4.2	Rutas directas origen destino.....	38

4.4.3	Eficiencia en el trazado de las rutas	38
4.4.4	Comodidad de los vehículos en paralelo a sus condiciones de funcionalidad ...	39
4.4.5	Correlación costo beneficio y disposición a pagar más por un mejor servicio ..	39
4.4.6	Modos de transporte alternativos al MIO.....	39
4.4.7	Razones por la cuales no se usa el MIO.....	40
4.4.8	Percepción de cercanía de la parada del bus a la casa o lugar de destino	41
4.4.9	Percepción del tiempo de viaje.....	41
4.4.10	Percepción de frecuencia de paradas.....	42
4.4.11	Percepción de hacinamiento dentro de los buses	42
4.4.12	Conducción de los buses	43
4.4.13	Percepción de seguridad al emplear el sistema MIO	43
4.4.14	Percepción del tiempo de espera en el lugar de parada del bus	43
4.4.15	Categorización del tiempo de espera.....	44
4.4.16	Esperar otro bus ante imposibilidad de subirse por sobre cupo	45
4.4.17	Número de rutas MIO disponibles para llegar al destino.....	46
4.4.18	Calificación al sistema MIO como servicio público de transporte	47
4.4.19	Percepción del costo del transporte con respecto al estrato socioeconómico	48
5	ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD DE LAS RUTAS DEL MIO EXISTENTES EN LA COMUNA 18.....	50
5.1	Ruta A12C	52
5.1.1	Matriz de Shimbel	54
5.1.2	Matriz de distancia km en ruta A12C.....	55

5.1.3	Matriz de distancia km en línea recta A12C	56
5.1.4	Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12C	57
5.1.5	Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12C	58
5.1.6	Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12C.....	59
5.1.7	Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12C.....	59
5.1.8	Tabla de resultados globales	60
5.2	Ruta A12A.....	65
5.3	Ruta A12B	68
5.4	Ruta A12D.....	71
5.5	Ruta A78A.....	75
6	DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PARADEROS CLAVES PARA MEJORAR EL SERVICIO DE MIO, EN LA COMUNA 18	78
6.1	Propuesta de distribución espacial de paradas dentro de la comuna 18	78
6.2	Propuesta rutas 1.....	80
6.2.1	Ruta A propuesta 1	81
6.2.2	Ruta B propuesta 1	85
6.2.3	Ruta C propuesta 1	89
6.3	Propuesta Rutas 2	94
6.3.1	Ruta A propuesta 2.....	95
6.3.2	Ruta B propuesta 2	100
6.3.3	Ruta C propuesta 2	105
6.3.4	Tiempo de recorrido máximo para cada ruta, tomando en cuenta la propiedad unidad de las rutas de ambos sentidos.....	110

7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
8	REFERENCIAS.....	114

Índice Tablas

Tabla 1	Rutas de buses hacia 1970-1980	17
Tabla 2	Barrios en la comuna/sectores 18.....	19
Tabla 3	Demanda estación Meléndez promedio por días en la semana.....	28
Tabla 4	Ruta de Mio disponibles para el destino	46
Figura 13	A5 ingreso familiar vs dinero que gasta al día en transporte -, B-Ingreso familiar Fuente elaboración propia, C- Correlación entre ingreso familiar y dinero que gasta en transporte al día.	49
Tabla 6	Matriz de Shimbel Ruta A12C.....	54
Tabla 7	Matriz de distancia km en ruta A12C	56
Tabla 8	Matriz de distancia km en línea recta A12C	57
Tabla 9	Coordenadas de los nodos ruta A12C	57
Tabla 10	Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12C.....	58
Tabla 11	Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12C.....	58
Tabla 12	Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12C.....	59
Tabla 13	Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12C.....	60
Tabla 14	Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	63
Tabla 15	Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i A12A.....	68

Tabla 16 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	71
Tabla 17 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i A12D.....	74
Tabla 18 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	77
Tabla 19 Matriz de Shimbeld Ruta A.....	81
Tabla 20 Matriz de distancia km en ruta A	82
Tabla 21 Matriz de distancia km en línea recta A.....	82
Tabla 22 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A.....	82
Tabla 23 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A	83
Tabla 24 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A	83
Tabla 25 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A	84
Tabla 26 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	85
Tabla 27 Matriz de Shimbeld Ruta B.....	86
Tabla 28 Matriz de distancia km en ruta B	86
Tabla 29 Matriz de distancia km en línea recta B	86
Tabla 30 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B	87
Tabla 31 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B.....	87
Tabla 32 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B	88
Tabla 33 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B	88

Tabla 34 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	89
Tabla 35 Matriz de Shimbela Ruta C.....	90
Tabla 36 Matriz de distancia km en ruta C	90
Tabla 37 Matriz de distancia km en línea ruta C.....	91
Tabla 38 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C.....	91
Tabla 39 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C.....	91
Tabla 40 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C	92
Tabla 41 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C	92
Tabla 42 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	94
Tabla 43 Matriz de Shimbela Ruta A propuesta 2	95
Tabla 44 Matriz de distancia km en ruta A propuesta 2.....	96
Tabla 45 Matriz de distancia km en línea recta A propuesta 2	96
Tabla 46 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A propuesta 2	97
Tabla 47 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A propuesta 2.....	97
Tabla 48 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A propuesta 2.....	98
Tabla 49 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A propuesta 2.....	99
Tabla 50 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2.....	100
Tabla 51 Matriz de Shimbela Ruta B propuesta 2	101
Tabla 52 Matriz de distancia km en ruta B propuesta 2.....	101
Tabla 53 Matriz de distancia km en línea recta B propuesta 2	102

Tabla 54 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B propuesta 2	102
Tabla 55 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B propuesta 2	103
Tabla 56 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B propuesta 2	103
Tabla 57 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B propuesta 2.....	104
Tabla 58 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2.....	105
Tabla 59 Matriz de Shimbela Ruta C propuesta 2	106
Tabla 60 Matriz de distancia km en ruta C propuesta 2.....	106
Tabla 61 Matriz de distancia km en línea ruta C propuesta 2	107
Tabla 62 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C propuesta 2	107
Tabla 63 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C propuesta 2.....	108
Tabla 64 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C propuesta 2.....	109
Tabla 65 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C propuesta 2.....	109
Tabla 66 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i	110
Tabla 67 Tiempo de recorrido máximo para cada ruta, tomando en cuenta la propiedad unidad de las rutas de ambos sentidos.....	111

Índice Figura

Figura 1 Que tan satisfecho está el usuario del MIO Fuente: Ipsos. Napoleón Franco. Cali cómo vamos, informe año 2017.....	6
Figura 2 A-Distribución de los estratos en la comuna 18, B-Población en el SISBEN 18 Figura 2 población en el SISBEN Fuente: (Municipal) Población con SISBEN en la comuna.....	20
Figura 3 Distribución porcentual por estrato de los viajes por motivo en el área de estudio Fuente: Gleave, 2015.....	31
Figura 4 Edad de los usuarios del sistema de transporte MIO Fuente: Elaboración propia	32
Figura 5 Distribución porcentual actividades no realizadas Fuente: elaboración propia.....	33
Figura 6 A-Cuanto dinero está dispuesto a gastar en transporte al día?, B- ¿Cuanto dinero puede gastar en transporte al día Fuente?	33
Figura 7 A-Ingreso en pesos Fuente, B- Soluciones planteadas por la población encuestada.	35
Figura 8 Perfil horario de los viajes con motivo trabajo Fuente: Gleave, 2015.....	36
Figura 9 Numero de trasbordos Elaboración propia	38
Figura 10 A-Partición modal de los viajes no realizados en MIO por motivo: “La zona en la que se encuentra/dirige no tiene cobertura, B- Razones principales de no uso del MIO en todo Cali Fuente: Gleave, 2015.....	40
Figura 11 A-Tiempo de espera en la estación, B- Tiempo de espera con respecto a la percepción, C- Calificación al sistema MIO.....	45
Figura 12 ¿Tiene el usuario que esperar a que pase más de una unidad por que la anterior ha pasado llena? Elaboración propia.....	46
Figura 13 A5 ingreso familiar vs dinero que gasta al día en transporte -, B-Ingreso familiar Fuente elaboración propia, C- Correlación entre ingreso familiar y dinero que gasta en transporte al día.	49
Figura 14 Esta figura muestra la sumatoria de Shimbel para cada nodo	61
Figura 15 Esta figura muestra la sumatoria del factor de ruta integral para cada nodo	61

Figura 16 Esta figura muestra la sumatoria de tiempo global para cada nodo.....	63
---	----

Índice de Imágenes

imagen 1 División comunal en Santiago de Cali Fuente: (Cali; Municipal)	19
Imagen 2 Simulación estadística Fuente: elaboración propia utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23	30
Imagen 3 Encuesta.	30
imagen 4 A- Resumen rutas comuna (Anexo A-101) 18 ,B-Rutas sometidas a estudio comuna 18 resaltadas en azul Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por Metrocali usando el programa ArcGis pro	51
imagen 5 Mapa de la encuesta piloto con origen (azul) y destino (rojo) de los encuestados. Fuente Elaboración propia realizado en ://www.google.com/maps	52
imagen 6 Ruta A12C	53
imagen 7-A Conteo de estaciones para la matriz de Shimbel, en línea roja la distancia en línea recta Imagen 7-B Distancia en ruta.....	55
imagen 8 Ruta A12A Fuente: elaboración propia a partir de base de datos Metrocali.....	67
imagen 9 Ruta A12B	71
imagen 10 Ruta A12D.....	74
imagen 11 Ruta A78A.....	77
imagen 12 Sector las minas Fuente: fotografías de google maps	78
imagen 13 A-Rutas actuales, B-Propuesta ruta 1, C- La ruta D actual que no se va a modificar	80
imagen 14 Ruta A.....	81

imagen 15 Ruta B.....	85
imagen 16 Ruta C Fuente: elaboración propia.....	89
imagen 17 Ruta A Fuente: elaboración propia.....	95
imagen 18 Ruta B Fuente: elaboración propia.....	100
imagen 19 Ruta C Fuente: elaboración propia.....	105

RESUMEN

Con el objeto de proponer un ajuste de la distribución espacial de las rutas del sistema MIO en la comuna 18 de Cali, para mejorar la percepción del servicio por parte de los usuarios. Se realizó el presente trabajo de grado el cual tuvo como soporte de análisis la gran encuesta de movilidad 2015, base del estudio que permite emitir el informe ¿Cali cómo vamos?, adicionalmente se aplicó una prueba piloto, procesada utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23, la cual se centró solo en la comuna 18, a efecto de conocer en particular la percepción del servicio de transporte MIO en el sector. Lo cual unido a un acervo informativo amplio y profundo, sustentado en información primaria suministrada por MetroCali, como entidad administradora del sistema de transporte MIO, y la información secundaria pertinente, permitió alcanzar el objetivo indicado a lo cual se sumó la evaluación técnica con medidas topológicas de accesibilidad de las rutas existentes y las propuestas. Basado en esto se concluyó que se debe organizar las rutas y paraderos dentro de la comuna 18 de Cali, cuidando que los usuarios encuentren un paradero del bus MIO en un radio máximo de 300 metros, y que entre paraderos la distancia permita al conductor del bus alcanzar una mayor velocidad en sus desplazamientos, lo que en conjunto permite reducir el tiempo de viaje al usuario, conllevando esto a que su percepción de servicio brindado por el sistema de transporte pueda ser mejor. En este trabajo se mejoran los tiempos de recorrido en ruta sin alterar los tiempos de espera en los paraderos y garantizando una buena accesibilidad.

1 INTRODUCCIÓN

La pretensión de investigar el transporte público de la ciudad de Santiago de Cali y el efecto sobre la población, parte de la premisa de que el transporte es una necesidad esencial de los ciudadanos, pues desplazarse al interior de una ciudad grande, por razones económicas o sociales es una operación diaria que debe suplirse con medios propios o públicos o con una combinación de ambos.

El transporte ha representado un desafío a través de la historia para el ser humano, quien en el mundo moderno no está solo para resolver tal desafío, pues en las sociedades organizadas actuales, representadas en cada ciudad o municipio, cuentan con el accionar del gobierno local, regional y nacional para encontrar solución permanente a la necesidad del transporte. Los gobiernos responsables saben de la importancia que tiene para sus ciudadanos el contar con servicios de transporte efectivos, eficientes y eficaces. Efectivos por ser rápidos; eficientes por funcionar bien, y eficaces, por estar bien fundamentados en su estructuración operativa. Estas características permiten que el transporte sea percibido como confiable por parte de los ciudadanos, quienes juzgan el desempeño del gobierno local con relación al desempeño del sistema de transporte público operante en la ciudad.

A pesar de ser foco de atención diario, los sistemas de transporte público urbano se encuentran en crisis continua en las grandes ciudades latinoamericanas, debido a problemas de cobertura geográfica del servicio, tiempo de frecuencia del paso de vehículos, costos del pasaje y otros factores, como disponibilidad de vías, dotación de mobiliario urbano de paradas, seguridad de usuarios del servicio y del sistema mismo. Aparecen además otros factores surgidos no solo del crecimiento del número de habitantes en cada ciudad, sino, y más importante aún, del aumento de las expectativas de la gente, en cuanto al uso de su libertad personal para desplazarse en la ciudad durante las 24 horas del día. Todo esto hace que el desafío sea mayor en los tiempos modernos y será mayor a medida que se incrementan las expectativas y ambiciones personales de cada individuo.

Colombia en general y Santiago de Cali en particular están en ese escenario. Cali tiene su sistema de transporte público, denominado MIO (Masivo Integrado de Occidente), sometido a esa fuerte presión del crecimiento de las expectativas de la gente, en el cual las personas exigen ser proveídos con un transporte público que reúna todos los requisitos de calidad, propios de ciudades administradas inteligentemente, tales como un servicio de amplia cobertura horaria,

cubrimiento de todas las zonas de la ciudad, bajo tiempo de espera, costo asequible, comodidad en condiciones de viaje (pasajeros sentados, aire acondicionado, internet, otros factores) y todas las demás condiciones propias de un mundo hecho para funcionar en la era digital.

No garantizar la movilidad de los ciudadanos reduce las posibilidades de que estos tengan desarrollo económico y mayor calidad de vida, pero también reduce la capacidad de generación de dinámica social y económica de la ciudad, como conglomerado social, lo cual implica reducir su capacidad de atraer turismo, inversión y oportunidades de acción económica para sus habitantes.

La desventaja limita el acceso a las actividades de la vida en sociedad, esto puede disminuir la calidad de vida, la felicidad de las personas, contribuir a la toma de decisiones no idóneas de las mismas y por supuesto contribuye a incrementar la exclusión social entre los miembros de la sociedad. (Lucas, 2011)

Esa problemática general de Cali puede verse de manera focalizada por sectores. Por ello el presente trabajo se centra en la comuna 18 de la ciudad, integrada por 20 barrios, algunos localizados en la zona de ladera, la cual naturalmente puede ser más difícil de atender en términos de servicio de transporte público.

Una gran parte del grupo social que vive en condiciones miserables, desventajosas y en pobreza se encuentra las zonas de ladera de ciudad, y aunque esto no es una regla, si se cumple en la comuna 18 en lugares como el sector las minas.

Un sistema de transporte masivo de pasajeros que no se planee pensando en mejorar la calidad de vida para las personas, con el tiempo puede generar una demostrable desventaja entre los usuarios de transporte público y privado; siendo este un problema aún mayor en el mundo libre, donde las personas son capaces de adquirir crédito para conseguir transporte privado, como se ha venido evidenciando en los usuarios del transporte MIO, quienes ahora optan por comprar moto o incluso automóvil (Steer Davis Gleave, 2015).

Es un error entonces planear los sistemas de transporte público de personas, pensando en restricciones económicas, al final las personas migraran hacia un sistema más cómodo, así eso suponga un esfuerzo económico.

Sistemas de transporte muy lentos generan estancamiento económico y personas más infelices. El ingeniero a cargo de obras públicas debe responder entonces a las necesidades de los

usuarios, en este caso lograr atraer más clientes al sistema que generen los ingresos necesarios para su operación.

Este Trabajo de Grado plantea una redistribución de las rutas y de los paraderos de la Comuna 18, basado en la Encuesta Origen Destino de la ciudad de México 2007 (Manuel, 2015). Se sabe que el 95% los usuarios de transporte privado realizan viajes a pie de máximo 5 minutos, mientras que el 72% de los usuarios de transporte público ocupan ese mismo tiempo en sus caminatas. Por otra parte, el 21% de los usuarios de transporte público caminan de 6 a 10 minutos, el 5% de 11 a 15 y el 2% restante caminan más tiempo. Un peatón promedio puede caminar a 4 Km/h por lo cual en 5 minutos recorre alrededor de 0.33 Km. Al tiempo de caminata debe adicionársele el tiempo de viaje en el modo de transporte motorizado como tal. En grandes ciudades es común que las distancias de caminata superen los 300 m debido a que las paradas del transporte masivo generalmente se ubican en los sitios de alta demanda de viajes (Manuel, 2015).

De acuerdo con el planteamiento anterior se realizó un análisis del transporte público en la Comuna 18 y se encontró que presenta rutas internas con distribución de paradas muy inferiores a los 300 m y, en general, largos tiempos de viaje. Los usuarios manifiestan complacencia ante el servicio puerta a puerta, pero a su vez el tiempo de viaje es una fuente del descontento, por lo cual el presente trabajo plantea ubicar los paraderos a una distancia típica de 300 m y además con un radio de cubrimiento de sitios de atracción de los ciudadanos, que les evite largos y fatigosos desplazamientos entre las paradas y el lugar de destino, pero disminuya el tiempo de viaje, entre otros factores.

El estudio se realizó a partir de las encuestas de Movilidad de 2015, la encuesta *¿Cali cómo Vamos?* Y una encuesta piloto realizada por el autor, bajo la modalidad de *elección por conveniencia* a usuarios del sistema que se encontraban dentro del área limítrofe de la comuna 18, contrastando y correlacionado esto con datos suministrados por Metrocali que es la entidad pública que controla el sistema de transporte masivo en la ciudad de Santiago de Cali.

Se espera que los resultados sirvan de referencia para que los agentes claves que toman decisiones relacionadas con el transporte en la ciudad de Cali, direccionen su gestión a la solución a los problemas de movilidad y en beneficio de la población.

1.1 Definición del problema de investigación

El transporte público urbano es un elemento dinamizador social y económico, por constituir un sistema integral capaz de dar soluciones a las necesidades de desplazamiento de las personas, lo cual les permite cumplir objetivos precisos, como laborar, estudiar, recrearse y en general atender todos los compromisos que demandan salir y regresar a casa.

Ahora bien, el problema surge, cuando el servicio de transporte público no supe la necesidad de transporte dentro de unas condiciones de eficiencia y oportunidad, que permitan a los usuarios sentirse satisfechos con el servicio. La percepción de la calidad del servicio público de transporte en Cali es negativa, a juzgar por las manifestaciones comunes de los usuarios, recogidas en estudios, tales como *¿Cali cómo vamos?*

Ese estudio dice “El Sistema de Transporte Masivo, MIO surgió con el propósito de reemplazar el sistema de Transporte Público Colectivo tradicional (TPC), articularse a otros sistemas de transporte, reducir emisiones contaminantes y desestimular el uso del transporte particular”, (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá), objetivos que según se plantea no se han cumplido plenamente, en razón al mal servicio, catalogado así partir de un factor crítico: la percepción del tiempo de viaje por parte de los usuarios del sistema.

Efectivamente, el estudio presentado en el año 2015, con datos al 2014, indica que entre los usuarios de alta movilidad, es decir, quienes deben transportarse por estudiar o trabajar, el 54% señala que el desplazamiento en el MIO le toma más tiempo, dato que creció 9 puntos entre 2013 y 2014. El 55% de los usuarios generales (sin alta movilidad), también percibe que le toma más tiempo el desplazamiento (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá, Agosto de 2015).

En Cali, en el 2014, los usuarios en general empleaban estos medios de transporte: MIO 37%; privado 30% (carro 10% y moto 20%); colectivo 17% (bus 10% y taxi 7%); humano 13% (a pie 6% y bicicleta 7%) e informal 3%. Los usuarios de alta movilidad empleaban: MIO 32%; privado 43% (carro 14% y moto 29%); colectivo 10% (bus 6% y taxi 4%); humano 13% (a pie 5% y bicicleta 8%) e informal 1% (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País,

Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá, Agosto de 2015).

La satisfacción con el servicio del MIO era del 24%, para el total de los ciudadanos y del 21%, para los usuarios de alta movilidad. En general, la satisfacción con los factores claves era: cercanía a las estaciones 22%, cobertura de rutas 18% y tiempo de viaje en los recorridos 16% (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá, Agosto de 2015).

La razón central de esa insatisfacción general pudo haber radicado en el hecho de que el sistema requería disponer de 911 buses, entre articulados, padrones y complementarios, pero solo conto con 903, de los cuales solo 690 estaban en circulación, representando esto un déficit de 221 buses (viene de 911 – 690), equivalente al 24 % (viene de 221/911), significando esto que el sistema carecía casi de una cuarta parte de la flota requerida para poder movilizar como efectivamente lo hizo 471.969 pasajeros/día, es decir, solo el 55.65% de la meta para 2014 de 848.000 (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá, Agosto de 2015).

No obstante, es claro, el déficit de buses en circulación puede explicar la insatisfacción *cobertura de rutas*, pero no *tiempo de viaje en los recorridos* y menos *cercanía a las estaciones*, entendida esta última como la proximidad de las estaciones o paraderos del MIO al lugar de origen y destino del usuario, epicentro este factor del presente trabajo.

La percepción de satisfacción con el MIO para los años 2016 y 2017 por parte de los usuarios, tuvo el comportamiento reflejado en la Tabla de la Figura 1.

Se destaca como los usuarios de alta movilidad o frecuentes en el 2106 y 2017 manifiestan respectivamente estos bajos niveles de satisfacción con los indicadores críticos: cercanía a las estaciones 38% y 42%, cobertura de rutas 26% y 29%; y tiempo de viaje en los recorridos 26% y 30%. (Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá, Agosto de 2015)

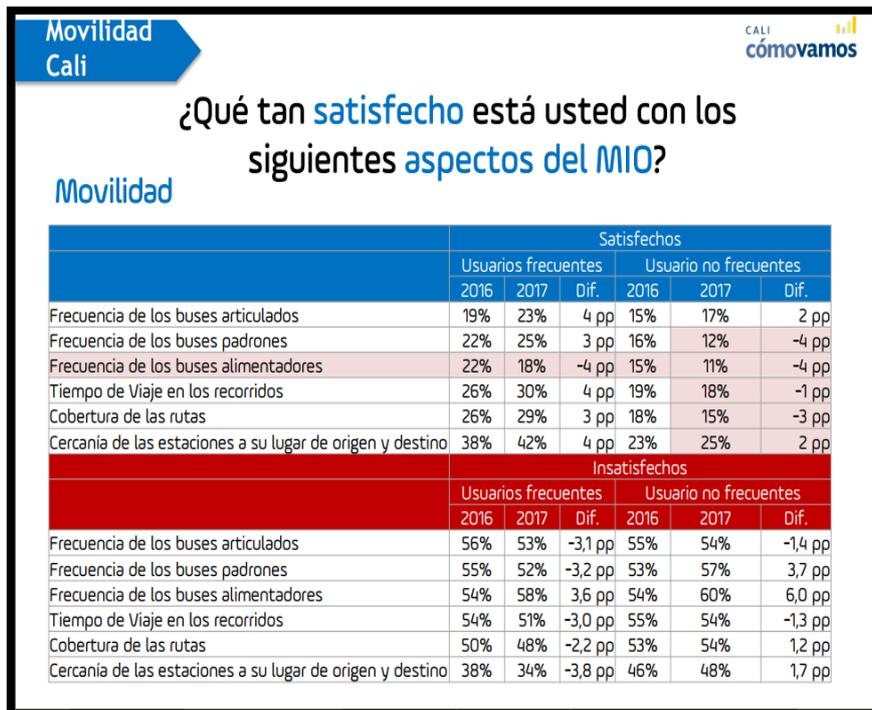


Figura 1 Que tan satisfecho está el usuario del MIO Fuente: Ipsos. Napoleón Franco. Cali cómo vamos, informe año 2017.

Esa insatisfacción multifactorial ha hecho que el objetivo del sistema MIO de “...articularse a otros sistemas de transporte, reducir emisiones contaminantes y desestimular el uso del transporte particular” no se esté cumpliendo, pues como reporta el estudio indicado, en 2012 el 49% de los usuarios de alta movilidad usaba el transporte público masivo o colectivo, sin incluir taxi, pero en 2015 solo lo usaba un 43%, cuando en el 2006 lo usaba el 59%, cifras estas con tendencia a crecer en los años subsiguientes, siendo esta quizá la mayor demostración estadística del no cumpliendo de los objetivos del sistema MIO.

Identificadas las fallas del servicio de transporte del MIO a nivel de toda la ciudad, gracias a la percepción de los usuarios reportadas en los estudios citados, el problema de investigación de este trabajo se delimita a la comuna 18, por estar contenida en el proyecto de Responsabilidad Social de la Pontificia Universidad Javeriana del año 2017, y por ser representativa de las 22 comunas de la ciudad, centrándose el objeto de estudio en el factor *cercanía a las estaciones*, a partir de la observación de la proximidad entre paraderos y de estos con el lugar de origen y destino del usuario, lo cual es una variable crítica, al influir profundamente en la percepción de la calidad del servicio, al incidir en el factor definitivo *tiempo de viaje en los recorridos*, pues paraderos sin ubicación estratégica en relación a los epicentros de concentración humana, al

tiempo que alejados en exceso unos de otros obligan a caminar más al usuario, mientras los paraderos ubicados unos muy próximos de los otros ocasionan más paradas, incrementando el tiempo que le toma al bus cubrir una ruta, y todo ello hace que la percepción negativa hacia el MIO crezca en la mente de los usuarios.

Conocido el panorama de insatisfacción de los caleños usuarios del MIO con este modelo de transporte, y reconociendo que una relocalización o nueva distribución de las rutas y los paraderos puede incidir sobre el tiempo de viaje en los recorridos y aún en la cobertura de rutas, pues un bus que cubre en menos tiempo una ruta permite a los usuarios sentir esa eficiencia y está disponible en menos tiempo para realizar otra salida, incrementando así la cobertura de rutas, el trabajo se guiara buscando responder este interrogante principal: ¿Cuál debería ser la distribución espacial de las paraderos y la ruta del MIO en la comuna 18 de Cali, a efecto de mejorar la percepción del servicio por parte de los usuarios?

Una respuesta solida obliga a responder previamente estos interrogantes: ¿Qué nivel de satisfacción tienen los habitantes de la comuna 18 de Cali, con el servicio de transporte suministrado por el MIO? ¿La actual distribución espacial de los paraderos del MIO en la comuna 18 de Cali permite una percepción de satisfacción por parte de los usuarios?

1.2 Objetivos

Los propósitos del trabajo son estos:

1.2.1 Objetivo general

Ajustar la distribución espacial de las rutas del sistema MIO en la comuna 18 de Cali, para mejorar la percepción del servicio por parte de los usuarios

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar el nivel de satisfacción de los habitantes de la comuna 18 de Cali con el servicio de transporte suministrado por el MIO.
- Identificar cuáles son las características de la ubicación de las rutas y paraderos del transporte del MIO, de la comuna 18 de Cali, que inciden en el tiempo de viaje y el grado de accesibilidad
- Calcular los indicadores topológicos de accesibilidad de los paraderos de las rutas actuales del MIO en la comuna 18 y de la nueva propuesta de rutas y paraderos.

2 ESTADO DEL ARTE

Este Capítulo abarca información relacionada con los antecedentes del problema el marco contextual y terminan con el marco teórico.

2.1 Antecedentes

“Se debe ser consciente de que el transporte público tiene efectos en las configuraciones socioculturales de la ciudad. Para entender un poco el concepto de configuraciones socioculturales se menciona el documento de discusión de (Sachs-Jeantet, 1995), quien indica que hoy en día las ciudades han surgido como territorios estratégicos para toda una gama de procesos sociales, económicos y políticos esenciales de nuestra era: la mundialización económica, la migración internacional, la afirmación de los servicios y la financiación de los productores como el sector impulsor del crecimiento en las economías avanzadas, la nueva pobreza, entre otras cosas, y como lugares estratégicos para la teorización de dichos procesos (Sassen, 1991 y 1994). Como regreso de la ciudad al primer plano de las ciencias sociales, se puede considerar la representación de la cuestión social en términos urbanos, la proyección de la separación entre marginación e integración (Dubet, 1994; Rosanvallon, 1995)” (Sachs-Jeantet, 1995).

“En esta civilización urbana que está surgiendo últimamente, las ciudades son lugar o sitio de encuentro en que cada día se plantean y se amplían los principales problemas sociales, pero también el lugar de cambio más creativo. La ciudad es un territorio en el que convergen y se cristalizan los conflictos y las contradicciones principales de una sociedad que está pasando por una profunda mutación, y su papel es el de controlar cada vez mejor estas transformaciones sociales aceleradas.” (Sachs-Jeantet, 1995)

La globalización, la exclusión, el multiculturalismo y la etnicidad, el gobierno, la ciencia y la tecnología son transformaciones sociales impulsoras que operan en las ciudades, en diversas formas y en diversos grados de intensidad y que plantean a los habitantes y a las autoridades una serie de desafíos continuos. (Sachs-Jeantet, 1995)

Andres Monzon de Cáceres utilizó indicadores de accesibilidad para caracterizar el servicio de transporte en la comunidad de Madrid,

“Se puede decir que la medida de la accesibilidad. en sus diversas formulaciones, es una aportación importante al proceso de planificación de las Infraestructuras de transporte. Se confirma su utilidad, como herramienta. para facilitar la comprensión de la dinámica del transporte y su interrelación con la planificación de usos del suelo” (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988)

“Las distancias físicas entre cada par de nodos (Distancia Real) se obtienen las. Distancias Operacionales. que pretenden reflejar la conducta del usuario en la elección de itinerario. Se considera que. En el caso más desfavorable, el usuario está dispuesto a recorrer una distancia doble de la Real, para circular en óptimas condiciones.” (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988)

Es importante recalcar que Cáceres se basó en indicadores de accesibilidad para darse cuenta de las falencias del sistema y posteriormente con estos mismos datos, intento mejorar la movilidad desde la accesibilidad, lo cual es una propuesta brillante y diferente cito

“...Una vez establecida esta metodología, se aplica a la evaluación de tres planes de transporte en el ámbito de la Comunidad de Madrid. Los resultados confirman la utilidad de los índices propuestos para la determinación de la alternativa preferible, según los objetivos que se pretendan. La primera alternativa es un Cinturón de Circunvalación, que se demuestra preferible para reducir los desequilibrios regionales. dentro de la provincia de Madrid. También reduce el tráfico de paso por el Área Metropolitana... La segunda alternativa es un Distribuidor que comunique la zona sur (Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada. etc.) con el Corredor Madrid-Alcalá. Es la mejor solución desde el punto de vista de la descongestión de las vías saturadas de esa parte de Área Metropolitana. Por último, la Alternativa Oeste, que uniría la N-VI con la N-V y la N-IV. es la que más facilita, con carácter general, que los usuarios alcancen los objetivos de sus viajes, es decir, tengan mayor número de oportunidades...” (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988).

Por otra parte, Mellen P. Dajome Segura en su investigación *análisis de accesibilidad en el área metropolitana de santiago de cali desde la perspectiva del transporte público intermunicipal*, utiliza indicadores de accesibilidad para evaluar la calidad del servicio de transporte que existe entre los municipios de Santiago de Cali, Palmira, Jamundí, Puerto tejada, Yumbo , Candelaria, La cumbre, Vijes, Dagua y El Cerrito

“...Los resultados obtenidos por los diferentes indicadores topológicos, que permiten realizar un análisis dinámico de la red, los valores altos obtenidos por estos indicadores, representan las menores condiciones de accesibilidad, aquellos tendieron sobre los municipios ubicados hacia la periferia del área metropolitana en estudio, siendo estos La cumbre, Vijes y Dagua, los cuales dan peso a la localización geográfica de los nodos, castigando a estos municipios, debido a su ubicación hacia la periferia del área en estudio y la forma irregular de su red de transporte, estos al estar más alejados del centro del área de estudio toma mayor tiempo de viaje conectarse con los destinos...” (SEGURA, 2016)

Sassen sostiene que la ciudad ha emergido como sitio de nuevas demandas donde el capital global la usa como “mercancía organizativa” y considera que los desarrollos de las ciudades no se pueden entender aislados de los cambios fundamentales que suceden dentro de la organización de mayor escala de la economía avanzada. (Sassen, marzo 1998) se entiende el transporte como un punto central en la economía de la ciudad y del globo.

“En atención a lo anterior y ubicándose en el tema que ocupa la cuestión de la movilidad, Kaufman *et al.* (2004) reconocen que la interrelación entre las diferentes formas de movilidad es compleja, depende de la elección de los individuos (fundamentalmente dentro de un contexto familiar) y su conceptualización varía en función de las disciplinas que la abordan. Por ejemplo, la relación entre movilidad residencial y movilidad cotidiana (sobre todo por motivos laborales) desempeña un papel central dentro del análisis de la contra-urbanización (Champion y Atkins, 1996; Renkow y Hoover, 2000)”. (Izquierdo J. M., 2008)

El autor del blog de internet mi diario urbano José Manuel Landin hace un interesante resumen sobre el peatón y el tramo peatonal, en la ciudad de México D.F, esto basándose en diversas investigaciones previas, en el texto sale a relucir aspectos importantes,

“...la velocidad promedio a la que se desplaza el peatón es de aproximadamente 4 kilómetros por hora, se estima que la velocidad de caminata para 5 minutos es de 330 metros...También saca a relucir la eficiencia del uso de la bicicleta como el medio de transporte que mas acerca a los usuarios a destino el 98,1% de los usuarios de bicicleta camina menos de 5 minutos y sale a relucir que no es motorizado.... De 1000 encuestados, el 91% sienten dificultades al caminar y 3 de cada 10 peatones han tenido algún accidente al ir caminando.... En promedio e independientemente del tipo de transporte usado, un 78% de los viajes se camina desde el último medio de transporte hasta 330 m., 16% caminan hasta 670 m., 4% caminan hasta 1,000 m., un 1% camina hasta 1.330 m. y el porcentaje restante camina más de 1,670 km. Véase siguiente mapa con buffers desde 330 m, hasta 2000 m. si el viaje comenzara en Zócalo de la ciudad de México y el radio del posible trayecto...” (Landin, 2015)

José María Casado Izquierdo, estudió la movilidad cotidiana en México e indica que la movilidad de la población constituye uno de los ámbitos todavía escasamente abordados. Causa fundamental de este abandono relativo es la escasez y dificultad de generación (costo) de información sobre este tema, si bien el estudio de flujos de todo tipo, tanto materiales como inmateriales, ha gozado de un acrecentado interés como característica esencial del proceso globalizador, así como de los recientes procesos de reconfiguración urbana y urbano-regional. Como sucede en prácticamente todos los países latinoamericanos, el estudio de la movilidad cotidiana en México se centra, de manera destacada, en su ciudad capital, la Ciudad de México, bien como área o zona metropolitana, bien a través del análisis de un determinado espacio de esta. (Izquierdo J. M., 2008)

“Por su parte Gakenheimer (1998) manifiesta que el problema de la movilidad en las grandes ciudades del mundo en desarrollo está vinculado a su gran tamaño poblacional y a una creciente motorización versus un incremento más lento de la infraestructura vial, pese a lo cual, la población urbana de dichos países presenta una movilidad mucho mayor en relación a sus residentes rurales. Reconoce Gakenheimer que la mayoría de estas grandes ciudades presentan problemas “más serios de movilidad que sus contrapartes del mundo desarrollado” (Ibid.37) y

que es precisamente en América Latina donde ocurren los desplazamientos más prolongados.” (Gakenheimer, 1998)

Por su parte Figueroa (2005) destaca la crisis permanente en que se encuentran los sistemas de transporte urbano en las ciudades latinoamericanas, así como los importantes problemas que experimentan sus transportes públicos (informalidad, bajos estándares de calidad y degradación física de la flota vehicular). (Oscar, 2005)

Como se evidencia el transporte es sin duda un aspecto fundamental de la vida moderna, si se quiere se puede decir sin temor a equivocaciones que el transporte, es un facilitador de los derechos fundamentales del hombre, por lo que, para un gobernante como el alcalde de Cali, resulta un desafío dar solución al problema de movilidad pública, pues esto evita la exclusión social.

Autor	Logro	Contribución a mi trabajo
Sachs-Jeantet, Céline	Estudia la civilización urbana y su interacción con aspectos de la vida urbana, transporte, interculturalidad, economía, globalización y exclusión	Da la importancia del transporte en la vida de las personas, plantea un precedente que me ayuda a darle importancia a la elaboración de un transporte justo y accesible
Andres Monzon de Cáceres	Utilizo indicadores topológicos de accesibilidad en la ciudad de Madrid, para posteriormente resolver movilidad desde la accesibilidad	Utilice la metodología que aplica este autor, sus fórmulas matemáticas y conceptos.

Autor	Logro	Contribución a mi trabajo
Mellen P. Dajome	Utilizo indicadores topológicos de accesibilidad para medir la accesibilidad entre la ciudad de Santiago de Cali y las ciudades de Palmira, Jamundí, Puerto tejada, Yumbo, Candelaria, La cumbre, Vijes, Dagua y El Cerrito	Utilice la metodología que aplica este autor en conjunto con la metodología de Cáceres, sus fórmulas matemáticas y conceptos.
Sassen, Saskia	Entiende las ciudades como un eslabón de la economía globalizada	Da idea de cómo debo pensar el sistema propuesto, pensando siempre en que es un sistema que contribuye a la economía globalizada. Así pues, una ruta lenta o inaccesible generara desventaja económica
José María izquierdo Casado	Entiende la movilidad como una compleja red de situaciones distintas, que afectan al individuo he incluso a su núcleo familiar	ayuda a comprender la importancia del transporte en la vida cotidiana de las personas, por ende, es necesario encuestar al usuario para así comprender sus necesidades
Jose Manuel Landin	Estudio los tiempos de caminata de las personas en la ciudad de México D.F.	Se utilizo el tiempo de 5 minutos correspondiente a una caminata de 300 metros, como caminata estándar para la organización de los nodos
Ralph Gakenheimer	Comprende que el crecimiento de la densidad poblacional es superior al crecimiento de la infraestructura	Utilice su análisis para plantear rutas con la infraestructura actual de la comuna 18, de esta forma las rutas se podrían implementar con la infraestructura actual

Oscar Figueroa	Destaca la crisis permanente en que se encuentran los sistemas de transporte urbano en las ciudades latinoamericanas, así como los importantes problemas que experimentan sus transportes públicos (informalidad, bajos estándares de calidad y degradación física de la flota vehicular)	Basándome en el análisis de este autor, pude plantear preguntas para la muestra piloto, que posteriormente fueron desarrolladas a lo largo del capítulo 4
----------------	---	---

2.2 Santiago de Cali

Santiago de Cali, es un municipio de la república de Colombia, capital administrativa del departamento Valle del Cauca, sus coordenadas son 3°26'24"N 76°31'11"O. Su área limítrofe cuenta con 22 comunas, 249 barrios y 15 corregimientos, es la tercera ciudad más poblada de Colombia; con alrededor de 2 907 328 habitantes en su área limítrofe según cifras del DANE (estimaciones a 2016, con base en un censo realizado en 2005) (DANE, 2005).

La historia del transporte en el Valle-Cali, es la historia de su crecimiento económico (Vásquez, 1990)

“El proceso histórico de Santiago de Cali durante el Siglo XX debe analizarse en el marco del desenvolvimiento económico-social de la región vallecaucana. La forma específica del desarrollo económico de la región fundamentalmente ha estado determinada por la actividad cafetera (producción, transporte, trilla, exportación), por la actividad azucarera (cultivo de caña, transformación industrial, generación de insumos para otras ramas, exportación) y, además, por la producción agrícola de insumos para la agroindustria.” (Vásquez, 1990)

El fin de la esclavitud trajo consigo crecimiento demográfico en el Valle del río Cauca, resaltando poblaciones como Florida, Pradera, La Virginia y por supuesto Cali. La necesidad de mover el café desde los departamentos colindantes, a las trilladoras del Valle del Cauca y el Puerto de Buenaventura, generó lo que se conoció como ruta del café, la cual usaba principalmente barcazas en el río Cauca y caminos de mulas. Hacia la década de los 1930, el ferrocarril, la carreta central y un mejor puerto de Buenaventura obligó al paso por Cali,

generando actividades que favorecían el crecimiento demográfico de la ciudad. (Vásquez, 1990)

Aunque se tiene registros de un alto crecimiento en el sector azucarero, entre 1940 y 1952 (a causa de la segunda guerra mundial y la demanda mundial que trajo consigo), fue a partir de la exclusión de Cuba del mercado norteamericano (1960), que el Valle del Cauca comenzó a suplir las exportaciones cañeras de Cuba y es en este momento en el que el cultivo de caña toma realmente valor y con esto la industrialización del Valle del Cauca. Cali como su capital se ven afectada por un alto crecimiento demográfico, lo que plantea mayores retos para el transporte público urbano dentro de la calurosa y agitada urbe que se estaba formando. (Vásquez, 1990)

“El surgimiento de la mayoría de las empresas de buses que funcionaron a lo largo del siglo XX, se dio a la par con el incremento de olas migratorias a partir de los años cincuenta. La tendencia de dichas empresas fue ubicarse en zonas periféricas que empezaron a ser ocupadas, de forma ilegal, por los nuevos habitantes de la ciudad. La proximidad de estos dos procesos, llevó a una relación transporte - poblamiento que planteaba un beneficio para las dos partes: la conexión de la ciudad legal con la “ilegal”. (Martínez, 2014)

El Valle del Cauca tuvo a lo largo de su historia muchos medios de transporte cuyo objetivo fue lograr la comunicación al interior del mismo es decir barrios, comunas, municipios y lograr que el departamento se comunique con Colombia y el mundo de manera eficaz, generando un crecimiento económico en la mayoría de municipios del Valle del Cauca. La construcción de trochas, caminos y carreteras facilitarían el transporte carretero (caballos, carrosas, carretas y automóviles), un sistema de transporte por ríos y mar (piraguas, barcazas, barcos a vapor y buques), ferrocarril, tranvía (de carga y pasajeros) y por supuesto el aeropuerto. (Desde la década de los años 30 hasta nuestros días, el Valle del Cauca ha contado con tres aeropuertos, sin incluir las pistas privadas de Jamundí y “el Limonar”. (Aerocali S.A , 2015))

El tranvía, el ferrocarril y los barcos a vapor, se deterioraron con el implemento de las carreteras, las cuales parecían una buena solución para una población que se movía a gusto dentro de la ciudad, luego las políticas y las familias poderosas de Cali determinan que el transporte público ha de ser los buses, organizados en empresas (Tabla 1).

Tabla 1 Rutas de buses hacia 1970-1980

Empresas	1970		1978		1980	
	# buses	# Rutas	# Buses	# Rutas	# Buses	# Rutas
Verde Bretaña	183	2	121	2	90	2
Gris San Fernando	152	1	148	4	103	4
Blanco y negro	108	1	244	5	189	5
Verde san Fernando	117	2	146	2	122	3
Alameda	110	2	100	2	99	2
Villanueva Belén	76	1	114	2	118	3
Amarillo Crema	73	1	76	1	75	1
Verde Plateada	83	1	96	4	116	4
Azul Plateada	42	1	78	2	91	3
Crema y Rojo	44	1	27	1	59	2
Gris Roja	46	1	98	2	118	3
Expreso Palmira	27	1	99	2	41	3
Azul Crema	102	2	77	2	65	2
Alfonso López	56	2	58	2	83	2
Papagayo	87	3	123	3	107	3
Crema y Verde	12	2	123	3	123	3
Trans. Rio Cauca					8	1
Totales por año	1318	24	1728	39	1607	46

Fuente Jorge Dubón Jaramillo, Santiago de Cali: Crecimiento urbano transporte público desde 1900 hasta 1990

Los estudios de tránsito eran realizados por las empresas prestadoras de servicios y la alcaldía aprobaba o no nuevas rutas (Martínez, 2014)

Las obras de transporte, en nuestra realidad traen consigo, empleo, oportunidad, equidad, valorización de los terreros, esperanza, amor, paz y tranquilidad.

Adicionalmente, los antecedentes de la ciudad de Santiago de Cali, referente al sistema masivo de movilidad son catastróficos, es allí donde reviste importancia el hecho de establecer en qué estado se encuentra el transporte público de la ciudad y su efecto sobre la población. (Martínez, 2014)

La ciudad de Santiago de Cali cuenta desde el 2009 con un sistema de transporte masivo MIO, que tiene como objetivo suplir las necesidades que posee la ciudad, cerca del 52% (IPSOS, 2015) de los caleños son usuarios del transporte público colectivo. Cifra está significativa que valida el estudio, junto a la evidencia de la existencia de una población vulnerable a la exclusión social desde la movilidad. Se debe entonces complementar el estudio de las necesidades de transporte en la ciudad de Santiago de Cali, abarcando la mayor cantidad de aspectos posibles, más allá de los aspectos técnicos y geométricos.

Es importante mencionar que se tienen como referencia principal el trabajo realizado por (Alexa Delbocs, The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being, 2011) (Scott, 1907), quienes *estudiaron* la exclusión social en Melbourne Australia. Este estudio determinó entre otras cosas que la falta de equidad en el transporte hace a las personas más improductivas, miserables, les hace perder oportunidades y en general promueve desventajas frente a otros ciudadanos con mejores condiciones de transporte. Como consecuencia de esto la alcaldía de Melbourne obtuvo datos que permitieron tener una visión más amplia del problema de transporte que afectaba a las personas dentro de sus fronteras.

A parte de indagar sobre aspectos técnicos como tiempo de viaje, longitud de recorridos, velocidad promedio, la idea es estudiar también la percepción de la exclusión social generada por el transporte en la ciudad de Cali. Se tiene como punto de partida dos estudios particulares, en primer lugar, el realizado en el área de Victoria, Australia (Alexa Delbocs, The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being, 2011) y en segundo lugar, el realizado en la ciudad de Cali, Colombia (Ciro Jaramillo, 2012) Comuna 18 una mirada general y global

La ciudad de Santiago de Cali, esta fraccionada en 22 comunas y 15 corregimientos. El estudio se focalizó en la comuna 18 debido a que se encuentra dentro del Proyecto de Responsabilidad Social de la Pontificia Universidad Javeriana del año 2017.

2.2.1 Ubicación



imagen 1 División comunal en Santiago de Cali Fuente: (Cali; Municipal)

La comuna 18 se encuentra en el suroccidente de la ciudad. Delimitando por el sur oriente con la comuna 22, por el oriente con la comuna 17 y por el norte con la comuna 19. Al sur y occidente de esta comuna se encuentra el límite del perímetro urbano de la ciudad. (Ver Mapa 1-1) La comuna 18 cubre el 4,5% del área total del municipio de Santiago Cali con 542,9 hectáreas. - (Municipal, Departamento Administrativo de Planeación, 2017). La comuna está compuesta por 20 barrios los cuales son:

Tabla 2 Barrios en la comuna/sectores 18

Código	Barrio, Urbanización o sector	Código	Barrio, Urbanización o sector
1801	Buenos Aires	1812	Colinas del Sur
1802	Barrio Caldas	1813	Alferez Real
1803	Los Chorros	1814	Nápoles
1804	Meléndez	1815	El Jordán
1805	Los Farallones	1816	Cuarteles Nápoles
1807	Francisco Eladio Ramirez	1890	Sector Alto de los Chorros
1808	Prados del Sur	1891	Polvorines
1809	Horizontes	1896	Sector Meléndez
1810	Mario Correa Rengifo	1897	Sector Alto Jordán
1811	Lourdes	1898	Alto Nápoles

Fuente: (Cali; Municipal, Departamento Administrativo de Planeación, 2017)

2.2.2 Aspectos poblacionales y sociales

La población de la comuna 18 es de 131 453 al año 2015, se establece este número como población estudio, debido a que es la cifra usada en la gran encuesta de movilidad realizada por metro Cali en 2015.

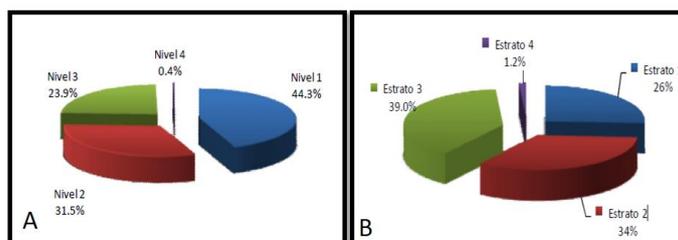


Figura 2 A-Distribución de los estratos en la comuna 18, B-Población en el SISBEN 18 Figura 2 población en el SISBEN Fuente: (Municipal) Población con SISBEN en la comuna

Se detallan algunos aspectos relevantes:

La comunidad identificó para el Plan de Desarrollo 2008 – 2011, falencias en la comunicación y desarrollo de las vías dentro de la comuna. Según el estudio para el plan de desarrollo 2009-2011, las comunas presentan un constante desinterés generalizado por parte de los administradores de la ciudad; lo que sin duda alguna ha conllevado a un deterioro progresivo de la infraestructura vial existente y a la no construcción de nueva infraestructura vial para cubrir los barrios ubicados en territorio de ladera. Se estableció entonces como objetivo primordial, mejorar la comunicación y el sistema vial peatonal en la comuna, mejorar la comunicación con el sistema de transporte masivo. (Municipal, Departamento Administrativo de Planeación, 2017). De esta iniciativa surge el interés de desarrollar el presente Trabajo de Grado en el cual se plantean mejoras potenciales en las medidas topológicas de accesibilidad de la comuna 18.

2.3 Análisis de accesibilidad y medidas topológicas de accesibilidad

Accesibilidad - “Medida de facilidad de comunicación entre actividades o asentamientos humanos mediante la utilización de un determinado sistema de transporte, permite explicar y medir la facilidad o dificultad aportada por infraestructuras y medios de transporte en la movilidad. Se pueden distinguir tres medidas de accesibilidad: la accesibilidad relativa la cual es definida como el grado de conexión de dos lugares que pertenecen a un mismo territorio; la accesibilidad Integral definida como el grado de interconexión que existe entre un punto o lugar y el resto de puntos que se encuentran en el mismo territorio y la accesibilidad global que se determina como la suma de las accesibilidades integrales de todos los nodos de la zona de estudio, la cual representa el grado de conexión de toda la red y refleja efectos de

cualquier actuación sobre ella”- (SEGURA, 2016). citando a (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988)

“Las *Medidas Topológicas* son las más elementales, están basadas en la teoría de grafos. simplificando la red de carreteras y representándola por una malla. Cada uno de los tramos de la malla une dos nodos, y está caracterizado por un escalar: tiempo, distancia, coste...” (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988)

Para evaluar la accesibilidad y ubicación de los paraderos, tanto en las rutas existentes como en las rutas propuestas, se utilizaron algunas medidas topológicas de accesibilidad, las cuales son: Índice de Shimbel (IS), factor de ruta (*Frij*), índice de trazado velocidad (*itvij*) e indicador absoluto de tiempo global (Tg).

2.3.1 Índice de Shimbel (IS):

“El índice de Shimbel calcula cual es la cantidad mínima de trayectos necesarios a_{ij} , para conectar un nodo o parada, con otro nodos de una red o ruta”.- (SEGURA, 2016) citando a (Fernandez Santamaria, 2000.). Ingram en 1971 y Vickerman (1974), generalizaron el modelo de Shimbel, argumentando que el modelo debería de poder mostrar la malla urbana tal y como es, para ello desarrolla una serie de fórmulas basadas en la ecuación general de Shimbel agregando, el factor $\frac{1}{n(\text{numero de nodos})}$. (Cáceres, 1988). Así pues, este índice de Shimbel se obtiene solo sumando, el numero de arcos entre 2 o más nodos.

$$IS = \sum a_{ij} \quad (1)$$

2.3.2 Factor de ruta (**Frij**)

“Este indicador permite medir la calidad (calidad se entiende en este caso, como la ruta que más se asemeje a una línea recta entre dos nodos) en el trazado de una red de transporte, cuanto más se asemeje a la línea recta, mejor será el índice. Se calcula construyendo dos matrices, una para las distancias sobre la red y otra para distancias en línea recta desde y hacia cada parada o nodo”-”. - (SEGURA, 2016) citando a (Cáceres, 1988) En este concepto se entiende como *calidad*, el hecho de que el indicador demuestre que el trazado de una red de transporte se aproxima a la línea recta.

$$Frij = \frac{dij}{d^{0ij}} \quad (2)$$

Dónde:

dij = mínima distancia por la red de comunicaciones entre i y j

d^{0ij} = distancia geográfica o en línea recta de i a j

Para determinar el factor de ruta integral, se emplea la siguiente expresión.

Ajustada para generalizar todas las rutas toma en cuenta geografía ruta

$$Ri = \frac{1}{n-1} * \sum_1^n \frac{dij}{d^{0ij}} \quad (3)$$

ecuación original no ajustada no toma en cuenta la geografía de la ruta

$$Ri = \frac{\sum dij}{\sum d^{0ij}} \quad (4)$$

Ri = factor de ruta integral del nodo i

n = número de nodos

Un Ri mayor a 1,5 indica bajo nivel de accesibilidad, para la ecuación (3). La ecuación (4) reflejara mejor desempeño entre más cercano al número 1 se encuentre. La razón del porque eso es muy simple la el numero 1,5 indica que el trazado esta solo un 50% por encima del estándar perfecto, es preciso recordar que las vías se trazan sobre una ciudad y topografía preexistente por lo que tener un indicador ideal de “1”, es solo una idea utópica, que se aleja de la realidad.

2.3.3 Indicador absoluto de tiempo global ($TGij$)

“Este indicador mide la sumatoria del tiempo que se tarda en recorrer el MIO, desde cada a nodo a todos los demás, el punto con menor sumatoria es el mejor comunicado” (SEGURA, 2016) citando a (Izquierdo R. , 1991)

$$TGij = \sum_{i=1}^{j=n} Tij \quad (5)$$

T_{ij} = Tiempo de recorrido de nudo i al j utilizando la red

n = número de nodos

2.3.4 Índice de trazado – velocidad ($itvij$)

“Es una variedad del factor de ruta, los valores más altos corresponden a las zonas más inaccesibles. Se calcula con la construcción de dos matrices, una para los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos,” (SEGURA, 2016) citando a (Izquierdo R. , 1991)

$$itvij = \frac{t_{ij}}{t^{0ij}} \quad (6)$$

Dónde:

t_{ij} = tiempo de recorrido de i a j utilizando la red

t^{0ij} = tiempo ficticio que se tardaría en recorrer la distancia i - j en línea recta a la Velocidad media de circulación.

Para determinar el factor de Trazado Velocidad integral, se emplea la siguiente expresión.

$$itvi = \frac{1}{n} * \frac{\sum_{n=1}^{j=n} t_{ij}}{\sum_{n=1}^{j=n} t^{0ij}} \quad (7)$$

Dónde:

$itvi$ = Indicador trazado de velocidad del nodo i

n = número de nodos en cada zona.

2.3.5 Trazado de Ruta

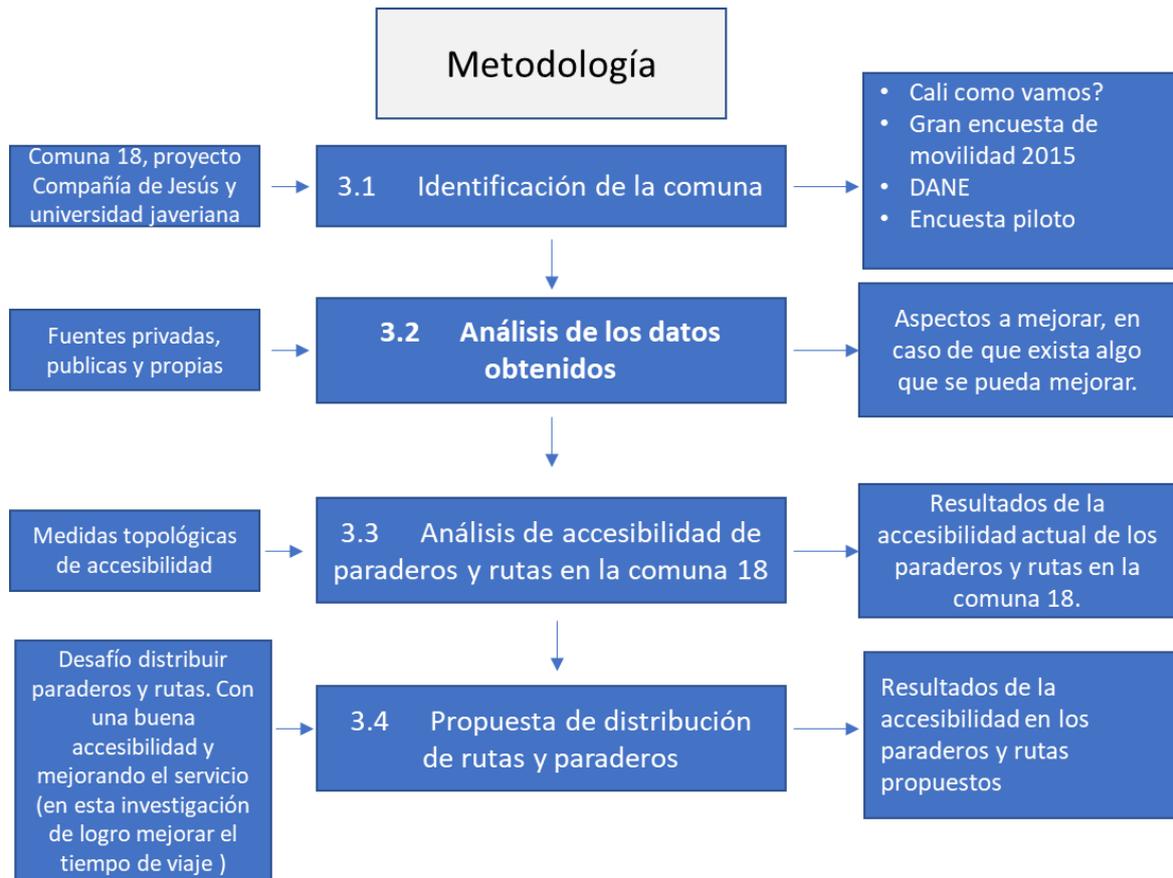
Las rutas se trazan a partir del trazado de la ubicación de las estaciones (Capítulo 6), y se traza una ruta que une las estaciones de tal forma que el usuario, pueda tomar el bus en el sentido de ida o vuelta, según sea su requerimiento.

3 METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento al Objetivo General el cual es diseñar la distribución espacial de las rutas del sistema MIO en la comuna 18 fue necesario recolectar gran cantidad de información secundaria suministrada directamente por Metorcali. El estudio inicia con la compilación de todos estos datos en un ambiente gráfico por lo cual se utilizaron los siguientes programas informáticos:

- Autodesk AutoCAD civil 2018: se importó el proyecto de InfraWorks, para agregar geometría estándar a las diferentes vías de la comuna.
- Autodesk AutoCAD 2018: Se realizó aquí, con ayuda del sistema de mapas Bing, el mapa de la distribución espacial por zona de las estaciones dentro de la comuna 18.
- Google Maps: Se geolocalizó el origen y destino de cada una de las personas encuestadas.
- Bing Maps: se obtuvo las curvas de nivel, plano satelital y ubicación estaciones del sistema MIO.
- ArcGis Pro: Modelado de rutas, evaluación espacial.

Se evaluó la información recolectada para identificar aspectos a mejorar en el sistema de transporte. Uno de los puntos importantes fue la distancia de caminata del peatón para acceder a la parada de bus y se tomó una distancia de influencia de 300 metros hasta el paradero de bus. Finalmente se planteó el sistema tal como se puede ver en el Capítulo 6. La metodología se presenta en el siguiente diagrama el cual se explica con más detalle en los numerales 3.1 a 3.4.



3.1 Identificación de la comuna

Se escoge como objetivo de estudio la comuna 18 dentro de la ciudad de Santiago de Cali, para continuar con el proyecto social que lleva la Pontificia Universidad Javeriana de Cali y la compañía de Jesús, en esta comuna.

Los datos para la caracterización de la comuna son obtenidos de la gran encuesta de movilidad 2015, datos suministrados por MetroCali actualizados a noviembre de 2017, información pública del DANE y una encuesta piloto en la modalidad muestreo por conveniencia realizada para este trabajo.

Es preciso indicar que se trató de una investigación aplicada, donde se utilizó la metodología que aplicó Melbourne Australia en la investigación “ (Alexa Delbocs, The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being, 2011)”, la cual se basa en obtener un concepto del problema, tomando como referencia al usuario, para esto se utilizó la muestra piloto y los datos de la gran encuesta de movilidad 2015 realizada por la firma Steer Davies para MetroCali.

3.2 Análisis de los datos obtenidos

Se analizan los datos obtenidos para poder realizar una caracterización de servicio ofrecido por el MIO, basada en los usuarios en la comuna 18.

3.3 Análisis de accesibilidad de paraderos y rutas en la comuna 18

Una vez identificados los aspectos relativos al servicio en la comuna 18 y habiendo dado respuesta a los 3 primeros objetivos específicos. Se procede a realizar un análisis de accesibilidad de cada una de las rutas existentes en la comuna 18, para ello se debe analizar individualmente cada uno de los paraderos que existen en las rutas.

Las rutas analizadas corresponden a las rutas existentes a noviembre de 2017(datos suministrados por MetroCali). Adicionalmente, se decide utilizar las medidas topológicas de accesibilidad para evaluar las rutas, debido a la disponibilidad de la información necesaria que permitía el uso de estos indicadores de accesibilidad (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988).

Una vez se obtienen los resultados de accesibilidad para cada una de las rutas, se debe confrontar esta información con la opinión de los usuarios del sistema de transporte, para posteriormente poder distribuir de mejor manera las rutas y los paraderos.

3.4 Propuesta de distribución de rutas y paraderos.

Se distribuyen los paraderos del sistema dentro del área geográfica de la comuna 18, donde es posible bajo la infraestructura actual colocar paraderos y rutas. Se distribuyen los paraderos con la ayuda del AUTOCAD Civil 3D de la siguiente forma:

- Primero, se verifico en campo cuáles de las vías permitían el radio de giro de los vehículos del sistema, para llegar desde un origen, típicamente una Estación, hasta un destino que se identificó como la zona más alejada de la comuna para cada ruta existente. A estos puntos de origen y destino se les llama *Puntos primarios de control* en el proceso de selección de ruta (Cárdenas Grisales, 2014).

- Segundo, se transfirió la información anterior al plano y sobre las vías habilitadas se Buffer de radio 300 m (máxima caminata esperada para el peatón). Estos puntos fueron considerados *Puntos secundarios de control* para realizar la selección de ruta.
- Por último, se establecieron las posibles rutas (Las rutas se trazan a partir del trazado de la ubicación de las estaciones (Capítulo 6), y se traza una ruta que une las estaciones de tal forma que el usuario, pueda tomar el bus en el sentido de ida o vuelta, según sea su requerimiento.) que unen los *Puntos primarios de control* y tratan, en la medida de lo posible de satisfacer los *Puntos secundarios de control*.

Como se mencionó, los paraderos se distribuyen de tal forma que las personas tengan que caminar como máximo 300 metros hasta la parada del autobús. Posterior a eso se elaboran nuevas rutas que lleguen a estos paraderos, se evalúan bajo indicadores de accesibilidad y de cumplir con una accesibilidad adecuada (Numeral 2.3) es aprobado como diseño de ruta aceptable.

Poder mejorar el servicio de los usuarios entendiendo al transporte MIO, como un servicio público dirigido a mover gran cantidad de personas a un bajo costo, lo que obliga, sin duda, a disminuir la accesibilidad del usuario individual, pero a mejorar el uso por parte la mayoría.

4 APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.1 Procesamiento de la muestra piloto y de las encuestas ¿Cali cómo vamos? y Gran encuesta de movilidad 2015

Para el cálculo de los indicadores, se usaron datos suministrados por MetroCali en los informes de movilidad y la base de datos suministrada Anexo (A-101) datos como; velocidad media alimentadores, área de influencia, hora pico, hora valle, nivel de demanda y costo. Se toma como referencia, la estación Meléndez, donde se realizaron encuestas y cuya información sobre hora pico, demanda y uso, se encuentra en la investigación análisis de líneas de espera en los accesos peatonales y áreas de circulación de la estación meléndez del sitm-mio (OSCAR EDUARDO ACEVEDO PEÑA, 2017)

Los datos de la muestra piloto fueron procesados utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23.

Tabla 3 Demanda estación Meléndez promedio por días en la semana

Fuente: Oscar Eduardo Acevedo Peña. 2017

Día de la semana	Promedio de usos pagos
Año	2015
Mayo	6110
domingo	3999
lunes	6069
martes	7172
miércoles	6771
jueves	6698
viernes	6575
sábado	5937

4.2 Descripción muestra piloto

La muestra piloto se utilizó únicamente como un aporte que enriquece los datos del informe ¿Cali cómo vamos? y los de la gran encuesta de movilidad 2015 y se hizo para obtener de

primera mano la percepción de los usuarios del MIO en la comuna 18 hacia el Sistema de Transporte Masivo.

Se eligió el muestreo por conveniencia (no probabilístico), a diferencia del muestreo probabilístico utilizado en la gran encuesta de movilidad 2015, donde se tomó una muestra para Cali, probabilístico, estratificado y bietapico, seccionado por muestreo aleatorio simple, por manzanas con el mismo estrato social. El muestreo por conveniencia busca obtener datos a partir de una población donde existe un sesgo en el cual se intenta estudiar algo, en este caso, la percepción de la calidad del servicio del MIO, entre la población elegida de usuarios efectivos del sistema en la comuna 18.

El Muestreo por conveniencia permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador. - (Tamara Otzen, 2017)

Se realizaron 44 encuestas como muestra piloto a usuarios al azar, pero escogidos convenientemente, es decir que por ejemplo una persona que no es usuario del MIO jamás podía ser encuestado, para esta clase de personas se tienen los datos de la gran encuesta de movilidad 2015. La encuesta realizada se puede leer en la Imagen 2.

El análisis estadístico de la encuesta se realizó utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23, con este programa se obtuvo las frecuencias, porcentaje valido, porcentaje acumulado, sesgo, error estándar, limite inferior, limite superior, para los datos cuantitativos la moda, la media y la mediana todas las simulaciones fueran realizadas para una población de 131453 habitantes de la comuna 18, información facilitada por el Departamento Administrativo de planeación Santiago de Cali (datos del 2016). Todas las Tablas de frecuencia se incluyen en (Anexo A-1).

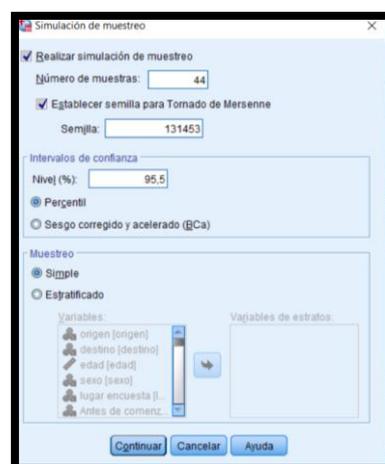


Imagen 2 Simulación estadística Fuente: elaboración propia utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23

CUESTIONARIO calidad del servicio percibido en la comuna 18

Fecha: _____ origen: _____ destino: _____

Edad: _____ Sexo: _____
Lugar encuesta(dirección): _____

Tipo de actividad:

- Antes de comenzar este viaje se encontraba en:
 - Casa _____ Trabajo _____ Medico _____ Escuela _____
 - Compras _____ Negocios personales _____ Actividad recreativa _____
- A dónde se dirige:
 - Casa _____ Trabajo _____ Medico _____ Escuela _____
 - Compras _____ Negocios personales _____ Actividad recreativa _____
- Cuando se baje del bus MIO como llegara a su destino final _____
- Describa su viaje (Anotar aquí el recorrido, buses, taxis, bicicleta, rutas, etc.) _____

- Cuántas rutas MIO tiene disponible para el destino _____
- Cuánto dinero está dispuesto a gastar en transporte al día _____
- Cuánto dinero puede gastar en transporte al día _____
- Cuando dinero gasta en transporte al día _____
- ¿cuántos trasbordos hace para llegar a destino/regreso? _____
- ¿Por cuantas estaciones tiene que pasar al día para llegar al destino? _____
- ¿Por cuantas estaciones tiene que pasar al día para regresar al origen de este viaje / regresa a origen? _____
- ¿Cuantos alimentadores, aborda al día? _____
- Tiene rutas y paraderos cercanos a su lugar de origen [si] [no] _____
- Tiene rutas y paraderos cercanos a su lugar de destino [si] [no] _____

- Tiene que esperar a que pase más de una unidad porque el anterior paso llena [si] [no] _____
- ¿Qué rutas son estas? _____
- ¿Cuántas veces por semana realiza este viaje? _____
- De los viajes de transporte público que normalmente realiza
 - Espera en el paradero demasiado tiempo [si] [no] (cuanto) _____
 - hay rutas directas origen destino [si] [no] _____
 - Tiene que dar muchas vueltas para llegar a su destino [si] [no] _____
 - Los vehículos son cómodos [si] [no] _____
 - Vehículos están en buenas condiciones ((ruidosos, echan humo, mala ventilación) [si] [no] _____
 - La ruta más cercana te hace caminar más de 5 cuadras[si] [no] _____
 - Suben demasiados pasajeros a los vehículos [si] [no] _____
 - El servicio ofrecido vale el precio cobrado [si] [no] _____
 - Pagaría tarifas mayores para mejorar el servicio [si] [no] _____
 - Gasta un tiempo corto entre origen y destino [si] [no] _____
 - El vehículo hace muchas paradas [si] [no] _____
 - El chofer conduce mal y peligrosamente [si] [no] _____
- Que calificación le da al sistema MIO, 1 bajo 5 alto _____
- ¿Que actividades no ha podido hacer por causa del transporte público? (llegar tarde a un trabajo, perder una entrevista de trabajo, no ir a recreación y ocio, dejar de ir a hacer deporte, dejar de ir a estudiar, no verse con familiares y amigos, etc.) _____
- Le han robado utilizando el transporte público MIO / Se siente inseguro ?
 - Nivel educativo _____
 - ¿Está en capacidad de pagar taxi? _____
 - Edad _____
 - Ingreso familiar _____
 - Número de personas en el núcleo familiar _____
 - ¿Tiene automóvil/moto, porque no lo está usando hoy? _____
 - ¿Prefiere usar transporte público a privado? _____
 - ¿Qué otro sistema de transporte utiliza? _____
 - ¿Extraña el sistema de buses que existió antes de la implementación del MIO? _____
 - ¿Qué sistema de transporte masivo cree usted que solucionaría los problemas de movilidad? (metro, tranvía, monorriel, bicicletas públicas, el MIO está bien, cable) _____
 - ¿Cuantos vehículos hay en su hogar? _____
 - ¿Es usted de Cali? _____

Imagen 3 Encuesta.

Cada pregunta contribuye a cumplir al objetivo general al permitir cumplir los objetivos específicos, pues a través de ellas fue posible conocer el nivel de satisfacción con el MIO por parte de los usuarios de la comuna 18. Una explicación más detallada de cada pregunta se encuentra en el Anexo(A-98) , el apartado siguiente muestra el proceso de la información.

4.3 Actividades diarias de los ciudadanos

Esta sección muestra las actividades diarias de los usuarios que se pueden ver afectadas por el desempeño del transporte público. Según los resultados obtenidos en las encuestas realizadas en esta investigación además de la gran encuesta de movilidad del año 2015, realizada para la ciudad de Cali.

4.3.1 Distribución de los motivos de viaje

La encuesta mostró que debido al transporte público las personas de los estratos urbanos 1, 2 y 3 se ven más afectados en sus compromisos laborales (Figura 3), por encima del 60% mientras que los estratos 4, 5 y 6 tienen una afectación inferior al 19%, debido a que dependen menos del servicio público para transportarse. Las variedades de actividades objetivo de las personas demuestran que el transporte público incide no solo en cuestiones laborales o económicas, sino en las sociales, lo cual coincide con los estudiosos consultados, al decir que el transporte público determina la calidad de vida de los usuarios y su nivel de felicidad.

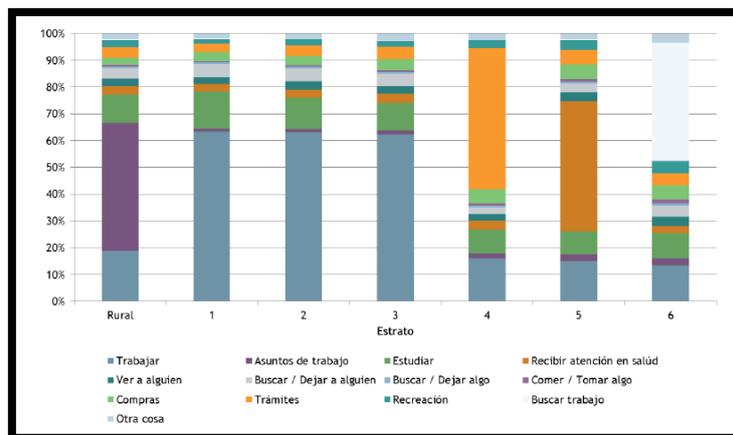


Figura 3 Distribución porcentual por estrato de los viajes por motivo en el área de estudio

Fuente: Gleave, 2015

4.3.2 Edad y género de los usuarios del sistema de transporte MIO

El sistema de transporte es empleado por personas de todas las edades, primando las jóvenes de 19 años, con el 18.2 % y de 17 años con 9.1%, debido esto quizá a que los jóvenes entre 17 y 25 años de edad no tienen en su mayoría independencia económica y si la tienen, no les

alcanza su ingreso para transportarse por un medio diferente al transporte público. Este grupo se caracteriza por que su dinámica de vida se centra en estudio, trabajo, ocio o socialización, lo que les motiva a tener una movilización superior a las personas de otras edades.

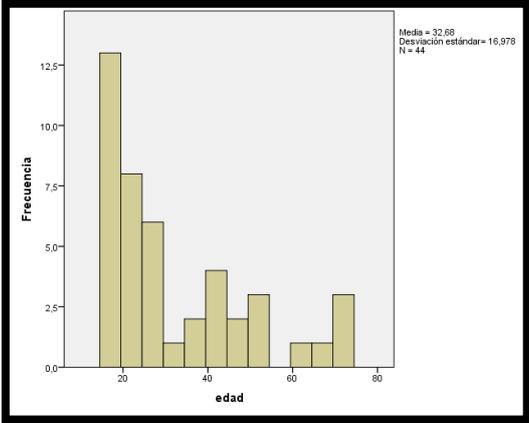


Figura 4 Edad de los usuarios del sistema de transporte MIO Fuente: Elaboración propia

En cuanto al uso del transporte por género, en consecuencia, con las estadísticas poblaciones, la mujer con el 54.5 % emplean más el sistema del MIO que los hombres. Ver anexo A-56.

4.3.3 Actividades no desarrolladas por causa del transporte público

Alrededor del 68,18% de la población encuestada ha dejado de hacer una actividad diaria, por culpa del transporte público, alegando como mayor problemática el tiempo de espera en las estaciones. Las actividades que más se ven afectadas son trabajo, estudio, salud y ocio, eso es alarmante debido a que este conjunto de actividades garantiza una calidad de vida en las personas, una mejora en el rendimiento económico de la nación y es un reflejo en la sensación de bienestar de los habitantes.

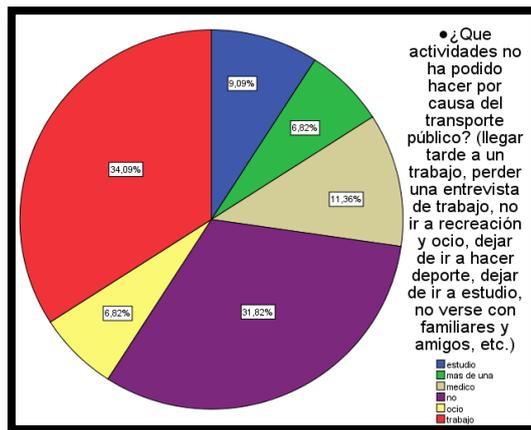


Figura 5 Distribución porcentual actividades no realizadas Fuente: elaboración propia

4.3.4 Dinero a gastar en transporte diario

Se reflejan la realidad de una Cali y una comuna 18 en particular pobres, con poca capacidad de gasto en su transporte por día, pues el 63.6 % se manifestó en disposición a gastar en este rubro entre 5000 y 3000 pesos corrientes al año 2017. Indica esto que los habitantes de la comuna dependen fuertemente del transporte público, pues no estarían en capacidad de costearse otro sistema de transporte que les resulte más rápido, oportuno, confiable y comfortable.

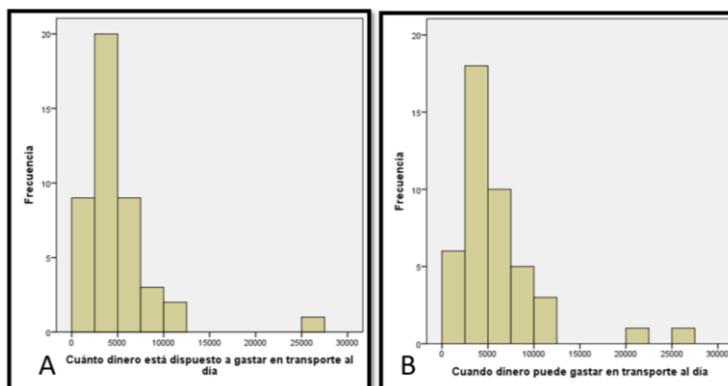


Figura 6 A-Cuanto dinero está dispuesto a gastar en transporte al día?, B- ¿Cuento dinero puede gastar en transporte al día Fuente?

4.3.5 Disposición a pagar una mayor tarifa con tal de mejorar el transporte

En consecuencia (Anexo A-57 A-36), con la respuesta anterior, la mayoría de los habitantes de la comuna 18, representados en el 52.27 %, no está dispuesto a asumir un mayor costo por el servicio del transporte público, lo que se valida en la condición de pobreza de la mayoría de las personas.

4.3.6 Preferencia entre transporte público y privado

El 52.3 % (Anexo A-58 A-49) de los encuestados refleja la preferencia de la gente por emplear un sistema privado de transporte, lo que es natural, si se considera que lo público es asociado en las economías de mercado como la colombiana son para los pobres, y por ello es percibido como de baja calidad y para los de menos estatus social. Así las cosas, esta pregunta y su respuesta pueden ser improcedentes, pero se hizo y analizó para presentar un estudio flexible, el cual buscó considerar la mayor cantidad posible de aristas de la situación del transporte público en una comuna representativa de Cali.

4.3.7 Número de vehículos disponibles para la familia

Si bien el 54.5 % de las familias de la comuna 18 no disponen de un vehículo propio para satisfacer las necesidades de transporte, un 27.3 % dice poseer uno y un 13.6 % dice disponer de 2, pero es claro que aún para quienes dicen disponer de 4, en el 2.3 % de las veces, algunos miembros de la familia deben recurrir al transporte público por distintas razones, significando esto que esta opción de movilidad resulta imprescindible para los habitantes no solo de la comuna estudiada sino de toda la ciudad de Cali. (Anexo A-53)

4.3.8 Disposición de las personas a pagar taxi

Consistentemente la mayoría de los ciudadanos revelan, en un 56.82 %, su no disposición a pagar el servicio de transporte público “privado” materializado en el taxi, pues ello implica un sobre costo, imposible de asumir, debido a la situación económica de algunos de los habitantes de la comuna, aunque ello signifique mejorar la rapidez del desplazamiento, el confort e incluso la seguridad del viaje. (Anexo A-59 A-45)

4.3.9 Nivel de ingreso familiar

El 54.55 % de los encuestados indicó tener un ingreso de un salario mínimo mensual legal vigente (smmlv), el 40.91 % dijo obtener dos smmlv, y solo el 4.55% señaló ganar tres smmlv, corroborando esto la situación de pobreza de los habitantes de la comuna 18, lo cual sustenta su respuesta anterior, contrarias a poder asumir un mayor costo del transporte público diario. Esto demuestra que la mayoría de los habitantes de esta comuna son clientes objetivos del MIO como sistema de transporte público de Cali. (Figura 6-A)

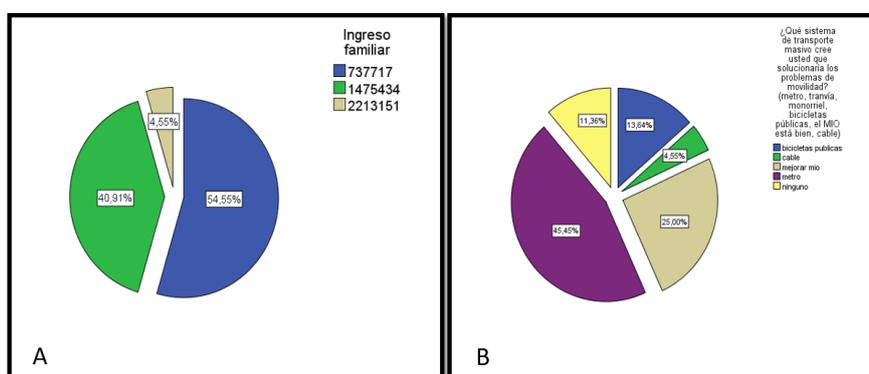


Figura 7 A-Ingreso en pesos Fuente, B- Soluciones planteadas por la población encuestada

4.3.10 Criterio de la gente sobre el sistema de transporte público que mejoraría la movilidad

El 45.45 % de los ciudadanos de la comuna 18 valoran que la solución al problema masivo del transporte en Cali radica en construir un sistema de tren urbano o metro, lo que coincide con la solución aplicada en ciudades como Medellín y en proceso para Bogotá, por lo que se intuye que la gente tiene una visión de lo que implica este tipo de solución, razón por la que la invoca. No obstante, un 25 % se inclina por solucionar la situación actual del transporte público tan solo mejorando el servicio del MIO; un 13.64 % considera que un sistema de bicicletas públicas sería la solución, mientras un 4.55 % considera que un modelo de transporte por cable aportaría a la solución; la cual no se ve para el 11.36 % de los encuestados, que consideran que el problema no tiene solución o al menos no la tiene entre el abanico de alternativas planteadas en la encuesta.

Cualquiera de estas soluciones representa un desafío presupuestario para la ciudad y la nación, debiendo precisarse que unas pueden resultar más apropiadas que las otras, pudiéndose tomar

una alternativa luego de realizar un análisis de relación costo beneficio, para cada una de ellas y sus distintas combinaciones posibles. (Figura 6-B)

4.3.11 Cobrimiento horario del transporte público en Cali

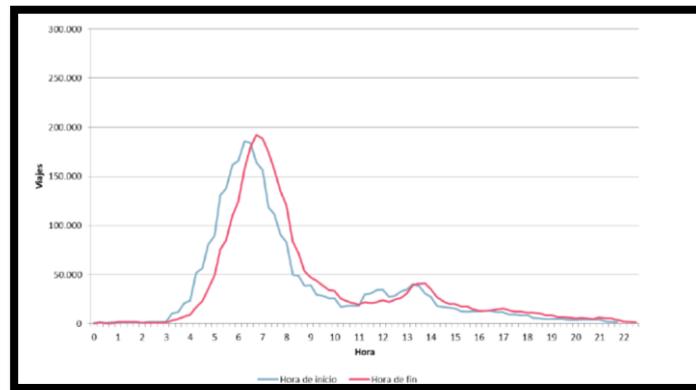


Figura 8 Perfil horario de los viajes con motivo trabajo Fuente: Gleave, 2015

Según la encuesta de movilidad (Colocar aquí la referencia) el MIO inicia con algunos viajes hacia las 3:30 am, incrementado su número de forma importante hasta las 7:00 am. A partir de esta hora el número de viajes empieza a decrecer paulatinamente hasta que se cierra el servicio entre las 9:00 y 10:00 pm.

4.3.12 Observaciones generales del Capítulo de resultados

Con los datos dados por la encuesta, salen a relucir problemáticas a las que debe apuntar el mejoramiento del transporte público en Cali.

- No existe una justa causa por la cual el transporte público, como el servicio público que es, sea cobrado de igual forma a todos los estratos sociales de la población.
- El tiempo de espera en las estaciones, si afecta actividades en la vida privada de sus usuarios, originando esto desventaja con respecto a los que poseen transporte privado.
- Las actividades más comunes que requieren de transporte en la ciudad son: Trabajo, citas médicas, recreación, diligencias financieras, compras, alimentación, práctica de un deporte, etc.
- Un salario mínimo mensual vigente para el año 2017, de \$737.717 (sin incrementos ni descuentos por prestaciones sociales y parafiscales) más el auxilio de transporte por

83.140 \$ (pagaderos a los trabajadores que vivan a más de un kilómetro del lugar de trabajo y devenguen hasta dos salarios mínimos mensuales), suman 820.140 \$, de los cuales se consumen en transporte 91.200 \$ (vienen del valor de un pasaje en bus del MIO por 1.900 \$ x 2 trayectos diarios x 6 días a la semana x 4 semanas del mes). Significa que los habitantes de la comuna 18 en promedio gastan más del subsidio de transporte a que tienen derecho, esto considerando solo un transporte de ida y regreso a su trabajo, pues para movilizaciones adicionales tienen que gastar un mayor valor en caso de verse obligados a tomar dos o más transportes. Así las cosas, un trabajador medio queda con un ingreso por mes de 728.940 \$, (viene de 820.140 \$ - 91.200 \$) para cubrir los demás gastos básicos, lo que difícilmente resulta suficiente para suplir las necesidades mínimas vitales de un trabajador, y menos si tiene una familia que mantener. Gleave, 2015

4.4 Características de la ubicación de los paraderos que afectan la percepción de costo y el tiempo real de viaje de los usuarios

Las encuestas demuestran que la cobertura del sistema de transporte es óptima en la comuna 18, sin embargo, la calidad del servicio, derivada del tiempo de espera en paraderos y tiempo de viaje resultan ser el problema.

- El tiempo de viaje medio de los alimentadores MIO a lo largo del día es superior a los 40 minutos.
- Las estaciones MIO actuales, se encuentran bien ubicadas, pues no hacen caminar a las personas más de 300 metros para acceder a ellas, sin embargo, el usuario exige una mayor cercanía a su hogar, lo que conlleva a la necesidad de educar la población sobre el concepto de área de influencia.
- Las personas consideran que se debe esperar menos tiempo en los paraderos.
- Las personas exigen viajar sin hacinamiento en los buses, lo cual se soluciona con una mayor oferta de los mismos.
- Las personas consideran que el transporte es un buen sistema en la mayoría de los casos.

4.4.1 Frecuencia de trasbordos para llegar a destino

El sistema MIO tiene como cualidad importante permitir el transbordo de pasajeros entre sus distintas rutas y modos de transporte, lo que lo hace un sistema flexible, que abarata el desplazamiento de los usuarios por la ciudad y por la ladera. El 36.4% de los usuarios de la comuna 18 hacen transbordo dos veces y el 27.3 % lo hace tres veces, lo que permite deducir que la gente busca emplear de forma plena el servicio.

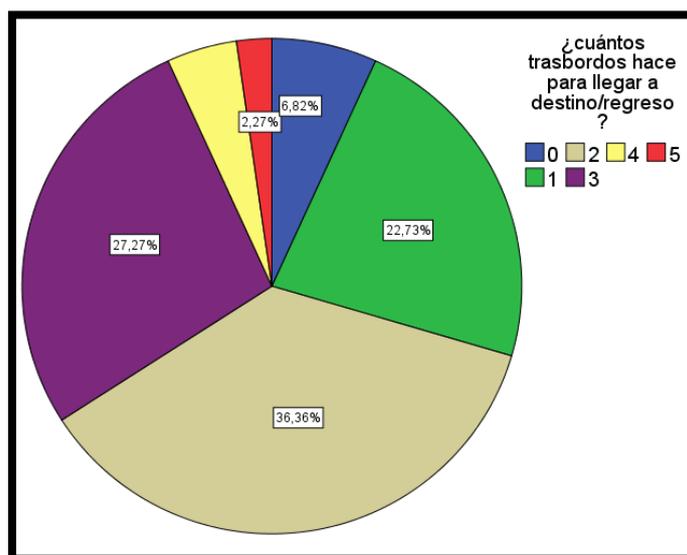


Figura 9 Numero de trasbordos Elaboración propia

4.4.2 Rutas directas origen destino

Esta respuesta permite deducir la eficiencia de las rutas disponibles, encontrando que el 52.3 % de los usuarios tendría el privilegio de contar con la favorabilidad de no tener que hacer ningún tipo de transbordo para llegar a su destino, siendo esto también positivo para el sistema de transporte, pues le evita sobre costos en la movilidad de cada usuario. (Anexo A-60 A-30)

4.4.3 Eficiencia en el trazado de las rutas

Los usuarios tienen la percepción en el 56.8 % de las veces que la ruta es ineficiente, pues el bus da demasiadas vueltas para llegar al destino. Da pie esto para validar el foco de este trabajo, referido a la reestructuración de las paradas y las rutas mismas, si lo primero conduce a lo segundo. (Anexo A-31)

4.4.4 *Comodidad de los vehículos en paralelo a sus condiciones de funcionalidad*

Para establecer la integralidad del servicio MIO, se indaga sobre la comodidad brindada por los vehículos y su estado de operación, si bien estos elementos en principio no son determinantes de la eficiencia en la disposición de las estaciones y paradas del sistema y de la disposición y eficiencia de las rutas, se valora que si influyen en la percepción de *buen servicio* que puedan llegar a tener los usuarios sobre el modelo de transporte.

El resultado obtenido se puede juzgar como contradictorio, pues el 56.8% de los encuestados califica a los buses de cómodos, mientras un 52.3% indica que no están en buenas condiciones, pues generan ruido a su interior, expulsan demasiado humo y disponen de mala ventilación, siendo evidente que un parque automotor que tenga estas limitantes no podría ser calificado con validez y lógica como cómodo. (Anexo A-61 A-32 A-33)

4.4.5 *Correlación costo beneficio y disposición a pagar más por un mejor servicio*

El 54.5% de los usuarios estaría inclinado a valorar que el servicio obtenido vale el precio que se paga, en este sentido, el MIO otorga al usuario el plus del comprador, es decir, quien compra considera que sale ganando con el producto que recibe por el dinero que debe pagar, lo cual pone al sistema un nivel por encima de la simple conformidad o satisfacción con la percepción costo/beneficio que sería lo menos que se podría esperar entre el precio que paga el usuario y el servicio que recibe.

A pesar de lo anterior, el 52.3 % de los usuarios se manifiesta contrario a pagar más, aún si el servicio de transporte mejorara en todos o algunos de sus frentes, respuesta por demás normal o esperable para la mayoría de los productos tangibles o intangibles en cualquier economía de mercado, donde se espera que el comprador siempre desee más sin pagar por ello. (Anexo A-62 A-63 A-36 A-37).

4.4.6 *Modos de transporte alternativos al MIO*

Los habitantes de la comuna 18 son recursivos para suplir sus necesidades de transporte, empleando desde movilidad a pie 35.4 % de las veces, hasta sistemas informales, como el transporte público colectivo 7.9 % de las veces, asumiendo los riesgos e incomodidades que ello implica (Figura 21). Ahora, el transporte individual en vehículos como motocicletas 15.6 % y automóvil propio 8.7 % va en crecimiento, lo cual conduce a problemas de mayor tráfico vehicular en igual cantidad de vías disponibles, generando mayores problemas de atascamiento

y contaminación ambiental por humo expedido por ese, cada vez mayor, número de vehículos, que por transportar pocas personas (la mayoría de las veces una) se convierten en soluciones social y ambientalmente costosas, dada la alta relación costo/ beneficio que generan.

Ese problema tiene otra arista, representada en que cada que una persona usuaria del MIO adquiere su propio sistema de transporte es un cliente menos del transporte público, lo cual indica que crecientemente el modelo continuara perdiendo clientes, a una tasa que puede ser superior a la tasa de crecimiento por incremento de la población caleña. Esto queda demostrado en el hecho que el sistema financiero moderno le está prestando dinero a trabajadores que devengan hasta un salario mínimo para que este adquiera vehículo, siendo parte de pago el ahorro que se obtiene por no pagar transporte público. No obstante, se deben asumir los costos implícitos de tener un vehículo propio, lo que es cubierto por la percepción de beneficio ganado por el menor tiempo invertido en esperar el transporte público y asumir sus demoras en cubrimiento de la ruta. (Figura 9-A)

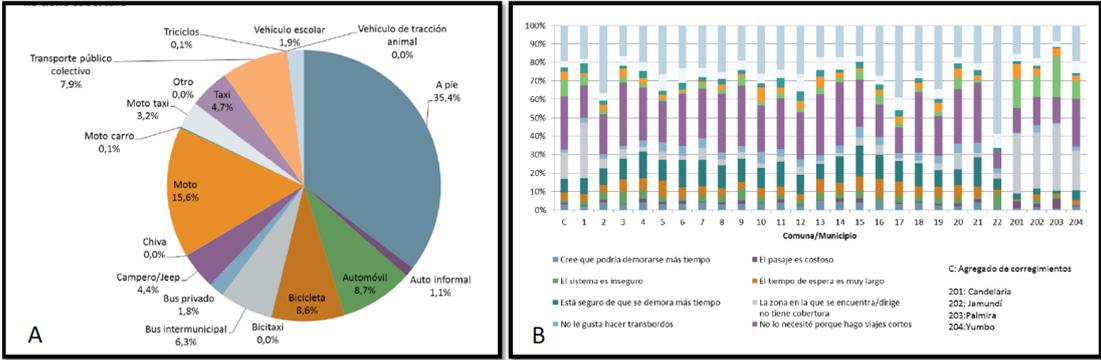


Figura 10 A-Partición modal de los viajes no realizados en MIO por motivo: "La zona en la que se encuentra/dirige no tiene cobertura, B- Razones principales de no uso del MIO en todo Cali

Fuente: Gleave, 2015

4.4.7 Razones por la cuales no se usa el MIO

El caleño es renuente a usar el transporte público sustentándose en varias razones, siendo la principal la percepción de demora, lo que deja en claro que la frecuencia de paso de los vehículos por las paradas y el tiempo que toma movilizar a las personas de un lugar a otro son los principales focos de problemas a solucionar por parte del sistema de transporte masivo en la ciudad.

Como solucionar estos elementos obliga a realizar altas inversiones por parte de los dueños del sistema, pues demanda la adquisición de más vehículos, es evidente que aplicar esta solución tomara mucho tiempo, aparte de la decisión política de hacer la inversión, máxime si se considera que los empresarios aportantes en el sistema reiteran continuamente de forma publica su queja por las pérdidas económicas que dicen estar sufriendo, debido a la mala planificación operativa del sistema por parte de los administradores del mismo. (Figura 9-B)

4.4.8 Percepción de cercanía de la parada del bus a la casa o lugar de destino

El análisis de área de influencia queda referido a la cobertura de las rutas y la cercanía que tienen los sitios de parada de los buses en *relación* al lugar de destino del usuario. Para conocer la percepción se consultó:

1) Se encontró que el 54.55% de los entrevistados señala que no deben caminar más de 5 cuadras, lo cual hace suponer que la localización de las paradas están en armonía con el principio aceptado en varios países, según el cual esa distancia debe oscilar alrededor de los 300 metros, lo que se corrobora en el hecho que el 90.9 % de las personas manifiesta llegar a su destino final caminando, mientras el 9.1 % restante dice emplear moto taxi, lo que es aceptable por el hecho que los buses no pueden llegar a todos los sectores debido a dificultades de carácter geométrico en las calles. (Anexo A-13)

2) A la pregunta sobre si existen rutas y paraderos cercanos al lugar de destino final del usuario, sin establecer una unidad de medida específica, la percepción a favor de un buen cubrimiento es del 79.55%, reiterando esto que los administradores del MIO han hecho un buen trabajo de planeación y aplicación de la programación de paradas.

En la comuna 18 existen condiciones particulares, en relación a las cuestiones de índole geométrico de las vías, en términos de su estructura topográfica, con pendientes pronunciadas y calles estrechas, lo cual impide el acceso de los buses, evitando esto un mejor cubrimiento en rutas y sitios de paradas, por lo que los usuarios deben soportar en algunas zonas de la comuna una mayor distancia a recorrer a pie, entre el lugar de la parada y su lugar de destino, que generalmente es el lugar de habitación. (Anexos A-64 A-65 A-34 A-23).

4.4.9 Percepción del tiempo de viaje

Un factor crítico a observar en este tipo de estudio es el tiempo de viaje, es decir, la percepción del usuario sobre cómo valora la eficiencia en el cubrimiento de la ruta por parte del operador

del sistema, encontrando que el 50% de la gente indica que se toma un tiempo corto, pero la otra mitad percibe lo contrario. Esto demuestra la volatilidad de la percepción, en función a las circunstancias personales de viaje y otros factores, por lo que se hace difícil esperar una respuesta con alto grado de asertividad por la mayoría de los usuarios. No obstante, esto, es claro que la velocidad media a la que se desplazan los buses del sistema MIO, establecida en 13.5 kilómetros (Metrocali, 2017) por hora, puede estar contribuyendo a que el tiempo de viaje este siendo percibido negativa mente por un 50 % de los usuarios. (Anexo A-66 A-38).

4.4.10 Percepción de frecuencia de paradas

En línea con el tiempo de viaje, se debe considerar la percepción del número de paradas, pues claramente a más paradas mayor demora en el cubrimiento de la ruta, lo que justifica que el 65.9 % de los usuarios las valore como muchas o excesivas, pues ya el 50 % había dicho que el tiempo de viaje era largo, esta pregunta es importante ya que el indicador de trazado de velocidad compara la ruta real, con una línea recta. (Anexo A-39)

No obstante, esto, los buses deben tener paradas al menos cada 300 metros, pues una programación de paradas más espaciadas impediría al sistema aportar a los usuarios el plus o beneficio de dejarlos a una distancia media de alrededor de esa cantidad de metros de su lugar de destino.

La única manera como se evitaría la percepción de demasiadas paradas seria programando rutas más cortas, lo cual llevaría a cubrir menos estaciones o paradas, pero esto implicaría menos eficiencia en el cubrimiento de cada comuna de la ciudad por parte del sistema y además representaría para los ciudadanos el tener que memorizar más rutas, lo que haría al sistema más complejo de asimilar y entender en su operación por parte de los usuarios.

4.4.11 Percepción de hacinamiento dentro de los buses

El 81.82 % de los usuarios considera que suben demasiados pasajeros a los buses, lo cual riñe con las estadísticas de uso medio del sistema, donde se señala un promedio de ocupación del 58%, considerando toda la franja horaria de servicio del MIO. Demuestra esto, que se está ante un problema de expectativas mentales de los usuarios, quienes en su mayoría pretenden un servicio público barato, confortable y exclusivo, es decir, la gente con el marcado individualismo propio de la sociedad occidental, no quiere asumir ningún costo al recibir el privilegio del servicio público, pretendiendo exigir privacidad en el servicio público, lo cual no

puede ser dado por el Estado y menos por lo privados que financian mediante inversión el sistema de transporte de Cali.

El hacinamiento dentro de los buses se da fundamentalmente en las horas pico, en la mañana, al medio día y al final de la tarde, cuando se registra la mayor demanda por el servicio, aunque los administradores del sistema lo regulan mediante el incremento del número de buses en las distintas rutas, en especial en aquellas en donde los registros estadísticos confirman los mayores cuellos de botella. (Anexo A-65 A-35)

4.4.12 Conducción de los buses

El desempeño de los conductores frente al volante es ponderado como bueno y precavido por el 68.2 % de los usuarios, entregando esto un elemento a favor del sistema, pues contribuye a mejorar la percepción positiva y evita la desconfianza por parte de los ciudadanos al igual que el stress colectivo, causante de diferentes tipos de comportamientos negativos y conflictos sociales. (Anexo A-40)

4.4.13 Percepción de seguridad al emplear el sistema MIO

Otro factor marginal al epicentro del estudio, pero relevante para analizar la forma como el usuario lo percibe y califica, es identificar la percepción de seguridad, observando que un 90.9 % lo encuentra seguro, aunque el ideal es que fuera del 100 %, lo que no se puede alcanzar hasta que no se consiga llevar a cero la delincuencia común en Cali, algo de lo que se está muy lejos en tanto persistan las anomalías socioeconómicas estructurales que aquejan a la ciudad y a Colombia en general. (Anexo A-43).

4.4.14 Percepción del tiempo de espera en el lugar de parada del bus

Junto a la percepción del tiempo de viaje, resulta también sensible el tiempo de espera del bus, frente a lo cual el 84.09 % de los usuarios se manifestó en el sentido de que es demasiado largo, producto ello de fallas estructurales del sistema, como el bajo número de buses para el tamaño de la ciudad, lo que deriva en una frecuencia de paso de vehículos por las paradas muy distantes en términos del número de minutos.

Esta percepción es quizá más dañina para el sistema MIO que los demás factores, en razón a que molesta e irrita al usuario, al punto que le hace perder no solo la confianza en la

funcionalidad del sistema, sino que lo indispone contra él, viabilizando que lo vea y califique como un mal servicio en todos los frentes.

La solución a esta grave falla radica en mejorar la frecuencia de llegada a las paradas de los buses, pero esto no es posible en tanto no se disponga del suficiente número de vehículos, se minimice la salida de operación de los mismos por fallas mecánicas o de otra índole, y se haga una planificación de rutas, con la amplitud horaria adecuada y la frecuencia de viajes al día en función al número de habitantes potenciales usuarios por comuna. (Anexo A-68 A-28)

4.4.15 Categorización del tiempo de espera

Complementando la percepción del tiempo de espera, se pidió a los usuarios establecer una medida en minutos de ese tiempo, como una manera de refrendar esa percepción, pues es claro que al disponer de una medida más exacta es posible valorar más técnicamente la dimensión de las fallas en programación de rutas y frecuencia de paso de cada ruta por cada parada oficial.

Las respuestas indicaron que la tardanza más repetida es la 30 minutos en el 40.91 % de las veces, seguida por 27.27 % con 20 minutos y 9.09 % con 35 minutos, lo cual sumado muestra una tardanza superior a 20 minutos en el 77.27 % de las veces (Figura 10-A), siendo esto grave, si se considera una espera de 15 minutos, como un umbral superior máximo que no debería rebasarse como frecuencia de paso de los buses en cada parada, pues una espera superior a ese tiempo causa fatiga e irritación en la mayoría de las personas (Figura 10-B) y les hace sentirse irrespetadas y maltratadas en su auto estima personal, por parte de los administradores de un servicio de transporte pago que se supone estructurado para ser eficiente, gracias a respetar el tiempo de los usuarios. (Anexo A-69)

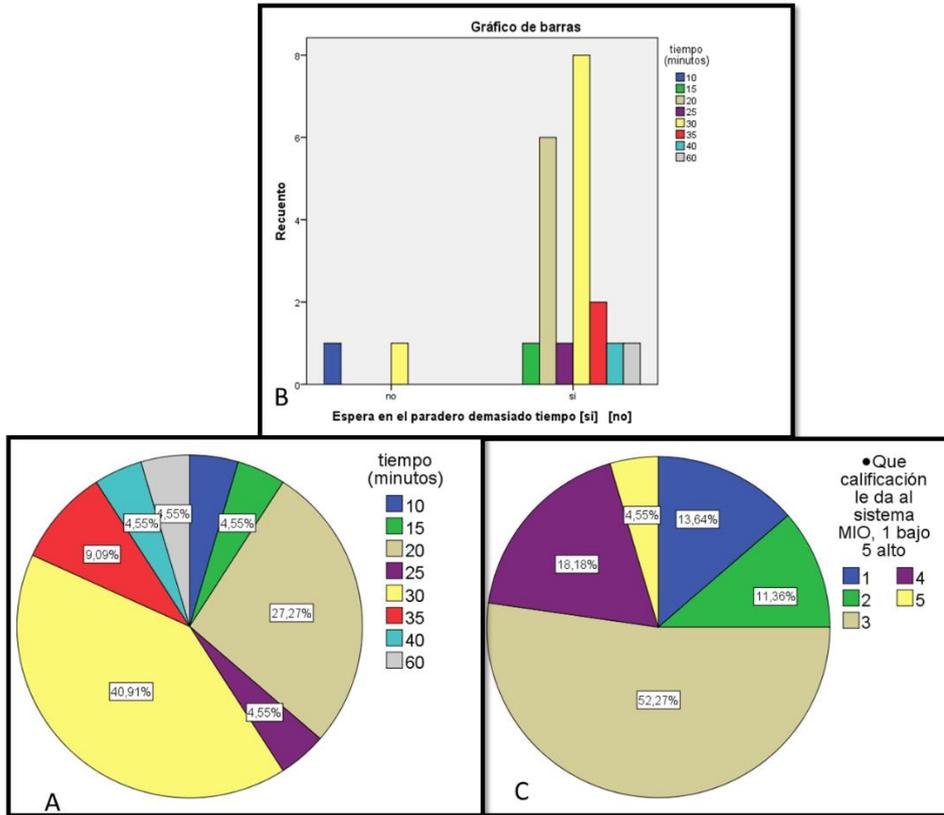


Figura 11 A-Tiempo de espera en la estación, B- Tiempo de espera con respecto a la percepción, C- Calificación al sistema MIO

4.4.16 Esperar otro bus ante imposibilidad de subirse por sobre cupo

El 75 % de los encuestados dice haber tenido que esperar otro bus ante la imposibilidad de subir al que llego debido al sobre cupo de pasajeros que este tenía, es un elemento que agrava la percepción de demora registrada mayoritariamente en la respuesta anterior, lo cual debe tomarse como algo que ocurre principalmente en las horas de mayor demanda del servicio. La solución se enmarca en la propuesta planteada en el punto anterior.

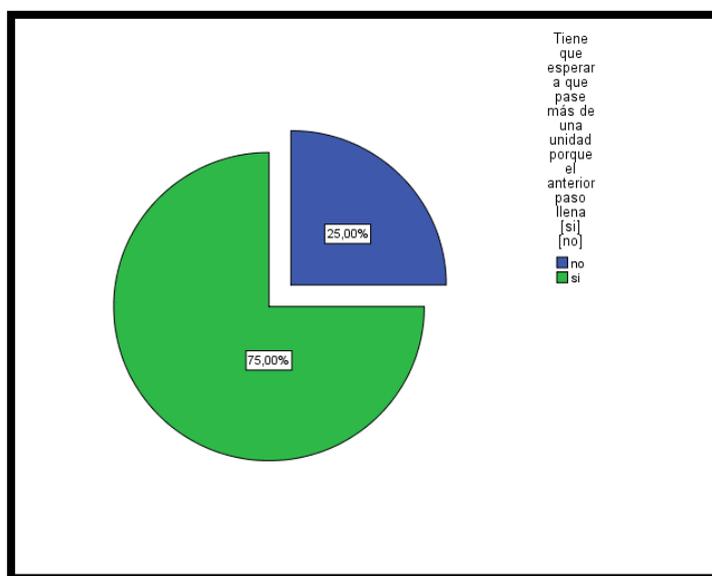


Figura 12 ¿Tiene el usuario que esperar a que pase más de una unidad por que la anterior ha pasado llena? Elaboración propia

4.4.17 Número de rutas MIO disponibles para llegar al destino

En compensación al hecho de no poderse subir a un bus por presentar sobrecupo, el sistema suministra a los usuarios rutas alternativas en el 72.8 % de las veces, correspondientes a 3 rutas el 20.5 %, y a 2 rutas, el 52.3 % (Tabla 13), reflejando esto un factor operativo altamente positivo en bien de los usuarios, quienes por supuesto habrán de valorarlo a favor del sistema MIO.

Tabla 4 Ruta de Mio disponibles para el destino

Cuantas rutas MIO tiene disponible para el destino					Simulación de muestreo para Porcentaje ^a				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Sesgo	Error estándar	Intervalo de confianza a 95%		
							Inferior	Superior	
Válido	3	9	20,5	20,5	-1,1	4,8	11,4	29,2	
	2	23	52,3	72,7	,2	6,5	38,6	63,6	
	1	11	25,0	97,7	,7	7,1	9,8	44,4	
	0	1	2,3	100,0	,2	2,4	,0	8,7	
Total	44	100,0	100,0		,0	,0	100,0	100,0	

a. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 44 muestras de simulación de muestreo

4.4.18 Calificación al sistema MIO como servicio público de transporte

No obstante, las calificaciones negativas en distintos frentes indagados, los usuarios del sistema masivo de transporte lo califican integralmente en un 52.27 % con 3, en la escala común de 1 (lo menos) a 5 (lo máximo), y donde 3 significa aprobado. Si a esto se suma que el 18.18 % lo calificó con 4 y un 4.55 % lo hizo con 5, es claro que el nivel de aprobación total es del 75 %, con un 22,73 % (viene de sumar 18.18 % con 4.55%) que lo ensalza con una nota entre 4 y 5, por lo que se debe concluir que el modelo MIO en últimas es un servicio de transporte bien valorado por los usuarios de la comuna 18 de Cali.

Es evidente que el guarismo de aprobación del 75 % tiene validez y sentido de justicia, pues claramente el MIO reemplazó un sistema de transporte publico caótico, (ver Tabla 18 ¿extraña el sistema de buses que existió antes de la implementación del MIO?), en el cual varias empresas con rutas diferentes, similares o complementarias, competían en las vías por cada pasajero, en una operación avispada desordenada a la que se llegó a denominar “la guerra del centavo” pues los conductores, a quienes se pagaba por pasajero movilizado, literalmente peleaban por cada pasajero, sin importar si se luchaba contra un conductor perteneciente a la misma empresa o a otra.

En ese escenario la ciudad entera, principalmente en sus vías más importantes, era un teatro de operaciones de movilidad de pasajeros en total caos, donde no se respetaba los sitios de parada ni por los ciudadanos que usaban el servicio ni por los conductores de los buses, había más probabilidad de accidentes, los buses pasaban con sobre cupo con usuarios materialmente colgados en las puertas de adelante y trasera, se excedían los límites de velocidad por conductores que esperaban bajar pasajeros rápido y subir a otros, y los conductores llegaron a operar sin restricciones de horario, en buses obsoletos que carecían de aire acondicionado.

El MIO es un sistema unificado de transporte, se aprecia por los ciudadanos, principalmente si son sus usuarios, una calidad radicalmente diferente a lo que antes existía, desde las paradas de buses actuales, algunas de ellas convertidas en estaciones bien dotadas, hasta la disposición en algunas vías de corredores viales exclusivos para el sistema, a lo que se une la opción de poder aplicar soluciones unificadas a las distintas fallas que se detectan, por parte de la administración del sistema. (Anexo A-51)

En adición a ello, la ciudad de Cali, en tanto supra sistema vivo y dinámico socialmente que es, presenta un desenvolvimiento del tránsito vehicular mucho más organizado y por tanto más

funcional y eficiente, a pesar de los trancones naturales ocurridos al día, debido a la escases de vías, ante una saturación de vehículos particulares que bien pueden ser los verdaderos causantes de los problemas actuales, pues resulta ineficiente que cada ciudadano se movilice individualmente en un vehículo, cuando es más rentable financiera, social y ambientalmente movilizarse por parte de todos los ciudadanos en un sistema masivo como el MIO.

El punto culminante de este trabajo es que el MIO, como sistema de transporte masivo, está siendo bien ponderado por los usuarios de comunas como la 18 (Figura 10-C), la cual es representativa en Cali, por sus características socio demográficas, que tipifican al usuario caleño del sistema. Si la administración del sistema consigue mejorar los problemas principales reportados de falta de rutas y tardanza en la frecuencia de paso por estaciones, ganará cada día más y más la confianza de los usuarios, elemento que le permitirá al sistema ganar la aprobación de los usuarios que prefieren hoy por hoy emplear el costoso medio individual de transporte.

4.4.19 Percepción del costo del transporte con respecto al estrato socioeconómico

La correlación entre la percepción del costo del transporte público MIO, con respecto al estrato social, el tiempo de viaje, la oferta de paraderos y el grado de accesibilidad a los paraderos en la comuna 18 objeto de estudio, se puede analizar a partir de los siguientes datos.

Los cálculos numéricos demuestran que no existe correlación entre el gasto incurrido en transporte y el estrato social, pues sencillamente las personas que deben emplear el sistema de transporte lo hacen por necesidad, debiendo asumir el costo que ello implique.

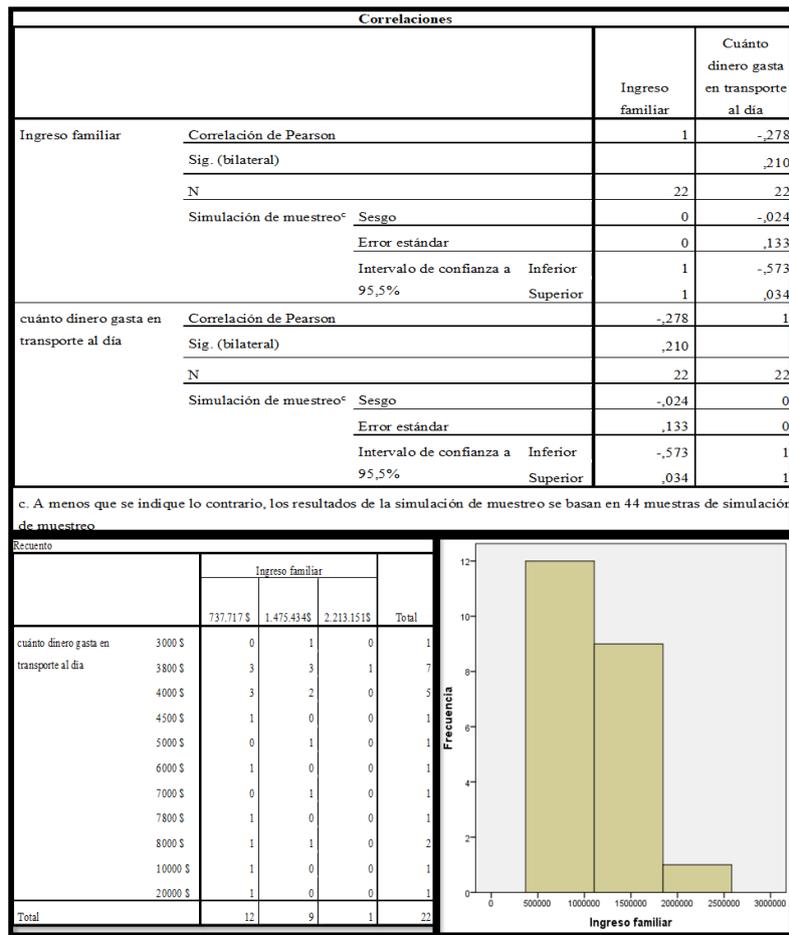


Figura 13 A5 ingreso familiar vs dinero que gasta al día en transporte -, B-Ingreso familiar Fuente elaboración propia, C- Correlación entre ingreso familiar y dinero que gasta en transporte al día.

Correlación, puede tomar valores positivos o negativos, pero si su valor absoluto es:

0.96 a 1 perfecta, 0.85 a 0.95 fuerte, 0.70 a 0.84 significativa, 0.5 a 0.69 moderada, 0.20 a 0.49 débil y Menor nula

Mediante la correlación de Pearson realizada con ayuda del programa IBM SPSS Statistics 23, muestra que no existe correlación ya que arroja un resultado de -0,27

5 ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD DE LAS RUTAS DEL MIO EXISTENTES EN LA COMUNA 18

El análisis de accesibilidad se realiza utilizando los indicadores descritos en el numeral 2.3 (ecuaciones 1 a 7) en los cuales se tiene en cuenta la distancia y el tiempo reales entre paraderos y también considerando distancia y el tiempo del recorrido en la línea recta entre los paraderos.

Los indicadores de accesibilidad, tienen como fin evaluar la situación actual de accesibilidad de las rutas para los usuarios de la comuna 18, basado en los resultados de dicho análisis, se estudiará si es posible modificar un poco la accesibilidad para mejorar la movilidad, dado que un zona muy accesible conlleva a mayores tiempos de viaje, esto como consecuencia de los múltiples nodos que debe tener un sistema altamente accesible, dado que en cada nodo el bus MIO debe hacer una pausa, esto a su vez genera que la velocidad media de recorrido sea inferior.

La comuna 18, actualmente (año 2017) posee 5 rutas exclusivas (imagen 4-A) y 2 rutas que tienen un pequeño recorrido dentro de la comuna pero que no es significativo para el estudio.

La velocidad utilizada para evaluar cada una de las rutas, corresponde a la velocidad media real como se indica en la (Imagen 5-A). Las velocidades medias, son obtenidas de la base de datos suministrada por Metrocali para el mes de noviembre 2017, (Anexo A-101)

Por otra parte, es importante destacar que la encuesta piloto mostró que los usuarios hacen viajes fuera de la comuna 18 (Imagen 5) y que por lo tanto es muy importante reducir el tiempo de viaje desde cualquier paradero hacia la Estación de intercambio y viceversa.

Ruta	Recorrido total Km	Nodos	Velocidad media real km/h	Opera siempre
A12A	7,048	22	13,8703955	si
A12B	7,7531	24	13,11039631	si
A12C	4,9669	9	16,21784263	No domingo
A12D	9,6652	22	15,01180003	si
A78A	8,4656	21	15,1	si
A73 no evaluada	10,4465	NA	17,66571698	si
A71 no evaluada	8,4656	NA	18,47591735	si

A

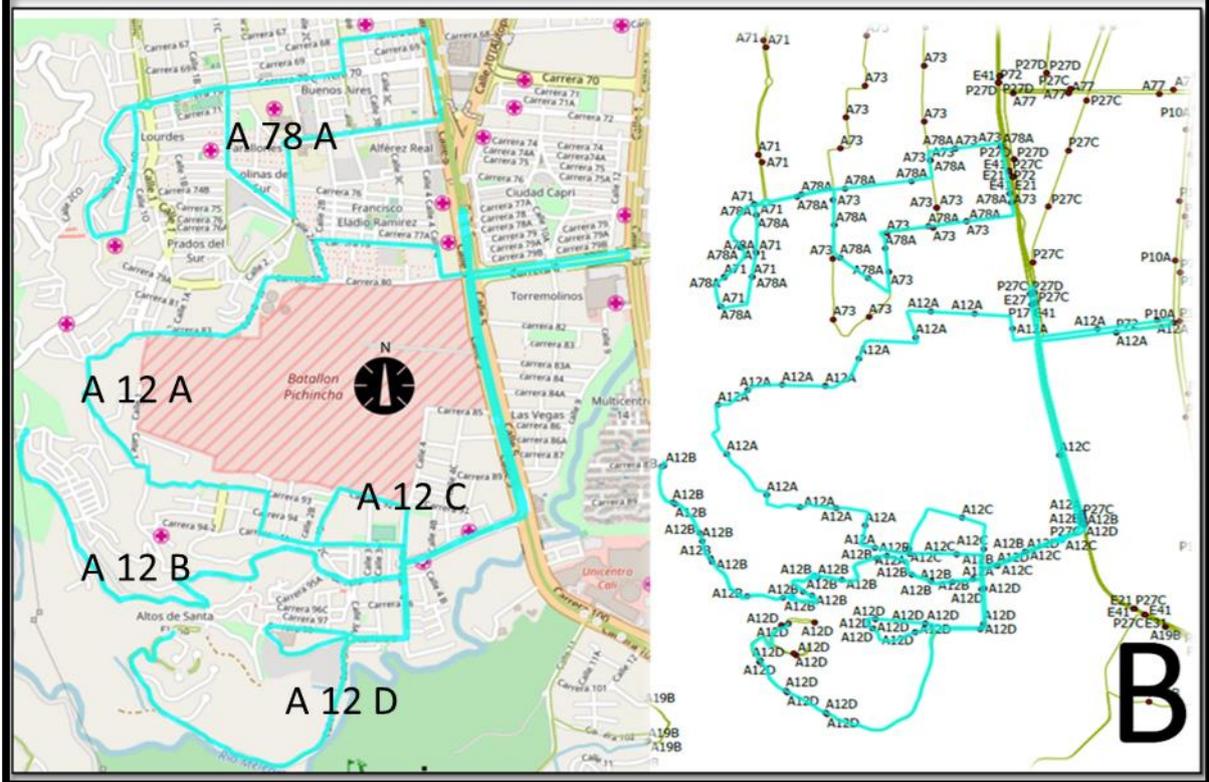


imagen 4 A- Resumen rutas comuna (Anexo A-101) 18 ,B-Rutas sometidas a estudio comuna 18 resaltadas en azul Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por Metrocali usando el programa ArcGis pro



destino.csv	origen.csv.xlsx
1 melendez cali	1 primero de mayo cali
2 marroquin cali	2 melendez cali
3 melendez cali	3 melendez cali
4 las palmas cali	4 sameco cali
5 Alto jordan	5 melendez cali
6 melendez cali	6 salomia cali
7 andres sanin	7 paso ancho cali
8 manzana del saber	8 paso ancho cali
9 unidad deportiva cali	9 universidad del valle
10 valle del lili	10 universidad autonoma cali
11 santa helena cali	11 barrio el caney cali
12 caldas cali	12 universidad javeriana cali
13 colseguros cali	13 universidad javeriana cali
14 melendez cali	14 pampalinda
15 popular norte cali	15 siloe cali
16 la luisa cali	16 polvorines cali
17 melendez cali	17 jardin plaza
18 melendez cali	18 universidad santiago de cali
19 melendez cali	19 universidad icesi
20 jordan cali	20 las americas cali
21 centro cali	21 villa nueva cali
22 Las Américas cali	22 las americas cali
23 chiminangos	23 melendez cali
24 primero de mayo cali	24 melendez cali
25 capri cali	25 melendez cali
26 las palmas cali	26 centro cali
27 Alto jordan	27 centro cali
28 jordan cali	28 salomia cali
29 Alto melendez	29 centro cali
30 parque de la caña	30 melendez cali
31 jordan cali	31 melendez cali
32 jamundi	32 melendez cali
33 ciudad cordoba cali	33 melendez cali
34 marroquin cali	34 melendez cali
35 polvorines cali	35 melendez cali
36 polvorines cali	36 melendez cali
37 ingenio cali	37 melendez cali
38 san fernando cali	38 melendez cali
39 Alto jordan	39 universidad javeriana cali
40 valle del lili	40 polvorines cali
41 las palmas cali	41 torre de cali
42 polvorines cali	42 melendez cali
43 capri cali	43 melendez cali
44 melendez cali	44 universidad icesi

imagen 5 Mapa de la encuesta piloto con origen (azul) y destino (rojo) de los encuestados. Fuente

Elaboración propia realizado en [://www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

5.1 Ruta A12C

La ruta A12C, tiene un breve recorrido dentro de la comuna 18, es utilizada para mover personas en las inmediaciones de la *carrera 96 con calle 4* hasta la estación *Capri*, gran parte de su recorrido transcurre sobre la *calle 5*, donde actualmente ya existen rutas que podrían transportar personas desde la estación *Meléndez* a la estación *Capri* (Imagen 6).

El mapa de la ruta (Imagen 6). se obtiene a partir de la base de datos suministrada por MetroCali en la cual está la ubicación georreferenciada de cada una de las estaciones (nodos) y la ruta. Posteriormente, se dibuja en AutoCad 2017 el recorrido y utilizando la base de mapas Bing se obtiene el plano de la ciudad de Santiago de Cali

Todas las rutas actuales (Numeral 5.1 5.2 .5.3 5.4 5.5) y las 2 propuestas (Numeral 6.1 6.2) se analizaron de la misma forma que en el presente Capítulo (Numeral 5.1).

Los indicadores de accesibilidad topológicos de la ruta A-12C se calculan y para las demás rutas se siguió el mismo procedimiento realizado en esta ruta.

La ruta presenta la particularidad de que el usuario puede subirse en cualquier sentido que quiera, es decir hacia la estación o hacia la parada más lejana a la estación, por tanto, se estudia la ruta en una sola dirección, los nodos de estudio estarán resaltados en las matrices donde se requiera dicha diferenciación.

Los pasos realizados sobre cada Ruta de estudio y propuesta se comentan a continuación

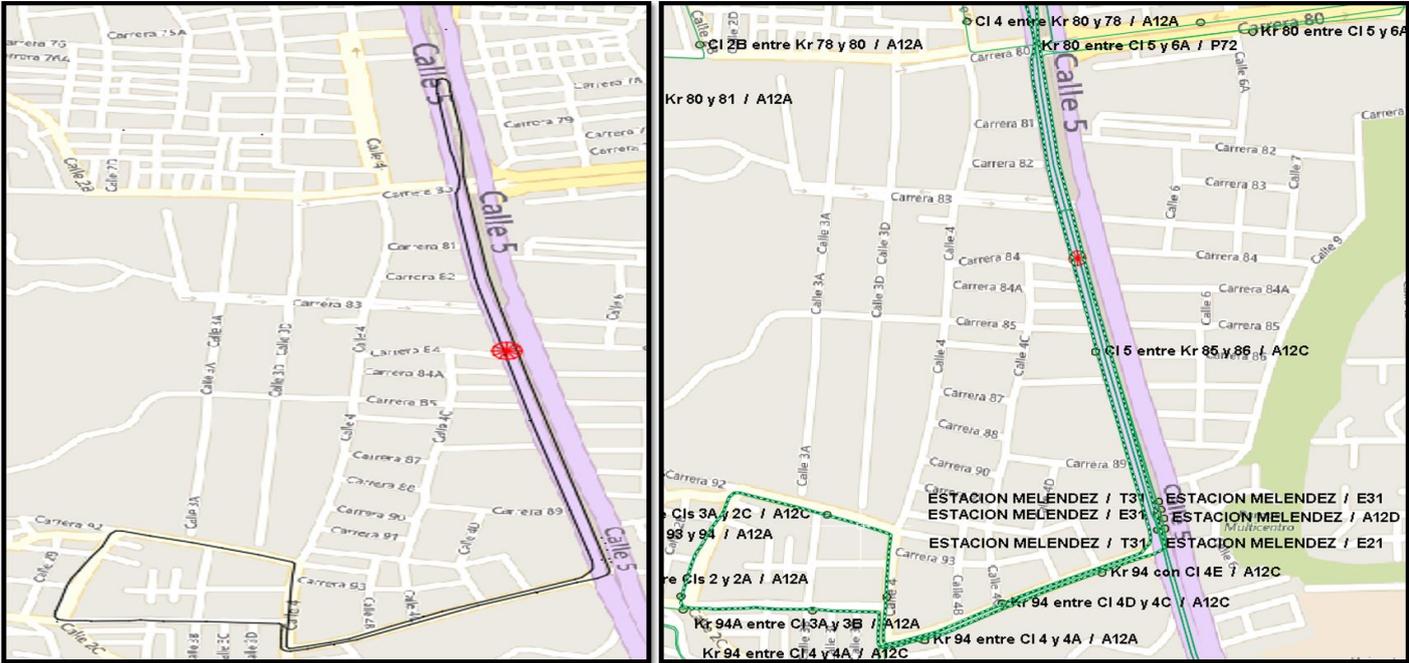


imagen 6 Ruta A12C

En primer lugar, se debe georreferenciar el área de trabajo en AutoCad Civil, se debe usar un sistema de coordenadas valido para la zona en cuestión en este caso se utilizó el

sistema Magna Colombia West. Para las rutas actuales se utilizó una base de datos SHP, facilitadas por Metrocali.

Calculo de indicadores

5.1.1 Matriz de Shimbel

La matriz de Shimbel (Tabla 6), se elabora contando el número de arcos que existen entre cada nodo/parada y se va acumulando (imagen 7-A). Siguiendo la ecuación (1) citada en el Numeral 2.3.1. Para ejemplificar se realiza el conteo en el cual se parte del nodo *Estación Capri* hasta el nodo *Cl4 entre Kr 92 y 94* (Tabla 6). El recorrido de dicha ruta se realiza en 3 arcos y 4 nodos, por lo tanto, la matriz de Shimbel es igual a 3.

$IS = \sum a_{ij} \quad (1)$ (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988)

Tabla 6 Matriz de Shimbel Ruta A12C

	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A
ESTACION CAPRI	0	1	2	3	4	5
Cl 5 entre Kr 85 y 86	1	0	1	2	3	4
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	2	1	0	1	2	3
Cl 4 entre Kr 92 y 94	3	2	1	0	1	2
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	4	3	2	1	0	1
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	5	4	3	2	1	0

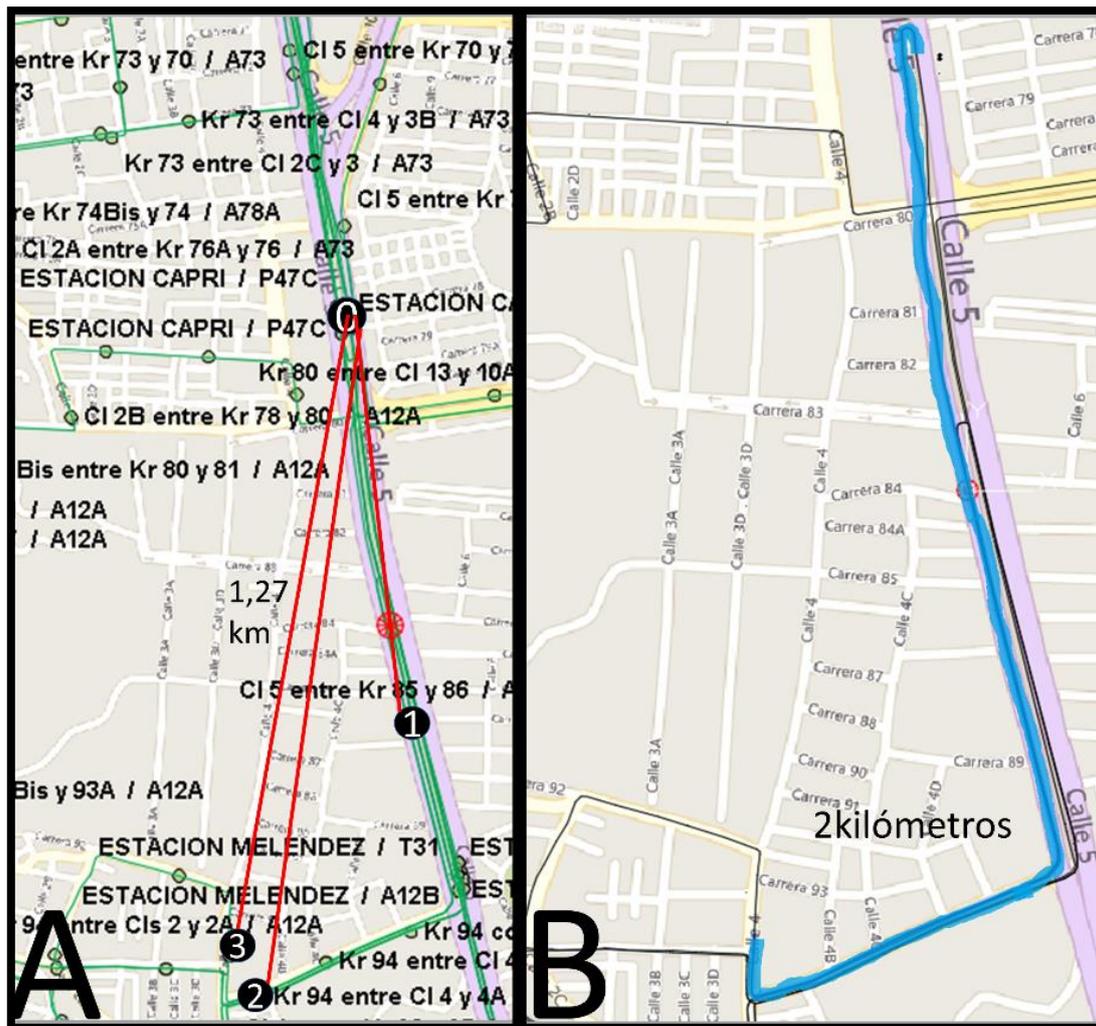


imagen 7-A Conteo de estaciones para la matriz de Shimbel, en línea roja la distancia en línea recta **Imagen 7-B** Distancia en ruta

5.1.2 Matriz de distancia km en ruta A12C

Para la elaboración la matriz de distancia en ruta (Tabla 7), se mide la distancia sobre la polilínea (arco) entre cada una de las paradas (nodos), luego se acumula la distancia existente entre cada grupo de nodos por el que el bus debe pasar (Imagen 7-B).

Para el ejemplo seleccionado, la suma de la distancia (Tabla 7), corresponde a la distancia existente desde la estación *Capri* a *Cl 4 entre kr 92 y 94*, siguiendo el recorrido del bus MIO (color azul **Imagen 7-B**). Así pues, la distancia entre (*Estación Capri*) y (*Cl 5 entre Kr85 y 86*) es de 0,98 Km, la distancia entre (*Cl 5 entre Kr85 y 86*) y (*Kr 94 entre Cl 4D y 4C*) es de 0,7km

lo que en suma acumulada da 1,68km y por último entre y (Kr 94 entre Cl 4D y 4C) y (Cl4 entre Kr 92 y 94) hay 0,32 km lo que da un total acumulado de 2 Kilómetros .

Tabla 7 Matriz de distancia km en ruta A12C

distancia recorrido	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre Cl 3A y 3B	Kr 94 entre Cl 4 y 4A	Kr 94 con Cl 4E
ESTACION CAPRI	0,00	0,98	1,68	2,00	2,25	2,66	2,92	3,18	3,53
Cl 5 entre Kr 85 y 86	0,98	0,00	0,70	1,03	1,27	1,69	1,94	2,21	2,56
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	1,68	0,70	0,00	0,33	0,57	0,99	1,24	1,51	1,86
Cl 4 entre Kr 92 y 94	2,00	1,03	0,33	0,00	0,25	0,66	0,92	1,18	1,53
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	2,25	1,27	0,57	0,25	0,00	0,41	0,67	0,93	1,28
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	2,66	1,69	0,99	0,66	0,41	0,00	1,94	1,24	0,92
Kr 94A entre Cl 3A y 3B	2,92	1,94	1,24	0,92	0,67	1,94	0,00	0,26	0,61
Kr 94 entre Cl 4 y 4A	3,18	2,21	1,51	1,18	0,93	1,24	0,26	0,00	0,35
Kr 94 con Cl 4E	3,53	2,56	1,86	1,53	1,28	0,92	0,61	0,35	0,00

5.1.3 Matriz de distancia km en línea recta A12C

La distancia en línea recta (Tabla 8) entre la Parada principal (Capri) y cada una de las paradas (nodos), se calcula, mediante el uso de la ecuación (8), la cual exige las coordenadas x,y para cada nodo y encuentra la magnitud del vector que las une por el camino más corto (línea recta) (línea en color rojo Imagen 7-A).

La ecuación (8), se reemplaza por los valores seleccionados en el ejemplo (Tabla 9), para llegar al resultado de 1,27 kilómetros entre el nodo (estación Capri) y (Cl4 entre Kr 92 y 94) (Imagen 7-A).

Las coordenadas son dadas por MetroCali en Megámetros por tanto se deben pasar a kilómetros

$$d = \left[\sqrt{(-76,547121 - (-76,54489))^2 + (3,375747 - 3,38830)^2} \right] * 100 \approx 1,27Km$$

Tabla 8 Matriz de distancia km en línea recta A12C

distancia recta	ESTACION CAPRI	CI 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre CI 4D y 4C	CI 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	CI 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre CI 3A y 3B	Kr 94 entre CI 4 y 4A	Kr 94 con CI 4E
ESTACION CAPRI	0,00	0,80	1,27	1,27	1,15	1,37	1,33	1,35	1,22
CI 5 entre Kr 85 y 86	0,80	0,00	0,50	0,57	0,53	0,81	0,66	0,61	0,41
Kr 94 entre CI 4D y 4C	1,27	0,50	0,00	0,19	0,33	0,51	0,30	0,14	0,17
CI 4 entre Kr 92 y 94	1,27	0,57	0,19	0,00	0,18	0,33	0,12	0,10	0,35
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	1,15	0,53	0,33	0,18	0,00	0,28	0,18	0,28	0,45
CI 2C entre Kr 94 y 94A	1,37	0,81	0,51	0,33	0,28	0,00	0,21	0,40	0,68
Kr 94A entre CI 3A y 3B	1,33	0,66	0,30	0,12	0,18	0,21	0,00	0,19	0,47
Kr 94 entre CI 4 y 4A	1,35	0,61	0,14	0,10	0,28	0,40	0,19	0,00	0,31
Kr 94 con CI 4E	1,22	0,41	0,17	0,35	0,45	0,68	0,47	0,31	0,00

Tabla 9 Coordenadas de los nodos ruta A12C

NODO	Coordenada X	coordenada Y
ESTACION CAPRI	-76,5448983	3,3883018
CI 5 entre Kr 85 y 86	-76,5437765	3,3803517
Kr 94 entre CI 4D y 4C	-76,5452751	3,3756298
CI 4 entre Kr 92 y 94	-76,5471217	3,3757480
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	-76,5480765	3,3772914
CI 2C entre Kr 94 y 94A	-76,5504229	3,3757654
Kr 94A entre CI 3A y 3B	-76,5483132	3,3754964
Kr 94 entre CI 4 y 4A	-76,5465185	3,3749440
Kr 94 con CI 4E	-76,5436759	3,3762102

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (8)$$

5.1.4 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12C

La matriz de tiempo de recorrido en ruta (Tabla 10) es el resultado de dividir la matriz de distancia de ruta (Tabla 7), entre la velocidad media de la ruta (suministrada por MetroCali imagen A-4), en este caso es 16,21 km/h y multiplicándolo por 60.

$$\text{Tiempo en ruta} = \left(\frac{\approx 2}{16,21} \right) * (60) \approx 7,41 \text{ Minutos}$$

En la (Tabla 10) se puede observar fácilmente los recorridos más grandes y más cortos que puede tener un usuario en particular, en este caso el máximo es de 9,86 minutos, es importante recalcar que esta ruta al no ser circular deja que los usuarios decidan en qué sentido quieren subirse.

Tabla 10 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12C

Tiempo recorrido	ESTACION CAPRI	CI 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre CI 4D y 4C	CI 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre CIs 3A y 2C	CI 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre CI 3A y 3B	Kr 94 entre CI 4 y 4A	Kr 94 con CI 4E
ESTACION CAPRI	0,00	3,62	6,21	7,41	8,33	9,86	10,80	11,78	13,07
CI 5 entre Kr 85 y 86	3,62	0,00	2,59	3,79	4,71	6,24	7,19	8,16	9,46
Kr 94 entre CI 4D y 4C	6,21	2,59	0,00	1,20	2,12	3,65	4,60	5,57	6,87
CI 4 entre Kr 92 y 94	7,41	3,79	1,20	0,00	0,92	2,45	3,39	4,37	5,66
Kr 92 entre CIs 3A y 2C	8,33	4,71	2,12	0,92	0,00	1,53	2,47	3,45	4,75
CI 2C entre Kr 94 y 94A	9,86	6,24	3,65	2,45	1,53	0,00	7,19	4,60	3,39
Kr 94A entre CI 3A y 3B	10,80	7,19	4,60	3,39	2,47	7,19	0,00	0,98	2,27
Kr 94 entre CI 4 y 4A	11,78	8,16	5,57	4,37	3,45	4,60	0,98	0,00	1,30
Kr 94 con CI 4E	13,07	9,46	6,87	5,66	4,75	3,39	2,27	1,30	0,00

5.1.5 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12C

La matriz de tiempo en recorrido línea recta (Tabla 11) se es el resultado de dividir la matriz de distancia en línea recta, entre la velocidad media de la ruta, en este caso es 16,21 km/h (Imagen 4-A) y multiplicándolo por 60.

$$\text{Tiempo en ruta} = \left(\frac{\approx 1,27(\text{Tabla 8})}{16,21(\text{Imagen 4 - A})} \right) * (60) \approx 4,72 \text{ Minutos}$$

Esta matriz sirve para evaluar cuál será el tiempo de recorrido mínimo, si existiera la posibilidad de hacer rutas en línea recta, por ejemplo, para la mayor distancia el tiempo mínimo sería de 4,69 minutos.

Tabla 11 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12C

tiempo en recta	ESTACION CAPRI	CI 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre CI 4D y 4C	CI 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre CIs 3A y 2C	CI 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre CI 3A y 3B	Kr 94 entre CI 4 y 4A	Kr 94 con CI 4E
ESTACION CAPRI	0,00	2,97	4,69	4,72	4,24	5,07	4,90	4,98	4,50
CI 5 entre Kr 85 y 86	2,97	0,00	1,83	2,11	1,95	2,99	2,46	2,24	1,53
Kr 94 entre CI 4D y 4C	4,69	1,83	0,00	0,68	1,21	1,91	1,13	0,53	0,63
CI 4 entre Kr 92 y 94	4,72	2,11	0,68	0,00	0,67	1,22	0,45	0,37	1,29
Kr 92 entre CIs 3A y 2C	4,24	1,95	1,21	0,67	0,00	1,04	0,67	1,04	1,68
CI 2C entre Kr 94 y 94A	5,07	2,99	1,91	1,22	1,04	0,00	0,79	1,48	2,50
Kr 94A entre CI 3A y 3B	4,90	2,46	1,13	0,45	0,67	0,79	0,00	0,69	1,74
Kr 94 entre CI 4 y 4A	4,98	2,24	0,53	0,37	1,04	1,48	0,69	0,00	1,15
Kr 94 con CI 4E	4,50	1,53	0,63	1,29	1,68	2,50	1,74	1,15	0,00

5.1.6 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12C

La matriz de factor de ruta (Tabla 12) es el resultado de aplicar la ecuación (2), la cual consiste en dividir la matriz de distancia en recorrido de ruta (Tabla 7), entre la matriz de distancia de recorrido en línea recta (Tabla 8).

$$Frij = \frac{d_{ij}}{d^{0ij}} \quad Frij = \frac{\approx 2 \text{ (Tabla 7)}}{\approx 1.27 \text{ (Tabla 8)}} \approx 1,57 \quad (2) \text{ (Explicación Numeral 2.3.2)}$$

En el factor de ruta integral (Tabla 12) se puede observar que tan eficiente es el trazado de la ruta actual, con respecto al trazado recorrido mínimo de línea recta, entre el número este más próximo al 1,0 mejor será el trazado de dicha ruta entre dos nodos/paradas. Cuando la ruta tiene un recorrido circular los nodos más lejanos entre si presentaran una eficiencia menor. Basado en esto, se puede decir que el peor trazado de ruta, entre los datos estudiados es sin duda el existente entre (Cl5 entre Kr85 y 86) y (Kr 92 entre Cls 3A y 2C) el cual tiene con Factor de ruta de 2,41 lo que quiere decir que la ruta es 1,41 veces menos eficiente de lo que podría ser, en un caso hipotético en el cual se pudiesen trazar rutas equivalentes a la ruta recta.

Tabla 12 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12C

	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre Cl 3A y 3B	Kr 94 entre Cl 4 y 4A	Kr 94 con Cl 4E
Factor de Ruta Integral									
ESTACION CAPRI	0,00	1,22	1,32	1,57	1,96	1,94	2,20	2,37	2,91
Cl 5 entre Kr 85 y 86	1,22	0,00	1,41	1,80	2,41	2,09	2,92	3,64	6,17
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	1,32	1,41	0,00	1,76	1,76	1,92	4,08	10,60	10,91
Cl 4 entre Kr 92 y 94	1,57	1,80	1,76	0,00	1,37	2,00	7,53	11,74	4,40
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	1,96	2,41	1,76	1,37	0,00	1,47	3,69	3,31	2,83
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	1,94	2,09	1,92	2,00	1,47	0,00	9,13	3,11	1,36
Kr 94A entre Cl 3A y 3B	2,20	2,92	4,08	7,53	3,69	9,13	0,00	1,40	1,31
Kr 94 entre Cl 4 y 4A	2,37	3,64	10,60	11,74	3,31	3,11	1,40	0,00	1,13
Kr 94 con Cl 4E	2,91	6,17	10,91	4,40	2,83	1,36	1,31	1,13	0,00

5.1.7 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12C

La matriz de indicador de trazado de velocidad (Tabla 13) es el resultado de aplicar la ecuación (6), la cual consiste en dividir la matriz de tiempo en recorrido de ruta (Tabla 10), entre la matriz de tiempo de recorrido en línea recta (Tabla 11). La razón por la que da el mismo valor que en factor de ruta integral, es muy simple esta ruta se evalúa en el sentido máximo que puede recorrer el usuario, si fuese una ruta circular los valores si variarían. Por tanto, para este caso en particular el peor tiempo es exactamente el mismo que el peor trazado de ruta, esto corresponde a los nodos (Cl5 entre Kr85 y 86) y (Kr 92 entre Cls 3A y 2C) el

cual tiene un índice de trazado de velocidad de ruta de 2,41 lo que quiere decir que la ruta es 1,41 veces menos eficiente de lo que podría ser, en un caso hipotético en el cual se pudiesen trazar rutas equivalentes a la ruta recta.

$$itvij = \frac{tij}{t^0ij} itvij = \frac{\approx 7.41(Tabla 10)}{\approx 4.72(Tabla 11)} \approx 1,57 \quad (6) \text{ (Explicación Numeral$$

2.3.4)

En la Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j se puede observar que tan eficiente es el tiempo de la ruta actual, con respecto al tiempo recorrido mínimo de línea recta, entre el número este más próximo al 1,0 mejor será el tiempo de dicha ruta entre dos nodos/paradas. Este factor no toma en cuenta las correcciones de Ingram en 1971 y Vickerman (1974) (Cáceres, Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte, 1988), por lo tanto, muestra la eficiencia de ruta sin tomar en cuenta la cantidad de nodos por el cual debe pasar, es muy útil para analizar cuál es el tiempo de más, que se está utilizando en cada ruta al no seguir un comportamiento lineal

Tabla 13 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12C

Índice Trazado - Velocidad (Tv)	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre Cl 3A y 3B	Kr 94 entre Cl 4 y 4A	Kr 94 con Cl 4E
ESTACION CAPRI	0,00	1,22	1,32	1,57	1,96	1,94	2,20	2,37	2,91
Cl 5 entre Kr 85 y 86	1,22	0,00	1,41	1,80	2,41	2,09	2,92	3,64	6,17
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	1,32	1,41	0,00	1,76	1,76	1,92	4,08	10,60	10,91
Cl 4 entre Kr 92 y 94	1,57	1,80	1,76	0,00	1,37	2,00	7,53	11,74	4,40
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	1,96	2,41	1,76	1,37	0,00	1,47	3,69	3,31	2,83
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	1,94	2,09	1,92	2,00	1,47	0,00	9,13	3,11	1,36
Kr 94A entre Cl 3A y 3B	2,20	2,92	4,08	7,53	3,69	9,13	0,00	1,40	1,31
Kr 94 entre Cl 4 y 4A	2,37	3,64	10,60	11,74	3,31	3,11	1,40	0,00	1,13
Kr 94 con Cl 4E	2,91	6,17	10,91	4,40	2,83	1,36	1,31	1,13	0,00

5.1.8 Tabla de resultados globales

El indicador de trazado de velocidad para uno de los nodos juntos con el indicador absoluto de tiempo global y el factor de ruta integral del nodo (Tabla 12), se calcula con las ecuaciones (3,4, 5,6, 7, Explicadas mejor en el Capítulo 2). El tiempo de viaje máximo para cada ruta, se calcula como la distancia máxima que puede recorrer un usuario de esa ruta, se difiere del tiempo máximo que puede recorrer un bus debido a que este bus, debe pasar por todas las estaciones para cada recorrido.

- La columna 1 (Tabla 14), simplemente muestra la dirección del nodo o parada, la cual se obtiene de la base de datos SHP o del mapa observando.
- La columna 2 (Tabla 14), muestra el acumulado de arcos totales para cada estación, es un concepto meramente teórico utilizado para la ecuación 3 y 7 (Capítulo 2).

shimbel	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre Cls 3A y 3B	Kr 94 entre Cl 4 y 4A	Kr 94 con Cl 4E	suma
ESTACION CAPRI	0	1	2	3	4	5	1	2	3	21
Cl 5 entre Kr 85 y 86	1	0	1	2	3	4	5	6	7	29
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	2	1	0	1	2	3	4	5	6	24
Cl 4 entre Kr 92 y 94	3	2	1	0	1	2	3	4	5	21
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	4	3	2	1	0	1	2	3	4	20
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	5	4	3	2	1	0	1	2	3	21

Figura 14 Esta figura muestra la sumatoria de Shimbel para cada nodo

$$Ri = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n \frac{dij}{d^{0ij}} \quad (3) \text{ (Explicada Numeral 2.3.2)}$$

$$itvi = \frac{1}{n} * \frac{\sum_{j=1}^n tij}{\sum_{j=1}^n t^{0ij}} \quad (7) \text{ (Explicada Numeral 2.3.4)}$$

- La columna 3 (Tabla 14), muestra la sumatoria para cada nodo de su factor de ruta integral y será usado en la ecuación 3 (Capítulo 2).

Factor de Ruta Integral	ESTACION CAPRI	Cl 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre Cl 4D y 4C	Cl 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre Cls 3A y 2C	Cl 2C entre Kr 94 y 94A	Kr 94A entre Cls 3A y 3B	Kr 94 entre Cl 4 y 4A	Kr 94 con Cl 4E	suma
ESTACION CAPRI	0,00	1,22	1,32	1,57	1,96	1,94	2,20	2,37	2,91	8,02
Cl 5 entre Kr 85 y 86	1,22	0,00	1,41	1,80	2,41	2,09	2,92	3,64	6,17	8,94
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	1,32	1,41	0,00	1,76	1,76	1,92	4,08	10,60	10,91	8,17
Cl 4 entre Kr 92 y 94	1,57	1,80	1,76	0,00	1,37	2,00	7,53	11,74	4,40	8,50
Kr 92 entre Cls 3A y 2C	1,96	2,41	1,76	1,37	0,00	1,47	3,60	3,31	2,63	8,98
Cl 2C entre Kr 94 y 94A	1,94	2,09	1,92	2,00	1,47	0,00	9,13	3,11	1,36	9,43

Figura 15 Esta figura muestra la sumatoria del factor de ruta integral para cada nodo

- La columna 4 (Tabla 14), muestra el resultado de una división entre 1 y el número de nodos menos 1. Esto se utilizará para la ecuación 3 (Capítulo 2).

Por ejemplo $\frac{1}{1-n} = Abs\left(\frac{1}{1-21}\right) = 0,05$

$$Ri = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n \frac{dij}{d^{0ij}} \quad (3) \text{ (Numeral 2.3.2)}$$

- Columna 5 (Tabla 14), muestra el resultado de factor de ruta integral del nodo i de la ecuación 3 (Capítulo 2)

$$Ri = \frac{1}{n-1} * \sum_1^n \frac{dij}{d^0ij} = \frac{1}{21-1} * 8.02 = 0.40 \quad (3) \text{ (Explicada Numeral 2.3.2)}$$

- Columna 6 (Tabla 14), muestra el resultado de una división entre 1 y el número de nodos. Esto se utilizará para la ecuación 7 (Capítulo 2).

Por ejemplo $\frac{1}{n} = Abs(\frac{1}{21}) = 0,047$

$$itvi = \frac{1}{n} * \frac{\sum_{n=1}^{j=n} tij}{\sum_{n=1}^{j=n} t^0ij} \quad (7) \text{ (Explicada Numeral 2.3.4)}$$

- Columna 7 (Tabla 14), calcula el tiempo de más que se usa en cada recorrido del nodo y es una medida adaptada de la ecuación 7 y debería dar el mismo resultado (Capítulo 2).

$$itvi = \frac{\sum_{n=1}^{j=n} tij}{\sum_{n=1}^{j=n} t^0ij} \quad (7)$$

(Se toma solo la segunda parte de la ecuación. Numeral 2.3.4)

- Columna 8 (Tabla 14), utilizando la ecuación 7 muestra el trazado de velocidad para cada nodo tomando en cuenta la geografía del terreno y el número de paradas (Capítulo 2).

$$itvi = \frac{1}{n} * \frac{\sum_{n=1}^{j=n} tij}{\sum_{n=1}^{j=n} t^0ij} = \frac{1}{21} * \frac{35.41}{21.68} = 0.077 \quad (7)$$

- Columna 9 (Tabla 14), esta muestra el absoluto de tiempo global, se busca que sea corto y se calcula con la ecuación 5 (Capítulo 2).

Tiempo recorrido	ESTACION CAPRI	CI 5 entre Kr 85 y 86	Kr 94 entre CI 4D y 4C	CI 4 entre Kr 92 y 94	Kr 92 entre CIs 3A y 2C	CI 2C entre Kr 94 y 94A	suma
ESTACION CAPRI	0	3,615792	6,207015	7,41042	8,32829	9,855645	35,4172
CI 5 entre Kr 85 y 86	3,6158	0	2,591224	3,79463	4,712499	6,239853	20,954
Kr 94 entre CI 4D y 4C	6,207	2,591224	0	1,2034	2,121275	3,64863	15,7715
CI 4 entre Kr 92 y 94	7,4104	3,794628	1,203404	0	0,917871	2,445225	15,7715
Kr 92 entre CIs 3A y 2C	8,3283	4,712499	2,121275	0,91787	0	1,527355	17,6073
CI 2C entre Kr 94 y 94A	9,8556	6,239853	3,64863	2,44523	1,527355	0	23,7167

Figura 16 Esta figura muestra la sumatoria de tiempo global para cada nodo

$$TG_{ij} = \sum_{i=1}^{j=n} T_{ij} \quad (5) \text{ (Numeral 2.3.3)}$$

- Columna 10 (Tabla 14), muestra el factor de ruta, sin tomar en cuenta la geografía del terrero se calcula mediante la ecuación 4 (Capítulo 2).

$$R_i = \frac{\sum d_{ij}}{\sum d^0_{ij}} \quad (4) \text{ (Numeral 2.3.2)}$$

Tabla 14 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 9,86 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	1/n	suma tiempos i / tiempos j	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
ESTACION CAPRI	21	8,02	0,05	0,4010322	0,047619	1,63	0,077772465	35,42	1,633222
CI 5 entre Kr 85 y 86	29	8,94	0,035714	0,3191288	0,034483	1,77	0,060982058	20,95	1,76848
Kr 94 entre CI 4D y 4C	24	8,17	0,043478	0,355246	0,041667	1,53	0,063691119	15,77	1,528587
CI 4 entre Kr 92 y 94	21	8,50	0,05	0,4250249	0,047619	1,68	0,079901467	15,77	1,677931
Kr 92 entre CIs 3A y 2C	20	8,98	0,052632	0,472642	0,05	1,93	0,096697936	17,61	1,933959
CI 2C entre Kr 94 y 94A	21	9,43	0,05	0,4712696	0,047619	1,94	0,092435629	23,72	1,941148

- La segunda columna (Tabla 14) muestra el número de nodos que hay relativos a un nodo en particular, resultado de la matriz de Shimbel, entre menor sea este número más rápido y fácilmente se accederá al nodo. Aunque esto sugiere que se debe hacer rutas con pocos nodos, también es importante recalcar que una ruta con pocos nodos representara una menor disponibilidad de paradas de bus para los usuarios.
- La tercera columna (Tabla 14) muestra la sumatoria del Factor de ruta integral (entre menor sea este factor mejor será la accesibilidad), este dato es necesario para el posterior computo del Ri.

- La cuarta columna (Tabla 14) muestra el modulador de Ingram en 1971 y Vickerman (1974), el cual se multiplica por el factor de ruta integral, para encontrar el verdadero R_i que si toma en cuenta la cantidad de nodos por el que pasa cada ruta.
- La quinta columna (Tabla 14) muestra R_i (factor ruta integral i), si este es superior a 1,5 el nivel de accesibilidad es bajo. Por tanto, la ruta A12C presenta un grado de accesibilidad alto, esto debido al número alto de la sumatoria de Shimbelt que entra a mostrar el nivel accesibilidad.
- La sexta (Tabla 14) columna muestra el modulador del índice de trazado de velocidad, este modulador juega un papel muy importante, puesto que será el reductor del índice de trazado de velocidad que no toma en cuenta el número de nodos por los que pasa el autobús en su recorrido.
- La séptima columna (Tabla 14) muestra Indicador trazado de velocidad del nodo i para cada uno de los nodos. Este se obtiene sumando el tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en ruta y posteriormente dividiendo esto entre el resultado de la suma del tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en línea recta. Esto da como resultado que tan ineficiente es la ruta para ese nodo, siendo “1,0” la eficiencia perfecta y más de “1,5” altamente ineficiente.
- La octava columna (Tabla 14) muestra el indicador de trazado de velocidad del nodo i real, es decir toma en cuenta por cuantos nodos paso antes de calcular el tiempo, así pues, no se puede tildar de ineficiente una ruta que pasa por 9 nodos (Tabla 7). En este caso en particular, Capri presenta un indicador de trazado del nodo i de 0,078 lo cual quiere decir que posee un comportamiento excelente.
- La novena columna (Tabla 14), muestra el índice global de tiempo en minutos, este indicador entre más pequeño sea será mejor para el usuario. Muestra entonces el tiempo de conexión que existe en cada nodo con respecto al resto de nodos, así pues, para esta ruta A12C presenta valores bajos (mayor tiempo 35.42 minutos), lo cual indicia un tiempo menor de recorrido con respecto a las rutas que describen un recorrido circular, sin embargo, si se quiere saber el tiempo real de recorrido para cada uno de los nodos, basta con revisar el número final en la matriz de tiempo en ruta (Tabla 10).

- La décima columna (Tabla 14), muestra el factor de ruta, sin tomar en cuenta la adaptación de Ingram en 1971 y Vickerman. Aquí se observa que todos los valores por lo general siempre darán mayores a 1,5 debido a que no tienen en cuenta la geografía del terreno y número de estaciones que incrementarían la accesibilidad.

5.2 Ruta A12A

La ruta A12A (Imagen 8) cubre la ruta *Altos de la Luisa - Estación Melendez*, es una ruta que cubre las inmediaciones del batallón, su recorrido describe un círculo.

En anexos están las Tablas correspondientes a la Ruta A12A (Ver Anexos: *A- 70 Matriz de Shimbel Ruta A12A*, *A- 71 Matriz de distancia km en ruta A12A*, *A- 72 Matriz de distancia km en línea recta A12A*, *A- 73 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12A*, *A- 74 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12A*, *A- 75 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12A* y *A- 76 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12A*)

La ruta A12A (Imagen 8) tiene un recorrido circular, lo cual incrementa tiempo de recorrido y aumenta los valores en (*A- 75 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12A* y *A- 76 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12A*), estos valores demuestran que la ruta está mal diseñada (por ejemplo hay valores que alcanzan inclusive números tan alejados del 1 como lo es el número 75) y hace que los usuarios de dicha ruta utilicen más tiempo del que deberían, por tanto la ruta se vuelve ineficiente en términos de tiempo de viaje.

- La segunda columna (Tabla 15) muestra el número de nodos que hay relativos a un nodo en particular, resultado de la matriz de Shimbel, entre menor sea este número más rápido y fácilmente se accederá al nodo. Aunque esto sugiere que se debe hacer rutas con pocos nodos, también es importante recalcar que una ruta con pocos nodos representara una menor disponibilidad de paradas de bus para los usuarios. Este número no varía en esta ruta debido a que es una ruta circular lo que quiere decir que cada nodo está en igual condición con respecto al resto, lo que genera nodos altamente accesibles, pero muy ineficientes en tiempo.
- La tercera columna (Tabla 15) muestra la sumatoria del Factor de ruta integral (entre menor sea este factor mejor será la accesibilidad), este dato es necesario para el posterior

computo del R_i . Por ejemplo, el nodo *Kr80 entre CK5 y 6A* obtiene un valor de 177.7 lo que indica que su accesibilidad será la menor para dicho nodo.

- La cuarta columna (Tabla 15) muestra el modulador de Ingram en 1971 y Vickerman (1974), el cual se multiplica por el factor de ruta integral, para encontrar el verdadero R_i que si toma en cuenta la cantidad de nodos por el que pasa cada ruta, en este caso en particular el modulador da el mismo numero debido a que es una ruta que sigue un flujo circular.
- La quinta columna (Tabla 15) muestra R_i (factor ruta integral i), si este es superior a 1,5 el nivel de accesibilidad es bajo (Numeral 2.3.2). Por tanto, la ruta A12A presenta un grado de accesibilidad alto, esto debido al número alto de la sumatoria de Shimbél que entra a operar en la formula del R_i .
- La sexta (Tabla 15) columna muestra el modulador del índice de trazado de velocidad, este modulador juega un papel muy importante, puesto que será el reductor del índice de trazado de velocidad que no toma en cuenta el número de nodos por los que pasa el autobús en su recorrido.
- La séptima columna (Tabla 15) muestra *Indicador trazado de velocidad del nodo i* para cada uno de los nodos. Este se obtiene sumando el tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en ruta y posteriormente dividiendo esto entre el resultado de la suma del tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en línea recta. Esto da como resultado que tan ineficiente es la ruta para ese nodo, siendo “1,0” la eficiencia perfecta y más de “1,5” altamente ineficiente.
- La octava columna (Tabla 15) muestra el indicador de trazado de velocidad del nodo i real, es decir toma en cuenta por cuantos nodos paso antes de calcular el tiempo, así pues, no se puede tildar de inaccesible una ruta que pasa por muchos nodos este caso en particular, Meléndez presenta un indicador de trazado del nodo i de 0,00117 lo cual quiere decir que posee un comportamiento excelente.
- La novena columna (Tabla 15), el índice global de tiempo en minutos, este indicador entre más pequeño sea será mejor para el usuario. Si se quiere saber el tiempo real de recorrido para cada uno de los nodos, basta con revisar el número final en la matriz de tiempo en ruta (*Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12A*), muestra entonces el

Tabla 15 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i A12A

A12A Tiempo máximo de viaje por persona 28,31 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri corregido con el modulador	1/n	suma tiempos i / tiempos j	Tv trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global minutos	Factor de ruta total
ESTACION MELENDEZ	231	59,319	0,00435	0,257909	0,00432900	2,72	0,011787	276,62	2,7227
Kr 80 entre Cl 5 y 6A	231	177,7	0,00435	0,772606	0,00432900	3,35	0,014481	361,73	3,3451
Kr 80 entre Cl 13 y 10A	231	87,059	0,00435	0,378516	0,00432900	2,92	0,012622	359,67	2,9157
Kr 80 entre Cl 10A y 9	231	90,331	0,00435	0,392743	0,00432900	3,29	0,014224	340,06	3,2858
Cl 4 entre Kr 80 y 78	231	15,123	0,00435	0,065751	0,00432900	0,57	0,002464	48,48	0,5691
Kr 78 entre Cl 3D y 3A	231	127,34	0,00435	0,553639	0,00432900	4,27	0,01848	353,86	4,2689
Kr 78 entre Cl 3 y 2C	231	132,37	0,00435	0,575502	0,00432900	4,32	0,018711	346,57	4,3223
Cl 2B entre Kr 78 y 80	231	111,38	0,00435	0,484275	0,00432900	4,60	0,019907	339,10	4,5985
Cl 2A Bis entre Kr 80 y 81	231	132,5	0,00435	0,576066	0,00432900	4,77	0,020644	339,14	4,7687
Kr 83 en la Y	231	144,85	0,00435	0,629796	0,00432900	4,87	0,021063	340,68	4,8655
Kr 83 entre Cl 1A1 y 1	231	148,16	0,00435	0,644176	0,00432900	4,34	0,018775	333,20	4,3369
Kr 89 con Cl 1B Oe	231	133,71	0,00435	0,581349	0,00432900	3,83	0,01657	321,87	3,8278
Kr 83 con Cl 2C Oe	231	98,253	0,00435	0,427188	0,00432900	3,38	0,014621	308,94	3,3775
Cl 2C Oe con Kr 96	231	77,843	0,00435	0,338448	0,00432900	3,14	0,013596	277,64	3,1408
Cl 2B Oeste entre Kr 93Bis y 93A	231	131	0,00435	0,569547	0,00432900	3,73	0,016158	304,56	3,7326
Kr 93A entre Cl 2B y 1B Oeste	231	134,91	0,00435	0,586554	0,00432900	3,90	0,016882	298,66	3,8997
Kr 93 con Cl 1	231	138,37	0,00435	0,601594	0,00432900	4,01	0,017363	287,73	4,0109
Cl 2 entre Kr 93 y 94	231	147,38	0,00435	0,640782	0,00432900	3,83	0,016587	279,18	3,8317
Kr 94 entre Cls 2 y 2A	231	113,88	0,00435	0,495129	0,00432900	3,43	0,014845	267,22	3,4291
Cl 2C entre Kr 94A y 95	231	93,96	0,00435	0,408521	0,00432900	3,18	0,013767	254,13	3,1803
Kr 94A entre Cl 3A y 3B	231	86,528	0,00435	0,376209	0,00432900	2,93	0,012699	246,09	2,9335
Kr 94 entre Cl 4 y 4A	231	58,291	0,00435	0,253438	0,00432900	2,61	0,011284	242,61	2,6067

5.3 Ruta A12B

La ruta A12B (Imagen 9) cubre la ruta *Meléndez - Las Palmas*, es una ruta que se introduce en la comuna 18, utiliza el mismo camino en ambos sentidos y la carrera 94 como ruta de escape hacia la *calle 5*.

En anexos están las Tablas correspondientes a la Ruta A12B (A- 77 *Matriz de Shimbela Ruta A12B* A- 78, *Matriz de distancia km en ruta A12B* A- 79, *Matriz de distancia km en línea recta A12B* A- 80, *Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12B* A- 81, *Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12A* A- 82, *Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12B* A- 83, *Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y A12B*)

La ruta (Imagen 8) presenta la particularidad de que el usuario puede subirse en cualquier sentido que quiera, es decir hacia la estación o hacia la parada más lejana a la estación, por

tanto, se estudia la ruta en una sola dirección, los nodos de estudio estarán resaltados en las matrices donde se requiera dicha diferenciación.

- La segunda columna (Tabla 16) muestra el número de nodos que hay relativos a un nodo en particular, resultado de la matriz de Shimbel, entre menor sea este número más rápido y fácilmente se accederá al nodo. Aunque esto sugiere que se debe hacer rutas con pocos nodos, también es importante recalcar que una ruta con pocos nodos representara una menor disponibilidad de paradas de bus para los usuarios.
- La tercera columna (Tabla 16) muestra la sumatoria del Factor de ruta integral (entre menor sea este factor mejor será la accesibilidad), este dato es necesario para el posterior computo del R_i . Por ejemplo, el nodo *Kr 94c con Cl 1c* obtiene un valor de 297 lo que indica que su accesibilidad será la menor para dicho nodo.
- La cuarta columna (Tabla 16) muestra el modulador de Ingram en 1971 y Vickerman (1974), el cual se multiplica por el factor de ruta integral, para encontrar el verdadero R_i que si toma en cuenta la cantidad de nodos por el que pasa cada ruta, en este caso en particular el modulador varía mucho ya que esta ruta sigue un funcionamiento que describe una recta y no un círculo.
- La quinta columna (Tabla 16) muestra R_i (factor ruta integral i), si este es superior a 1,5 el nivel de accesibilidad es bajo (Numeral 2.3.2). Por tanto, la ruta A12B presenta un grado de accesibilidad bajo, las rutas marcadas en rojo muestran un grado de accesibilidad bajo.
- La sexta (Tabla 16) columna muestra el modulador del índice de trazado de velocidad, este modulador juega un papel muy importante, puesto que será el reductor del índice de trazado de velocidad que no toma en cuenta el número de nodos por los que pasa el autobús en su recorrido.
- La séptima columna (Tabla 16) muestra *Indicador trazado de velocidad del nodo i* para cada uno de los nodos. Este se obtiene sumando el tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en ruta y posteriormente dividiendo esto entre el resultado de la suma del tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en línea recta. Esto da como resultado que tan ineficiente es la ruta para ese nodo, siendo “1,0” la eficiencia perfecta y más de “1,5” altamente ineficiente.

- La octava columna (Tabla 16) muestra el indicador de trazado de velocidad del nodo i real, es decir toma en cuenta por cuantos nodos paso antes de calcular el tiempo, así pues, no se puede tildar de inaccesible una ruta que pasa por muchos nodos este caso en particular, Meléndez presenta un indicador de trazado del nodo i de 0,033 lo cual quiere decir que posee un buen grado de acceso para dicha ruta A12B.
- La novena columna (Tabla 16) el índice global de tiempo en minutos, este indicador entre más pequeño sea será mejor para el usuario. Si se quiere saber el tiempo real de recorrido para cada uno de los nodos, basta con revisar el número final en la matriz de tiempo en ruta (*Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12B*), muestra entonces el tiempo de conexión que existe en cada nodo con respecto al resto de nodos, así pues, para esta ruta A12B presenta valores bajos (mayor tiempo 168.45).
- La décima columna (Tabla 16), muestra el factor de ruta, sin tomar en cuenta la adaptación de Ingram en 1971 y Vickerman. Aquí se observa que todos los valores por lo general siempre darán mayores a 1,5 debido a que no tienen en cuenta la geografía del terreno y número de estaciones que incrementarían la accesibilidad.

Este tipo de rutas donde el usuario puede subirse en la dirección que necesite al bus y no tiene que dar un recorrido innecesario, siempre tendrán un nivel de accesibilidad menor, como costo de tener mejor tiempo de recorrido (Máximo posible 20.52 minutos), esto plantea que el modelo de rutas que se debe hacer debe ir encaminado a un sistema similar, a las rutas que describen trayectorias más cercanas a líneas rectas y mas alejadas de rutas circulares. Sin embargo, se debe lograr realizar rutas con niveles de accesibilidad aceptables.



imagen 9 Ruta A12B

Fuente: elaboración propia a partir de base de datos MetroCali

Tabla 16 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 20,52 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	1/n	suma tiempos i / tiempos j	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
ESTACION MELENDEZ	78	34	0,01299	0,446	0,01282	2,57437	0,033	168,4508	2,574368357
Kr 94 entre Cl 4D y 4C	67	114	0,01515	1,728	0,01493	1,64354	0,02453	84,77955	1,643542657
Kr 95 entre Cl 4 y 3D	58	167	0,01754	2,932	0,01724	1,6836	0,02903	71,14383	1,683596944
Kr 95 entre Cl 3 y Kr 95A	51	181	0,02	3,615	0,01961	1,76545	0,03462	64,39722	1,76544729
Kr 94B entre Cl 2B y 2	46	192	0,02222	4,273	0,02174	1,7973	0,03907	57,84501	1,797296705
Kr 94C entre Cl 2 y 1A Oe	43	138	0,02381	3,28	0,02326	1,80446	0,04196	53,3822	1,804455275
Kr 94C con Cl 1C	42	297	0,02439	7,246	0,02381	1,7916	0,04266	52,75716	1,791600136
Kr 95 entre Cl 1A Oe y 1A	43	177	0,02381	4,218	0,02326	1,76678	0,04109	53,66734	1,766781008
Kr 96 entre Cl 1 Oe y 2 Oe	46	175	0,02222	3,882	0,02174	1,78264	0,03875	56,46298	1,782635891
Cl 4 Oe entre Kr 94B y 94A	51	79	0,02	1,589	0,01961	1,6814	0,03297	61,66458	1,681397237
Cl 4 Oe entre Kr 94A y 94	58	133	0,01754	2,339	0,01724	1,72848	0,0298	71,08495	1,728480933
Cl 4 Oeste con Kr 91	67	81	0,01515	1,226	0,01493	1,70588	0,02546	86,33898	1,705883728
Cl 4 Oeste con Kr 89	78	41	0,01299	0,528	0,01282	1,73172	0,0222	98,33164	1,731724742

Observaciones: se debe mejorar la accesibilidad en esta ruta debido a que el Ri supera 1.5 en varios nodos.

5.4 Ruta A12D

La ruta A12D (Imagen 10) cubre Meléndez - Altos de Santa Elena, sigue la única ruta posible en la infraestructura actual a partir de la carrera 98.

En anexos están las Tablas correspondientes a la (Ruta A12D A- 84 Matriz de Shimmel Ruta A12D, A- 85 Matriz de distancia km en ruta A12D, A- 86 Matriz de distancia km en línea recta

A12D, A- 87 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12D, A- 88 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A12D, A- 89 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A12D, A- 90 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A12D)

Esta ruta no se puede cambiar actualmente sin construir nueva infraestructura, por este motivo este recorrido se establece como recorrido número 4, para las propuestas realizadas en el Capítulo 6 (Numerales 6.2 y 6.3). Se realiza el respectivo estudio de accesibilidad a dicha ruta, que contaría con un recorrido máximo de 21,8 minutos para el usuario más alejado (es el tiempo de recorrido para usuario, no para el bus, debido a que el bus debe pasar por cada nodo al menos una vez).

La ruta presenta la particularidad de que el usuario puede subirse en cualquier sentido que quiera, es decir hacia la estación o hacia la parada más lejana a la estación, por tanto, se estudia la ruta en una sola dirección, los nodos de estudio estarán resaltados en las matrices donde se requiera dicha diferenciación.

- La segunda columna (Tabla 17) muestra el número de nodos que hay relativos a un nodo en particular, resultado de la matriz de Shimbel, entre menor sea este número más rápido y fácilmente se accederá al nodo. Aunque esto sugiere que se debe hacer rutas con pocos nodos, también es importante recalcar que una ruta con pocos nodos representara una menor disponibilidad de paradas de bus para los usuarios.
- La tercera columna (Tabla 17) muestra la sumatoria del Factor de ruta integral (entre menor sea este factor mejor será la accesibilidad), este dato es necesario para el posterior computo del R_i . Por ejemplo, el nodo *Altos de santa Elena parada 4* obtiene un valor de 54,408 a pesar de que es el número más grande, sigue siendo muy pequeño eso quiere decir que esta ruta presentara un alto nivel de accesibilidad.
- La cuarta columna (Tabla 17) muestra el modulador de Ingram en 1971 y Vickerman (1974), el cual se multiplica por el factor de ruta integral, para encontrar el verdadero R_i que si toma en cuenta la cantidad de nodos.
- La quinta columna (Tabla 17) muestra R_i (factor ruta integral i), si este es superior a 1,5 el nivel de accesibilidad es bajo (Numeral 2.3.2). Por tanto, la ruta A12D presenta un grado de accesibilidad bastante alto.

- La sexta (Tabla 17) columna muestra el modulador del índice de trazado de velocidad, este modulador juega un papel muy importante, puesto que será el reductor del índice de trazado de velocidad que no toma en cuenta el número de nodos por los que pasa el autobús en su recorrido.
- La séptima columna (Tabla 17) muestra *Indicador trazado de velocidad del nodo i* para cada uno de los nodos. Este se obtiene sumando el tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en ruta y posteriormente dividiendo esto entre el resultado de la suma del tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en línea recta. Esto da como resultado que tan ineficiente es la ruta para ese nodo, siendo “1,0” la eficiencia perfecta y más de “1,5” altamente ineficiente.
- La octava columna (Tabla 17) muestra el indicador de trazado de velocidad del nodo i real, es decir toma en cuenta por cuantos nodos paso antes de calcular el tiempo, así pues, no se puede tildar de inaccesible una ruta que pasa por muchos nodos este caso en particular, Meléndez presenta un indicador de trazado del nodo i de 0.04 lo cual quiere decir que posee un buen grado de acceso para dicha ruta A12D.
- La novena columna (Tabla 17) el índice global de tiempo en minutos, este indicador entre más pequeño sea será mejor para el usuario. Si se quiere saber el tiempo real de recorrido para cada uno de los nodos, basta con revisar el número final en la matriz de tiempo en ruta (*Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A12D*), muestra entonces el tiempo de conexión que existe en cada nodo con respecto al resto de nodos, así pues, para esta ruta A12D presenta valores bajos, por tanto, los tiempos son bastante cortos esto indica una buena conexión entre los nodos (Mayor tiempo 169.633).
- La décima columna (Tabla 17), muestra el factor de ruta, sin tomar en cuenta la adaptación de Ingram en 1971 y Vickerman. Aquí se observa que todos los valores por lo general siempre darán mayores a 1,5 debido a que no tienen en cuenta la geografía del terreno y número de estaciones que incrementarían la accesibilidad.



imagen 10 Ruta A12D

Fuente: elaboración propia a partir de base de datos Metrocali

Tabla 17 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i A12D

Tiempo máximo de viaje por persona 21,8 minutos	numero de nodos	Suma Fr	$1/n-1$	R_i	$1/n$	suma tiempos $i /$ tiempos j	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
ESTACION MELENDEZ	78,000	41,978	0,01299	0,545175	0,012821	3,3429	0,042857862	169,633	3,34291
Kr 94 entre CI 4D y 4C	67,000	30,152	0,01515	0,456853	0,014925	2,523	0,037656659	95,786	2,523
CI 4 entre Kr 95 y 96	58,000	31,522	0,01754	0,553018	0,017241	2,8725	0,049525091	83,168	2,87246
CI 4 entre Kr 96 y 98	51,000	29,824	0,02	0,596488	0,019608	2,734	0,053607294	77,908	2,73397
Kr 98A con CI 2D	46,000	42,035	0,02222	0,934113	0,021739	3,177	0,06906591	70,508	3,17703
Kr 98A con CI 2A	43,000	40,838	0,02381	0,972331	0,023256	3,1111	0,072350006	67,424	3,11105
Kr 98 entre CI 2 y 2A	42,000	39,165	0,02439	0,955237	0,02381	3,0768	0,073257393	66,902	3,07681
Kr 98 entre CI 2D y 3	43,000	41,776	0,02381	0,994662	0,023256	3	0,069767201	67,886	2,99999
Unidad R Mirador Campestre P1	46,000	29,001	0,02222	0,644456	0,021739	2,5808	0,056104056	82,949	2,58079
Altos de Santa Elena Parada 1	51,000	29,514	0,02	0,590288	0,019608	2,6789	0,052526749	87,534	2,67886
Altos de Santa Elena Parada 2	58,000	30,138	0,01754	0,528737	0,017241	2,7484	0,047385399	93,536	2,74835
Altos de Santa Elena Parada 3	67,000	42,075	0,01515	0,637494	0,014925	3,6939	0,055132674	107,625	3,69389
Altos de Santa Elena Parada 4	78,000	54,408	0,01299	0,706595	0,012821	4,3999	0,056409168	113,708	4,39992

5.5 Ruta A78A

La ruta A78A (Imagen 11) cubre *Los Chorros - Caldas* describe un recorrido circular, esta ruta presenta un reto pues supe puntos atractores de viaje tan importantes como una universidad, lo cual quiere decir que requiere un buena accesibilidad y buen tiempo de viaje para los usuarios (Tiempo actual 20.69 minutos).

En anexos están las Tablas correspondientes a la (A- 91 *Matriz de Shimbel Ruta A78A*, A- 92 *Matriz de distancia km en ruta A78A*, A- 93 *Matriz de distancia km en línea recta A78A*, A- 94 *Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A78A*, A- 95 *Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A78A*, A- 96 *Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A78A*, A- 97 *Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A78A*).

- La segunda columna (Tabla 18) muestra el número de nodos que hay relativos a un nodo en particular, resultado de la matriz de Shimbel, entre menor sea este número más rápido y fácilmente se accederá al nodo. Aunque esto sugiere que se debe hacer rutas con pocos nodos, también es importante recalcar que una ruta con pocos nodos representara una menor disponibilidad de paradas de bus para los usuarios y por tanto menos accesibilidad.
- La tercera columna (Tabla 18) muestra la sumatoria del Factor de ruta integral (entre menor sea este factor mejor será la accesibilidad), este dato es necesario para el posterior computo del R_i .
- La cuarta columna (Tabla 18) muestra el modulador de Ingram en 1971 y Vickerman (1974), el cual se multiplica por el factor de ruta integral, para encontrar el verdadero R_i que si toma en cuenta la cantidad de nodos por el que pasa cada ruta, en este caso en particular el modulador da el mismo número debido a que es una ruta que sigue un recorrido circular.
- La quinta columna (Tabla 18) muestra R_i (factor ruta integral i), si este es superior a 1,5 el nivel de accesibilidad es bajo (Numeral 2.3.2). Por tanto, la ruta A78A presenta un grado de accesibilidad bastante alto.
- La sexta (Tabla 18) columna muestra el modulador del índice de trazado de velocidad, este modulador juega un papel muy importante, puesto que será el reductor del índice

de trazado de velocidad que no toma en cuenta el número de nodos por los que pasa el autobús en su recorrido.

- La séptima columna (Tabla 18) muestra *Indicador trazado de velocidad del nodo i* para cada uno de los nodos. Este se obtiene sumando el tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en ruta y posteriormente dividiendo esto entre el resultado de la suma del tiempo que tarda cada nodo en comunicarse con los otros nodos en línea recta. Esto da como resultado que tan ineficiente es la ruta para ese nodo, siendo “1,0” la eficiencia perfecta y más de “1,5” altamente ineficiente.
- La octava columna (Tabla 18) muestra el indicador de trazado de velocidad del nodo i real, es decir toma en cuenta por cuantos nodos paso antes de calcular el tiempo, así pues, no se puede tildar de inaccesible una ruta que pasa por muchos nodos este caso en particular, CALDAS presenta un indicador de trazado del nodo i de 0.0014 lo cual quiere decir que posee un buen grado de acceso para dicha ruta A78A.
- La novena columna (Tabla 18) el índice global de tiempo en minutos, este indicador entre más pequeño sea será mejor para el usuario. Si se quiere saber el tiempo real de recorrido para cada uno de los nodos, basta con revisar el número final en la matriz de tiempo en ruta (*Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A78A*), muestra entonces el tiempo de conexión que existe en cada nodo con respecto al resto de nodos, así pues, para esta ruta A78A presenta valores altos, lo cual indica de nuevo que las rutas circulares no eficientes (mayor valor 230.81).
- La décima columna (Tabla 18), muestra el factor de ruta, sin tomar en cuenta la adaptación de Ingram en 1971 y Vickerman. Aquí se observa que todos los valores por lo general siempre darán mayores a 1,5 debido a que no tienen en cuenta la geografía del terreno y número de estaciones que incrementarían la accesibilidad.



imagen 11 Ruta A78A

Fuente: elaboración propia a partir de base de datos Metrocali

Tabla 18 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

A78A	numero de nodos	Suma Fr	$1/n-1$	Ri	$1/n$	suma tiempos / tiempos j	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
ESTACION CALDAS	230,00	113,1190706	0,0044	0,49397	0,004347826	3,391995	0,01475	210,249	3,392
CI 5 entre Kr 70 y 73	229,00	85,02446677	0,0044	0,372914	0,004366812	3,264015	0,01425	196,767	3,26402
Kr 73 entre CI 4 y 3B	228,00	107,1461476	0,0044	0,472009	0,004385965	4,145974	0,01818	203,682	4,14597
Kr 73 entre CI 3 y 2C	227,00	110,7363368	0,0044	0,489984	0,004405286	4,700376	0,02071	198,038	4,70038
CI 2A entre Kr 73B y 73C	226,00	141,7002718	0,0044	0,629779	0,004424779	5,234535	0,02316	203,877	5,23453
Tr 2A entre CI 2 Bis y Dg 2A	225,00	126,3266043	0,0045	0,563958	0,004444444	4,93638	0,02194	211,768	4,93638
Tr 2A entre Kr 74Bis y 74	224,00	143,7595154	0,0045	0,644662	0,004464286	5,679099	0,02535	220,189	5,6791
CI 1C entre Kr 73 y 72	223,00	155,0370683	0,0045	0,698365	0,004484305	6,257526	0,02806	227,496	6,25753
Kr 70 entre CI 1B y 1A	222,00	290,991353	0,0045	1,316703	0,004504505	5,570994	0,02509	226,164	5,57099
Kr 70 entre CI 10e y 1AOe	221,00	139,9807321	0,0045	0,636276	0,004524887	4,744929	0,02147	229,44	4,74493
CI 20e entre Kr 72 y 73B	220,00	196,3954399	0,0046	0,896783	0,004545455	4,46735	0,02031	224,514	4,46735
CI 2AOe entre Kr 74C y 74 D	219,00	150,8473726	0,0046	0,69196	0,00456621	3,797194	0,01734	218,482	3,79719
CI 2AOe entre Kr 75 y 75 A	218,00	93,70384638	0,0046	0,431815	0,004587156	3,42253	0,0157	220,096	3,42253
CI 1AOe entre Kr 75 y 74B	217,00	116,8796193	0,0046	0,541109	0,004608295	4,112469	0,01895	209,861	4,11247
CI 1AOe entre Kr 73B y 73A	216,00	114,7914526	0,0047	0,533914	0,00462963	4,814781	0,02229	227,037	4,81478
Kr 70 entre CI 1A y 1C	215,00	199,1656741	0,0047	0,930681	0,004651163	5,516096	0,02566	225,354	5,5161
Kr 70 entre CI 1C y 2B	214,00	138,5137053	0,0047	0,650299	0,004672897	6,019748	0,02813	230,818	6,01975
Kr 70 entre CI 2C y 3	213,00	167,9004222	0,0047	0,791983	0,004694836	5,425915	0,02547	225,166	5,42592
CI 3 entre Kr 69 y 68	174,00	149,5529793	0,0058	0,864468	0,005747126	4,687929	0,02694	218,944	4,68793
Kr 68 entre CI 3B y 3C	191,00	122,3954904	0,0053	0,644187	0,005235602	4,128623	0,02162	217,469	4,12862
CI 5 entre Kr 68 y 69	210,00	108,8390133	0,0048	0,520761	0,004761905	3,331652	0,01587	210,249	3,33165

Observaciones: se debe mejorar la accesibilidad en esta ruta debido a que el Ri supera 1.5 en varios casos

6 DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PARADEROS CLAVES PARA MEJORAR EL SERVICIO DE MIO, EN LA COMUNA 18

La distribución espacial de los paraderos actual de la comuna 18, es adecuada según el Ri encontrado en el Capítulo 6, dentro de las áreas en las que el MIO puede llegar teniendo en cuenta la geometría real de las vías.

Existen zonas donde actualmente el MIO no puede llegar por geometría de la vía, pero a estas mismas zonas la moto taxi y el campero si llegan. Por tal razón se sugiere integrar al sistema MIO estos vehículos para garantizar el transporte en estas zonas de ladera. Actualmente el Mio no llega a los sectores de Minas, Veraneras y Esperanza en la comuna 18.



imagen 12 Sector las minas Fuente: fotografías de google maps

6.1 Propuesta de distribución espacial de paradas dentro de la comuna 18

El área de influencia es el área que se forma alrededor de una parada de autobús, siendo esto lo que el usuario caminara para llegar a ella, cuyo diámetro varía de acuerdo con la calidad de servicio que se quiere dar, la misma determina la separación máxima entre paradas en una localidad.

- Para las propuestas se establece un área de influencia de 0.282743 kilómetros cuadrados, correspondiente a un círculo con 300 metros de radio, como área de separación máxima entre paraderos.
- Para la distribución se supone que la velocidad a pie del usuario es de 4km/h lo cual da un tiempo de llegada de 4,5 minutos.

Se plantea diseñar las rutas de bus de acuerdo con los siguientes argumentos:

- Tiempo de viaje máximo en el bus de 20 minutos
- Factor de ruta integral del nodo R_i inferior 1,5 (aceptable desde 1,8).
- Indicador trazado velocidad entre los nodos i y j , lo más cercano a 1 en cada nodo de la matriz, es decir rutas cercanas a la línea recta.
- Tiempo recorrido de i a j utilizando la red o indicador de tiempo global, este valor mide la conectividad en tiempo de cada nodo con respecto a todos los demás nodos, se espera disminuir el este valor al mínimo posible.

Se intenta que el autobús sea capaz de recoger personas sobre la misma parada en dos sentidos, de esta forma el usuario podrá elegir adecuadamente si subirse en el autobús en dirección a la estación principal o a cualquiera de los nodos anteriores al nodo en el cual se encuentra.

Para la propuesta 1 (Numeral 6.2), las paradas de autobús se ubican en el centro de un área de influencia de 0.282743 kilómetros cuadrados, correspondiente a un círculo con 300 metros de radio.

Para la propuesta 2 (Numeral 6.3), las paradas de autobús se ubican en el centro de un área de influencia de 0.282743 kilómetros cuadrados, correspondiente a un círculo con 300 metros de radio, pero adicional a eso se establecen paradas en puntos críticos como hospitales, ancianatos y centros educativos

Para ambas propuestas la ruta A12D (Numeral 5.4) que se ven en la imagen (Imagen 10) no será modifica debido a que actualmente solo existe una forma de llegar a su destino y es por el camino que marca la ruta.

Se sigue la misma metodología con la que fueron evaluadas las rutas actuales, pero con la particularidad de que el tiempo de viaje de las rutas propuestas sea calcula con la menor velocidad registrada en las rutas actuales que es de 13 km/h (Imagen 4-A)

Se acorto recorrido de ruta al no obligar al autobús a llegar a la estación Meléndez, Caldas o Capri, ahora el bus alimentador posee una parada al frente de la estación, de esta manera se evita meter los alimentadores por la calle 5, así se evita un recorrido innecesario sobre dicha

calle (Imagen 13 A-Rutas actuales, B-Propuesta ruta 1, C- La ruta D actual que no se va a modificar).

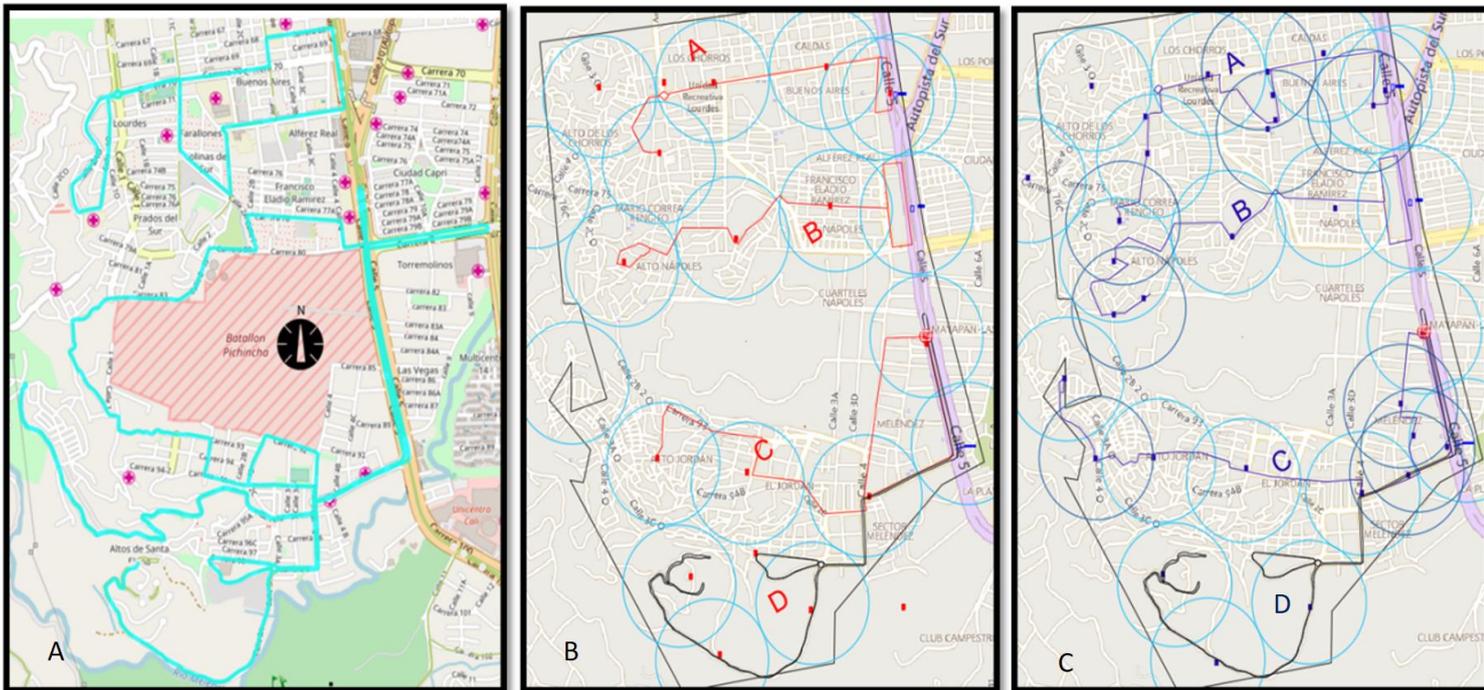


imagen 13 A-Rutas actuales, B-Propuesta ruta 1, C- La ruta D actual que no se va a modificar

6.2 Propuesta rutas 1

Para la propuesta 1 *Ruta* se siguen las reglas comentadas en el (Numeral 6.1), se muestran entonces 3 rutas para dicha propuesta ruta A, ruta b y ruta c y se sigue la metodología de evaluación de accesibilidad utilizada en el Capítulo 5.

Los cálculos de indicadores siguen la misma metodología explicada en el Numeral 5.1, la propuesta 1 no tiene en cuenta lugares atractores de viaje, solo se plantea distribuye los posibles nodos en el área geográfica de la comuna 18, para posteriormente generar posibles rutas.

6.2.1 Ruta A propuesta 1

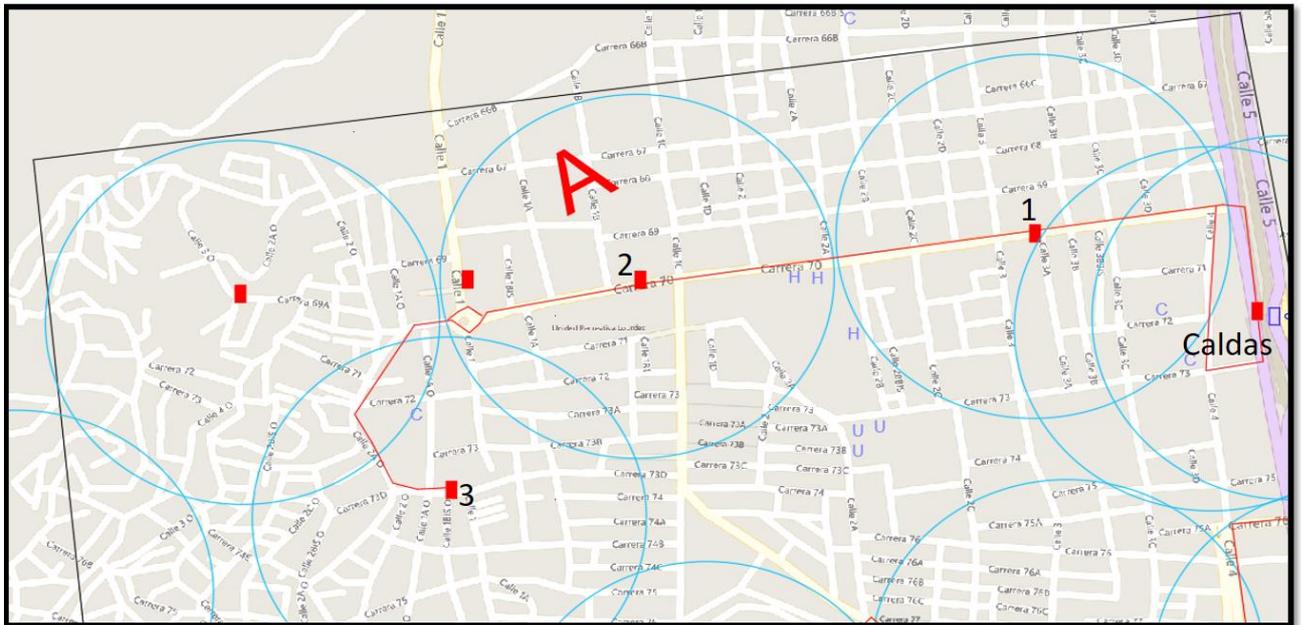


imagen 14 Ruta A

La ruta surge como una propuesta alternativa a la ruta A78A(Numeral 5.5) Calculo de indicadores para la ruta A propuesta 1 (Imagen 14)

- **Matriz de Shimbels para la ruta A propuesta 1**

La matriz de Shimbels (Tabla 19) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 3, esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada negativamente, pero la velocidad media mejorara.

Tabla 19 Matriz de Shimbels Ruta A

matriz de Shimbels					
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3	
Caldas	0	1	2	3	
parada 1	1	0	1	2	
parada 2	2	1	0	1	
Parada 3	3	2	1	0	

- **Matriz de distancia km en ruta A propuesta 1**

Esta matriz (Tabla 20) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 1,85 kilómetros, por tanto, es una ruta corta, que mejorara el tiempo de recorrido.

Tabla 20 Matriz de distancia km en ruta A

Distancia en ruta				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	0,47076	1,0964716	1,8527435
parada 1	0,47076	0	0,6257116	1,3819835
parada 2	1,0964716	0,6257116	0	0,7562719
Parada 3	1,8527435	1,3819835	0,7562719	0

- **Matriz de distancia km en línea recta A propuesta 1**

Se observa cual sería la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética en línea recta entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos.

Tabla 21 Matriz de distancia km en línea recta A

Distancia línea recta				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	0,3893178	0,9671896	1,282359
parada 1	0,3893178	0	0,5978616	0,9757335
parada 2	0,9671896	0,5978616	0	0,4326377
Parada 3	1,282359	0,9757335	0,4326377	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A propuesta 1**

Se muestra (Tabla 22) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas.

Tabla 22 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A

Tiempo recorrido en ruta				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	2,172738462	5,06063815	8,55112385
parada 1	2,17273846	0	2,88789969	6,37838538
parada 2	5,06063815	2,887899692	0	3,49048569
Parada 3	8,55112385	6,378385385	3,49048569	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A propuesta 1**

La matriz (Tabla 23) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos.

Tabla 23 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A

Tiempo recorrido línea recta				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	1,796851385	4,463952	5,91858
parada 1	1,796851385	0	2,75936123	4,50338538
parada 2	4,463952	2,759361231	0	1,99678938
Parada 3	5,91858	4,503385385	1,99678938	0

13 km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A propuesta 1**

La matriz (Tabla 24) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta. Se puede afirmar observando los resultados que la ruta presenta una buena similitud a la ruta perfecta, debido a que se pensó realizar siguiendo el criterio de no seguir rutas circulares.

Tabla 24 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A

Factor de ruta (fr)				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	1,209192079	1,13366769	1,44479315
parada 1	1,209192079	0	1,04658269	1,41635344
parada 2	1,13366769	1,046582687	0	1,748049
Parada 3	1,444793151	1,416353441	1,748049	0

- **Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A propuesta 1**

La matriz (Tabla 25) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 25 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A

índice trazado de velocidad				
Ruta A	Caldas	parada 1	parada 2	Parada 3
Caldas	0	1,209192079	1,13366769	1,44479315
parada 1	1,209192079	0	1,04658269	1,41635344
parada 2	1,13366769	1,046582687	0	1,748049
Parada 3	1,444793151	1,416353441	1,748049	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 1

Lo importante de esta Tabla (Tabla 26) corresponde a los resultados de la columna 5 *Ri*, la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 índice de *tiempo global*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Capítulo 5).

- Columna 5 *Ri* (Tabla 26): La ruta presenta una accesibilidad adecuada, pues ningún valor supera 1.5, lo cual la convierte en una ruta accesible.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 26): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 26): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son, cortos siendo el mayor tan solo 18.41 minutos su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.
- El tiempo máximo de recorrido en ruta para pasajeros es de 8,55 minutos, eso quiere decir que se cumple con la velocidad inferior a 20 minutos.

Tabla 26 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 8,55 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	R_i	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Caldas	6	3,79	0,2	0,7575	1,296001609	0,166667	0,21600	15,78450	1,29600161
parada 1	4	3,67	0,33333333	1,2240	1,262641404	0,25	0,31566	11,43902	1,2626414
parada 2	4	3,93	0,33333333	1,3094	1,240661196	0,25	0,31017	11,43902	1,2406612
Parada 3	6	4,61	0,2	0,9218	1,483240089	0,166667	0,24721	18,41999	1,48324009

6.2.2 Ruta B propuesta 1

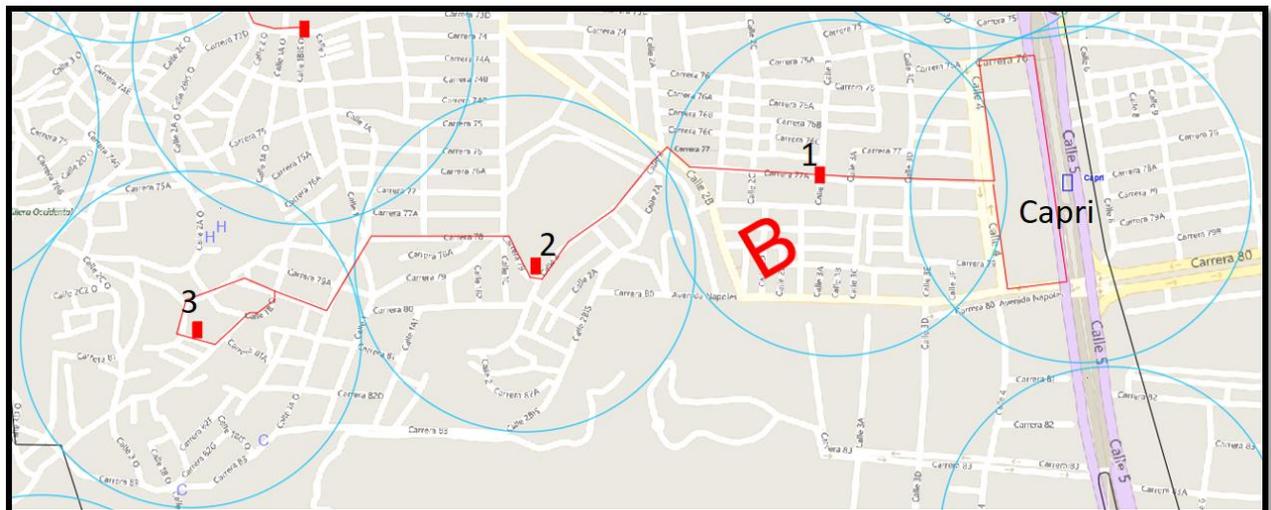


imagen 15 Ruta B

Esta ruta surge como una propuesta alternativa a parte de la ruta A12A (Numeral 5.2) Calculo de indicadores ruta B propuesta 1 (Imagen 15)

- **Matriz de Shimbel Ruta B propuesta 1**

La matriz de Shimbel (Tabla 27) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 3, esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada negativamente, pero la velocidad media mejorara.

Tabla 27 Matriz de Shimbela Ruta B

matriz de Shimbela				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	1	2	3
parada 1	1	0	1	2
parada 2	2	1	0	1
Parada 3	3	2	1	0

- **Matriz de distancia km en ruta B propuesta 1**

Esta matriz (Tabla 28) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 2,24 kilómetros, por tanto, es una ruta corta, que mejorara el tiempo de recorrido.

Tabla 28 Matriz de distancia km en ruta B

Distancia en ruta				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	0,842246	1,4817313	2,2487367
parada 1	0,842246	0	0,6394853	1,4064907
parada 2	1,4817313	0,6394853	0	0,7670054
Parada 3	2,2487367	1,4064907	0,7670054	0

- **Matriz de distancia km en línea recta B propuesta 1**

Se observa (Tabla 29) cual sería la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética y utópica entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos.

Tabla 29 Matriz de distancia km en línea recta B

Distancia línea recta				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	0,4366349	0,9485193	1,552849
parada 1	0,4366349	0	0,533718	1,1384589
parada 2	0,9485193	0,533718	0	0,6068164
Parada 3	1,552849	1,1384589	0,6068164	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B**

Se muestra (Tabla 30) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas.

Tabla 30 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B

Tiempo recorrido en ruta				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	3,887289231	6,83875985	10,3787848
parada 1	3,88728923	0	2,95147062	6,49149554
parada 2	6,83875985	2,951470615	0	3,54002492
Parada 3	10,3787848	6,491495538	3,54002492	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B**

La matriz (Tabla 31) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos

Tabla 31 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B

Tiempo recorrido line recta				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	2,015238	4,37778138	7,16699538
parada 1	2,015238	0	2,46331385	5,25442569
parada 2	4,37778138	2,463313846	0	2,80069108
Parada 3	7,16699538	5,254425692	2,80069108	0

13km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B propuesta 1**

La matriz (Tabla 32) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta. Se puede afirmar observando los resultados que la ruta presenta una buena similitud a la ruta perfecta entre algunos de sus nodos, pero también se encuentra nodos con valores de 1,9 lo cual indicia que la ruta es un 90% más curva que la línea recta que le describe.

Tabla 32 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B

Factor de ruta (fr)				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	1,928947961	1,56215198	1,4481361
parada 1	1,92894796	0	1,19817076	1,23543388
parada 2	1,56215198	1,198170757	0	1,26398265
Parada 3	1,4481361	1,235433883	1,26398265	0

- Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B propuesta 1

La matriz (Tabla 33) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 33 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B

índice trazado de velocidad				
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3
Capri	0	1,928947961	1,56215198	1,4481361
parada 1	1,92894796	0	1,19817076	1,23543388
parada 2	1,56215198	1,198170757	0	1,26398265
Parada 3	1,4481361	1,235433883	1,26398265	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 1

Lo importante de esta Tabla (Tabla 34) corresponde a los resultados de la columna 5 R_i , la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 índice de *tiempo global*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Capítulo 5).

- Columna 5 R_i (Tabla 34): La ruta presenta una accesibilidad adecuada, pues ningún valor supera 1.5, lo cual la convierte en una ruta accesible.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 34): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior o cercano a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 34): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son

cortos siendo el mayor de tan solo 21.105 minutos, por tanto, su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.

- El tiempo máximo de recorrido de recorrido en ruta para pasajeros es de 10.38 minutos, eso quiere decir que se cumple con el tiempo inferior a 20 minutos.

Tabla 34 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 10,38 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Capri	6	4,94	0,2	0,98784721	1,556401981	0,166667	0,259	21,105	1,55640198
parada 1	4	4,36	0,33333333	1,4541842	1,369596851	0,25	0,342	13,330	1,36959685
parada 2	4	4,02	0,33333333	1,34143513	1,382550386	0,25	0,346	13,330	1,38255039
Parada 3	6	3,95	0,2	0,78951053	1,340832667	0,166667	0,223	20,410	1,34083267

6.2.3 Ruta C propuesta 1

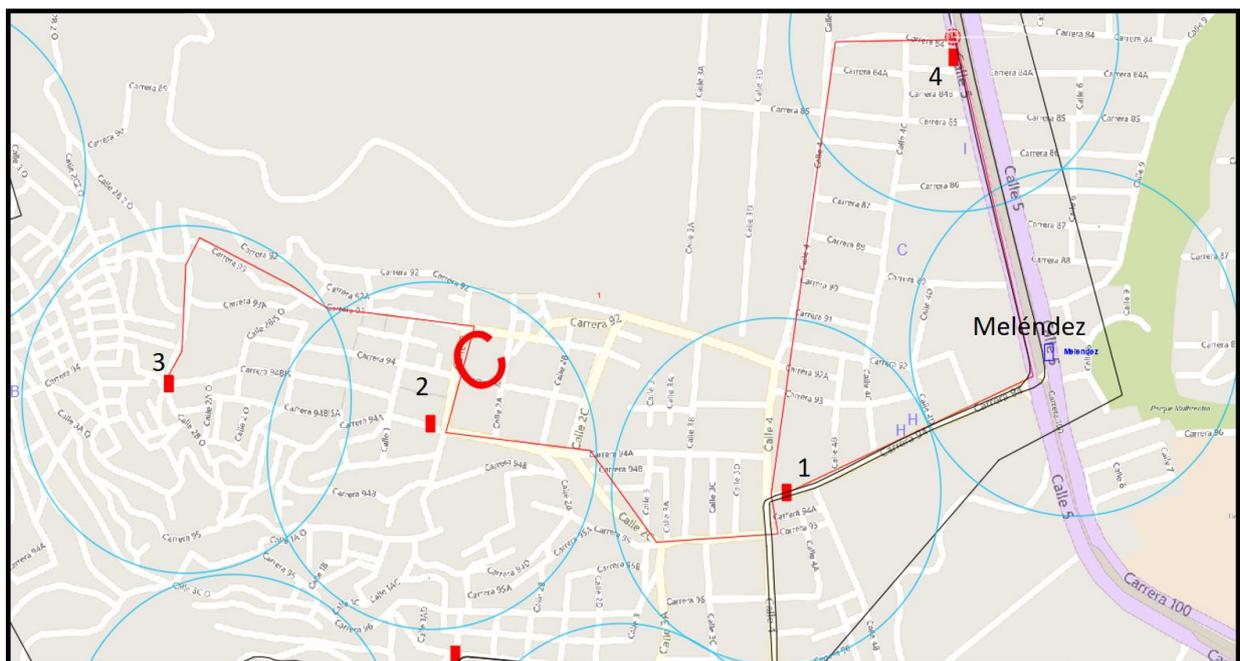


imagen 16 Ruta C Fuente: elaboración propia

Esta ruta surge como una propuesta alternativa a partes de las rutas A12A (Numeral 5.2), A12B (Numeral 5.3), A12C (Numeral 5.1), A12A (Numeral 5.2) Calculo de indicadores para la ruta C propuesta 1 (Imagen 16)

- **Matriz de Shimbel Ruta C propuesta 1**

La matriz de Shimbel (Tabla 35) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 3 (por la forma en la que está pensada la ruta, la parada 4, solo presenta 1 arco Imagen 16), esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada negativamente, pero la velocidad media mejorara.

Tabla 35 Matriz de Shimbel Ruta C

matriz de Shimbel					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	1	2	3	1
parada 1	1	0	1	2	1
parada 2	2	1	0	1	1
Parada 3	3	2	1	0	1
parada 4	1	1	1	1	0

- **Matriz de distancia km en ruta C propuesta 1**

Esta matriz (Tabla 36) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 2,7 kilómetros, por tanto, es una ruta corta, que mejorara el tiempo de recorrido.

Tabla 36 Matriz de distancia km en ruta C

Distancia en ruta					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	0,5462402	1,3247872	2,2775282	0,5117011
parada 1	0,5462402	0	0,778547	1,731288	2,7565724
parada 2	1,3247872	0,778547	0	0,952741	1,9780254
Parada 3	2,2775282	1,731288	0,952741	0	1,0252844
parada 4	0,5117011	2,7565724	1,9780254	1,0252844	0

- **Matriz de distancia km en línea ruta C propuesta 1**

Se observa cual sería (Tabla 37) la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética y utópica entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos.

Tabla 37 Matriz de distancia km en línea ruta C

Distancia línea recta					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	0,52947	1,1325	1,6045	0,5541
parada 1	0,52947	0	0,6626	1,14523	0,81029
parada 2	1,1325	0,6626	0	0,48195	1,15097
Parada 3	1,6045	1,14523	0,48195	0	1,542
parada 4	0,5541	0,81029	1,15097	1,542	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C propuesta 1**

Se muestra (Tabla 38) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas

Tabla 38 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C

Tiempo en ruta					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	2,521108615	6,11440246	10,5116686	2,361697385
parada 1	2,52110862	0	3,59329385	7,99056	12,72264185
parada 2	6,11440246	3,593293846	0	4,39726615	9,129348
Parada 3	10,5116686	7,99056	4,39726615	0	4,732081846
parada 4	2,36169738	12,72264185	9,129348	4,73208185	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C propuesta 1**

La matriz (Tabla39) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos

Tabla 39 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C

Tiempo en línea recta					
Ruta C	Meléndez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Meléndez	0	2,443707692	5,22692308	7,40538462	2,557384615
parada 1	2,44370769	0	3,05815385	5,28567692	3,7398

parada 2	5,22692308	3,058153846	0	2,22438462	5,312169231
Parada 3	7,40538462	5,285676923	2,22438462	0	7,116923077
parada 4	2,55738462	3,7398	5,31216923	7,11692308	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C propuesta 1**

La matriz (Tabla 40) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta, se detectan conexiones entre nodos donde el facto de ruta es demasiado grande legando incluso hasta a un 3,4.

Tabla 40 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C

Factor de ruta (fr)					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	1,03167356	1,16979002	1,41946289	0,923481502
parada 1	1,03167356	0	1,17498793	1,51173825	3,401957818
parada 2	1,16979002	1,174987926	0	1,97684615	1,718572508
Parada 3	1,41946289	1,511738253	1,97684615	0	0,664905577
parada 4	0,9234815	3,401957818	1,71857251	0,66490558	0

- **Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C propuesta 1**

La matriz (Tabla 41) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 41 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C

indice trazado de velocidad					
Ruta C	Melendez	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4
Melendez	0	1,03167356	1,16979002	1,41946289	0,923481502
parada 1	1,03167356	0	1,17498793	1,51173825	3,401957818
parada 2	1,16979002	1,174987926	0	1,97684615	1,718572508
Parada 3	1,41946289	1,511738253	1,97684615	0	0,664905577
parada 4	0,9234815	3,401957818	1,71857251	0,66490558	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i , Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 1

Lo importante de esta Tabla (Tabla 42) corresponde a los resultados de la columna 5 R_i , la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 índice de *tiempo global*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Numeral 5).

- Columna 5 R_i (Tabla 42): La ruta presenta una accesibilidad adecuada en el nodo Capri, parada 2 y parada 3, pues ningún valor supera 1.5, sin embargo, los nodos parada 1 y parada 4 presentan valores que superan el máximo, sin embargo es necesario reducir un poco la accesibilidad para lograr la movilidad, se espera que una ruta accesible posea un R_i un 50% mayor al utópico en este caso obtenemos 2 nodos uno con un R_i un 71% mayor al utópico y otro un 123% mayor, sin embargo como se puede ver mas adelante esta ruta sigue ganando mucho en movilidad y cumple la norma de caminatas no superiores a 300 metros.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 42): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior o similar a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta, exacto para el nodo parada 1.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 42): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son cortos el mayor tiempo es de tan solo 28.94 minutos, por tanto, su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.
- El tiempo máximo de recorrido de recorrido en ruta para pasajeros es de 12,72 minutos, eso quiere decir que se cumple con el tiempo inferior a 20 minutos.

Tabla 42 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 12,72 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Capri	7	4,54	0,16666667	0,7574	1,220	0,142857	0,174	21,509	1,21978048
parada 1	5	7,12	0,25	1,7801	1,847	0,2	0,369	26,828	1,84669782
parada 2	5	6,04	0,25	1,5100	1,469	0,2	0,294	23,234	1,46851553
Parada 3	7	5,57	0,16666667	0,9288	1,254	0,142857	0,179	27,632	1,25413551
parada 4	4	6,71	0,33333333	2,2363	1,546	0,25	0,386	28,946	1,54573006

6.3 Propuesta Rutas 2

Para la propuesta 2 se siguen las reglas comentadas en el Numeral 6.1, se muestran entonces 3 rutas para dicha propuesta ruta a, ruta b y ruta c y se sigue la metodología de evaluación de accesibilidad utilizada en el Capítulo 5.

Los paraderos aquí están ubicados teniendo como criterio adicional los centros atractores de viaje de la comuna, tales como escuelas, universidades, puestos de salud y escenarios deportivos

Los cálculos de indicadores siguen la misma metodología explicada en el Numeral 5.1, la propuesta 1 no tiene en cuenta lugares atractores de viaje, solo se plantea distribuye los posibles nodos en el área geográfica de la comuna 18, para posteriormente generar posibles rutas.

6.3.1 Ruta A propuesta 2

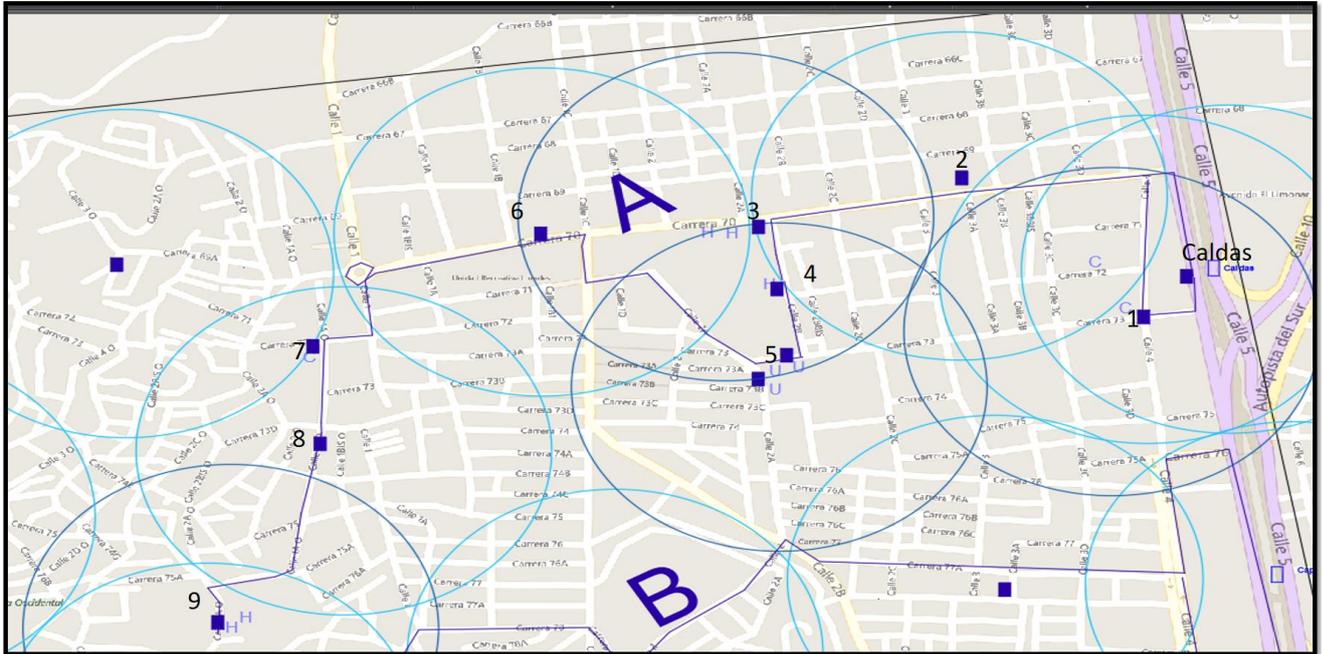


imagen 17 Ruta A Fuente: elaboración propia

Esta ruta surge como una propuesta alternativa a parte de la ruta A78A (Numeral 5.5) Calculo de indicadores (Imagen 17)

- **Matriz de Shimbel Ruta A propuesta 2**

La matriz de Shimbel (Tabla 43) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 9, esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada positivamente.

Tabla 43 Matriz de Shimbel Ruta A propuesta 2

Ruta A	Matriz de Shimbel									
	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parada 1	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Parada 2	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
Parada 3	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
Parada 4	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
Parada 5	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Parada 6	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3
Parada 7	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2
Parada 8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
Parada 9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

- **Matriz de distancia km en ruta A propuesta 2**

Esta matriz (Tabla 44) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 2.76 kilómetros, por tanto, es una ruta corta, que mejorara el tiempo de recorrido.

Tabla 44 Matriz de distancia km en ruta A propuesta 2

Ruta A	Distancia en ruta									
	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	0,13831	0,63311	0,92	1,028	1,167	1,687	2,259998	2,429	2,9
Parada 1	0,1383	0	0,4948	0,78169	0,88969	1,02869	1,54869	2,12169	2,29069	2,76169
Parada 2	0,6331	0,4948	0	0,28689	0,39489	0,53389	1,05389	1,62689	1,79589	2,26689
Parada 3	0,92	0,78169	0,28689	0	0,108	0,247	0,767	1,34	1,509	1,98
Parada 4	1,028	0,88969	0,39489	0,108	0	0,139	0,659	1,232	1,401	1,872
Parada 5	1,167	1,02869	0,53389	0,247	0,139	0	0,52	1,093	1,262	1,733
Parada 6	1,687	1,54869	1,05389	0,767	0,659	0,52	0	0,573	0,742	1,213
Parada 7	2,26	2,12169	1,62689	1,34	1,232	1,093	0,573	0	0,169	0,64
Parada 8	2,429	2,29069	1,79589	1,509	1,401	1,262	0,742	0,169	0	0,471
Parada 9	2,9	2,76169	2,26689	1,98	1,872	1,733	1,213	0,64	0,471	0

- **Matriz de distancia km en línea recta A propuesta 2**

Se observa cual sería (Tabla 45) la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética y utópica entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos.

Tabla 45 Matriz de distancia km en línea recta A propuesta 2

Ruta A	Distancia línea recta									
	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	0,11	0,37156	0,62878	0,606	0,6	0,942	1,271	1,285	1,539
Parada 1	0,11	0	0,364	0,591	0,535	0,32	0,89	1,203	1,218	1,46
Parada 2	0,3716	0,364	0	0,31	0,35	0,413	0,638	1,005	1,05	1,343
Parada 3	0,6288	0,591	0,31	0	0,108	0,216	0,315	0,678	0,74	1,061
Parada 4	0,606	0,535	0,35	0,108	0	0,131	0,357	0,671	0,717	1,006
Parada 5	0,6	0,32	0,413	0,216	0,131	0	0,415	0,689	0,704	0,951
Parada 6	0,942	0,89	0,638	0,315	0,357	0,415	0	0,391	0,494	0,853
Parada 7	1,271	1,203	1,005	0,678	0,671	0,689	0,391	0	0,181	0,527
Parada 8	1,285	1,218	1,05	0,74	0,717	0,704	0,494	0,181	0	0,367
Parada 9	1,539	1,46	1,343	1,061	1,006	0,951	0,853	0,527	0,367	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A propuesta 2**

Se muestra (Tabla 46) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas.

Tabla 46 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos A propuesta 2

Ruta A	Tiempo en ruta									
	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	0,63834	2,92204	4,24614	4,74461	5,38614	7,78614	10,43076	11,2108	13,3846
Parada 1	0,6383	0	2,28369	3,6078	4,10626	4,7478	7,1478	9,792415	10,5724	12,7463
Parada 2	2,922	2,28369	0	1,32411	1,82257	2,46411	4,86411	7,508723	8,28872	10,4626
Parada 3	4,2461	3,6078	1,32411	0	0,49846	1,14	3,54	6,184615	6,96462	9,13846
Parada 4	4,7446	4,10626	1,82257	0,49846	0	0,64154	3,04154	5,686154	6,46615	8,64
Parada 5	5,3861	4,7478	2,46411	1,14	0,64154	0	2,4	5,044615	5,82462	7,99846
Parada 6	7,7861	7,1478	4,86411	3,54	3,04154	2,4	0	2,644615	3,42462	5,59846
Parada 7	10,431	9,79242	7,50872	6,18462	5,68615	5,04462	2,64462	0	0,78	2,95385
Parada 8	11,211	10,5724	8,28872	6,96462	6,46615	5,82462	3,42462	0,78	0	2,17385
Parada 9	13,385	12,7463	10,4626	9,13846	8,64	7,99846	5,59846	2,953846	2,17385	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A propuesta 2**

La matriz (Tabla 47) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos

Tabla 47 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos A propuesta 2

Ruta A	tiempo en línea recta									
	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
caldas	0	0,50769	1,71489	2,90206	2,79692	2,76923	4,34769	5,866154	5,93077	7,10308
Parada 1	0,5077	0	1,68	2,72769	2,46923	1,47692	4,10769	5,552308	5,62154	6,73846
Parada 2	1,7149	1,68	0	1,43077	1,61538	1,90615	2,94462	4,638462	4,84615	6,19846
Parada 3	2,9021	2,72769	1,43077	0	0,49846	0,99692	1,45385	3,129231	3,41538	4,89692
Parada 4	2,7969	2,46923	1,61538	0,49846	0	0,60462	1,64769	3,096923	3,30923	4,64308
Parada 5	2,7692	1,47692	1,90615	0,99692	0,60462	0	1,91538	3,18	3,24923	4,38923
Parada 6	4,3477	4,10769	2,94462	1,45385	1,64769	1,91538	0	1,804615	2,28	3,93692
Parada 7	5,8662	5,55231	4,63846	3,12923	3,09692	3,18	1,80462	0	0,83538	2,43231
Parada 8	5,9308	5,62154	4,84615	3,41538	3,30923	3,24923	2,28	0,835385	0	1,69385
Parada 9	7,1031	6,73846	6,19846	4,89692	4,64308	4,38923	3,93692	2,432308	1,69385	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A propuesta 2**

La matriz (Tabla 48) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta. Se puede afirmar observando los resultados que la ruta presenta una buena similitud a la ruta perfecta, debido a que se pensó realizar siguiendo el criterio de no seguir rutas circulares.

Tabla 48 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) A propuesta 2

Ruta A	Factor de ruta (fr)									
Caldas	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	1,25735	1,70392	1,46315	1,69637	1,945	1,79087	1,778126	1,89027	1,88434
Parada 1	1,2573	0	1,35934	1,32266	1,66297	3,21466	1,7401	1,763666	1,8807	1,89157
Parada 2	1,7039	1,35934	0	0,92545	1,12826	1,29271	1,65187	1,618796	1,71037	1,68793
Parada 3	1,4631	1,32266	0,92545	0	1	1,14352	2,43492	1,976401	2,03919	1,86616
Parada 4	1,6964	1,66297	1,12826	1	0	1,06107	1,84594	1,836066	1,95397	1,86083
Parada 5	1,945	3,21466	1,29271	1,14352	1,06107	0	1,25301	1,586357	1,79261	1,82229
Parada 6	1,7909	1,7401	1,65187	2,43492	1,84594	1,25301	0	1,465473	1,50202	1,42204
Parada 7	1,7781	1,76367	1,6188	1,9764	1,83607	1,58636	1,46547	0	0,9337	1,21442
Parada 8	1,8903	1,8807	1,71037	2,03919	1,95397	1,79261	1,50202	0,933702	0	1,28338
Parada 9	1,8843	1,89157	1,68793	1,86616	1,86083	1,82229	1,42204	1,214421	1,28338	0

- **Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A propuesta 2**

La matriz (Tabla 49) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 49 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j A propuesta 2

Ruta A	índice trazado de velocidad									
Caldas	Caldas	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Caldas	0	1,25735	1,70392	1,46315	1,69637	1,945	1,79087	1,778126	1,89027	1,88434
Parada 1	1,2573	0	1,35934	1,32266	1,66297	3,21466	1,7401	1,763666	1,8807	1,89157
Parada 2	1,7039	1,35934	0	0,92545	1,12826	1,29271	1,65187	1,618796	1,71037	1,68793
Parada 3	1,4631	1,32266	0,92545	0	1	1,14352	2,43492	1,976401	2,03919	1,86616
Parada 4	1,6964	1,66297	1,12826	1	0	1,06107	1,84594	1,836066	1,95397	1,86083
Parada 5	1,945	3,21466	1,29271	1,14352	1,06107	0	1,25301	1,586357	1,79261	1,82229
Parada 6	1,7909	1,7401	1,65187	2,43492	1,84594	1,25301	0	1,465473	1,50202	1,42204
Parada 7	1,7781	1,76367	1,6188	1,9764	1,83607	1,58636	1,46547	0	0,9337	1,21442
Parada 8	1,8903	1,8807	1,71037	2,03919	1,95397	1,79261	1,50202	0,933702	0	1,28338
Parada 9	1,8843	1,89157	1,68793	1,86616	1,86083	1,82229	1,42204	1,214421	1,28338	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2

Lo importante de esta Tabla (Tabla 50) corresponde a los resultados de la columna 5 R_i , la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 índice de *tiempo lobal*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Capítulo 5).

- Columna 5 R_i (Tabla 50): La ruta presenta una accesibilidad adecuada, pues ningún valor supera 1.5, lo cual la convierte en una ruta accesible.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 50): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 50): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son cortos el tiempo mayor registrado es de solo 73.09 minutos, por tanto, su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.
- El tiempo máximo de recorrido de recorrido en ruta para pasajeros es de 13.38 minutos, eso quiere decir que se cumple con el tiempo inferior a 20 minutos.

Tabla 50 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2

Tiempo máximo de viaje por persona 13,38 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Caldas	45	15,41	0,02273	0,350	1,7900	0,022222222	0,0398	60,750	1,78999
Parada 1	37	16,09	0,02778	0,447	1,8018	0,027027027	0,0487	55,643	1,80181
Parada 2	31	13,08	0,03333	0,436	1,5548	0,032258065	0,0502	41,941	1,5548
Parada 3	27	14,17	0,03846	0,545	1,7083	0,037037037	0,0633	36,644	1,70825
Parada 4	25	14,05	0,04167	0,585	1,7236	0,04	0,0689	35,647	1,72363
Parada 5	25	15,11	0,04167	0,630	1,7399	0,04	0,0696	35,647	1,73994
Parada 6	27	15,11	0,03846	0,581	1,6551	0,037037037	0,0613	40,447	1,65507
Parada 7	31	14,17	0,03333	0,472	1,6710	0,032258065	0,0539	51,026	1,67104
Parada 8	37	14,99	0,02778	0,416	1,7865	0,027027027	0,0483	55,706	1,7865
Parada 9	45	14,93	0,02273	0,339	1,7391	0,022222222	0,0386	73,097	1,73906

6.3.2 Ruta B propuesta 2

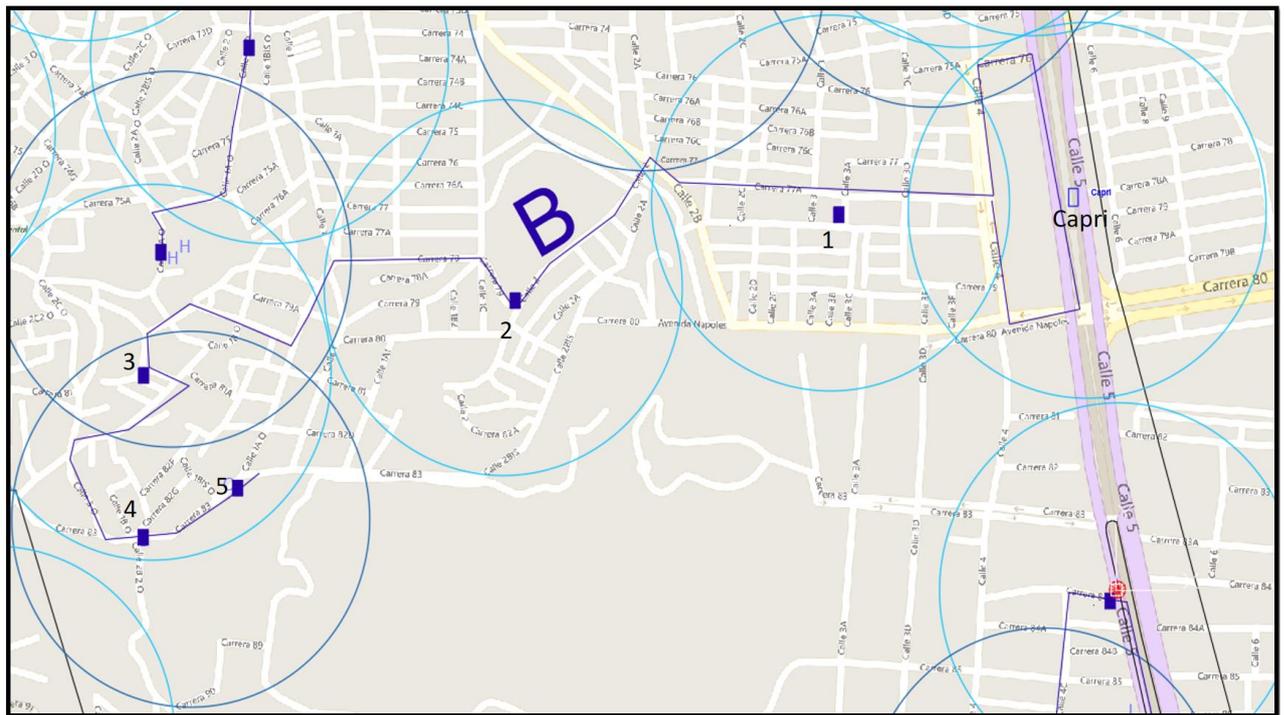


imagen 18 Ruta B Fuente: elaboración propia

Esta ruta surge como una propuesta alternativa a parte de la ruta A12A (Numeral 5.2) y la ruta A78A (Capítulo.5) Calculo de indicadores (Imagen 18)

- **Matriz de Shimbel Ruta B propuesta 2**

La matriz de Shimbel (Tabla 51) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 5, esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada negativamente, pero la velocidad media mejorara.

Tabla 51 Matriz de Shimbel Ruta B propuesta 2

Matriz de shimbel						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	1	2	3	4	5
parada 1	1	0	1	2	3	4
parada 2	2	1	0	1	2	3
Parada 3	3	2	1	0	1	2
parada 4	4	3	2	1	0	1
parada 5	5	4	3	2	1	0

- **Matriz de distancia km en ruta B propuesta 2**

Esta matriz (Tabla 52) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 2.96 kilómetros, por tanto, es una ruta corta, que mejorara el tiempo de recorrido

Tabla 52 Matriz de distancia km en ruta B propuesta 2

Distancia en ruta						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	0,84225	1,48173	2,24874	2,74974	2,96274
parada 1	0,8422	0	0,63949	1,40649	1,90749	2,12049
parada 2	1,4817	0,63949	0	0,76701	1,26801	1,48101
Parada 3	2,2487	1,40649	0,76701	0	0,501	0,714
parada 4	2,7497	1,90749	1,26801	0,501	0	0,213
parada 5	2,9627	2,12049	1,48101	0,714	0,213	0

- **Matriz de distancia km en línea recta B propuesta 2**

Se observa cual sería (Tabla 53) la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética y utópica entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos.

Tabla 53 Matriz de distancia km en línea recta B propuesta 2

Distancia línea recta						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	0,43663	0,94852	1,55285	1,663	1,471
parada 1	0,4366	0	0,53372	1,13846	1,208	1,104
parada 2	0,9485	0,53372	0	0,60682	0,731	0,549
Parada 3	1,5528	1,13846	0,60682	0	0,256	0,238
parada 4	1,663	1,208	0,731	0,256	0	0,184
parada 5	1,471	1,104	0,549	0,238	0,184	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B propuesta 2**

Se muestra (Tabla 54) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas.

Tabla 54 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos B propuesta 2

Tiempo en ruta						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	3,88729	6,83876	10,3788	12,6911	13,6742
parada 1	3,8873	0	2,95147	6,4915	8,8038	9,78688
parada 2	6,8388	2,95147	0	3,54002	5,85233	6,83541
Parada 3	10,379	6,4915	3,54002	0	2,31231	3,29538
parada 4	12,691	8,8038	5,85233	2,31231	0	0,98308
parada 5	13,674	9,78688	6,83541	3,29538	0,98308	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B propuesta 2**

La matriz (Tabla 55) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos.

Tabla 55 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos B propuesta 2

Tiempo en línea recta						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	2,01524	4,37778	7,167	7,67538	6,78923
parada 1	2,0152	0	2,46331	5,25443	5,57538	5,09538
parada 2	4,3778	2,46331	0	2,80069	3,37385	2,53385
Parada 3	7,167	5,25443	2,80069	0	1,18154	1,09846
parada 4	7,6754	5,57538	3,37385	1,18154	0	0,84923
parada 5	6,7892	5,09538	2,53385	1,09846	0,84923	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B propuesta 2**

La matriz (Tabla 56) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta. Se puede afirmar observando los resultados que la ruta presenta una buena similitud a la ruta perfecta, debido a que se pensó realizar siguiendo el criterio de no seguir rutas circulares.

Tabla 56 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) B propuesta 2

Factor de ruta (fr)						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	1,92895	1,56215	1,44814	1,65348	2,0141
parada 1	1,9289	0	1,19817	1,23543	1,57905	1,92073
parada 2	1,5622	1,19817	0	1,26398	1,73462	2,69764
Parada 3	1,4481	1,23543	1,26398	0	1,95703	3
parada 4	1,6535	1,57905	1,73462	1,95703	0	1,15761
parada 5	2,0141	1,92073	2,69764	3	1,15761	0

- **Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B propuesta 2**

La matriz (Tabla 57) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 57 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta B propuesta 2

índice trazado de velocidad						
Ruta B	Capri	parada 1	parada 2	Parada 3	parada 4	parada 5
Capri	0	1,92895	1,56215	1,44814	1,65348	2,0141
parada 1	1,9289	0	1,19817	1,23543	1,57905	1,92073
parada 2	1,5622	1,19817	0	1,26398	1,73462	2,69764
Parada 3	1,4481	1,23543	1,26398	0	1,95703	3
parada 4	1,6535	1,57905	1,73462	1,95703	0	1,15761
parada 5	2,0141	1,92073	2,69764	3	1,15761	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2

Lo importante de esta Tabla (Tabla 58) corresponde a los resultados de la columna 5 R_i , la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 índice de *tiempo global*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Capítulo 5).

- Columna 5 R_i (Tabla 58): La ruta presenta una accesibilidad adecuada, pues ningún valor supera 1.5, lo cual la convierte en una ruta accesible.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 26): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 58): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son adecuados el mayor tiempo que registra es 47.47 minutos, por tanto, su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.
- El tiempo máximo de recorrido de recorrido en ruta para pasajeros es de 13.67 minutos, eso quiere decir que se cumple con el tiempo inferior a 20 minutos.

Tabla 58 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2

Tiempo máximo de viaje por persona 13,67 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	Ri	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Capri	15	8,61	0,07143	0,614772338	1,694	0,066666667	0,113	47,470	1,69387
parada 1	11	7,86	0,1	0,786233552	1,564	0,090909091	0,142	31,921	1,56446
parada 2	9	8,46	0,125	1,057070598	1,673	0,111111111	0,186	26,018	1,67324
Parada 3	9	8,90	0,125	1,113072986	1,487	0,111111111	0,165	26,018	1,48656
parada 4	11	8,08	0,1	0,808178572	1,643	0,090909091	0,149	30,643	1,64256
parada 5	15	10,79	0,07143	0,770720138	2,113	0,066666667	0,141	34,575	2,11259

6.3.3 Ruta C propuesta 2

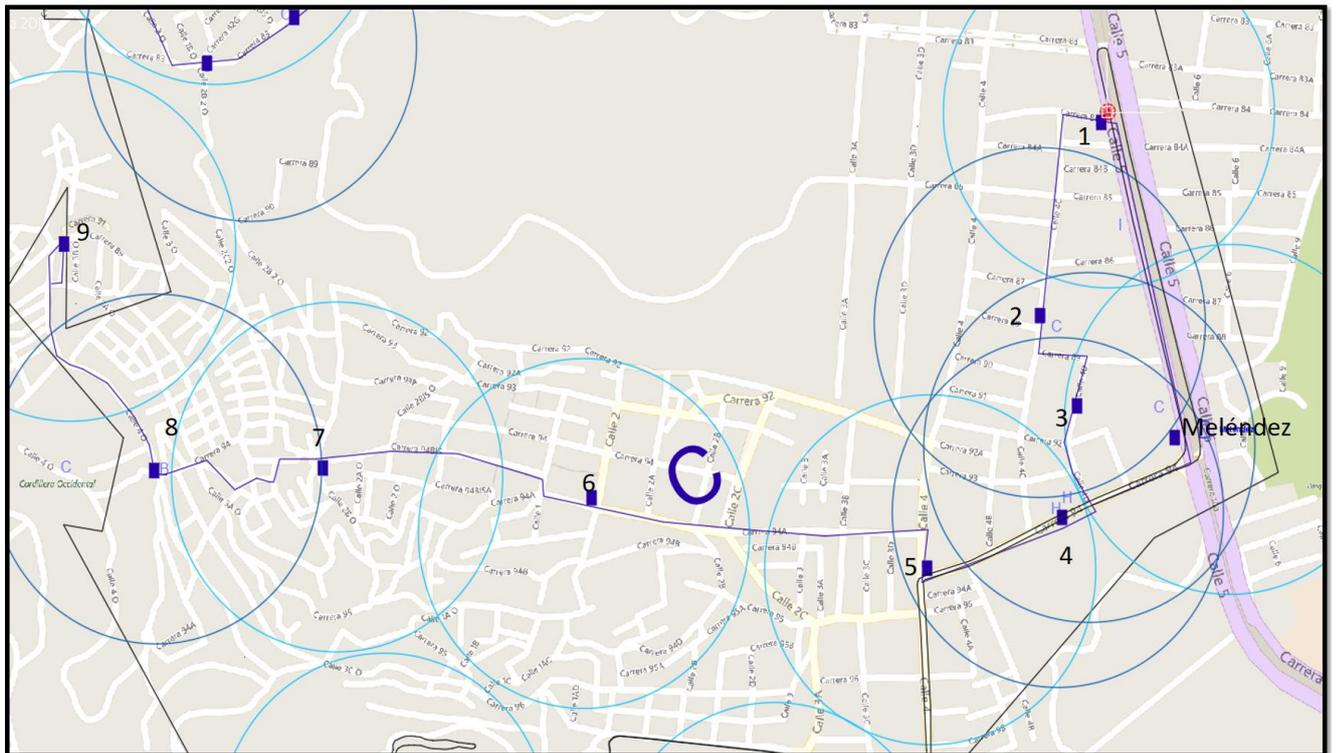


imagen 19 Ruta C Fuente: elaboración propia

Esta ruta surge como una propuesta alternativa a parte de la ruta A12B (Numeral 5.3) Calculo de indicadores (Imagen 19)

- Matriz de Shimbel Ruta C propuesta 2

La matriz de Shimbel (Tabla 59) muestra que el máximo de arcos entre dos nodos para un usuario es de solo 9, esto quiere decir que su accesibilidad se podría ver afectada positivamente.

Tabla 59 Matriz de Shimbel Ruta C propuesta 2

Ruta C	Matriz de Shimbel									
	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parada 1	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Parada 2	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
Parada 3	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
Parada 4	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
Parada 5	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Parada 6	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3
Parada 7	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2
Parada 8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
Parada 9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

- Matriz de distancia km en ruta C propuesta 2

Esta matriz (Tabla 60) indica, que la distancia máxima de recorrido para dicha ruta es de 3.64 kilómetros.

Tabla 60 Matriz de distancia km en ruta C propuesta 2

Ruta C	Distancia en ruta									
	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	0,28356	0,56926	1,2678	1,78356	2,13626	2,74455	3,018547	3,25955	3,64755
Parada 1	0,28356	0	0,2857	0,9842	1,5	1,8527	2,46099	2,734987	2,97599	3,36399
Parada 2	0,56926	0,2857	0	0,6985	1,2143	1,567	2,17529	2,449287	2,69029	3,07829
Parada 3	1,26776	0,9842	0,6985	0	0,5158	0,8685	1,47679	1,750787	1,99179	2,37979
Parada 4	1,78356	1,5	1,2143	0,5158	0	0,3527	0,96099	1,234987	1,47599	1,86399
Parada 5	2,13626	1,8527	1,567	0,8685	0,3527	0	0,60829	0,882287	1,12329	1,51129
Parada 6	2,744547	2,46099	2,17529	1,4768	0,96099	0,60829	0	0,274	0,515	0,903
Parada 7	3,018547	2,73499	2,44929	1,7508	1,23499	0,88229	0,274	0	0,241	0,629
Parada 8	3,259547	2,97599	2,69029	1,9918	1,47599	1,12329	0,515	0,241	0	0,388
Parada 9	3,647547	3,36399	3,07829	2,3798	1,86399	1,51129	0,903	0,629	0,388	0

- **Matriz de distancia km en línea ruta C propuesta 2**

Se observa cual sería (Tabla 61) la medida de la distancia, si se pudiese construir una ruta hipotética y utópica entre dos nodos, esta matriz se genera para posteriores cálculos

Tabla 61 Matriz de distancia km en línea ruta C propuesta 2

Ruta C	Distancia línea recta									
	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	0,251	0,505	1,6	1,544	1,855	2,051	0,181	0,315	0,54
Parada 1	0,251	0	0,257	0,856	1,353	1,648	1,868	0,194	0,349	0,673
Parada 2	0,505	0,257	0	0,625	1,109	1,409	1,66	0,398	0,491	0,828
Parada 3	1,6	0,856	0,625	0	0,492	0,797	1,067	0,893	0,882	1,119
Parada 4	1,544	1,353	1,109	0,492	0	0,309	0,61	1,368	1,326	1,321
Parada 5	1,855	1,648	1,409	0,797	0,309	0	0,414	1,68	1,63	1,823
Parada 6	2,051	1,868	1,66	1,067	0,61	0,414	0	1,855	1,772	1,889
Parada 7	0,181	0,194	0,398	0,893	1,368	1,68	1,855	0	0,1625	0,487
Parada 8	0,315	0,349	0,491	0,882	1,326	1,63	1,772	0,1625	0	0,345
Parada 9	0,54	0,673	0,828	1,119	1,321	1,823	1,889	0,487	0,345	0

- **Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C propuesta 2**

Se muestra (Tabla 62) el tiempo que tardaría el bus en viajar de un nodo a otro, la velocidad utilizada son 13km/h debido a que es la velocidad mínima que registro la comuna 18 en unas de sus rutas.

Tabla 62 Matriz de tiempo recorrido en ruta minutos ruta C propuesta 2

Ruta C	Tiempo en ruta									
	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	1,30874	2,62735	5,8512	8,23182	9,85966	12,6671	13,93176	15,0441	16,8348
Parada 1	1,3087385	0	1,31862	4,5425	6,92308	8,55092	11,3584	12,62302	13,7353	15,5261
Parada 2	2,6273538	1,31862	0	3,2238	5,60446	7,23231	10,0398	11,3044	12,4167	14,2075
Parada 3	5,8512	4,54246	3,22385	0	2,38062	4,00846	6,81594	8,080555	9,19286	10,9836
Parada 4	8,2318154	6,92308	5,60446	2,3806	0	1,62785	4,43532	5,69994	6,81225	8,60302
Parada 5	9,8596615	8,55092	7,23231	4,0085	1,62785	0	2,80748	4,072094	5,1844	6,97517
Parada 6	12,66714	11,3584	10,0398	6,8159	4,43532	2,80748	0	1,264615	2,37692	4,16769
Parada 7	13,931755	12,623	11,3044	8,0806	5,69994	4,07209	1,26462	0	1,11231	2,90308
Parada 8	15,044063	13,7353	12,4167	9,1929	6,81225	5,1844	2,37692	1,112308	0	1,79077
Parada 9	16,834832	15,5261	14,2075	10,984	8,60302	6,97517	4,16769	2,903077	1,79077	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C propuesta 2**

La matriz (Tabla 63) de recorrido en línea recta muestra el tiempo que tardaría el bus en recorrer la distancia entre dos nodos, una distancia hipotética y utópica, se utiliza para posteriores cálculos

Tabla 63 Matriz de tiempo recorrido en línea recta minutos ruta C propuesta 2

Ruta C	tiempo en línea recta									
	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	1,15846	2,33077	7,3846	7,12615	8,56154	9,46615	0,835385	1,45385	2,49231
Parada 1	1,1584615	0	1,18615	3,9508	6,24462	7,60615	8,62154	0,895385	1,61077	3,10615
Parada 2	2,3307692	1,18615	0	2,8846	5,11846	6,50308	7,66154	1,836923	2,26615	3,82154
Parada 3	7,3846154	3,95077	2,88462	0	2,27077	3,67846	4,92462	4,121538	4,07077	5,16462
Parada 4	7,1261538	6,24462	5,11846	2,2708	0	1,42615	2,81538	6,313846	6,12	6,09692
Parada 5	8,5615385	7,60615	6,50308	3,6785	1,42615	0	1,91077	7,753846	7,52308	8,41385
Parada 6	9,4661538	8,62154	7,66154	4,9246	2,81538	1,91077	0	8,561538	8,17846	8,71846
Parada 7	0,8353846	0,89538	1,83692	4,1215	6,31385	7,75385	8,56154	0	0,75	2,24769
Parada 8	1,4538462	1,61077	2,26615	4,0708	6,12	7,52308	8,17846	0,75	0	1,59231
Parada 9	2,4923077	3,10615	3,82154	5,1646	6,09692	8,41385	8,71846	2,247692	1,59231	0

velocidad de 13 km/h.

- **Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C propuesta 2**

La matriz (Tabla 64) de factor de ruta muestra que tanta diferencia existe en la ruta trazada entre dos nodos y la ruta utópica en línea recta. Se puede afirmar observando los resultados que la ruta presenta una buena similitud a la ruta perfecta, debido a que se pensó realizar siguiendo el criterio de no seguir rutas circulares.

Tabla 64 Matriz de Factor de Ruta Integral (Fr) ruta C propuesta 2

Ruta C	Factor de ruta (fr)									
Melendez	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	1,12972	1,12725	0,7924	1,15516	1,15162	1,33815	16,67706	10,3478	6,75472
Parada 1	1,1297211	0	1,11167	1,1498	1,10865	1,12421	1,31744	14,09787	8,52718	4,99849
Parada 2	1,1272475	1,11167	0	1,1176	1,09495	1,11214	1,31041	6,153987	5,4792	3,71774
Parada 3	0,79235	1,14977	1,1176	0	1,04837	1,08971	1,38406	1,960568	2,25826	2,12671
Parada 4	1,1551554	1,10865	1,09495	1,0484	0	1,14142	1,57539	0,902768	1,11311	1,41104
Parada 5	1,1516226	1,12421	1,11214	1,0897	1,14142	0	1,46929	0,525171	0,68913	0,82901
Parada 6	1,3381507	1,31744	1,31041	1,3841	1,57539	1,46929	0	0,147709	0,29063	0,47803
Parada 7	16,677055	14,0979	6,15399	1,9606	0,90277	0,52517	0,14771	0	1,48308	1,29158
Parada 8	10,347768	8,52718	5,4792	2,2583	1,11311	0,68913	0,29063	1,483077	0	1,12464
Parada 9	6,7547167	4,99849	3,71774	2,1267	1,41104	0,82901	0,47803	1,291581	1,12464	0

- Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C propuesta 2

La matriz (Tabla 65) de indicador trazado velocidad, compara la velocidad de ruta con la velocidad de ruta utópica en línea recta, como esta ruta no es circular tendera a presentar los mismos valores de la matriz de factor de ruta.

Tabla 65 Matriz indicador trazado velocidad entre los nodos i y j ruta C propuesta 2

Ruta C	índice trazado de velocidad									
Melendez	Melendez	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Parada 6	Parada 7	Parada 8	Parada 9
Melendez	0	1,12972	1,12725	0,7924	1,15516	1,15162	1,33815	16,67706	10,3478	6,75472
Parada 1	1,1297211	0	1,11167	1,1498	1,10865	1,12421	1,31744	14,09787	8,52718	4,99849
Parada 2	1,1272475	1,11167	0	1,1176	1,09495	1,11214	1,31041	6,153987	5,4792	3,71774
Parada 3	0,79235	1,14977	1,1176	0	1,04837	1,08971	1,38406	1,960568	2,25826	2,12671
Parada 4	1,1551554	1,10865	1,09495	1,0484	0	1,14142	1,57539	0,902768	1,11311	1,41104
Parada 5	1,1516226	1,12421	1,11214	1,0897	1,14142	0	1,46929	0,525171	0,68913	0,82901
Parada 6	1,3381507	1,31744	1,31041	1,3841	1,57539	1,46929	0	0,147709	0,29063	0,47803
Parada 7	16,677055	14,0979	6,15399	1,9606	0,90277	0,52517	0,14771	0	1,48308	1,29158
Parada 8	10,347768	8,52718	5,4792	2,2583	1,11311	0,68913	0,29063	1,483077	0	1,12464
Parada 9	6,7547167	4,99849	3,71774	2,1267	1,41104	0,82901	0,47803	1,291581	1,12464	0

- Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i propuesta 2

Lo importante de esta Tabla (Tabla 26) corresponde a los resultados de la columna 5 *Ri*, la columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos*, columna 8 *índice de tiempo global*. Las demás columnas están explicadas detalladamente en el Capítulo 5 (Capítulo 5).

- Columna 5 R_i (Tabla 66): La ruta presenta una accesibilidad adecuada, pues ningún valor supera 1.5, lo cual la convierte en una ruta accesible.
- Columna 6 *suma indicador trazado velocidad entre los nodos* (Tabla 66): El indicador de trazado de velocidad se mantiene bajo (inferior a 1.5), lo que sugiere que la ruta mantiene una semejanza adecuada a la ruta utópica en línea recta.
- Columna 9 índice de *tiempo global* (Tabla 66): los tiempos de recorrido sobre la red y otra para tiempos de recorrido en línea recta desde y hacia cada uno de los nodos, son de tan solo 83.25 minutos, por tanto, su nivel de conectividad es adecuado entre nodos.
- El tiempo máximo de recorrido de recorrido en ruta para pasajeros es de 16,83 minutos, eso quiere decir que se cumple con el tiempo inferior a 20 minutos.

Tabla 66 Indicador trazado de velocidad del nodo i, Indicador Absoluto De Tiempo Global y factor de ruta integral del nodo i

Tiempo máximo de viaje por persona 16,83 minutos	numero de nodos	Suma Fr	1/n-1	R_i	suma indicador trazado velocidad entre los nodos	1/n	trazado de velocidad del nodo i	Absoluto De Tiempo Global	Factor de ruta total
Melendez	45	40,47	0,0227	0,919858808	2,116	0,022222222	0,0470	86,357	2,1161
Parada 1	37	34,57	0,0278	0,960139261	2,207	0,027027027	0,0597	75,887	2,20729
Parada 2	31	22,22	0,0333	0,740831539	2,023	0,032258065	0,0652	67,975	2,02251
Parada 3	27	12,93	0,0385	0,497207514	1,432	0,037037037	0,0531	55,080	1,43247
Parada 4	25	10,55	0,0417	0,439619283	1,156	0,04	0,0462	50,318	1,15589
Parada 5	25	9,13	0,0417	0,380488027	0,943	0,04	0,0377	50,318	0,9427
Parada 6	27	9,31	0,0385	0,358119889	0,919	0,037037037	0,0340	55,933	0,91907
Parada 7	31	43,24	0,0333	1,441326253	1,831	0,032258065	0,0591	60,992	1,8307
Parada 8	37	31,31	0,0278	0,869805702	2,016	0,027027027	0,0545	67,666	2,01593
Parada 9	45	22,73	0,0227	0,516635475	1,968	0,022222222	0,0437	81,992	1,96841

6.3.4 Tiempo de recorrido máximo para cada ruta, tomando en cuenta la propiedad unidad de las rutas de ambos sentidos

A continuación, se lee la (Tabla 67), en donde se expresan los tiempos de recorrido máximos que puede tener una persona para cada una de las rutas actuales y las nuevas rutas. Es importante destacar que 4 rutas antiguas se convierten en 3 rutas nuevas, la ruta A12D no es modificable por geometría de la vía así que esta pasaría a ser ruta 4 para las dos propuestas de este documento.

Ambas rutas son válidas debido a que respetan las condiciones de ser accesible y mejorar la movida en la comuna, basándome en la percepción de los usuarios.

Tabla 67 Tiempo de recorrido máximo para cada ruta, tomando en cuenta la propiedad unidad de las rutas de ambos sentidos

Rutas actuales	Tiempo máximo de recorrido minutos (velocidad ver Tabla 17)	Tiempo máximo de recorrido minutos 13km/h	Propuesta 1	Tiempo máximo de recorrido minutos 13km/h	Propuesta 2	Tiempo máximo de recorrido minutos 13km/h
A 12 A	28,31	30,2	Ruta A	8,55	Ruta A	13,38
A 12 B	20,52	20,7	Ruta B	10,38	Ruta B	13,67
A 12 C	9,86	12,3	Ruta C	12,72	Ruta C	16,83
A 12 D	21,8	25,17				
A 78 A	20,69	24,04				

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en los resultados obtenidos, las conclusiones muestran el cumplimiento del objetivo general, verificando la obtención de los objetivos específicos.

- En general, todas las actividades de los usuarios del sistema de transporte MIO se ven afectadas por el costo y la eficiencia del sistema, siendo la categoría tiempo la que mayor afectación genera, aunque el costo como valor a pagar por transportarse resulta alto respecto a los ingresos medios de la población.
- El sistema de rutas actuales es altamente accesible porque los valores encontrados en el estudio así lo demuestran, pero contradictoriamente los usuarios se manifiestan insatisfechos, percepción negativa del sistema de transporte MIO originada en la lentitud en el cubrimiento de la ruta por parte de los buses, pero es claro que el estudio también demuestra que esta percepción viene cambiando a través del tiempo.
- El tiempo de recorrido en rutas se puede reducir eliminando la necesidad de que el alimentador deje las personas en la estación principal, es decir que pueden dejar las personas cerca de la estación mas no en ella, evitado así recorrido adicional, como el que se genera actualmente sobre la calle 5, ahora bien, se tiene que reducir el riesgo para el ciudadano construyendo paraderos con bahías adecuadas.
- Las rutas lineales son más eficientes en tiempo que las circulares, pero estas anulan la posibilidad de viajes entre distintas zonas al interior de la comuna 18.
- Es recomendable organizar el número de paradas, considerando la distancia de un radio de 300 metros (equivalente a 5 minutos de caminata) entre el sitio de ubicación (origen) del usuario al paradero, y del paradero destino al lugar donde va el usuario, complementando esto con una distancia entre paraderos que permita reconocer en el sistema de transporte MIO un sistema colectivo y no individual. De esta forma se mejorará la ubicación de los paraderos y con ello mejoraría la percepción del servicio que les llega a los usuarios por causa de demoras en el tiempo de viaje.
- Aunque esta investigación no se ocupó del tema de frecuencia de buses por los paraderos, si se puede observar que cabe la posibilidad que la solución al tiempo de

espera en estaciones no sea otro que trazar rutas en línea recta, lo cual permite obtener menores tiempos de recorrido total.

- La propuesta de rediseñar la distribución espacial de paraderos y modificación de rutas, basándose en indicadores topológicos de accesibilidad, puede mejorar la calidad del servicio, para darle al sistema de transporte MIO un perfil perceptible como equitativo y funcional.
- Los tiempos de viaje para el usuario se redujeron considerablemente con las nuevas propuestas de rutas, así pues, las rutas antiguas presentan los siguientes tiempos de viaje: A12C con 9.86 minutos, A12A con 28.31 minutos, A12B con 20.52 minutos, A12D con 21.8 y A78A con 20.69 minutos, mientras que en las nuevas dos propuestas se presentan tiempos de viaje que oscilan entre 8 y 16 minutos.
- Siempre existirá desventaja para las personas pobres, pero el sistema de transporte puede ayudar a que esta desventaja se reduzca, si se consigue aportar a la comunidad un sistema de transporte colectivo más eficiente que reduzca el costo total del viaje y del tiempo invertido en él, lo que redundará en mayor bienestar para los usuarios del MIO y al final reportará mayor prosperidad para las familias y así para la ciudad.

8 REFERENCIAS

- Aerocali S.A . (2015). *Aerocali S.A* . Obtenido de Aerocali S.A : <http://www.aerocali.com.co/historia/>
- Alexa Delbocs, G. C. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*.
- Alexa Delbocs, G. C. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*, Pages 1130-1137.
- Cáceres, A. M. (1988). *Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte*. Aplicaciones en la comunidad de Madrid.
- Cáceres, A. M. (1988). *Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte*. Aplicaciones en la comunidad de Madrid: Universidad politecnica de Madrid.
- Cali, D. A. (s.f.).
- Cámara de Comercio de Cali, Fundación Alvarallice, El País, Universidad Autónoma de Occidente , Casa Editorial El Tiempo ,Fundación Corona , Cámara de Comercio de Bogotá. (Agosto de 2015). *Cali como vamos ? informe de calidad de vida en cali 2014*. Santiago de Cali: Casa editorial el Tiempo, El pais.
- Cárdenas Grisales, J. (2014). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Ciro Jaramillo, C. L. (2012). patial dispatiry in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *science direct*, 340-357.
- DANE. (2005). *DANE*. Obtenido de DANE: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- Fernandez Santamaria, F. (2000.). *Transporte público de viajeros y accesibilidad en la provincia de Albacete,Tesis Doctoral*. Albacete.
- Gakenheimer, R. (1998). os problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *EURE (Santiago)*, 24(72),, 33-52.

- IPSOS. (20 de octubre de 2015). *Cali como vamos*. Obtenido de <http://www.calicomovamos.org.co/#!movilidad/cdse>
- Izquierdo, J. M. (2008). ESTUDIOS SOBRE MOVILIDAD COTIDIANA EN MÉXICO. *REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES*, 6.
- Izquierdo, R. (1991). *Transportes un Enfoque Integral*. Madrid España: ETS DE INGENIEROS DE CAMINOS.
- Landin, J. M. (26 de octubre de 2015). *Mi diario urbano*. Obtenido de Mi diario urbano blogspot , Transporte particular o público: ¿En cuál, el peatón camina más? : <http://midiariorurbano.blogspot.com.co/2015/10/transporte-particular-o-publico-en-cual.html>
- Lucas, C. h. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*, 1130-1137.
- Manuel, J. (26 de Oct de 2015). *Mi Diario Urbano*. Obtenido de Transporte particular o público: ¿En cuál, el peatón camina más?: <http://midiariorurbano.blogspot.com.co/2015/10/transporte-particular-o-publico-en-cual.html>
- Martínez, D. V. (2014). *TRANSPORTE Y PLANEACIÓN: EL PROCESO DE CONFIGURACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN CALI Y SU INCIDENCIA EN LA PLANEACIÓN Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD 1958*. Cali: Universidad del Valle.
- Metrocali. (2017). *Resumen viajes para el mes de octubre 2017*. Santiago de Cali: Metrocali.
- Municipal, Departamento Administrativo de Planeación. (29 de noviembre de 2017). *go planeacion*. Obtenido de <http://www.cali.gov.co/planeacion/>: <http://www.cali.gov.co/planeacion/>
- OSCAR EDUARDO ACEVEDO PEÑA, J. A. (2017). *ANÁLISIS DE LÍNEAS DE ESPERA EN LOS ACCESOS PEATONALES Y ÁREAS DE CIRCULACIÓN DE LA ESTACIÓN MELÉNDEZ DEL SITM-MIO*.

- Oscar, F. (2005). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *Eure*, vol. 31, n°. 94, p. 41-53.
- Sachs-Jeantet, C. (1995). *Ciudad y gestion de las transformaciones sociales*. Paris: UNESCO organizacion de las Naciones unidad para la educacion , ciencia y cultura.
- Sassen, S. (marzo 1998). *Ciudades en la economía global: enfoques teóricos y metodologicos*. Santiago de Chile: Revista eure (Vol. XXIV, N° 71), pp. 5-25.
- Scott, H. G. (1907).
- SEGURA, M. P. (2016). *ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SANTIAGO DE CALI DESDE LA PERSPECTIVA DEL TRANSPORTE PÚBLICO INTERMUNICIPAL*. Santiago de Cali.
- Steer Davis Gleave. (2015). *Encuesta de Movilidad 2015 Santiago de Cali para Metro Cali S.A.* Santiago de Cali: Steer Davis Gleave.
- Tamara Otzen, C. M. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio, Sampling Techniques on a Population Study*. Chile: Int. J. Morphol.
- Vásquez, E. (1990). *Historia del Desarrollo Económico y Urbano en Cali*. Investigador del CIDSE, Profesor de la Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. Investigador del CIDSE. Santiago de Cali: BOLETÍN SOCIOECONOMICO, Cali.