

IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO TERRITORIAL QUE PUEDE TENER LA
INCORPORACIÓN DEL TPCT REMANENTE EN EL BRT PARA LA CIUDAD DE
CALI, DESDE UNA PERSPECTIVA DE ACCESIBILIDAD EN CONDICIONES DE
EQUIDAD.

JORGE CASTAÑO LÓPEZ
LUIS ALFONSO CARDONA VARGAS



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI
2022

IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO TERRITORIAL QUE PUEDE TENER LA
INCORPORACIÓN DEL TPCT REMANENTE EN EL BRT PARA LA CIUDAD DE
CALI, DESDE UNA PERSPECTIVA DE ACCESIBILIDAD EN CONDICIONES DE
EQUIDAD.

JORGE CASTAÑO LÓPEZ
LUIS ALFONSO CARDONA VARGAS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TOPOGRÁFICO

DIRECTOR:
CIRO JARAMILLO MOLINA, PH. D
INGENIERO CIVIL



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI
2022

IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO TERRITORIAL QUE PUEDE TENER LA
INCORPORACIÓN DEL TPCT REMANENTE EN EL BRT PARA LA CIUDAD DE
CALI, DESDE UNA PERSPECTIVA DE ACCESIBILIDAD EN CONDICIONES DE
EQUIDAD.

Nota de aceptación:

Firma del director

Firma del Jurado 1

Firma del Jurado 2

Santiago de Cali, 2022

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría en primer lugar darle las gracias a Dios, por estar en todo momento como guía en nuestras vidas y a lo largo de este camino. Igualmente, a nuestras familias, por apoyarnos en la decisión de ser un profesional, por el apoyo incondicional. A los amigos de siempre, que han sido importantes al momento de fijar nuestros logros. También a quienes nos hemos encontrado en el camino pero que ya se han ido.

Queremos expresar un sincero agradecimiento a nuestro director de tesis y profesor Ciro Jaramillo Molina, PhD por el acompañamiento, guía y apoyo que nos brindó a lo largo de este proyecto. Sus conocimientos en las áreas de movilidad y transporte fueron el pilar para el inicio, desarrollo y culminación de los objetivos planteados.

Al Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías de la Universidad del Valle (GITTV), por el acompañamiento de sus integrantes y por poner a disposición sus experiencias, espacios y herramientas para facilitar el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

El sistema de transporte público de Santiago de Cali ha experimentado una serie de problemáticas de movilidad que trataron de ser resueltas con la Implementación en el año 2009 del 'Masivo Integrado de Occidente' (MIO-BRT) y eliminar el transporte público colectivo tradicional (TPCT). Para el caso de la ciudad de Santiago de Cali (Colombia), esta situación conlleva a que en la actualidad diez operadores de TPCT, siguieran prestando su servicio junto con el MIO, aumentando la cobertura a determinados grupos poblacionales. En este estudio se evalúa la equidad entre la interacción del sistema de BRT y el TPCT desde una perspectiva espacial, para ello se utilizaron los indicadores de calidad como el Índice de gravedad de Hansen e Índice absoluto de Provisión de Transporte, el índice de contornos (isócronas). Estos indicadores se relacionan con los estratos socioeconómicos de la población. Para el análisis de equidad de acuerdo con los niveles de accesibilidad se emplea el índice de Theil.

Lo anterior con el fin de evaluar un escenario donde se fusionaron los dos sistemas para analizar el comportamiento de la accesibilidad, los valores obtenidos empleando el índice de tiempo global, interpolado con la técnica del IDW y representado con curvas isócronas basadas en contornos muestran que el 85% de los barrios agrupados en la categoría alta pertenecen a los estratos 2 y 3, además presentan umbrales de menores tiempo de acceso a una parada en el sistema fusión, distribuidos en la zona central con una tendencia a crecer los tiempos de manera radial hacia la periferia. El indicador de Hansen, muestran que los barrios que reciben mejores condiciones de acceso una vez se fusionaron ambos sistemas, son los sectores localizados en el centro geográfico de la ciudad con mayor tendencia hacia la zona oriental, y algunas zonas al norte de la ciudad, también se encontró que el 75.38% de los barrios agrupados en la categoría alta pertenecen a los estratos 2 y 3. Frente al Índice absoluto de provisión de transporte público (A-IPTP) se encontró que, los barrios catalogados en el rango alto, en su mayoría están ubicados en la zona central de la ciudad, nororiental y oriente con una tendencia a estar localizados en puntos cercanos al corredor trocal. Se evidencio que el 69.1% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. La evaluación del índice de Theil para isócronas es de 3% de equidad, para el indicador de Hansen es de 43% de equidad y para el indicador de IPTP Absoluto es del 36% de equidad; lo cual evidencia que las distribuciones de accesibilidad para la población son inequitativas. Los índices utilizados para evaluar la accesibilidad y la equidad permiten conocer el comportamiento favorable o desfavorable del servicio a partir de la interacción de diferentes variables de análisis en una determinada zona.

Palabras clave: Accesibilidad, Buses de tránsito rápido - BRT, TPCT, Calidad de servicio.

TABLA DE CONTENIDO

1 Introducción.....	11
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	12
3 OBJETIVOS.	14
3.1. OBJETIVO GENERAL.	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4 Justificación.....	15
5 MARCO contextual.....	15
5.1. MARCO CONCEPTUAL.	15
5.2. MARCO TEÓRICO.	17
5.2.1. INDICADOR ABSOLUTO DE TIEMPO GLOBAL	17
5.2.2. INDICADORES DE GRAVEDAD	17
5.2.3. MEDIDAS BASADAS EN INFRAESTRUCTURA.	17
5.2.4. INDICADORES ESTADÍSTICO-DESCRIPTIVOS.	18
5.2.5. CORRELACIÓN LINEAL DE PEARSON.....	18
5.2.6. ÍNDICE DE THEIL.	18
5.3. MARCO REFERENCIAL.....	19
6 METODOLOGIA.....	21
6.1. ÁREA DE ESTUDIO	21
6.1.1. DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	21
6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES SEGÚN SECTORES ECONÓMICOS.....	25
6.1.3. SITIOS GENERADORES DE MOVILIDAD.....	25
6.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD	26
6.3. DEFINICION DE PARÁMETROS PARA MEDIR LA ACCESIBILIDAD.....	26
6.3.1. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE INDICADORES.....	27
6.3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	30
6.3.3. DETERMINACIÓN DE ZONAS Y CENTROIDES.....	31
6.3.4. TÉCNICA INTERPOLACIÓN IDW	31
6.4. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE INDICADORES DE ACCESIBILIDAD Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICA DE CALI.	32
6.4.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.	32
6.4.2. CORRELACIÓN DE PEARSON	33

6.5. CONTRASTAR EL APOORTE DEL TPCT AL BRT DESDE UN PUNTO DE VISTA DE LA EQUITAD Y TRANSPORTE	34
6.5.1. THEIL.....	34
7 RESULTADOS.....	35
7.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD	35
7.1.1. SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO TRADICIONAL ..	35
7.1.2. SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CAMPEROS.	40
7.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO– MIO (BRT).	44
7.1.4. COMPLEMENTO DIFERENCIADOR DEL BRT-MIO	47
7.2. DEFINICION DE PARÁMETROS PARA MEDIR LA ACCESIBILIDAD.....	50
7.2.1. ÍNDICE DE TIEMPO GLOBAL (ISÓCRONAS).....	50
7.2.2. INDICE DE HANSEN.....	55
7.2.3. INDICE DE A_IPTP	59
7.3. ANÁLISIS DE LA RELACION ENTRE LOS MODELOS DE INDICADORES DE ACCESIBILIDAD CALCULADOS Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES SOCIOECONOMICA DE CALI.	63
7.3.1. CORRELACIÓN DE PEARSON	63
7.4. CONTRASTAR EL APOORTE DEL TPCT AL BRT DESDE UN PUNTO DE VISTA DE LA EQUITAD.....	65
7.4.1. ÍNDICE DE THEIL	65
8 DISCUSIÓN	67
9 CONCLUSIONES.....	69
10 BIBLIOGRAFÍA	70

TABLA DE FIGURAS

Figura. 1. Flujograma de la metodología del proyecto.	21
Figura. 2. Mapa de la ciudad de Santiago de Cali. Fuente: (Cardona. Castaño,2020).	22
Figura. 3. A) Estratos socioeconómicos de los barrios B) Estratos socioeconómicos de la Población de la ciudad de Santiago de Cali. Fuente: (Alcaldía de Cali, 2020)	23
Figura. 4. A) Población B) Distribución Socioeconómica Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).....	24
Figura. 5 Recorrido espacial de las rutas en circulación del TPCT. Fuente: (Grupo vial SAS, 2016).....	36
Figura. 6. A. Tipo microbús B. Tipo Buseta. Fuente: (El Pais,2021)	37
Figura. 7. Representan espacialmente los recorridos de las diferentes rutas de transportes de camperos. Fuente: Grupo vial SAS.	41

Figura. 8. A. Tipología Jeep corto. B. Tipología Jeep largo. Fuente: (Cal y Mayor, 2019).	42
Figura. 9. Bus Articulado. Fuente: (Mio,2021).	45
Figura. 10. A. Bus Padrón. B. Bus Complementario. Fuente: (Mio,2021).	45
Figura. 11. Rutas y paradas del transporte BRT MIO. Fuente: Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV).	46
Figura. 12. Paradas del transporte BRT MIO. Fuente: Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV).	49
Figura. 13. Izquierda; Cabinas Mio Cable, a la Derecha; Estaciones Mio Cable. Fuente: (Metro Cali S.A., 2021).	50
Figura. 14. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali indicador de tiempo global. BRT-TPCT Isócronas Fuente: (Cardona, Castaño,2022).	51
Figura. 15. Histogramas de Tiempo Global, Isócronas. BRT-FUSIÓN. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	53
Figura. 16. Caja de Alambres del índice de Tiempo Global. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	53
Figura. 17. Histogramas de tiempo de viaje del BRT-Fusión por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona, Castaño.	54
Figura. 18. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali indicador de Hansen. Fuente: (Cardona, Castaño,2022).	55
Figura. 19. Histogramas de Hansen. BRT-TPCT. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	57
Figura. 20. Caja de Alambres del índice de Hansen. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	57
Figura. 21. Valores Promedio del índice Hansen del BRT-TPCT por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	58
Figura. 22. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali IPTP. Fuente: (Cardona, Castaño,2022).	59
Figura. 23. Histogramas de indicador IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	61
Figura. 24. Caja de Alambres del indicador de IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).	62
Figura. 25. Valores Promedio del índice IPTP del BRT-TPCT por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona,	63
Figura. 26. Matriz de valores de Pearson para las variables de estudio BRT-FUSION. (Cardona, Castaño. 2022).	63
Figura. 27. Valores críticos según nivel de significancia de acuerdo con la tabla z-score Fuente: (Cardona,Castaño.2022).	64
Figura. 28. Grafica de barras índice de Theil para el sistema BRT y Fusión.	66
Figura. 29. índice de tiempo global (isócronas) TPCT.	82
Figura. 30. índice de Hansen TPCT	83
Figura. 31. índice de IPTP del TPCT.	84
Figura. 32 Agrupación de Significancia para el Índice ISOCRONAS (a. BRT y b. FUSIONADO).	85
Figura. 33 Agrupación de Significancia para el Índice Hansen (a. BRT y b. FUSIONADO).	85

Figura. 34 Agrupación de Significancia para el Índice IPTP (a. BRT y b. FUSIONADO).	86
---	----

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Capacidades, frecuencias y ponderaciones del sistema Fusión	29
Tabla 2. Numero de rutas en circulación del TPCT. Fuente: (Alcaldía de Cali, 2016).	35
Tabla 3. Distribución del parque automotor por empresa, números de rutas y tipo de vehículo. Fuente: Grupo Vial S.A.S.	37
Tabla 4. Sillas ofrecidas según el tipo o clase de vehículo. Fuente: Grupo vial S.A.S.	37
Tabla 5. Frecuencia e intervalo de paso de rutas de transporte público Fuente: Grupo vial SAS.	38
Tabla 6. Distancia media de los recorridos del TPCT. Fuente: Grupo vial SAS.	39
Tabla 7. Número de rutas del transporte público Camperos Fuente: Grupo vial SAS.	40
Tabla 8. Distribución del parque automotor por empresa de Camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.	42
Tabla 9. frecuencia e intervalo de paso de rutas de transporte de camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.	43
Tabla 10. Distancia media de los recorridos de los camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.	44
Tabla 11. Número de rutas del transporte público BRT-MIO Fuente: (Alcaldia,2021)	45
Tabla 12. Sillas ofrecidas según el tipo o clase de vehículo. Fuente: (Alcaldia,2021)	46
Tabla 13. Frecuencia de Rutas del SITM-MIO de Cali. Fuente: (Alcaldia,2021).	47
Tabla 14. Distancia media de los recorridos de los camperos. Fuente: (Alcaldia,2021).	47
Tabla 15. Rangos cualitativos del índice de tiempo global. BRT-TPCT Fuente: (Cardona, Castaño,2022)	51
Tabla 16. Indicadores Descriptivos Índice Global. BRT- Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)	54
Tabla 17. Rangos cualitativos del índice de Hansen BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño)	55
Tabla 18. Indicadores Descriptivos Hansen. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)	58
Tabla 19. Capacidades, frecuencias y ponderaciones del sistema Fusión	59
Tabla 20. Rangos cualitativos del índice de IPTP BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)	60
Tabla 21. Indicadores Descriptivos IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)	62
Tabla 22. Valores críticos (Vc) y valor de prueba (Tr) según el nivel de significancia.	65
Tabla 23. Indicadores propuestos	77

Tabla 24. Velocidades de operación del transporte colectivo (Ida y Regreso). Fuente: Grupo vial SAS.....	78
Tabla 25. Velocidades de operación del transporte Camperos. (Ida y Regreso). Fuente: Grupo vial SAS.....	79
Tabla 26. Distribución del parque automotor por empresa, números de rutas y tipo de vehículo. Fuente: Grupo Vial S.A.S.....	80
Tabla 27. troncales del BRT	81

TABLA DE ANEXOS

11 Anexos	75
11.1. INDICADORES PROPUESTOS.....	75
11.2. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL TRANSPORTE COLECTIVO.	77
11.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CAMPEROS	78
11.4. DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR POR EMPRESA	79
11.5. TABLAS DE TRONCALES DEL BRT.....	80
11.6. EVALUACION DE LA ACCESIBILIDAD PARA EL TRANSPORTE COLECTIVO TRADICIONAL(TPCT).	82
11.7. INDICE DE TIEMPO GLOBAL (ISÓCRONAS) TPCT	82
11.1. INDICE DE HANSEN TPCT	83
11.2. INDICE DE IPTP DEL TPCT	84
11.3. AGRUPACIÓN DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA PARA LOS ÍNDICES ESTUDIADOS.....	85

1 INTRODUCCIÓN.

Las dinámicas urbanas generan una serie de retos al momento de atender las necesidades de la población que están en constante crecimiento, comenzando con elementos básicos como la infraestructura, transporte, energía, vivienda, empleo, educación entre otros, con el fin de mantener y garantizar el funcionamiento sostenible que van de la mano con la formulación de políticas, que permitan mejorar la movilidad de forma sostenible, entendiendo que la movilidad es el resultado de la interacción de las actividades del uso del suelo correspondiente a la infraestructura presente en la ciudad (Gutiérrez, 2010). Esta se caracteriza por tener utilidades de tiempo y de lugar, es decir, poder realizar acciones en el espacio y periodo adecuado para ello. Dando lugar al término de accesibilidad que se utiliza para indicar la facilidad de acceso a un determinado lugar, por consiguiente, se valora en relación con el costo o dificultad de desplazamiento que requiere la satisfacción de las necesidades (Grijalvo, 2000).

En Santiago de Cali, por ser la tercera ciudad más importante del territorio colombiano, el crecimiento que refleja genera algunas necesidades básicas como la movilización. Por este motivo se planteó una posible solución con la implementación del bus de transporte rápido MIO (BRT) a partir del año 2009, con la idea visionaria de satisfacer la demanda de movilidad que tienen sus habitantes (Rodríguez y Flórez, 2017). Sin embargo, con el paso de los años el BRT, ha sufrido una serie de problemáticas y dificultades frente al proceso de reemplazar y articularse de forma paulatina con el transporte público colectivo tradicional (TPCT). Durante este proceso, se han generado un gran inconformismo por parte de los usuarios del sistema por la poca frecuencia que tienen las rutas, los largos tiempos de espera y las aglomeraciones en algunas estaciones y paradas del BRT (Noticiero 90 minutos, 2019).

Desde el punto de vista de estructura urbana, propiamente desde los aportes de la economía regional y urbana encontramos que los centros de empleabilidad se encuentran estrechamente ligados a la configuración espacial y a la presencia de zonas de centralidad y de actividad económica en la ciudad de Cali, en donde se concentran la mayor cantidad de oportunidades de empleo de la ciudad, generando un volumen significativo de viajes por motivo de trabajo. En este orden de ideas, el concepto de movilidad urbana expone que el acceso a las oportunidades debe ser transparente y es obligación de los entes gubernamentales disponer de un sistema de transporte eficiente e incluyente en términos de equidad espacial y social. (Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012). Dando espacio para relacionar la población y su respectiva clasificación en distintos estratos lo que enmarca a grupos de personas que tienen características sociales y económicas similares para la ciudad de Cali. (Alcaldía de Cali, 2020).

El objetivo de este estudio es identificar el impacto que tendría la incorporación del TPCT remanente al sistema BRT en el territorio de Cali teniendo como principal indicador de calidad para evaluar, la accesibilidad en condiciones de equidad, y sugerir futuras soluciones que ayuden a mejorar la movilidad en el área urbana.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En los años 1928 la conformación del barrio San Fernando en la ciudad de Santiago de Cali, desencadenó la necesidad para desplazarse largas distancias entre los lugares de trabajo y otros sitios. De esta manera surgió la primera empresa de transporte público urbano Comercial San Fernando, donde sus principales puntos eran el centro de la ciudad, el Peñón y Granada, los cuales fueron sectores de clase media y alta. Esto evidenció que el transporte público en sus inicios tuvo como principal impulso los barrios periféricos para familias con altos ingresos (Martínez,2018).

Las problemáticas de movilidad y accesibilidad en la ciudad de Santiago de Cali contribuyeron al inicio de la planeación del bus de transporte rápido (BRT) en el año 2002, y la empresa de transporte encargada de su implementación en el año 2009, MetroCali, tenía como meta de abarcar la totalidad de pasajeros en Santiago de Cali, y sustituir el Transporte Público Colectivo Tradicional (TPCT), para lo que estimó 960 mil viajes/día (El país, 2019). Sin embargo, en la actualidad la demanda está por debajo del 50% de lo planeado, lo que significa que muchos de los pasajeros no utilizaron el sistema (Secretaría de Movilidad,2018).

De acuerdo con el informe presentado por el área jurídica de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Cali, en la actualidad existen 10 empresas habilitadas y autorizadas para el transporte público colectivo urbano con 24 rutas vigentes, las cuales representan un total de 485 vehículos entre buses, busetas y microbuses correspondientes a una cobertura espacial del 74 % en la ciudad. En cuanto a la ladera, se presta el servicio de transporte mediante ocho empresas de camperos o “gualas” aprobadas por la Secretaría de Movilidad. Sin embargo, solo cinco empresas se encuentran activas y tienen rutas operando. (Alcaldía de Cali,2017).

Igualmente, en el 2015 se estimó en 1.234.000 viajes en transporte público en el cual incluye el MIO (BRT), TPCT, moto taxi, autos informales, buses intermunicipales, taxis, taxis blancos, bici taxi y motocarro. Donde el 43.3% corresponde al BRT ,16.1% al TPCT, y camperos con 6.2%, cabe resaltar que, al revisar la tendencia por estrato, se observó que el BRT tiene una tendencia a ganar participación entre los estratos 4, 5 y 6, en contraste con los estratos 1 y 2, donde continua el uso del TPCT como una alternativa de movilización (Steer Davies, 2015).

A lo largo de la puesta en marcha del BRT en Cali, la relación entre la disposición de las rutas y el acceso a las mismas generó inequidad entre los ciudadanos, ya que el transporte de pasajeros permite mejorar la calidad de vida y bienestar social en toda el área urbana, en razón a que los barrios catalogados dentro de los estratos 2, 3, 4 y 5 presentan resultados favorables en cuanto a la calidad de servicio del sistema MIO en su territorio, que abarca el 70% de la población urbana de Cali. Por otro lado, los barrios de estrato 1, que alcanzan a reunir aproximadamente el 19% de la población (Rodríguez y Flórez,2017).

Según la Encuesta de percepción Ciudadana para Cali evaluaron los niveles de satisfacción e insatisfacción que tuvieron los usuarios con el BRT y el TPCT, donde el 36% está satisfecho con el BRT y el 57% de los usuarios está satisfecho con el

TPCT. Igualmente analizan la percepción del tiempo que gastan diariamente en el desplazamiento para los dos medios de transporte que estamos estudiando, y de los cuales el 50% de los usuarios aseguró que les toma más tiempo desplazarse en el BRT con un promedio de desplazamiento de 38.9 minutos (Cali como Vamos,2020).

No obstante, a lo anterior, se pretende analizar el aporte del TPCT si se fusionara con el sistema BRT-MIO, frente a la accesibilidad actual para la ciudad de Cali bajo las condiciones de equidad con las que impacta en la población considerando factores como; la red de rutas, velocidades de desplazamiento, tiempos y paradas, con base a lo planteado anteriormente surge la siguiente pregunta, ¿ Cómo identificar el impacto territorial que puede tener la incorporación del TPCT remanente en el BRT para la ciudad de Cali, desde una perspectiva de Accesibilidad en condiciones de Equidad?.

3 OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la calidad del servicio prestado por el TPCT remanente frente al servicio prestado por el BRT para la ciudad de Cali mediante parámetros de accesibilidad geográficos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar el sistema actual del TPCT remanente y BRT.
- Definir parámetros para medir la accesibilidad del TPCT remanente y el BRT.
- Analizar la relación entre los modelos de indicadores de accesibilidad calculados y el comportamiento de las variables socioeconómicas de Cali.
- Contrastar el aporte del TPCT remanente al BRT desde un punto de vista de la equidad y transporte.

4 JUSTIFICACIÓN.

El modelo urbano y territorial de la ciudad de Cali ha ido creando grandes problemas de movilidad (El País,2020), en cuanto a la red de cobertura y servicio prestado por parte del BRT y la baja calidad en los tiempos de frecuencias, rutas entre otros (Secretaría de Movilidad ,2018).

No obstante, a lo anterior, se pretende contrastar la relación de accesibilidad entre el BRT y TPCT para la ciudad de Cali bajo las condiciones de equidad con las que impacta en la población considerando factores como: la red de rutas, velocidades de desplazamiento, tiempos y paradas, para brindar información espacial valiosa (Bautista, 2018). Para garantizar mejores condiciones en la movilidad de personas y bienes en el área urbana y rural (Morales,2019), dando prioridad a la movilidad no motorizada (peatón y bicicleta) y al transporte público optimizado sobre el transporte privado, en el marco de criterios de sostenibilidad ambiental y socioeconómica, seguridad vial y accesibilidad universal.

Identificando las falencias de los modos de transporte que operan en Cali y los desequilibrios de la configuración espacial objeto de estudio (90 minutos,2019), para determinar el grado de articulación del sistema y su relación con la distribución de flujos, tiempos de viaje e interacción con el territorio, ejes centrales para comprender la funcionalidad de este proyecto está enfocado en suministrar información sobre el estado de la calidad del servicio que presta el TPCT remanente frente al BRT en términos de accesibilidad espacial (El País,2018), y así aportar al municipio y dependencias: Metro Cali S.A. como responsable del MIO, la Secretaría de Movilidad y el Departamento Administrativo de Planeación Municipal – DAPM. Por ser un actor activo y determinante para mejorar la calidad del servicio de transporte prestado a la ciudadanía, para luego ubicar a Cali como una ciudad moderna y más competitiva.

5 MARCO CONTEXTUAL.

Frente a los modelos matemáticos, definiciones, conceptos teóricos y procedimientos necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados, el marco contextual se presenta la preparación y presentación del enfoque teórico – disciplinar desde el que se abordará la investigación referente a la Identificación del impacto territorial que puede tener la incorporación del TPCT remanente en el BRT para la ciudad de Cali, desde una perspectiva de Accesibilidad en condiciones de Equidad. Por esta razón, a continuación, se plantean las directrices generales que serán de utilidad para el proceso de construcción de la investigación.

5.1. MARCO CONCEPTUAL.

La movilidad es una herramienta que articular la distribución territorial de infraestructura y servicios, así como también para su (re)composición (Gutiérrez, 2010).

La accesibilidad permite determinar la facilidad o dificultad aportada por las infraestructuras y medios de transporte para la realización de un viaje considerando la potencialidad del origen para generar un viaje y la capacidad del destino para atraer un viaje y cuanto menor sea la resistencia al viaje (tiempo, costos, esfuerzo), mayor

será el nivel de accesibilidad (Izquierdo et al., 1994), (Huertas & Serrano, 2017). Como un mecanismo para medir la facilidad de comunicación entre las actividades mediante un determinado sistema de transporte (Wee, 2016).

El desplazamiento de personas o cargas de un lugar de origen a un lugar de destino es una actividad que entrelaza un modo de transporte con una actividad que permite suplir una necesidad, Transporte. (Bravo & Hurtado, 2016).

Los sistemas de tránsito rápido (RT) se están volviendo cada vez más atractivos en el mundo, gracias al desarrollo de cada ciudad a medida que mejoran las condiciones de transporte y movilidad en áreas urbanas, para reducir los impactos de motorización, tiempos, ambientales y además ofrecen alta calidad (Kepaptsoglou et al., 2018), (Cahill & Casas, 2012), el transporte rápido de autobús (BRT) es una estrategia para desarrollar redes de tránsito de alta calidad (Tiwari & Jain, 2012). Además de ser sistemas que tienen una alta capacidad con costos de inversión relativamente bajos, por esta razón son escogidos en los países en desarrollo (Kepaptsoglou et al., 2018).

El transporte público colectivo (TPC) tiene la capacidad de transportar un número elevado de pasajeros, aunque sea gestionado de modo privado, ofrece un servicio público es decir que es abierto a cualquier ciudadano bajo las condiciones de pago establecida. Para el caso de la ciudad de Cali, se habla de aquellos TPC tradicionales como los que están ligados al crecimiento demográfico de la ciudad y que aún prevalecen y son los que se definen como el transporte público colectivo tradicional (TPCT). Para este trabajo se utilizaron las rutas que actualmente continúan remanentes frente a la aparición del BRT en Cali. La superficie requerida para transportar un viajero en un medio colectivo es mucho menor que en un automóvil y es accesible prácticamente para toda la población. (Asociacionapie.org, 2020).

Todo conjunto de prácticas tendientes a la superación de todas las formas sociales, económicas, culturales y políticas que reduzcan las inequidades sociales, lo que significa que la equidad social busca un acceso equilibrado a todas las oportunidades de una región para formar una sociedad más inclusiva y con principios igualitarios (Echebarría, Aguado & Moralejo, 2003).

5.2. MARCO TEÓRICO.

Se pueden encontrar diferentes medidas de evaluación que son útiles para llevar a cabo un estudio de accesibilidad en los proyectos de transporte, estas permiten la toma de decisiones. La elección de las medidas está basada en factores como; la escala, intermovilidad del proyecto y finalmente el tipo de evaluación. Para este estudio se tendrá en cuenta las medidas vinculadas a la planificación del transporte urbano.

5.2.1. INDICADOR ABSOLUTO DE TIEMPO GLOBAL

Este indicador T_i mide la suma de tiempos desde un punto i a todos los demás j . Este indicador tiende a favorecer a los puntos ubicados hacia el centro de una red. (Sarmiento, Muñoz y Ángel, 2000).

$$T_i = \sum_{j=i}^n t_{ij} \quad (1)$$

T_i , tiempo de viaje mínimo promedio, la variable t_{ij} representa el tiempo de recorrido de i a j y n , número total de paradas

5.2.2. INDICADORES DE GRAVEDAD

Estos tipos de indicadores son los que más aplicaciones han encontrado a nivel práctico. Pueden ponderar diferencialmente las oportunidades presentes en la zona según el costo del viaje; tienen un carácter zonal lo hace más apropiado para la investigación centrada en una escala intermedia (Cordera et al., 2019). La ecuación general de este indicador es la siguiente: ecuación 2.

$$A_i = \sum_j f(E_j, C_{ij}) \quad (2)$$

Donde; A_i es la accesibilidad a oportunidades en una zona determinada i , E_j es una medida de atracción de la zona j (ej. Empleos). y C_{ij} es una medida del costo de hacer un viaje entre las zonas i y j .

5.2.3. MEDIDAS BASADAS EN INFRAESTRUCTURA.

En la planificación del transporte este tipo de medida permite analizar el rendimiento o nivel del servicio de transporte, en cuanto a nivel de congestión, velocidad promedio de viaje en la red vial. Sin embargo, es muy importante aclarar que esta clase de medida no es viable para realizar análisis con el componente de uso de la tierra ya que esta ignora los impactos potenciales de accesibilidad afectados por la distribución espacial de las actividades con los cambios en el transporte (Geurs & Wee, 2004; Izquierdo, 1994).

$$R_i = \frac{1}{1-n} \sum_1^n \frac{d_{ij}}{d_{gij}} \quad (3)$$

Donde, R_i : Factor de ruta integral para el nodo i .
 d_{ij} : Mínima distancia por la red de comunicaciones entre i y j .
 d_{gij} : Distancia geográfica o en línea recta de i a j .
 n : Número de nodos.

5.2.4. INDICADORES ESTADÍSTICO-DESCRIPTIVOS.

La estadística descriptiva tiene como finalidad describir y analizar el conjunto de datos evaluados con el objetivo de que la información obtenida sea válida sólo para el conjunto observado. Algunos de los indicadores estadísticos descriptivos más representativos utilizados con su respectiva ecuación matemática como la media aritmética, la mediana, la moda, los quintiles, el rango, la desviación estándar, el coeficiente de variación de Pearson, la covarianza y el coeficiente de correlación lineal. (Sánchez, Serrano, y Benítez 2015; Suarez, 2010)

5.2.5. CORRELACIÓN LINEAL DE PEARSON.

El estimador de muestras más utilizado para evaluar la asociación lineal entre dos variables X e Y es el coeficiente de correlación de Pearson (r). Este índice permite identificar si los puntos tienen tendencia a disponerse en una línea recta. Este índice puede tomar valores entre -1 y $+1$ (Támara, 2019; Cardona, 2015). Se define como la covarianza muestral entre X e Y dividida por el producto de las desviaciones típicas de cada variable:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (4)$$

El valor “ r ” estará próximo al valor 1 (en valor absoluto) cuando las dos variables X e Y estén intensamente relacionadas, es decir, al aumentar una aumenta otra y viceversa. A este concepto de variación al unísono se le llama covarianza (Támara, 2019; Cardona, 2015).

5.2.6. ÍNDICE DE THEIL.

Corresponde a una medida de desigualdad utilizada para medir y comparar comúnmente la distribución de la renta (en este caso los valores de accesibilidad). El valor resultante varía entre 0 y 1. Cuanto más cercano sea el valor a 1, peor será la distribución de los valores de accesibilidad. (Duro 2004)

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} \log \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \quad (5)$$

Donde: T : Índice general de Theil.

n : es el número total de zonas.

y_i : Distancia de viaje más corta de la oportunidad a la zona i .

$\bar{y}$: es la distancia promedio de viaje de la oportunidad de todas las n zonas.

5.3. MARCO REFERENCIAL.

Para evaluar la accesibilidad del sistema BRT en el territorio de Santiago de Cali como indicador de calidad, se debe utilizar indicadores de accesibilidad universales como el indicador de densidad absoluta, indicador de densidad ponderado e indicador de tiempo global. Previo a los cálculos de estos tal como lo planteado por Huertas & Serrano, (2017) donde realizan una caracterización del sistema según la tipología del servicio agrupándolos en 3 grandes rutas; las troncales, pretroncales y complementarios asociando a estas las paradas existentes y a su vez caracterizan de acuerdo con variables de movilidad como longitudes, velocidad, frecuencia y flota (Huertas & Serrano, 2017). Presentándolo de manera espacial (mapeo de la información) y no espacial (tablas) que relacionen las variables a caracterizar.

En este estudio se clasificaron las áreas con provisión de transporte público. Con esto Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, (2012), identificaron tanto la necesidad de transporte como la provisión de transporte, para el cálculo de la provisión de transporte se usó un indicador topológico que consideró el número de paradas del sistema por comuna, la tipología y capacidad de carga de pasajeros de vehículos y la frecuencia de paso de los mismos y las necesidades del transporte se obtuvo a partir de una ponderación de variables sociales y factores relacionados con el transporte. Para finalmente compararlas y encontrar la disparidad y obtener la mayor brecha entre provisión y necesidad en la ciudad (Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012).

En el estudio de Bravo y Hurtado (2016), establecieron el impacto que se genera al sistema de transporte rápido (MIO) con la implementación de proyectos futuros por parte de la empresa de MetroCali para la ciudad de Cali. Para esto inicialmente se realizó un análisis geográfico y un análisis estadístico-descriptivo de los indicadores del índice de necesidad social de transporte y el índice de provisión de transporte basados en (Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012), en diferentes variables como población de la zona de estudio, áreas, número de paradas por nodo y redes de transporte para finalmente contrastar dos escenarios propuestos, uno con la influencia del proyecto y otro sin, mediante mapas de polígonos de Thiessen de los barrios que permitan analizar el estado de provisión del transporte para la ciudad de Cali y que sirvan de soportes en términos de accesibilidad, para la toma de decisiones en la implementación de proyectos a futuros.

(Montecinos, Loyola, Rebolledo, y Rivas, 2022) consideran la importancia de la movilidad de las personas, estructurado indicadores de accesibilidad en la región de Ñuble, Chile, manipulando variables que asocian población, coberturas, recorridos, frecuencias, capacidad, distancias, tiempos, entre otros, para obtener niveles cualitativos de accesibilidad a partir de indicadores de densidad vial, que representa la relación entre la longitud vial de toda la red y la superficie del área de estudio, indicador de accesibilidad absoluta, que utiliza los tiempos de viaje entre cabeceras comunales en una ruta, indicador de cobertura territorial (declarada), identificando recorridos, centros poblados, población y superficie (km²), indicador de cobertura territorial (instalada) identificando viajes, costos, horarios de servicios, asientos, dando más importancia a los tiempos de desplazamientos. Por último, determinan la equidad territorial como el producto de la sumatorias de indicadores conocidos (centros poblados, accesibilidad geográfica) e indicadores creados (densidad vial,

cobertura territorial) obteniendo una equidad categorizada, definiendo muy alta en la capital de Chillán, y menos equidad a medida que se aleja del centro de la región, de forma radial. Esto a su vez evidenciando inequidad en toda la región de Ñuble.

(Flores, Chica, y Balseca, 2022) evaluaron la movilidad de los estudiantes y la accesibilidad espacial a los centros educativos en el área periurbana de Cuenca en Ecuador, partiendo de un análisis con dos enfoques: a nivel de hogar en el que se analiza el comportamiento de movilidad de los estudiantes hacia los centros educativos públicos, mediante la realización de una encuesta en el año 2015 enfocada principalmente en registrar información referente a los hábitos de movilidad cotidiana. con un índice de confiabilidad del 95 %, y un margen de error del 5 %. Se registró un total de 1158 hogares en el que se obtuvo información de 1326 personas que viajan diariamente por motivo estudio. Determinando cinco variables: Ubicación de las instituciones de educación pública, edad, medio de transporte, tiempo, distancia. En el segundo enfoque se determinaron los niveles de áreas consolidadas dentro de la zona de estudio y su variación multitemporal entre los años 2010 y 2020, ante la carencia de este tipo de información se utilizó los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica. Que, para este estudio, se consideró que un medidor de luz representa una vivienda. Seguido aplicando la densidad de “kernel” se delimito las zonas que en los últimos años se han densificado el territorio. Posteriormente con el índice de moran se estableció que existe correlación entre la densidad de medidores del año 2020 con respecto a los datos del año 2010, y su crecimiento se ha desarrollado de forma céntrica con respecto a la población, por ultimo mediante herramientas de SIG (Network Analyst) crear unas líneas de deseo (costo y distancia) para finalmente, en base a la interpolación de IDW conocer radios de influencia (0-500),(501-1000),(1000) obteniendo que el 65% de la población cuenta con una accesibilidad baja.

6 METODOLOGIA

Esta sección está compuesta por una serie de fases metodológicas o procedimientos (Ver figura 1.) que permitieron evaluar el impacto territorial que puede tener la incorporación del TPCT remanente en el BRT en la ciudad de Cali en la actualidad, desde una perspectiva de accesibilidad en condiciones de equidad.

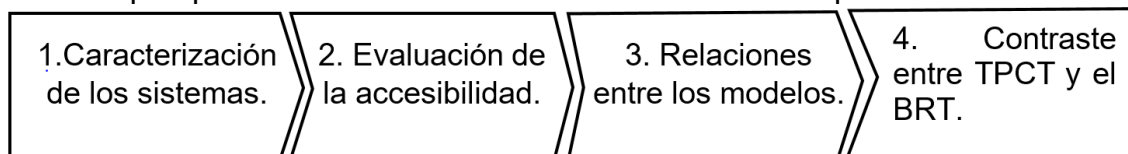


Figura. 1. Flujograma de la metodología del proyecto.

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

En esta sección mencionamos los aspectos relacionados con la zona de estudio, características generales, características socioeconómicas, económicas y generadores de movilidad.

6.1.1. DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para definir el escenario de la presente investigación en un marco general se describe a continuación, el lugar donde se desarrolla el estudio:

La ciudad de Cali está ubicada en las coordenadas 3°27'00"N, 76°32'00"O, en el departamento del Valle del Cauca tal como se muestra en la figura 2. Geográficamente Cali está en el valle del río Cauca, el segundo en importancia del país. La parte occidental de la ciudad se encuentra custodiada por los Farallones de Cali, el municipio de Cali limita al norte con Yumbo y la Cumbre, al nororiente con Palmira y al oriente con Candelaria. Al sur se encuentra el municipio de Jamundí, el área rural de Buenaventura al suroccidente y Dagua al noroccidente. (Geografía de Cali, 2020). Este municipio fue constituido político-administrativa mediante el Acuerdo 15, de agosto 11 de 1988, donde se estableció la sectorización del Municipio de Cali, organizando el área urbana en 22 Comunas y el área rural en 15 Corregimientos. (Cali en cifras, 2019).

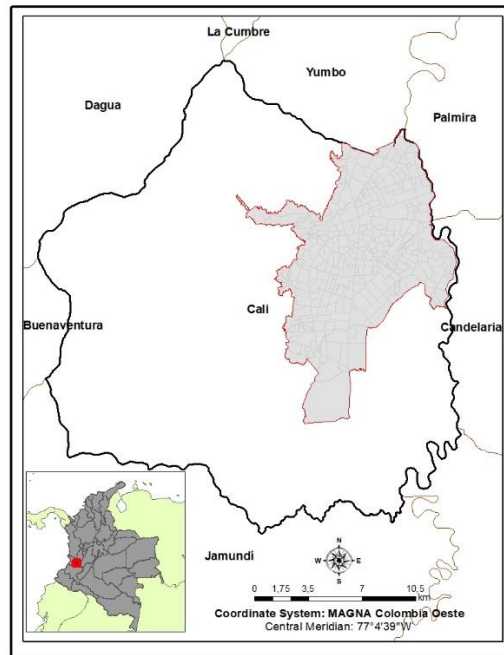


Figura. 2. Mapa de la ciudad de Santiago de Cali. Fuente: (Cardona. Castaño,2020).

La ciudad de Santiago de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca, así como también es la tercera ciudad más poblada de Colombia y la primera en el suroccidente colombiano, con una población de 2.394.925 habitantes al año 2016. El municipio tiene un área total de 561,7 km², de los cuales 119,21 km² corresponden a su zona urbana y el resto a la zona rural y el área de expansión. Se localiza a una altitud de 1.070 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 24,7 °C. (Alcaldía de Cali, 2021). Administrativamente, la ciudad se ha sectorizado en comunas (en la zona urbana) y corregimientos (zona rural). Por medio del Acuerdo 15 de agosto 11 de 1998 la ciudad se subdividió en 20 comunas en la zona urbana y 15 corregimientos en la zona rural. Los Acuerdos 10 de agosto de 1998 y 134 de agosto 10 de 2004 crearon las comunas 21 y 22 (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016). Los corregimientos se subdividen a su vez en veredas, mientras que las comunas se dividen en barrios, de los cuales actualmente existen 334 legalmente constituidos. (Alcaldía de Cali, 2021).

Por otra parte, al analizar la distribución socioeconómica de la zona urbana de la ciudad se observa que mas del 60% de la ciudad pertenecen a los estratos socioeconómicos bajo y medio-bajo y medio, predominando el estrato bajo, mientras que menos del 7.2% de la población forma parte de los estratos altos, como puede verificarse en la Figura 3. (Alcaldía de Cali, 2020)

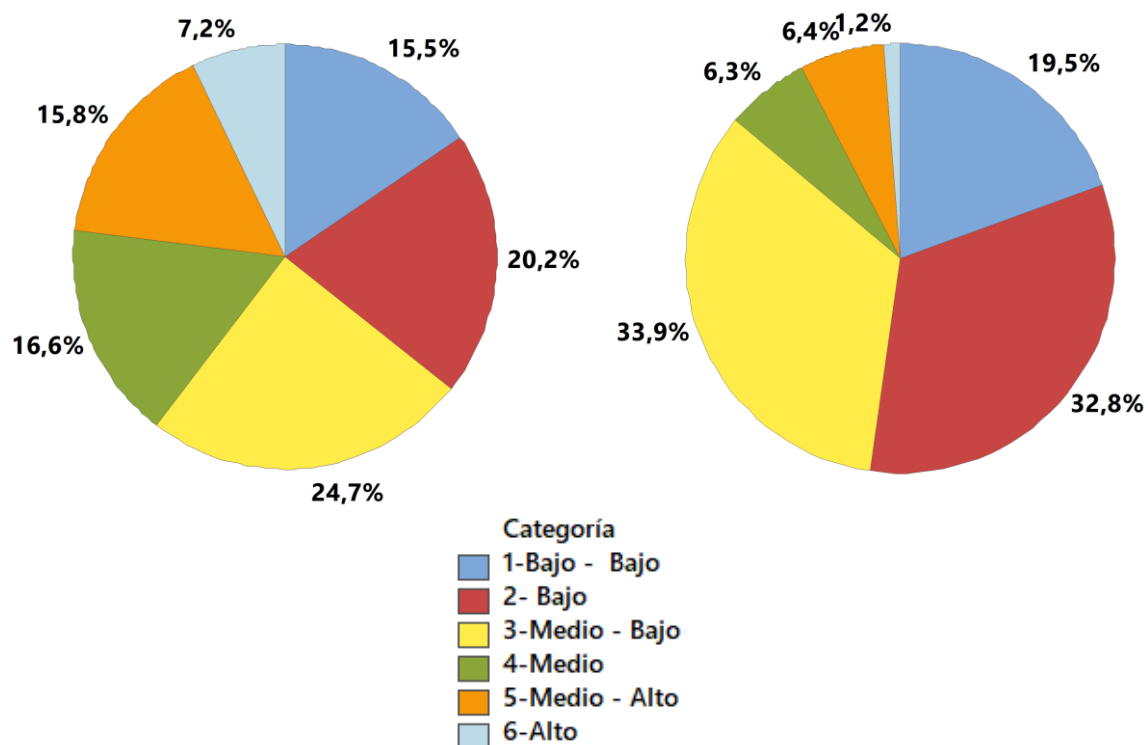


Figura. 3. A) Estratos socioeconómicos de los barrios B) Estratos socioeconómicos de la Población de la ciudad de Santiago de Cali. Fuente: (Alcaldía de Cali, 2020)

Acto seguido, al generar la distribución socioeconómica de la población de la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali, se analiza que 66,7 % de la población total hacen parte de los estratos socioeconómicos bajo y medio-bajo, siendo el estrato medio-bajo el más predominante, con un 33,9 %. En cambio, el 7,5% de población hacen parte de los estratos medio alto y alto, como se puede observar en la figura 3. Una vez se determinaron la variable de población y de estrato socioeconómico para la zona de estudio, se comparó las dos distribuciones, con el fin de encontrar algún tipo de correspondencia entre los barrios y población por estrato socioeconómico, sin embargo, para ambas figuras cambia el estrato predominante.

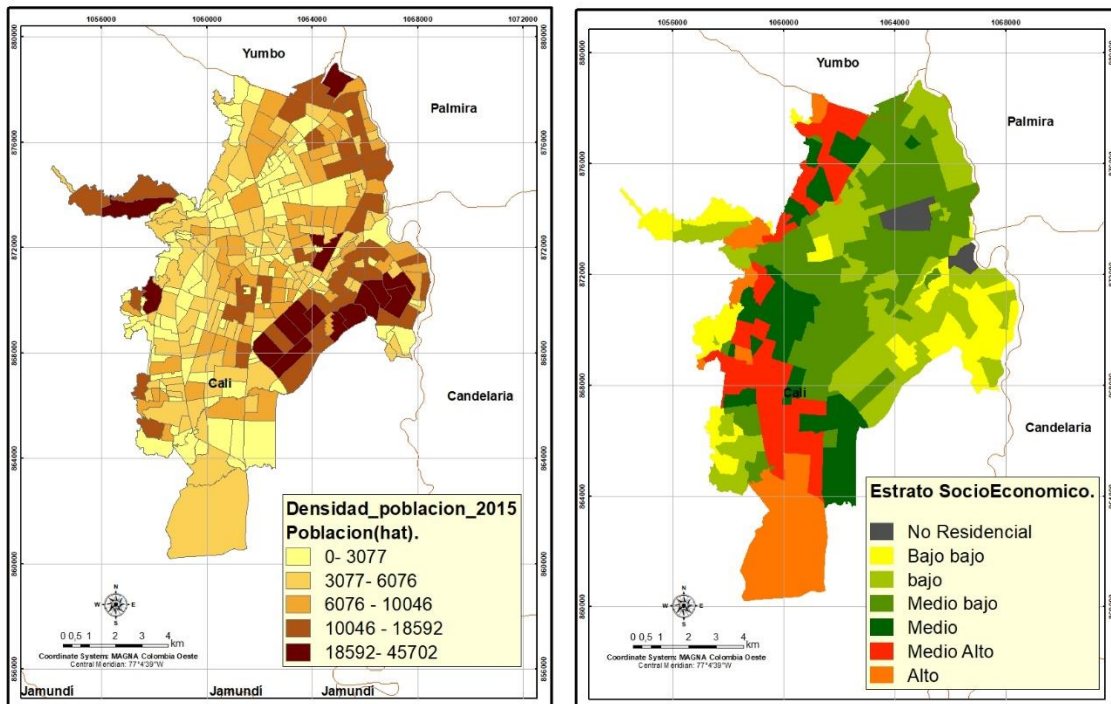


Figura. 4. A) Población B) Distribución Socioeconómica Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)

Se evidencia que la distribución espacial de barrios de acuerdo con su estrato moda figura 4, muestra que los barrios pertenecientes al estrato bajo se ubican principalmente al oriente de la ciudad y al oeste de la ciudad, en sectores de ladera, mientras que los estratos altos predominan en el norte y sur de la ciudad.

Por otro lado, se observa que la gran mayoría de los sectores más densamente poblados se encuentran concentrados en tres zonas el oriente, nororiente, y la ladera occidental de la ciudad, mientras que las zonas menos densamente pobladas se encuentran al sur y centro de la ciudad, cuyos sectores cuentan con áreas más extensas y a su vez con menos población. Una vez se analiza espacialmente la información del estrato socioeconómico y la información correspondiente a la población asociada a los barrios de la ciudad en la zona urbana, se encontró que el estrato moda bajo-bajo y bajo presenta altas densidades poblacionales, correspondiendo a sectores con bajos ingresos socioeconómicos, caso contrario con los barrios de estratos medio-alto, alto tiende a presentar bajas densidades poblacionales.

6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES SEGÚN SECTORES ECONÓMICOS.

En esta sección, detallamos las actividades más relevantes dentro del casco urbano de la ciudad, que influyen en la dinámica de la movilidad en Cali.

- *Industria*

El sector industrial de la ciudad de Cali se localiza en su mayoría en la zona norte de la ciudad, entre las vías que comunica las ciudades de Yumbo y de Cali. En la zona hay situadas más de 2.000 empresas, entre las que se sitúan Argos, Bavaria, Postobón, Propal, Goodyear, Colgate-Palmolive, Cervecería del Valle, entre otras. (Alcaldía de Cali, 2015).

- *Comercio*

La mayoría de los centros comerciales de la ciudad y en general del país, están edificadas como bulevares con pasadizos al aire libre. Por lo general están aprovisionados con zona de cines, restaurantes, supermercados y establecimientos. Los centros comerciales más tradicionales de la ciudad son Unicentro en el sur de la ciudad y Chipichape en el norte, ambos construidos en el estilo al aire libre. Otros centros comerciales muy populares son Palmetto Plaza, Jardín Plaza, Cosmocentro, Limonar Premier. Centros comerciales de menor envergadura en la ciudad son Centenario, Aventura Plaza, Centro Sur, El Único, La Pasarela (especializado en tecnología). En Cali también hay grandes supermercados como La 14, Carrefour, Éxito, Alkosto, Pricesmart, Homecenter, entre otros. Hay decenas de pequeños centros comerciales que están repartidos por toda la ciudad. (Alcaldía de Cali, 2015).

6.1.3. SITIOS GENERADORES DE MOVILIDAD.

La ciudad de Cali cuenta con una infraestructura comercial e industrial sólida, generadora de empleo y de movilidad, aunque cabe mencionar que existen dos fenómenos que deben tenerse en cuenta para estudios de accesibilidad como es el festival de música del pacífico Petronio Álvarez y la Feria de Cali, que son solo dos de los doce eventos culturales con los que cuenta la ciudad de Cali durante todo el año, por consiguiente, son generadores o atractivo para viajes de tipo turístico. Petronio Álvarez. (2021). Los sitios generadores de viajes en la ciudad de Cali son:

- Centros comerciales: Unicentro, Chipichape, Palmetto Plaza, Jardín Plaza, Cosmocentro, Limonar Premier, Centenario, Aventura Plaza, Centro Sur, El Único, La Pasarela.
- Supermercados: Carrefour, Éxito, Alkosto, Pricesmart, Homecenter, entre otros.
- Hospitales, clínicas: Hospital Departamental, Hospital Universitario del Valle Evaristo García, Hospital Psiquiátrico Universitario del Valle, Clínica los Farallones, Clínica Nuestra Señora del Rosario entre otros.

- Museos: El Museo La Tertulia, el Museo del Oro Calima y el Museo Arqueológico La Merced, Museo Aéreo Fénix, Cali Wood Museo de la Cinematografía entre otros.
- Bibliotecas públicas: Cali cuenta con por 61 espacios bibliotecarios repartidos en 5 zonas de la ciudad de las cuales se puede destacar Biblioteca Pública Municipal Bajo Aguacatal, entre otras.
- Salas de teatro y de cine: Teatro municipal Enrique Buenaventura, Teatro Jorge Isaac, Teatro Experimental De Cali, Chipichape - Cine Colombia, Cinemateca, Museo La Tertulia, Limonar – Cinépolis, Jardín Plaza - Royal Films.
- Escenarios deportivos: La ciudad de Santiago de Cali cuenta con más de 500 escenarios deportivos comunitarios y de alto rendimiento dispuestos para la práctica deportiva, recreativa y de actividad física de los caleños. (Alcaldía de Cali, 2018).
- Universidades y centros educativos: Universidad de Valle, Universidad Icesi, Universidad Javeriana, Universidad de Occidente, entre otras.

6.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD

La información pertinente para la realización de la caracterización de los sistemas, se hizo mediante una revisión de fuentes bibliográficas, la alcaldía de Cali, Metro Cali y a través del Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías (GITTV). Una vez se cuenta con el compendio de la información, se depuró, organizó, categorizó, para cada uno de los sistemas de transporte: el sistema Colectivo tradicional de Santiago de Cali – TPCT, el sistema de transporte correspondientes los Camperos y el sistema integrado de transporte masivo– MIO (BRT). Se consolidó e identificaron las características principales de cada sistema, como son las rutas, paradas, tiempos de desplazamientos, velocidades promedio, frecuencias, capacidades, modos de transportes, entre otros.

Sin embargo, en la bibliografía consultada, no fue posible encontrar la información cartográfica de los camperos que ejercen servicios en la zona oriental de la ciudad.

6.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA MEDIR LA ACCESIBILIDAD.

En este capítulo se definieron los índices de accesibilidad para ser utilizados en la evaluación de los dos sistemas (anexo 11.1), una vez fueron identificadas las variables en común, estas fueron revisadas, seleccionadas para evaluar los índices planteados, y que cumplieran con los requisitos mínimos para los modelos matemáticos utilizados.

Después de realizar la caracterización de la zona de estudio y de las rutas actualmente ofrecidas por el sistema de transporte masivo BRT y EL TPCT. Se definieron dos momentos para realizar el análisis de accesibilidad, el primer momento fue considerando el sistema BRT como un sistema independiente, y el segundo

consistió en la fusión de los tres sistemas; el sistema de transporte tradicional (TPCT), el sistema de camperos en zonas de ladera (jeep), y el BRT-Mio.

Una vez se contó con los dos sistemas construidos; en el caso del sistema fusionado, fue necesario depurar las paradas una vez se unieron los tres sistemas, se evaluó la selección de los indicadores apropiados para realizar la evaluación el análisis de las condiciones de accesibilidad de ambos sistemas, se realizó la aplicación de los indicadores de densidad, de isócronas, Hansen, y A-IPTP. Los resultados obtenidos, para los tres indicadores analizados, se expresaron en cinco rangos, bajo, Medio Bajo, Medio, Medio Alto y Alto.

Las categorías anteriores permitirán entonces determinar la accesibilidad de los sistemas por sectores de la ciudad y, por ende, identificar los barrios con condiciones tanto favorables como desfavorables.

6.3.1. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE INDICADORES

Entendido el comportamiento de la población y su dispersión en todo el territorio de Santiago de Cali según el análisis realizado en la primera fase de la caracterización del proyecto, se encontró que la demanda de movilidad generada por la población en el territorio se puede estudiar de forma localizada para cada uno de los barrios que conforman nuestra zona de estudio, con el fin de hacer una evaluación más específica de la accesibilidad que tienen los dos sistemas definidos (BRT y fusionado). Para esto es necesario evaluar la relación entre el sistema BRT-MIO con el sistema fusionado y el aporte que hacen a los habitantes por medio de herramientas universales como los indicadores de accesibilidad. Estos indicadores evalúan la calidad de la accesibilidad de los sistemas de transporte a través de modelos matemáticos para correlacionar los indicadores de accesibilidad y a su vez, su relación con la población y su estratificación socioeconómica, se adopta el siguiente conjunto de indicadores como los más adecuados para este proyecto.

- INDICADOR ABSOLUTO DE TIEMPO GLOBAL

Este indicador evaluó el vector de tiempo medio de viaje T_i , el cual representa el tiempo promedio de viaje desde los centroides de cada uno de los barrios, hacia todas las paradas de cada sistema, BRT y el fusionado. El tiempo de menor promedio está estrechamente relacionado con la cercanía a la parada más cercana de cada sistema. (Zuluaga & Escobar, 2017).

Finalmente se obtiene una matriz de tiempos promedios mínimos de viaje, en la que se minimiza el tiempo medio de viaje entre cada uno de las paradas y centroides de barrios.

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{n} \quad (6)$$

Donde, T_i = tiempo de viaje mínimo promedio entre el centroide del barrio hacia cada una de las paradas del sistema de transporte; N = número total de paradas.

Para el cálculo de los tiempos (t_{ij}), se utiliza el complemento de software Qgis, Network Analyst Toolbox, con el fin de generar la matriz de tiempos ($m \times n$), (origen - destino), la cual comprende las rutas más cercanas usando la red vial del BRT Y el FUSIONADO entre los centroides de los barrios (orígenes y destinos) para cada sistema por separado. Los tiempos obtenidos de la matriz OD se componen de las distancias euclidianas más cortas de los centroides a la red vial y de las rutas más cercanas utilizando la red vial del BRT y la del fusionado (tiempos) hacia los destinos.

- INDICADOR DE GRAVEDAD DE HANSEN:

Este modelo fue utilizado en la ciudad de Cali para evaluar el sistema del BRT-MIO y el fusionado dado que ofrece una ventaja sobre la simple medición del tiempo de viaje a la instalación más cercana, para evaluar la accesibilidad a cada uno de los barrios utilizando el medio de transporte BRT y fusionado, se utilizó en el indicador de (Hansen, W.G,1959), donde el potencial de atracción en el destino (E_j) es la generación de trabajo de la ciudad, y la impedancia es representada por la variable tiempo (t_{ij}). Se adoptó un ($\beta = 1$), dado que no afecta los tiempos reales de forma positiva o negativa sin embargo este valor se utilizó de acuerdo a la literatura consultada en la cual (Delmelle & Casas, 2012), estimaron un análisis de β con valores de rangos entre 0.5 y 2.0 para valores de accesibilidad estandarizados, donde no se presentaron variaciones sino hasta el tercer decimal, arrojando patrones espaciales similares, por esta razón determinaron el valor de 1, dado era el valor más adecuado basado en la utilidad de este en otros estudios de accesibilidad. (Hansen, 1959)

$$A_i = \sum_{j=1}^n E_j t_{ij}^{-\beta} \quad (7)$$

A_i como los niveles de accesibilidad en la zona i , t_{ij} corresponde al tiempo mínimo de recorrido de i a j utilizando la red, E_i representa el total de empleos en la zona i , y n es el número de zonas y β corresponde al parámetro de calibración.

Para el cálculo de los tiempos (t_{ij}), se utiliza el complemento de software Qgis, Network Analyst Toolbox, con el fin de generar la matriz de tiempos ($m \times n$), (origen - destino), la cual comprende las rutas más cercanas usando la red vial del BRT Y Fusionado entre los centroides de los barrios (orígenes y destinos) para cada sistema por separado. Los tiempos obtenidos de la matriz OD se componen de las distancias euclidianas más cortas de los centroides a la red vial y de las rutas más cercanas utilizando la red vial del BRT y la del fusionado (tiempos) hacia los destinos.

Por último, solo para el indicador de Hansen y dado a las unidades que involucra la ecuación, este se normaliza para lograr comparar los dos escenarios. Se organizó los valores de accesibilidad por barrios de acuerdo con su distribución, entre 0 y 100, empleando los valores máximos y mínimos, a partir de la siguiente ecuación:

$$vi = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times 100 \quad (8)$$

Donde, vi = valor normalizado del dato i , xi = valor original del dato i , x_{max} , x_{min} = valor original máximo y mínimo del total.

- PROVISIÓN DE TRANSPORTE PÚBLICO ABSOLUTO PARA EL SITM-MIO DE LA CIUDAD DE CALI

El Índice Absoluto de Provisión de Transporte Público (A-IPTP) se estima como un índice de accesibilidad topológica, basado en la infraestructura (Geurs y Wee, 2004), (Jaramillo et al., 2012). El cual se calculó para cada sistema de transporte (BRT Y fusionado) como el cociente de la suma total de las paradas para cada unidad espacial (barrios) por cada servicio o modo disponible (S_{ij}) ponderado por un indicador de capacidad de los vehículos (W_{ci}) y otro de la frecuencia promedio de servicio para cada parada (W_{fi}) y el área total del distrito considerado (A_j). (Jaramillo et al., 2012). Las expresiones genéricas de estos indicadores se muestran en la ecuación 9.

$$A - IPTP_j = \frac{1}{A_j} \sum_{i=1}^n S_{ij} W_{ci} W_{fi} , \quad (9)$$

$$W_{ci} = \frac{c_i}{c_{min}} ,$$

$$W_{fi} = \frac{f_i}{f_{min}}$$

Donde; A-IPTP es el Índice absoluto de provisión de transporte público para el distrito j ; n la cantidad de modos y/o servicios de transporte público disponibles; S_{ij} , el número de paradas para el modo i en el distrito j ; W_{ci} el factor de ponderación para la capacidad del modo i ; W_{fi} el factor de ponderación para la frecuencia del modo i ; A_j el área del distrito j ; c_i la capacidad del vehículo del modo i ; c_{min} capacidad mínima del vehículo según los modos disponibles; f_i la frecuencia para el modo i ; y f_{min} es la frecuencia más baja de los modos disponibles.

Para este estudio, los valores de W_{ci} y W_{fi} , fueron calculados teniendo presentes todos los sistemas presentes en el proyecto, con la finalidad de una tabla general (tabla 1), para que los valores del índice A-IPTP sean comparables entre los dos sistemas, dado que para el sistema BRT-MIO, no contempla la posibilidad de otro modo de transporte.

Conociendo la capacidad de pasajeros y la frecuencia que para el caso del BRT se calculó haciendo un promedio semanal y para el TPCT y JEEP se calculó la frecuencia considerando solo un día típico, se calculó las ponderaciones para las variables de la capacidad W_{ci} y frecuencias y W_{fi} . (tabla 1).

Modo	Capacidad	Wci	Frecuencia	Wfi
Troncales	160	8.889	7.356	1.413
Pretroncales	80	4.444	4.485	0.862
Alimentadores	60	3.333	5.535	1.063
TPCT	30	1.667	5.206	1
JEEP	18	1	6.107	1.173

Tabla 1. Capacidades, frecuencias y ponderaciones del sistema Fusión

6.3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Nuestro estudio se basa principalmente en medidas basadas en componente espaciales, y la distribución de la estructura y servicio del transporte. La distribución espacial de las oportunidades ofrecidas en cada destino (empleos, salud, instalaciones sociales y recreativas, entre otras.), y la demanda de estas oportunidades en ubicaciones de origen (por ejemplo, las viviendas), la confrontación de la oferta y la demanda de oportunidades que para este caso obedece al casco urbano de la ciudad. Ahora bien, el componente de transporte permite ilustrar la utilidad que tiene para un individuo el desplazamiento entre un origen y un destino utilizando un modo de transporte específico; incluidos la cantidad de tiempo (viaje, espera y estacionamiento), costos y esfuerzo, etc. El suministro de infraestructura incluye su ubicación y características (por ejemplo, recorrido máximo velocidad, número de carriles, horarios de transporte público, gastos de viaje). La demanda se refiere tanto a pasajeros y viajes de carga (Geurs y Wee, 2004).

Con la descripción e investigación de indicadores de accesibilidad y los artículos científicos consultados y descritos en el marco referencial, se definió los modelos de accesibilidad basados en indicadores de separación espacial, gravedad y de contorno dado que estos tienen en cuenta los parámetros físicos y espaciales de disposición del sistema de transporte a la comunidad entre un origen que en este caso se designó como unidad central, los centroides de barrios con un destino (paradas) y la distribución espacial de las actividades de laborales y la accesibilidad.

En cuanto a las variables de los indicadores utilizados en el proyecto se tienen en cuenta las variables propias del componente de transporte, en nuestro caso del BRT y TPCT de la ciudad de Cali, y propias del componente de uso del suelo como atraktividad o actividades de trabajo, viaje o destino; otras variables de gran importancia son las variables socioeconómicas, características de la zona de estudio como área del barrio. Esto indicadores cuentan con variables que se describen a continuación:

- Población: Describe la cantidad de habitantes por barrio que existen en cada uno de los 335 barrios de la ciudad de Cali.
- Área del Barrio: Describe el área en m² de los barrios de la Ciudad de Cali.
- Cantidad de líneas de buses por cada parada: Describe la cantidad de rutas o buses que abordan cada una de las estaciones y puntos de parada del MIO.
- Número de Paradas: Describe el número de puntos de parada del BRT - MIO dentro de un barrio o un destino.
- Tiempo de Viaje: Describe el tiempo de viaje en minutos o segundos de un origen a un destino.
- Parámetros: Parámetros de fricción o disminución de la distancia; estos se calculan de acuerdo con el método que se considere más conveniente para nuestra zona de estudio, o se tendrán en cuenta valores de acuerdo con artículos científicos.
- Capacidad del vehículo: Describe el número de pasajeros que debe tener un vehículo del BRT - MIO en la ciudad de Cali.

La Información pertinente con el TPCT, una parte fue suministrada por el Grupo de Investigación en Transporte, Transito y Vías (GITTV) y entrevistas con los funcionarios de la Secretaría de Movilidad, con el objetivo de brindar a la investigación las variables que serán estudiadas para relacionarlos con los indicadores de accesibilidad. Para esta fase la información correspondiente al transporte público colectivo tradicional fue proporcionada por el ingeniero Luis Carlos Moya Ospina Máster en ingeniería de Tránsito y Transporte, empresa de Grupo Vial S.A.S. En lo referente al Shape de la red de rutas del TPCT y de los camperos en ladera al igual que los datos metodológicos para el diseño de las paradas de este sistema, número total de rutas y sus respectivas tipologías (Nodos), velocidades promedio por ruta del TPCT y tipos de vehículos del sistema TPCT.

6.3.3. DETERMINACIÓN DE ZONAS Y CENTROIDES

En relación con las variables necesarias y descritas anteriormente se procede a solicitar y a consultar las diferentes plataformas de datos abiertos, como es el caso de la información de los barrios de Cali, la población que fue descargada de la Página Oficial de Alcaldía de Santiago de Cali, donde especifican y detallan toda la información y datos del Censo del Dane, el Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV) de la Universidad del Valle nos proporcionó la información de la población de manera espacial y actualizada al año 2018 por manzanas, para lo cual se realizó una interpolación de esta información a nivel de barrios. Igualmente, el grupo GITTV proporcionó la información del BRT-MIO, la cual contenía las frecuencias de las rutas del MIO de lunes a domingo, la encuesta de movilidad y los motivos de Viaje de las Zonas de análisis de Transporte (ZAT) del año 2015, por tanto, se realizó el proceso de interpolación para relacionar esta información con los barrios de la ciudad, las rutas (BRT-MIO Y TPCT) y los puntos de paradas de este. Al igual que la Geodatabase que contiene la red vial del BRT y la ciudad de Cali con características como velocidad de viaje, modo, sentido vial, jerarquización, nombre de las vías, etc.; necesarias para el cálculo de tiempos de viajes, matriz OD (Origen-Destino).

6.3.4. TÉCNICA INTERPOLACIÓN IDW

Esta técnica se basa en una función gravitacional de distancia donde las observaciones más cercanas tienen más peso en la determinación del valor interpolado al punto desconocido. Este interpolador es conocido como Inverse Distant Weighted (IDW). (Flores et al., 2022)

La interpolación espacial es un procedimiento que representará mejor la superficie total y que predecirá los valores en otras unidades espaciales (Navarrete y López, 2019). Por medio de los valores medidos que rodean la ubicación, se predice un valor para cualquier ubicación sin muestrear, basándose en la suposición de que las cosas que están cerca entre sí son más parecidas que las que están más alejadas. (ArcGIS Desktop®, 2018)

Para estimar el valor de la variable en un punto no muestral $Z(j)$, el IDW utiliza la siguiente ecuación:

$$Z(j) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(i) \quad (10)$$

donde λ_i (con valores entre 0 y 1) es la función de ponderación de los N puntos muestrales i que intervienen en el cálculo de la distancia al punto no muestral $Z(j)$ a partir de los puntos conocidos $Z(i)$ que van a ser ponderados según la distancia (d_{ij}) que los separa. Una vez se contó con el cálculo de los índices, se aplicó la técnica de IDW, para mejorar la representación de la información y su correspondiente análisis.

6.4. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE INDICADORES DE ACCESIBILIDAD Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICA DE CALI.

En esta sección se analizó la relación entre los modelos estudiados, mediante los indicadores estadísticos, para estudiar el comportamiento de los datos. Por tanto, se definieron los indicadores estadísticos más comunes.

6.4.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

La estadística descriptiva tiene como finalidad describir y analizar el conjunto de datos evaluados con el objetivo de que la información obtenida sea válida sólo para el conjunto observado. Algunos de los indicadores estadísticos descriptivos más representativos utilizados con su respectiva ecuación matemática como la media aritmética, la mediana, la moda, los quintiles, el rango, la desviación estándar, el coeficiente de variación de Pearson, la covarianza y el coeficiente de correlación lineal. (Sánchez, Serrano, y Benítez 2015)

La media aritmética es la variable estadística de medida de posición que denotamos por x . Cuando la distribución es agrupada tomamos xi . (Suarez, 2010)

$$x = \sum_{i=0}^k xi fi \quad (11)$$

Donde; xi son los valores de la variable, fi son las frecuencias relativas.

Por su parte la mediana es una medida de posición; es aquel número que divide la distribución en dos partes iguales suponiendo que los datos están ordenados en forma creciente o decreciente (Sánchez et al. 2015). la mediana viene dada por el valor central si N es impar, o por la semisuma de los dos valores centrales, si N es par. Cuando la distribución viene dada por intervalos, la clase mediana se localiza en el intervalo i con frecuencia acumulada $Ni \geq N/2$. (Suarez, 2010)

$$m_e = L_{i-1} + \frac{\frac{N}{2} - N_{i-1}}{n_i} a_i \quad (12)$$

Los Cuantiles, son medidas de posición que dividen los valores de población en varias partes iguales se llaman Cuantiles, que incluye cuartiles, deciles, centiles, mililes, etc.; según que divida a la población en cuatro, diez, cien, mil, etc., partes. Así, el cuartil de orden r (Q_r) será el número que divide la población en dos partes dejando a su izquierda las r cuartas partes, el decil de orden r (D_r) será el número que divide la población en dos partes dejando a su izquierda las r décimas partes, el centil de orden r (C_r) será el número que divide a la distribución en dos partes y deja a su izquierda las r centésimas partes. Este cálculo es similar al que se emplea para obtener el valor mediano (Suarez, 2010).

$$Q_r = L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{4} - N_{i-1}}{n_i} a_i, D_r = L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{10} - N_{i-1}}{n_i} a_i, C_r = L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{100} - N_{i-1}}{n_i} a_i \quad (13)$$

La Desviación estándar típica o desviación estándar se entiende como la raíz cuadrada de la varianza tomada con el signo positivo. (Suarez, 2010)

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 f_i} \quad (14)$$

Donde; x_i son los valores, f_i son las frecuencias relativas y $\bar{x}$ es la media aritmética.

6.4.2. CORRELACIÓN DE PEARSON

Una vez se cuente con la información correspondiente para cada indicador propuesto en ambos sistemas, se utilizó el estimador de muestras para evaluar la asociación lineal entre dos variables. Puesto que este índice permite identificar si las variables tienen correlación. Para esto, utilizamos los índices calculados, evaluamos su correlación con otras variables, en este caso de estudio, los demás índices calculados, la variable población y el estrato socioeconómico.

Esta información fue organizada y estructurada para poder analizarlos en el software de estadística R. Donde se evaluó la correlación de Pearson, mediante la creación de una matriz macro, que enseña el grado de biviación lineal entre las variables calculadas. Los valores de correlación positivos y negativos según el signo, adicional el grado de correlación que se representa con paletas de colores tomando el valor de -1 el color rosa degradándose hasta el blanco con un valor de 0 finalmente se desgrada nuevamente los colores hasta llegar al valor de 1 (Támara, 2019; Cardona, 2015). Una vez se cuenta con el análisis de la correlación entre las variables, se procedió con la validación de los datos, mediante el nivel de significancia. El nivel de significancia, también denotado como alfa o α , es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Par este trabajo, analizamos un nivel de significancia de 0.05 y 0.01 indica un riesgo de 5% y del 1% respectivamente, de concluir que existe una diferencia cuando en realidad no hay ninguna diferencia.

Una vez obtenidos los valores de correlación (R), se debe determinar el valor crítico (V_c), según el nivel de significación de 0.05 y 0.01 y el número de datos (n), con el fin de rechazar o aceptar la hipótesis H_0 , que indica que no existe correlación, para ello, se emplea la prueba de hipótesis mediante la distribución t de Student, que tiene la forma de campana simétrica típica de una distribución normal de datos, con valores críticos repartidos en ambas colas externas. En esta prueba de hipótesis se determina un valor crítico de V_c , y el valor estadístico de prueba (Tr) asociado al valor de correlación R y el número de datos (n), a partir del cual se rechaza la hipótesis nula que indica no existe correlación lineal, y de esta forma se concluye que efectivamente existe una correlación lineal entre las variables X , Y (Cardona, 2015).

6.5. CONTRASTAR EL APOORTE DEL TPCT AL BRT DESDE UN PUNTO DE VISTA DE LA EQUIDAD Y TRANSPORTE

Una vez se evaluó el comportamiento de los datos para cada sistema de transporte por separado, se procedió con la comparación entre el sistema fusionado y el sistema de BRT original esto desde el punto vista de los indicadores y desde la equidad.

6.5.1. THEIL

El indicador seleccionado para la estimación de los niveles de la equidad espacial es el índice de Theil, tal como lo indica (Duro, 2004) este indicador nos permite medir la desigualdad en los niveles de accesibilidad que se presentó en los indicadores calculados para cada uno de los sistemas evaluados BRT y Fusionado. La estimación de índice de Theil se realizó mediante la utilización de la ecuación 5, utilizando el software Rstudio, que permite cargar la información de los índices, para posteriormente ejecutar los comandos correspondientes al índice de Theil. Esto nos permitió obtener coeficientes con valores entre 0% y 100% como indicativos de medidas de equidad. Este índice entre mayor sea sus valores, menor será la equidad. Siendo el valor de 0 (0%) el que indica perfecta equidad, y el de 1 (100%) perfecta inequidad.

Finalmente, al obtener los valores de Theil, se contrastó la equidad presente en el sistema BRT y la equidad presente cuando se fusiona el sistema BRT, Camperos y TPCT, con el fin de determinar la equidad en el municipio de Cali y determinar la desigualdad en el acceso y servicio del sistema de transporte estudiados.

7 RESULTADOS

7.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD

En esta sección se presenta los resultados obtenidos frente a la caracterización de los sistemas de transporte estudiados, y las características encontradas para cada sistema.

7.1.1. SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO TRADICIONAL

- NUMERO DE RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO TRADICIONAL.

Para el año 2015 en la consultoría cuyo objeto fue “Estudios para la estimación de la diferencia en la captación de la demanda entre el sistema SITM MIO, el TPC; y la oferta informal, en cada uno de los años de operación desde el 2009 hasta el 2015” identificaron un total de 12 empresas con una operación de 23 rutas. (Cal y Mayor, 2019). Sin embargo, de acuerdo con las cifras presentadas por la Alcaldía de Cali para el año 2016, en la ciudad de Cali se tienen autorizadas 10 empresas con 24 rutas para el transporte público colectivo, algunas rutas están numeradas en consecutivo y a continuación se presenta la codificación asignada a cada ruta en la tabla 2. (Alcaldía de Cali, 2016).

EMPRESA	RUTA
COOPERATIVA LA ERMITA LTDA.	1,2,5,6,7,7C,2C,4C
TRANSP.RECREATIVOS LTDA	Montebello, Norte, Sur, Vorágine
TRANS. MONTEBELLO S.A.	1,3S
TRANSP. SANTIAGO DE CALI (ALAMEDA)	1,3,6
EMP. DE TRANSPORTES RIO CALI S.A.	2Ptr
COOP INT DE TRANSP.FLORIDA CALI (PAPAGAYO)	1
TRANSP.VILLANUEVA BELEN LTDA	1
TRANSP.CAÑAVERAL S.A.	4
TRANSP. DECEPAZ LTDA	3,4,1C
CIA. TRANSP. VERDE BRETAÑA S.A.	1

Tabla 2. Numero de rutas en circulación del TPCT. Fuente: (Alcaldía de Cali, 2016).

A Continuación, se ilustra en la figura 5, las rutas del sistema de transporte colectivo tradicional (TPCT) en la ciudad de Cali.

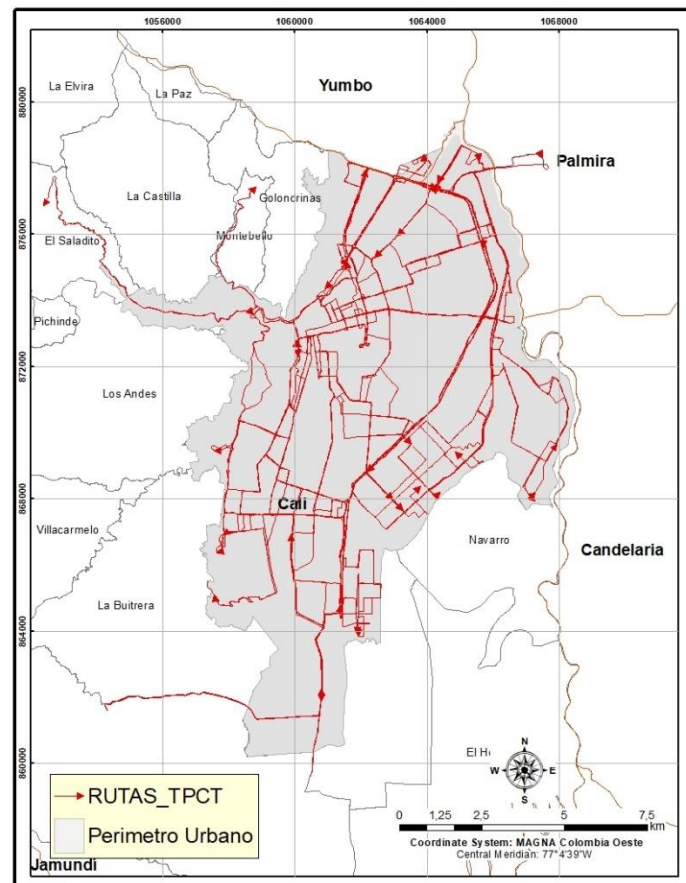


Figura. 5 Recorrido espacial de las rutas en circulación del TPCT. Fuente: (Grupo vial SAS, 2016).

- NUMERO DE AUTOMOTORES DEL TRANSPORTE COLECTIVO.

En la ciudad de Cali, el transporte público colectivo está a cargo de 10 empresas que están debidamente autorizadas por el ministerio de transporte, las cuales son las encargadas de afiliar a la flota de buses. Hay algunos socios propietarios de la flota de buses, pero la gran mayoría no lo son, esta situación conlleva a que la calidad del servicio no sea la mejor, puesto a que ellos le interesan es tener la mayor cantidad de vehículos con el fin de mejorar sus ingresos (Torres, 2006). A octubre de 2015, en la ciudad todavía operaban 22 rutas autorizadas para prestar el Servicio de Transporte Público Colectivo (TPC) Tradicional. El servicio del TPC es ofrecido a través de 10 empresas con un total de 521 vehículos. Tabla 3.(Alcaldía de Cali,2017).

Empresa	Ruta	Bus	Buseta	Microbús	Total	%
Cooperativa la ermita Ltda.	6		38	107	145	28%
Transp. recreativos Ltda.	4	12	59	24	95	18%
Transp. Montebello s.a.	2	4	15	68	87	17%
Transp. Santiago de Cali (alameda)	3	17	27	0	44	8%
Empresa. De transportes Rio Cali s.a.	1	0	39	1	40	8%
Coop Int de Transp. Florida Cali (papagayo)	1	28	4	0	32	6%
Transp. Villanueva Belén Ltda.	1	8	23	0	31	6%
Transp. Cañaveral s.a.	1	9	9	0	18	3%

Empresa	Ruta	Bus	Buseta	Microbús	Total	%
Transp. Decepaz Ltda.	2	3	10	2	15	3%
Cía. Transp. Verde Bretaña S.A.	1	10	2	2	14	3%
Total, general	22	91	226	204	521	100%

Tabla 3. Distribución del parque automotor por empresa, números de rutas y tipo de vehículo. Fuente: Grupo Vial S.A.S.

- **PARQUE AUTOMOTOR DEL TRANSPORTE COLECTIVO SEGÚN EL NÚMERO DE SILLAS OFRECIDAS**

Para la operación del sistema de transporte colectivo de la ciudad de Cali, la flota cuenta con diferentes tipos de vehículos que tiene una capacidad de movilizar pasajeros de acuerdo con el tipo de vehículo ya sea microbús, bus, buseta (figura 6) y a sus números de sillatería que pueden ofrecer, puesto que se presentan grandes variaciones entre el número de sillatería del bus, que pueden variar desde 20 sillats hasta 48 sillats y las busetas que pueden variar de 21 sillats hasta 37 sillats.



Figura. 6. A. Tipo microbús B. Tipo Buseta. Fuente: (El Pais,2021)

La flota se distribuye entre 521 vehículos entre bus, busetas y microbús que ofrece un total de 12985 sillats, (Tabla 4). Los buses tipo buseta son las que ofertan el mayor número de sillats, esto debido a que cuenta con la mayor flota de busetas, siendo este de 226 vehículos. (Grupo vial SAS,2016).

CLASE	TOTALES (unidades)
Vehículos	521
Sillats ofrecidas	12985
Sillats tipo bus	2941
Sillats tipo buseta	6168
Sillats tipo microbús	3876

Tabla 4. Sillats ofrecidas según el tipo o clase de vehículo. Fuente: Grupo vial S.A.S.

- **FRECUENCIA DE PASO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO.**

La frecuencia de despacho de los vehículos que prestan el servicio en las diferentes rutas de transporte colectivo se obtuvo del Informe diagnóstico movilidad realizada por MetroCali (anexos 11.2), en compañía de la empresa Cal y Mayor que midió el número de ciclos que realizan diariamente cada una de las rutas en un día típico de

entre semana, cabe aclarar que, en la ciudad de Cali, se observan marcados periodos pico, en la demanda del transporte, por lo cual el despacho de rutas no es constante durante todo el día. (Cal y Mayor, 2019). A continuación, se encuentran las frecuencias de despacho de las 22 rutas de transporte colectivo en la ciudad de Cali, que se utilizaran para realizar el análisis de accesibilidad tal como se relaciona en la tabla 5.

EMPRESA	RUTA	SENTIDO	FRECUENCIA
COOPERATIVA LA ERMITA LTDA	1 Ida	N-S	6
	1 Regreso	S-N	7
	3--2 Regreso	N-S	6
	2--3 Ida	S-N	3
	5--6 Ida	N-S	1
	6--5 Regreso	S-N	3
	7 ida	W-E	2
	7 regreso	E-W	2
	7C Ida	E-W	4
	7C Regreso	W-E	4
	2C	S-N	6
	2C	N-S	8
TRANSP.RECREATIVOS LTDA	Montebello Ida	N-S	4
	Montebello Regreso	S-N	5
	Norte Ida	N-S	3
	Norte Regreso	S-N	7
	Sur Ida	N-S	4
	Sur Regreso	S-N	3
	Vorágine Ida	N-S	9
	Vorágine Regreso	S-N	11
TRANS. MONTEBELLO S.A.	1 Ida	N-S	8
	1 Regreso	S-N	10
	3S Ida	S-N	6
	3S Regreso	N-S	5
EMP. DE TRANSPORTES RIO CALI S.A.	2Ptar Ida	N-S	6
	2Ptar Regreso	S-N	5
COOP INT DE TRANSP.FLORIDA CALI (PAPAGAYO)	1 Ida	S-N	4
	1 Regreso	N-S	6
TRANSP.VILLANUEVA BELEN LTDA	1 Ida	E-W	5
	1 Regreso	W-E	6
TRANSP. DECEPAZ LTDA	3 Ida	W-E	5
	3 Regreso	E-W	3
	4 Ida	N-S	2
	4 Regreso	S-N	1
CIA. TRANSP. VERDE BRETAÑA S.A.	1 Ida	N-S	5
	1 Regreso	S-N	6

Tabla 5. Frecuencia e intervalo de paso de rutas de transporte público Fuente: Grupo vial SAS.

- **DISTANCIA MEDIA DE LOS RECORRIDOS**

En la ciudad de Cali, los recorridos son bastantes largos, en comparación con otras ciudades de menor extensión del territorio colombiano, el recorrido más largo que se presenta en la ciudad de Cali es de 89.4 km incluyendo la ida y el regreso y el más corto incluyendo la ida y el regreso es de 11.6 km en general presentan una gran cobertura espacial en toda la extensión de la ciudad, lo que proporciona realizar viajes de largo recorrido sin la necesidad de efectuar transbordos entre modos de transporte. (Grupo vial SAS,2016).

A continuación, en la tabla 6, se pueden encontrar las longitudes de las diferentes rutas que prestan el servicio de transporte publico colectivo en la ciudad de Cali.

EMPRESA	ruta	LONGITUD (KM)
COOPERATIVA LA ERMITA LTDA.	1	59.7
	2--3	58.3
	5--6	51
	7	21.3
	7C	34.65
	2C	41.59
TRANSP.RECREATIVOS LTDA.	Montebello	89.4
	Norte	97.5
	Sur	64.0
	Vorágine	88.9
TRANS. MONTEBELLO S.A.	1	69.4
	3S	71.7
TRANSP. SANTIAGO DE CALI (ALAMEDA).	1	35.0
	3	37.2
	6	46.6
EMP. DE TRANSPORTES RIO CALI S.A.	2Ptar	62.4
COOP INT DE TRANSP.FLORIDA CALI (PAPAGAYO)	1	45.1
TRANSP.VILLANUEVA BELEN LTDA	1	41.2
TRANSP.CAÑAVERAL S.A.	4	52.8
TRANSP. DECEPAZ LTDA.	3	33.59
	4	37.27
CIA. TRANSP. VERDE BRETAÑA S.A.	1	39.89

Tabla 6. Distancia media de los recorridos del TPCT. Fuente: Grupo vial SAS.

Se logró identificar un total de 22 rutas de transporte público colectivo convencional que tiene operación en toda la ciudad de Cali y que hacen uso de más de 620 kilómetros de infraestructura vial, se precisa que esta cifra puede verse reducida por condiciones de utilizar los mismos segmentos viales. (Grupo vial SAS,2016).

Las rutas de transporte público colectivo que operan en la ciudad de Cali cuentan con una gran cobertura y permiten la conexión a los usuarios para desplazarse a lo largo y ancho de la ciudad. Cabe aclarar que brindan el servicio sin paradas establecidas por consiguiente los usuarios eligen un punto sobre la línea del recorrido que permitan minimizar la distancia de camino hacia su parada final. (Cal y Mayor, 2019).

7.1.2. SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CAMPEROS.

- NÚMERO DE RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO CAMPEROS

Según datos encontrados del Informe diagnóstico movilidad realizada por MetroCali, en compañía de la empresa Cal y Mayor se presenta el listado de 28 rutas de transporte de camperos que opera en la ciudad de Cali principalmente en la zona occidental y oriental. (Cal y Mayor, 2019). La oferta del servicio se realiza con una flota total de 1094 vehículos, con tipología de campero modificados, que no cuentan con homologación del Ministerio de Transporte (tabla 7). (Cal y Mayor, 2019). Vale aclarar que, aunque en la zona oriente de la ciudad también existen en total 12 rutas de camperos y 3 rutas operando en la zona norte (Cal y Mayor, 2019). En la bibliografía no fue posible contar con la información geográfica para poderla incorporar en los análisis realizados.

Sector Oeste	Sector Oriente
Pascualito 7	Puerto Rellena 10
Oeste Aguacatal 1	Píizamos S. Elena 9
Oeste Aguacatal 2	Puertas del Sol
Los Chorros 10	Oriente 3
Palmas-Centro 9	Oriente 5
Altos de Menga F	Oriente 5D
Dapa L	Oriente 6
Meléndez sur	Oriente 8
Meléndez-Palmas J	Oriente 8M
Oeste Montebello	Puerto Rellena 4A
Pichindé	Puerto Rellena 1
Siloé 9 La Sirena	Puerto Rellena 4
Siloé 1	Floralia 1
Oeste Terrón	Floralia 2
Oeste Terrón "C"	Floralia 3

Tabla 7. Número de rutas del transporte público Camperos Fuente: Grupo vial SAS.

A Continuación, se ilustra en la figura 7, las rutas del sistema de camperos presentes en la zona de ladera de la ciudad de Cali.

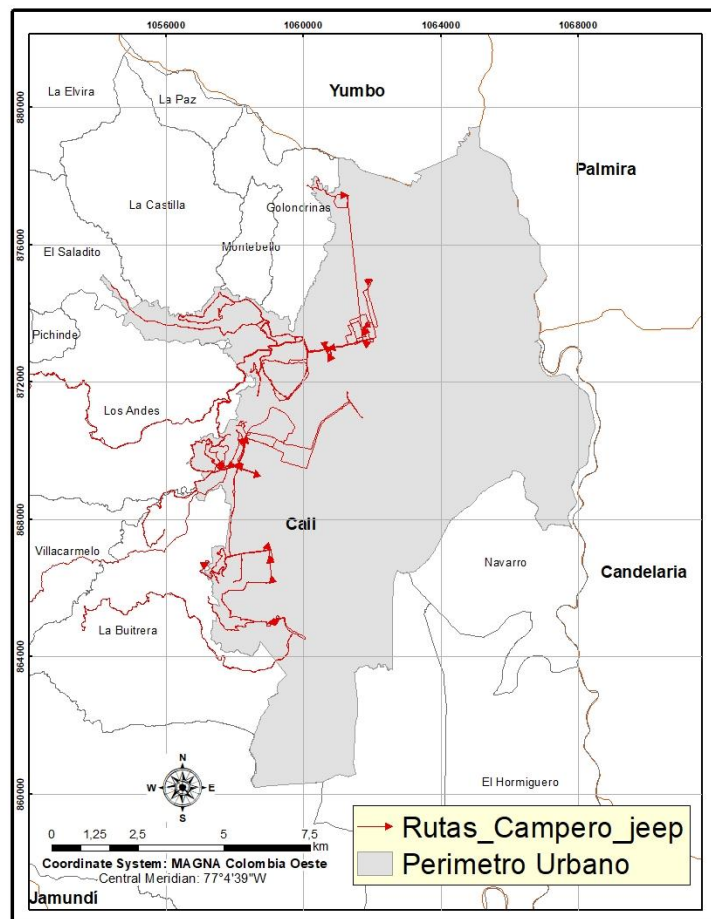


Figura. 7. Representan espacialmente los recorridos de las diferentes rutas de transportes de camperos. Fuente: Grupo vial SAS.

- **NUMERO DE AUTOMOTORES CAMPEROS**

Se estima que hay en operación un total de 1094 vehículos de tipo camperos en la ciudad de Cali, de los cuales 233 se registraron operando en terrón colaborado al día. En la tabla 8 se puede observar el número total de vehículos en operación de acuerdo con cada ruta de transporte de camperos (Cal y Mayor, 2019).

Ruta	Unidades (Veh)
7 Pascualito	25
Oeste Aguacatal R1 y R2	130
Siloé 10 Los Chorros	31
9 Palmas-Centro	24
Sur Meléndez	28
"j" Meléndez-Palmas	8
Oeste Montebello	20
Pichindé	20
Siloé 9 La Sirena	35
Siloé 1	39
Oeste Terrón 1 y Terron "C"	233
10 "Puerto Rellena"	53
9P "Píizamos S. Elena"	42
I "Puertas del Sol"	56

Ruta	Unidades (Veh)
Oriente 3	25
Oriente 5	37
Oriente 5D	28
Oriente 6	12
Oriente 8	65
Oriente 8M	25
4A "Puerto Rellena"	15
1 "Puerto Rellena"	21
4 "Puerto Rellena"	27
Floralia 1	26
Floralia 2	33
Floralia 3	36
Total, vehículos	1094

Tabla 8. Distribución del parque automotor por empresa de Camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.

- PARQUE AUTOMOTOR DEL TRANSPORTE CAMPEROS SEGÚN EL NÚMERO DE SILLAS OFRECIDAS

De acuerdo con su tipología, se clasifican en dos tipos de vehículos, denominadas campero corto y campero largo (figura 8), con un aforo hasta de 18 usuarios, aclarando que en ambos casos no se admiten usuarios sentados en la parrilla del techo, ni colgados en la parte trasera. Es un sistema de transporte utilizado por una gran diversidad de usuarios entre ellos estudiantes, adultos mayores y viajeros frecuentes con una tarifa de \$2200 pesos. Adicional este transporte brinda la posibilidad de transportar acarreos a un precio parecido al que cobra al usuario. (Cal y Mayor, 2019).



Figura. 8. A. Tipología Jeep corto. B. Tipología Jeep largo. Fuente: (Cal y Mayor, 2019).

- FRECUENCIA DE PASO DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CAMPEROS.

La frecuencia de despacho de los vehículos que prestan el servicio en las diferentes rutas de camperos se obtuvo del Informe diagnóstico movilidad realizada por MetroCali, en compañía de la empresa Cal y Mayor que midió el número de ciclos que realizaba diariamente cada una de las rutas en un día típico de entre semana, cabe aclarar que, en la ciudad de Cali, se observan marcados periodos pico, en la demanda del transporte, por lo cual el despacho de rutas no es constante durante todo el día (Cal y Mayor, 2019). A continuación, se encuentran las frecuencias de despacho de las 28 rutas para el servicio de transporte de camperos en la ciudad de

Cali, que se utilizarán para realizar el análisis de accesibilidad (tabla 9) (Cal y Mayor, 2019).

RUTA	SENTIDO	FRECUENCIA	RUTA	SENTIDO	FRECUENCIA
7 Pascualito	E-W	3	7 Pascualito	E-W	3
7 Pascualito	W-E	4	7 Pascualito	W-E	4
1 Oeste Aguacatal	E-W	5	1 Oeste Aguacatal	E-W	5
1 Oeste Aguacatal	W-E	5	1 Oeste Aguacatal	W-E	5
2 Oeste Aguacatal	E-W	5	2 Oeste Aguacatal	E-W	5
2 Oeste Aguacatal	W-E	5	2 Oeste Aguacatal	W-E	5
Siloé 10 Los Chorros	W-E	5	Siloé 10 Los Chorros	W-E	5
Siloé 10 Los Chorros	E-W	3	Siloé 10 Los Chorros	E-W	3
9 Palmas-Centro	N-S	17	9 Palmas-Centro	N-S	17
9 Palmas-Centro	S-N	17	9 Palmas-Centro	S-N	17
"F" Altos de Menga	E-W	5	"F" Altos de Menga	E-W	5
"F" Altos de Menga	W-E	5	"F" Altos de Menga	W-E	5
"L" Dapa	N-S	5	"L" Dapa	N-S	5
"L" Dapa	S-N	5	"L" Dapa	S-N	5
Sur Meléndez	N-S	4	Sur Meléndez	N-S	4
Sur Meléndez	S-N	2	Sur Meléndez	S-N	2
"j" Meléndez-Palmas	E-W	4	"j" Meléndez-Palmas	E-W	4
"j" Meléndez-Palmas	W-E	2	"j" Meléndez-Palmas	W-E	2
Oeste Montebello	S-N	9	Oeste Montebello	S-N	9
Oeste Montebello	N-S	12	Oeste Montebello	N-S	12
Pichindé	W-E	1	Pichindé	W-E	1
Pichindé	E-W	3	Pichindé	E-W	3
Siloé 9 La Sirena	N-S	8	Siloé 9 La Sirena	N-S	8
Siloé 9 La Sirena	S-N	9	Siloé 9 La Sirena	S-N	9
Siloé 1	N-S	6	Siloé 1	N-S	6
Siloé 1	S-N	7	Siloé 1	S-N	7

Tabla 9. frecuencia e intervalo de paso de rutas de transporte de camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.

- DISTANCIA MEDIA DE LOS RECORRIDOS CAMPEROS

Se observa que hay un total de 28 rutas tipo camperos que emplean más de 554 kilómetros de infraestructura vial, se precisa que esta cifra puede verse reducida por condiciones de utilizar los mismos segmentos viales (tabla 10). (Cal y Mayor, 2019).

RUTA	LONGITUD (KM)
7 pascualito	11.6
1 Oeste Aguacatal	21.8
2 Oeste Aguacatal	24.7
Siloé 10 Los Chorros	7.2
9 Palmas-Centro	17
"F" Altos de Menga	8.7
"L" Dapa	41.3
Sur Meléndez	13.6
"J" Meléndez-Palmas	6.8
Oeste Montebello	28.2
Pichindé	33.0
Siloé 9 La Sirena	20.9
Siloé 1	26.3
Oeste Terrón	14.0
Oeste Terrón "C"	12
10 "Puerto Rellena"	17.4
9P "Píizamos S. Elena"	22.7
I "Puertas del Sol"	14.7
Oriente 3	16.2
Oriente 5	22.5
Oriente 5D	21.2
Oriente 6	24.7
Oriente 8	19.4
Oriente 8M	21.9
4A "Puerto Rellena"	26.1
1 "Puerto Rellena"	26.2
4 "Puerto Rellena"	20.4
Floralia 1	3.7
Floralia 2	5.2
Floralia 3	4.7
Total infraestructura vial	554.1

Tabla 10. Distancia media de los recorridos de los camperos. Fuente: Grupo Vial S.A.S.

7.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO– MIO (BRT).

- NUMERO DE RUTAS DEL TRANSPORTE BRT-MIO.

Con respecto al BRT-MIO, se presenta la información correspondiente al número de rutas de este sistema de acuerdo con su tipología o modo de transporte, tal como lo ilustra la tabla 11.

BRT-MIO	
Tipología	# De Rutas
ALIMENTADOR	67
EXPRESA	8
PRETRONCAL	39
TRONCAL	7
Total, general	121

Tabla 11. Número de rutas del transporte público BRT-MIO Fuente: (Alcaldía, 2021)

- NUMERO DE AUTOMOTORES BRT-MIO

El sistema BRT-MIO viene manejando un parque automotor con 776 vehículos en 96 rutas que abarcan una malla vial de aproximadamente 1500 km de longitud que a su vez se subdivide por tipología de servicio en 8 rutas expresas, 7 troncales, 39 pretroncales y 67 alimentadoras y complementario o Aero suspendido 1. (Metro Cali S.A. ,2022).

En la actualidad el sistema BRT-MIO cuenta con tres (3) tipos de vehículos para cumplir con la carga y responsabilidad del transportar a los usuarios, en primer lugar, cuenta con el Bus articulado, segundo lugar el Bus padrón y por último tenemos el Bus complementario tal como se presenta a continuación en las figuras 9 y 10.



Figura. 9. Bus Articulado. Fuente: (Mio, 2021).



Figura. 10. A. Bus Padrón. B. Bus Complementario. Fuente: (Mio, 2021).

- PARQUE AUTOMOTOR DEL TRANSPORTE BRT-MIO SEGÚN EL NÚMERO DE SILLAS OFRECIDAS

De acuerdo con su tipología, se clasifican en tres tipos de vehículos (tabla 12), Bus Trocal Y Expreso, Bus padrón y alimentador. Es un sistema de transporte utilizado por una gran diversidad de usuarios entre ellos estudiantes, adultos mayores y viajeros frecuentes con una tarifa de \$2400 pesos.

Buses del BRT - MIO			
Tipo	Color	Identificación	Capacidad
Bus Trocal Y Expreso	Azul	Letra T y E	160 pasajeros.
Bus padrón	Azul	Letra P	80 pasajeros
Bus alimentador	Verde	Letra A	60 pasajeros

Tabla 12. Sillas ofrecidas según el tipo o clase de vehículo. Fuente: (Alcaldía, 2021)

CORREDORES TRONCALES.

Estas vías fueron construidas en carriles centrales dentro de las principales calles y avenidas dentro del perímetro urbano de la ciudad, además poseen una demanda superior a los sesenta mil (60.000) pasajeros por día (Metro Cali S.A., 2021). Ocasionando que el sistema deba contar con estaciones de parada a cada 500 metros (Metro Cali S.A., 2021). Los corredores troncales del SITM MIO son:

- Carrera 1, Calle 5, Carrera 15, Centro: Calles 13 y 15, Avenida 3N, Troncal de Aguablanca

CORREDOR PRETRONCAL Y ALIMENTADOR.

Estas vías tienen la peculiaridad de convergir a los corredores troncales (figura 11), permitiendo al que el bus no tenga una separación física del resto de la vía. Estos corredores fueron diseñados con sus respectivos paraderos a lo largo y ancho del trayecto, en un rango de separación más o menos 300 metros en promedio (Metro Cali S.A., 2021).

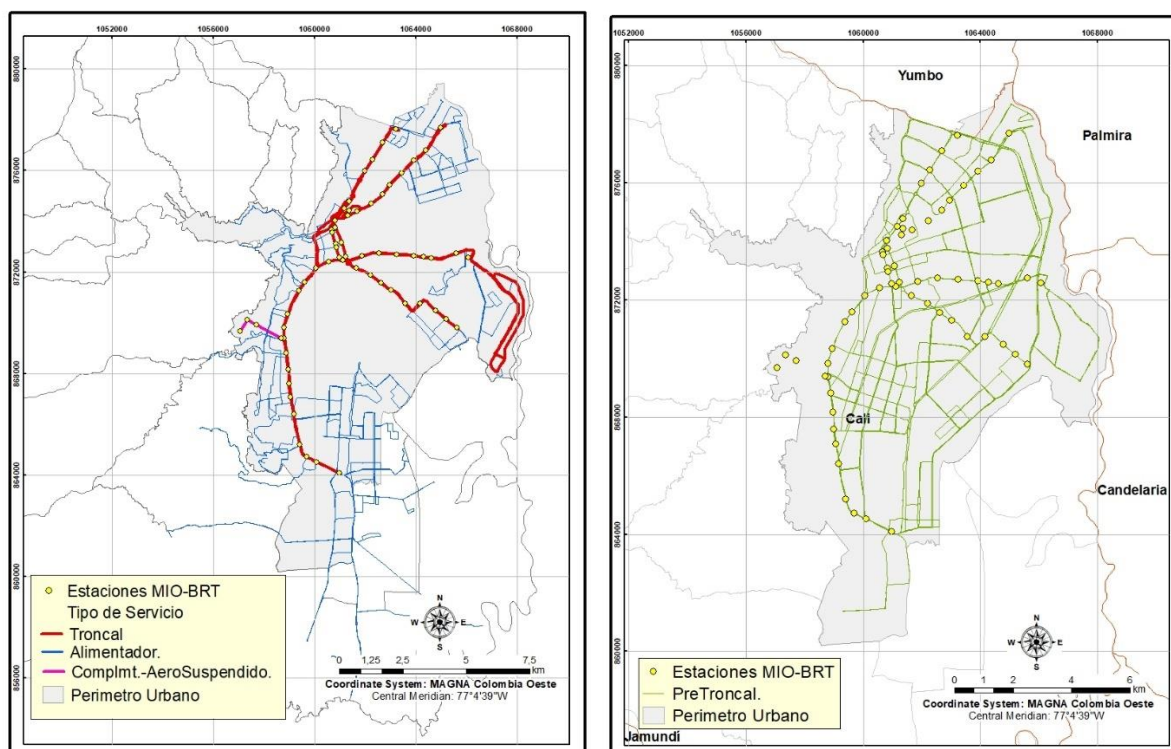


Figura. 11. Rutas y paradas del transporte BRT MIO. Fuente: Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV).

- **FRECUENCIA DE RUTAS DE TRANSPORTE BRT-MIO**

La información proporcionada por el Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV) de la Universidad del Valle, corresponde a las frecuencias de las rutas del MIO en el horario de lunes a domingo. Se utilizaron todas las frecuencias por cada uno de tipos de vehículos, para generar una frecuencia única para cada uno de los modos de transporte para el sistema BRT, promediando las frecuencias de lunes a domingo para obtener la frecuencia semanal. (tabla 13).

Modo	Frecuencia
Trocal	7.356
Pretroncal	4.485
Alimentador	5.535

Tabla 13. Frecuencia de Rutas del SITM-MIO de Cali. Fuente: (Alcaldía,2021).

- **DISTANCIA MEDIA DE LOS RECORRIDOS SEGÚN EL MODO DE TRANSPORTE BRT-MIO.**

Se observa que hay un total de 121 rutas para el sistema BRT que emplean más de 1977 kilómetros de infraestructura vial, se precisa que esta cifra puede verse reducida por condiciones de utilizar los mismos segmentos viales (tabla 14). (Alcaldía, 2021).

BRT-MIO	
Tipología	Longitud (km)
ALIMENTADOR	613.6725966
EXPRESA	221.0106559
PRETRONCAL	989.536004
TRONCAL	152.2533626
Total general	1976.472619

Tabla 14. Distancia media de los recorridos de los camperos. Fuente: (Alcaldía,2021).

7.1.4. COMPLEMENTO DIFERENCIADOR DEL BRT-MIO

A continuación, se muestra información adicional sobre el sistema BRT dado a sus características por ser tronco alimentado relacionamos información como puntos paradas, terminales de cabecera, estaciones del sistema y Mio-Cable.

Para mejor la calidad del servicio prestado, el sistema MIO (BRT), debió implementar un trabajo arduo en la mejora e implementación de las vías, terminales, estaciones, paradas y mejoras del espacio público, mientras que en paralelo mejora su parque automotor (Mio,2021). Para la operación del MIO(BRT) la infraestructura consta (Metro Cali S.A., 2021):

1. Implementación de 49 kilómetros de corredores troncales con carril exclusivo solo bus.
2. Mejoramiento funcional de al menos 248 kilómetros de corredores pretroncales y complementarios con carriles mixtos, que no requieren separación física.
3. Implementación de 55 estaciones de parada en corredores troncales, distanciados cada 500 metros en promedio.

4. Mejoramiento en 1616 puntos de parada en corredores pretroncales y complementarios, separados cada 300 metros en promedio.
5. Habilitación de 10 puentes peatonales y 5 puentes vehiculares en corredores troncales.
6. Mejoramiento de 12 intersecciones vehiculares en corredores troncales y de 3 intersecciones vehiculares en los corredores pretroncales y complementarios.
7. Implementación de 5 terminales de cabecera y 4 terminales intermedias.
8. Señalización y demarcación de corredores troncales, pretroncales y complementarios.
9. Implementación del sistema de transporte aéreo suspendido MIO Cable.

La estructura de SIT MIO (BRT) para su ejecución y circulación de vehículos esta agrupada en los corredores, terminales, estaciones, paradas y las cabinas del MIO Cable, que se ampliarán a continuación.

- TERMINALES DE CABECERA E INTERMEDIAS.

Las Terminales principales de la empresa SITM MIO, estas diseñados para integrar al transeúnte con el sistema de rutas (Metro Cali S.A., 2021). Dichas terminales pueden ser de dos tipos diferentes: las de cabecera e intermedias. Las terminales de cabecera están caracterizadas por su ubicación en los extremos de la ciudad, desde allí salen o llegan los buses que cubren los sectores suburbanos (municipios aledaños) (Metro Cali S.A., 2021). Además, cuentan con la facilidad de realizar trasbordos entre rutas Pretroncales, Troncales y Complementarias (Metro Cali S.A., 2021). Las terminales Intermedias del sistema se caracterizan por estar en el interior de la ciudad, en sitios próximos a las intersecciones con vías importantes y puntos de gran demanda, además cuentan con la opción de permitir trasbordos entre servicios de buses de corredores Troncales, Pretroncales y Complementarios (Metro Cali S.A., 2021).

Terminales de Cabecera:

- Terminal Andrés Sanín (Troncal Carrera 15)
- Terminal Menga (Troncal Avenida 3N)
- Terminal Paso del Comercio (Troncal Carrera 1)
- Terminal Lili o Sur (Troncal Calle 5)
- Terminal Aguablanca (Troncal de Aguablanca)

Terminales Intermedias:

- Terminal Cañaveralejo: Calle 5 entre carreras 50 y 52
- Terminal Calipso: Calle 70 entre carreras 28D y 29
- Terminal Guadalupe: Calle 25 entre carreras 61 y 69
- Terminal Centro: Calles 13 y 15 entre carreras 11 y 12
- Terminal Glorieta Estación: Avenida de las Américas con calle 25

- ESTACIONES DE PARADA.

Los lugares donde se detienen los vehículos del SITM MIO están definidas como estaciones de paradas, y se encuentran ubicadas en los separadores centrales de los corredores troncales tal como se observa en el anexo 11.5, a una distancia promedio de 500 metros entre cada una (Metro Cali S.A., 2021). Una de las principales

características de estas paradas es su plataforma a nivel del piso interno de los buses articulados (90 cm. de altura desde el nivel de la vía) esto con el fin de permitir el rápido embarque de los pasajeros por el lado izquierdo de los buses (Metro Cali S.A., 2021).

- PUNTOS DE PARADA.

Estos lugares están dispuestos sobre los corredores Pretroncales y Alimentadores del sistema con una distancia promedio de 300 metros, los cuales están destinados para que los vehículos alimentadores del SITM MIO realicen las paradas seguras, y garantizar el correcto abordaje y descenso de los pasajeros (Metro Cali S.A., 2021). Están ubicados en áreas de espacio público constitutivas del andén (20 cm. de altura desde el nivel de la vía). Estos puntos de parada son adecuados y equipados con mobiliario urbano (señales informativas, bancas de concreto, bolardos, cobertizos, entre otros) que permiten la espera cómoda del servicio de transporte público (figura 12) (Metro Cali S.A., 2021).

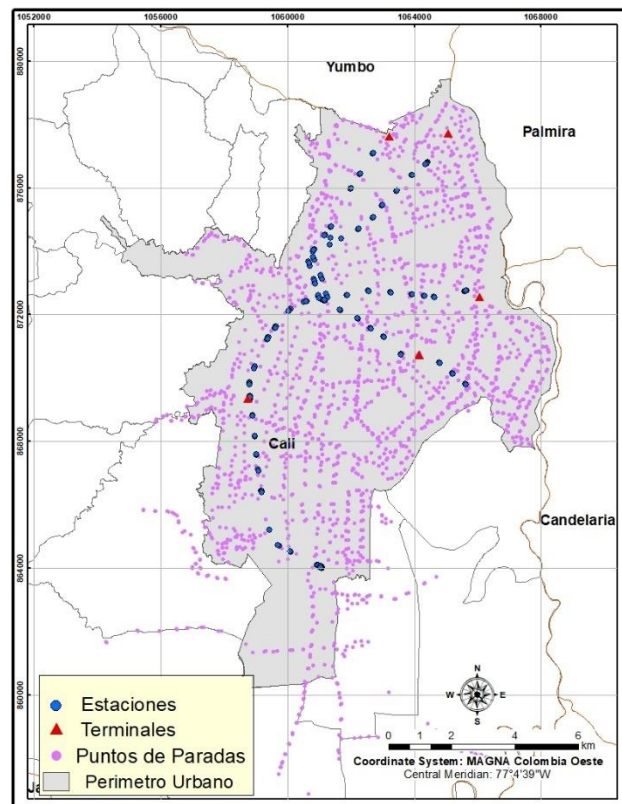


Figura. 12. Paradas del transporte BRT MIO. Fuente: Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV).

El sistema cuenta con 4819 puntos de parada (figura 12), las cuales están distribuidas en estaciones (75 en total), entre los barrios y calles de la ciudad. Frente al tema de la movilidad peatonal del sistema pone a prueba la efectividad del sistema en las horas pico, en donde se da un mayor flujo de usuarios que se transportan a sus lugares de academia o trabajo. La tabla 10 resumen la capacidad del sistema como la longitud promedio, velocidad promedio, frecuencia promedio de las rutas, tanto en servicio y tipología. (Metro Cali S.A.,2022), (Huertas & Serrano,2017).

- MIO CABLE

El Mio Cable se compone de las cuatro estaciones; Tierra Blanca, Lleras Camargo y Brisas de Mayo, comenzando su recorrido desde la estación Terminal Cañaveralejo. Las 60 cabinas que se encuentran suspendidas tienen una capacidad individual para movilizar 10 personas; 8 sentadas y 2 de pie. Se cuenta con un recorrido aproximado de 2.080 metros, con una velocidad de las cabinas entre estaciones de 5 metros/seg. La velocidad de abordaje es de 0.20 metros/seg, y el tiempo aproximado de recorrido de 10 minutos entre la Terminal Cañaveralejo y la estación Brisas de Mayo. (figura 13). (Metro Cali S.A., 2021).



Figura. 13. Izquierda; Cabinas Mio Cable, a la Derecha; Estaciones Mio Cable. Fuente: (Metro Cali S.A., 2021).

En la sección de anexos se incorporó información complementaria del sistema BRT, TPCT y camperos como velocidades y distribuciones del parque automotor (anexos 11.3,11.4,11.5).

7.2. DEFINICION DE PARÁMETROS PARA MEDIR LA ACCESIBILIDAD.

En esta sección se realizó la presentación de los índices calculados para evaluar la accesibilidad los sistemas BRT y el TPCT, cuando se fusionan como un solo sistema, igualmente se presentan los resultados de la estadística descriptiva utilizada para el análisis del comportamiento y distribución de los datos.

7.2.1. ÍNDICE DE TIEMPO GLOBAL (ISÓCRONAS).

En los resultados obtenidos con respecto al índice de medidas de contorno basado en curvas de isócronas de tiempo promedio caminata de una persona hacia el sistema del BRT frente al sistema fusionado (BRT-TPCT-JEEP), se puede observar a partir de la figura 14 que las zonas centros de la ciudad para el BRT tienen umbrales de tiempo bajos, lo cual indica que esta zona presentó más puntos de paradas con respecto al sistema de transporte Mío. Por otro lado, en el sistema de transporte fusionado los umbrales de tiempo mejoraron cuando se observa en las zonas del oeste y centro de ciudad, mientras que para el fusionado la zona de tendencia de menor tiempo se mantuvo en la zona centro-oriental y se amplió para la zona noroeste.

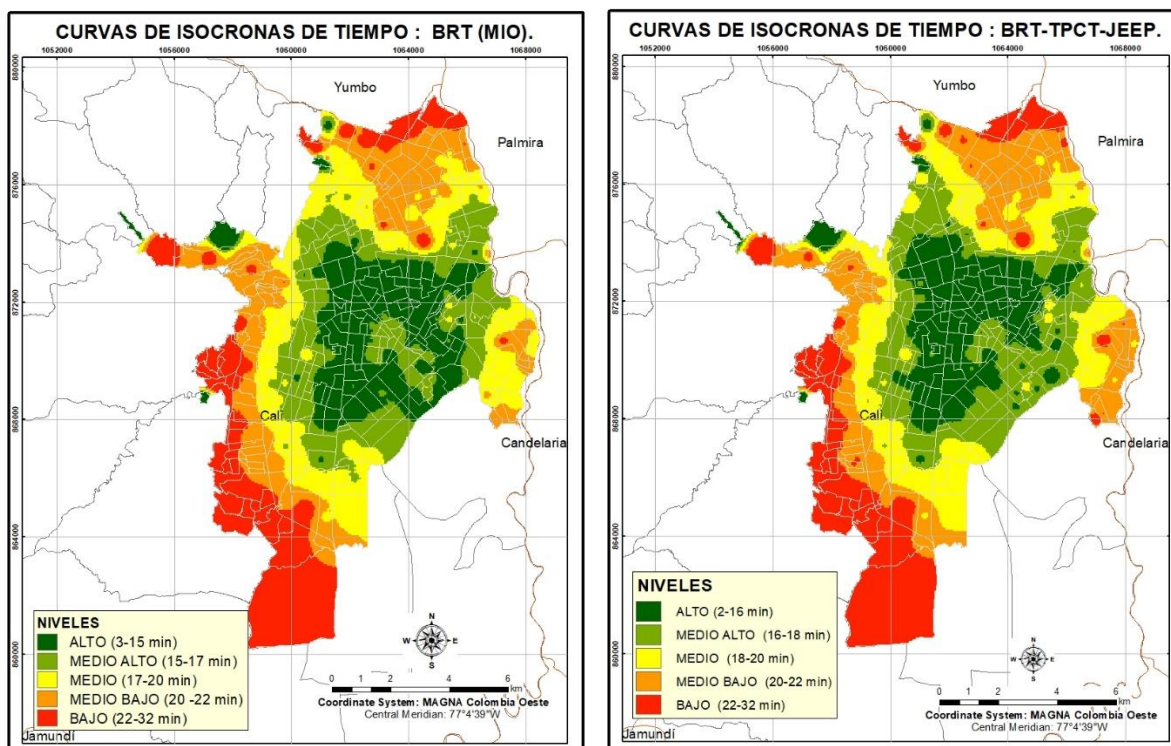


Figura. 14. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali indicador de tiempo global. BRT-TPCT
Isócronas Fuente: (Cardona, Castaño,2022).

Los resultados se especializan figura 14 de acuerdo con cinco grupos jerarquizables en rasgos de menores a mayores (tiempos), esto con ayuda del método clasificado que agrupa valores de las celdas en clases mediante la técnica de tiles. (ArcGIS Desktop ®,2018).

Rangos Isócronas	# Barrios BRT	# Barrios fusión	Porcentaje de variación (%)
BAJO	50	55	10%
MEDIO-BAJO	63	58	-7,9%
MEDIO	59	61	3,4%
MEDIO-ALTO	73	61	-16,4%
ALTO	90	100	11,1%

Tabla 15. Rangos cualitativos del índice de tiempo global. BRT-TPCT Fuente: (Cardona, Castaño,2022)

El primer rango definido para el BRT como bajo (22 a 32 min), agrupa 50 barrios, siendo estos los más desfavorables de toda la población, entre los cuales se encuentran barrios ubicados al oeste y sur oeste, que hacen parte de las periferias de la ciudad, presentando que un 48% de estos barrios pertenecen a los estratos 1 y 2. Mientras para el sistema fusionado se tiene 55 barrios pertenecientes al grupo bajo, de los cuales el 50.9% pertenecen al estrato 1 y 2 (tabla 15).

El segundo grupo del BRT, medio-bajo (20 a 22 min) agrupa 63 barrios con tiempos que oscilan entre 20 a 23 minutos, correspondientes a las zonas del oeste, norte y oriente del casco urbano, donde se evidencia principalmente que el 46% de estos barrios están comprendidos entre los estratos 3 y 4. Mientras que para el sistema

fusionado se tiene 58 barrios en el rango de medio bajo, donde el 44.9 % de estos barrios pertenecen al estrato 3 (tabla 15).

En el tercer grupo del BRT, medio (17 a 20 min) agrupa 59 barrios con tiempos que oscilan entre 16 a 19 minutos, distribuidos en casi todo el territorio, donde se evidencia que el 44.1% de estos barrios están comprendidos en los estratos 3, 4. Mientras que para el sistema fusionado se tiene 61 barrios distribuidos en todo el territorio a excepción de la zona sur, donde se evidencia que el 57.3% de estos barrios están comprendidos en los estratos 2, 3 y 4 (tabla 15).

El cuarto grupo, medio alto (15 a 17 min) es el agrupa 73 barrios distribuidos en la zona centro de la ciudad, esto debido a su localización que permiten conectar con los demás barrios colindantes. Se evidencia que el 68.5% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Mientras para el sistema de fusionado se tiene 61 barrios distribuidos alrededor de la zona centro de la ciudad. Se evidencia que el 68.9% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3 (tabla 15).

Para terminar el último grupo alto (2 a 15 min) de sistema BRT, este agrupa 90 barrios, agrupándose en la zona central, se presenta que el 85.6% de estos barrios pertenece al estrato 2 y 3. Para el sistema fusionado agrupa 100 barrios, donde el 85% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3 (tabla 15).

Bajo la primicia de tener en cuenta los barrios que ganaron accesibilidad según la categorización de quintiles (Sun et al., 2018). Se realizó la diferencia de barrios pertinentes al cada grupo, para obtener el porcentaje de barrios que aumento o disminuyo según el rango al que pertenezca para contrastar los dos escenarios. (Tabla 15).

Finalmente, una vez se evaluó el índice de tiempo global, para el sistema fusionado, en la tabla 15., se realizó un análisis porcentual del impacto que tiene el TPCT cuando se fusiona con el sistema de transporte BRT – MIO, donde se encontró que, en los rangos establecidos específicamente bajo, medio y alto tendieron a ganar en un porcentaje de barrios del 1.5%, 0.6% y 3% respectivamente.

En el análisis de la variable tiempo promedio, para los sistemas del BRT y fusionado, muestra que el histograma del BRT, la mayoría de los datos están concentrados mayormente en los rangos de tiempos promedio de 12 a 24 minutos de desplazamiento del barrio hacia una parada del BRT, semejante a distribución normal. Un comportamiento similar se mantuvo en el histograma del sistema fusionado, a excepción del rango de 16 a 18 minutos donde hay un incremento de barrios pertinentes este intervalo (figura 15).

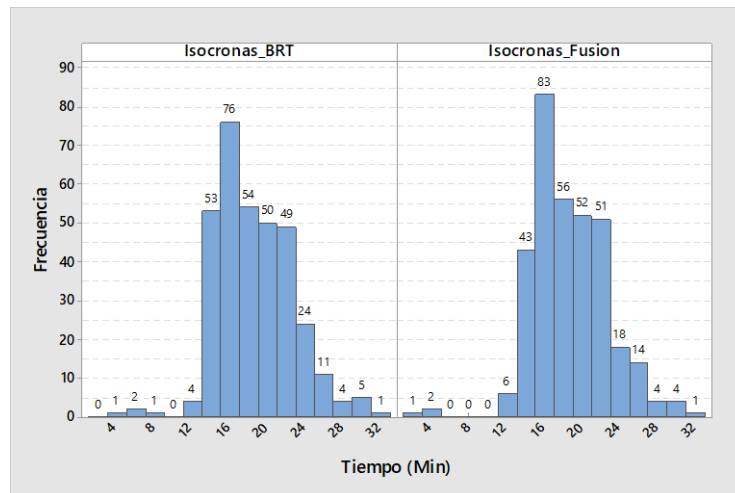


Figura. 15. Histogramas de Tiempo Global, Isócronas. BRT-FUSIÓN. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

En la caja de alambres se puede observar cómo los tiempos para el sistema BRT, acumulados en un 75%, demoran en desplazarse hacia una estación de BRT en promedio de 21.33 minutos, mientras que, para el sistema fusionado, los barrios acumulados hasta en un 75% de la población, debe desplazarse alrededor de 21.26 minutos según el modelo propuesto. Igualmente se observan datos atípicos en ambos sistemas de los cuales hay tiempos de desplazamiento inferiores a los 7 minutos, ubicados en las zonas nororiente y norte, también casos atípicos opuestos con tiempos de desplazamiento superiores a los 30 minutos en la zona ladera. (figura 16).

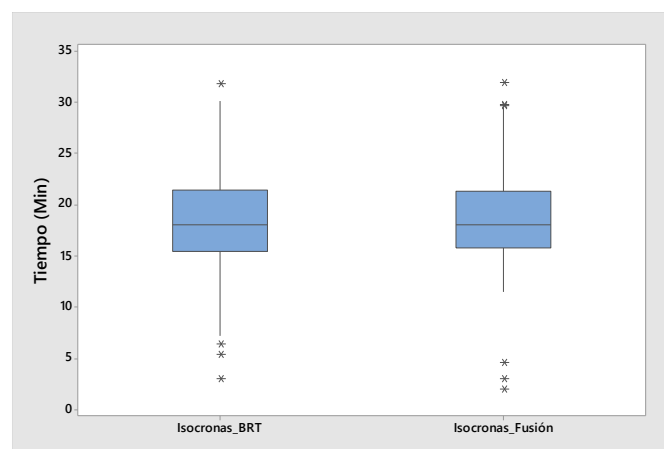


Figura. 16. Caja de Alambres del índice de Tiempo Global. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

Ahora bien, si se analizan los datos de tiempo en cada uno de los sistemas se encuentra que la desviación estándar muestra la separación de los tiempos medios para cada sistema de transporte, en el caso del sistema BRT, el tiempo promedio esta alrededor de 18.6 minutos, y su desviación indica que los datos tienden a estar agrupados de su media en promedio de 4 minutos, lo que significa que es bajo, mientras que para el sistema fusionado, la media de los datos de tiempos 18.62 minutos, y su desviación de 4.01 minutos en promedio. Se evidencia similitudes para ambos sistemas (tabla 16). Mientras evaluamos las diferencias entre las variables estadísticas una vez comparamos los dos sistemas. Se encuentra que los indicadores

de la media mediana y el primer cuartil tendieron a subir por consiguiente los valores de accesibilidad aumentaron en una variación de hasta el 0.5 %.

Indicadores Descriptivos	Isocronas_BRT	Isocronas_Fusión	Porcentaje de variación (%)
Media	186	186	0,2%
Mediana	180	181	0,5%
Desviación estándar	4,0832	4,0109	-1,8%
1er Cuartil (25%)	155	158	2,2%
3er Cuartil (75%)	213	213	-0,3%

Tabla 16. Indicadores Descriptivos Índice Global. BRT- Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño.

Analizando la información de tiempos se encontró que espacialmente el 71.99% de los barrios de la ciudad cuentan con tiempos inferiores a 20 minutos de desplazamiento a las paradas del sistema BRT, para los estratos 2,3,4, mientras que para el estrato 1 el tiempo de desplazamiento está superando los 20.66 minutos, y el estrato 5 cuenta con un desplazamiento de 20.22 minutos, menor que el estrato 1, caso contrario para el estrato 5 que cuenta con un tiempo promedio de 21.38 minutos. Contrastando dichos tiempos se evidencia mejoría para el sistema fusionado para los estratos 3, 4 y 5 (figura 17).

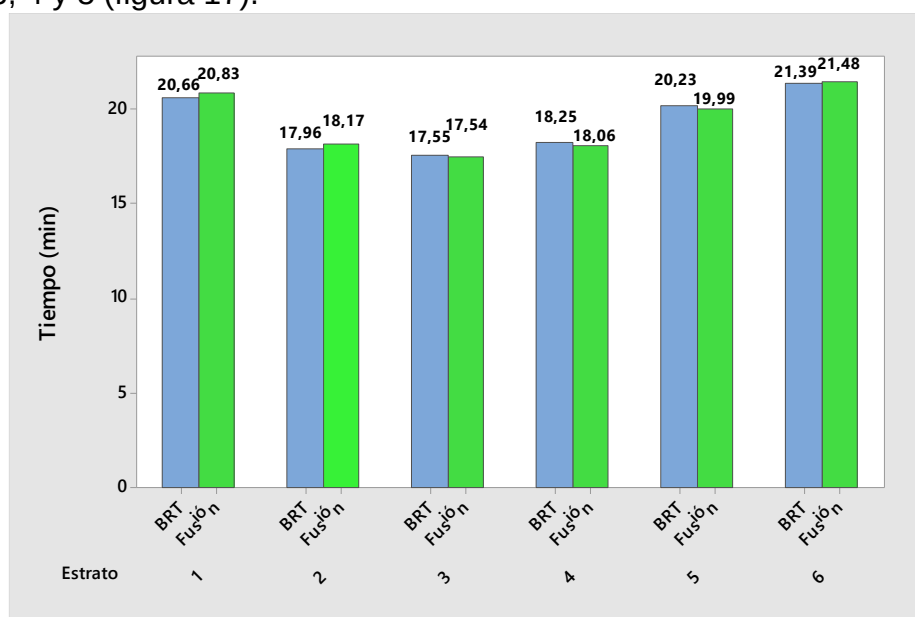


Figura. 17. Histogramas de tiempo de viaje del BRT-Fusión por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona, Castaño.

Los resultados denotan que los barrios pertenecientes a los estratos socioeconómicos 2, 3 y 4, muestran tiempos más favorables para acceder a las paradas del BRT y fusión, abarcando un 73% de la población del casco urbano de la ciudad de Cali. Además, se evidencia que estos barrios disponen de mayores rutas y por consiguiente más acceso a las paradas (tabla 16).

Por otra parte, los barrios pertenecientes al estrato socioeconómico 1, que abarcan el 19.5% de la población, muestran resultados desfavorables para los tiempos de recorrido, esto debido la distribución de las paradas. Adicionalmente los barrios

pertenecientes al estrato socioeconómico 6, que abarcan el 1.1% de la población, muestran resultados más desfavorables para los tiempos de recorrido (tabla 16).

7.2.2. INDICE DE HANSEN

De las evidencias que se presentan en la figura 18 del indicador de gravedad Hansen se puede observar que para el sistema de transporte fusionado los barrios que están ubicados en las zonas centrales y oriental de la ciudad, la accesibilidad se mantuvo alta, al igual que en la zona norte periférica, mientras que en las zonas de laderas, como es el caso de la zona occidental norte, se presentó una mejoría de accesibilidad que pasa de bajo a tener una accesibilidad medio alto con el sistema fusionado. Por otro lado, se evidencio una mejoría en la accesibilidad en unas zonas atípicas ubicadas en el norte de la ciudad, donde la accesibilidad paso de medio bajo a medio

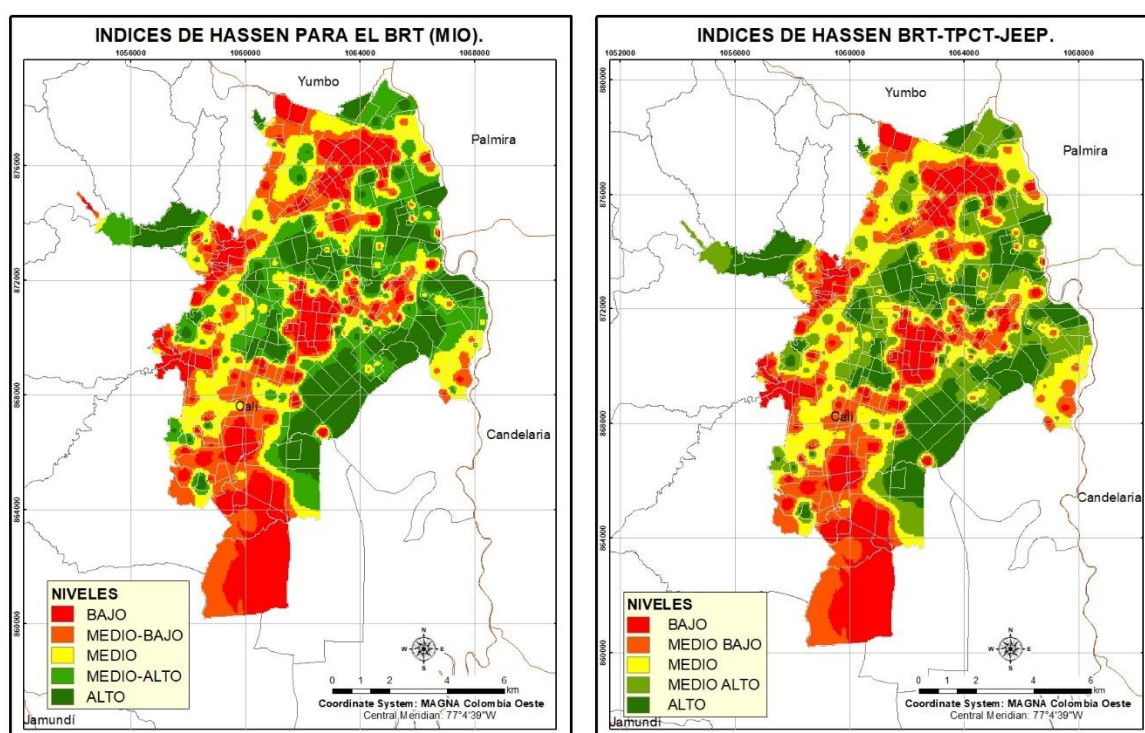


Figura. 18. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali indicador de Hansen. Fuente: (Cardona, Castaño,2022).

Los resultados se espacializan figura 18 de acuerdo con cinco grupos jerarquizables en rasgos de menores a mayores tiempos, esto con ayuda del método clasificado de que agrupa valores de las celdas en clases mediante la técnica de tiles. (ArcGIS Desktop ®,2018).

Niveles Hansen	# Barrios BRT	# Barrios fusión	Porcentaje de variación (%)
BAJO	131	129	-1,5%
MEDIO-BAJO	45	49	8,9%
MEDIO	42	40	-4,8%
MEDIO-ALTO	50	52	4,0%
ALTO	67	65	-3,0%

Tabla 17. Rangos cualitativos del índice de Hansen BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño).

El primer rango definido para el BRT como bajo, agrupa 131 barrios, siendo estos lo más desfavorables de toda la población, entre los cuales se encuentra barrios en la zona del sur, oeste y parte del norte, donde se evidencia que el 68.7% de los barrios pertenecen a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. Mientras que, para el fusionado, se tiene 129 barrios pertenecientes al grupo bajo, donde se evidencia que el 70.5% de los barrios pertenecen a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. De las afirmaciones anteriores se nota que los barrios menos favorecidos tienden a ser barrios con estratos socioeconómicos bajos (Tabla 17).

El segundo grupo del BRT, medio-bajo agrupa 45 barrios, distribuidas en toda la ciudad, donde se evidencia que el 51.1% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 3 y 4. Mientras que, para la fusión, se tiene 49 barrios pertenecientes a este grupo, igualmente distribuidas en toda la ciudad a excepción del centro, donde se evidencia que el 61.2% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 2 y 3 (Tabla 17).

En el tercer grupo del BRT, medio agrupa 42 barrios distribuidas en toda la ciudad, donde se evidencia que el 47.6% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 2 y 3. Mientras que, para la fusión, se tiene 40 barrios pertenecientes a este grupo, distribuidas en toda la ciudad a excepción del sur, y mayor concentración en la zona noroeste, donde se evidencia que el 51% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 3, 4 y 5 (Tabla 17).

El cuarto grupo, medio alto, agrupa 50 barrios distribuidos en la zona centro, Suroriente y oriente, se evidencia que el 60% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Mientras para el sistema de fusionado se tiene 52 barrios, distribuidos en parte de la zona centro, suroriente y nororiente, se evidencia que el 60.8% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3 (Tabla 17).

Para terminar el último grupo alto del sistema BRT, este agrupa 67 barrios, abarcando zonas en el oeste, noroeste y suroeste, se evidencia que el 76.1% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Mientras que, para el sistema fusionado, agrupa 65 barrios, abarcando zonas en el oeste, nororiente, suroriente, y centro donde se evidencia que el 75.38% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. (Tabla 17). Esto debido a la redistribución espacial que se presentó en algunos barrios, bajando el nivel de accesibilidad al nivel Medio-Alto.

Bajo la premisa de tener en cuenta los barrios que ganaron accesibilidad según la categorización de quintiles, se realizó el porcentaje de variación de barrios pertinentes al cada grupo, para obtener una referencia de aumento o disminución de barrios según el rango al que pertenezca para contrastar los dos escenarios. (Tabla 17).

Finalmente, una vez se evaluó el índice de Hansen, para el sistema fusionado, en la tabla 17., se realizó un análisis porcentual del impacto que tiene el TPCT cuando se fusiona con el sistema de transporte BRT – MIO, donde se encontró que, en los rangos establecidos específicamente medio bajo y medio alto tendieron a ganar en un porcentaje de barrios del 8.9% y 4.0% respectivamente.

En el análisis de la variable Hansen accesibilidad, para los sistemas del BRT y Fusionado, se encontró que el histograma del BRT muestra que la mayoría de los

datos están concentrados mayormente en los rangos de accesibilidad en promedio de 0 a 15 niveles de accesibilidad, semejante a una distribución con forma de jota inversa, mientras que para el histograma del sistema fusionado la distribución de accesibilidad se encuentra concentrado mayormente en los rangos del 0 a 20 niveles de accesibilidad (figura 19).

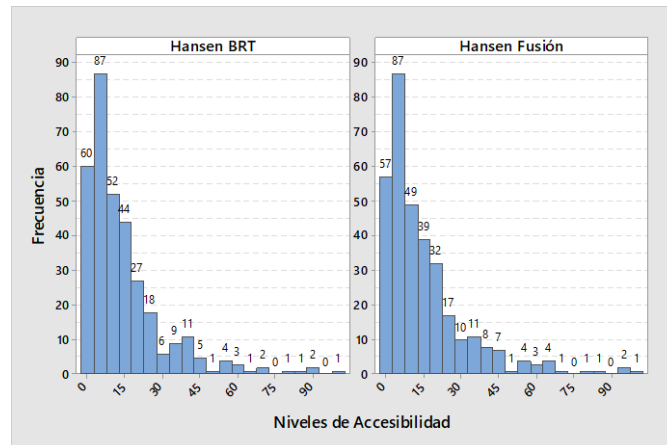


Figura. 19. Histogramas de Hansen. BRT-TPCT. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

En la caja de alambres se puede observar los niveles de accesibilidad para el sistema BRT, acumulados en un 75%, presentan niveles bajos de accesibilidad menores a 20 niveles de accesibilidad. Igualmente, se encontró que para los datos atípicos con una frecuencia mayor a 40, estos no se encuentran sectorizado, por el contrario, están dispersos en la ciudad para ambos sistemas, adicionalmente se observan datos atípicos en los cuales hay niveles de accesibilidad inferiores a los 5 de niveles, como también casos atípicos opuestos niveles de accesibilidad superiores a los 40 de niveles este a su vez siendo más notorios en el sistema fusionado (figura 19).

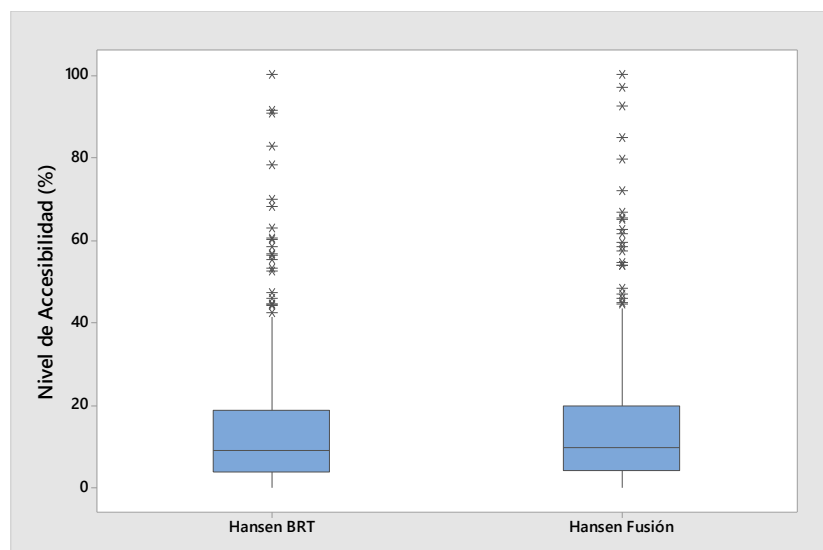


Figura. 20. Caja de Alambres del índice de Hansen. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

Ahora bien, si se analiza los datos de accesibilidad en cada uno de los sistemas se encuentra que la desviación estándar muestra la separación de los valores de accesibilidad medios para cada sistema de transporte, en el caso del sistema BRT, el

nivel de accesibilidad promedio esta alrededor de 9.09 , y su desviación indica que los datos tienden a estar agrupados de su media en promedio de 16.46 niveles de accesibilidad, lo que significa que es alta, mientras que para el sistema fusionado, la media de los datos de accesibilidad es de 15.38 y su desviación de 17 muestra grandes desviaciones en los niveles, y por ello los valores de accesibilidad están más dispersos (Tabla 18). Mientras evaluamos las diferencias entre las variables estadísticas de los dos sistemas, se encuentra que todos los indicadores descriptivos tendieron a subir por consiguiente los valores de accesibilidad aumentaron en una variación de hasta el 7.2 %.

Indicadores Descriptivos	Hansen_BRT	Hansen_Fusión	Porcentaje de variación (%)
Media	14,6982	15,3821	4,7%
Mediana	9,089	9,7398	7,2%
Desviación estándar	16,4639	17,0002	3,3%
1er Cuartil (25%)	3,9619	4,1283	4,2%
3er Cuartil (75%)	19,0079	19,9958	5,2%

Tabla 18. Indicadores Descriptivos Hansen. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022)

Los barrios pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1,2, 3 y 4, muestran niveles hasta medio bajo de accesibilidad, es decir niveles más favorables que para los estratos 5 y 6 para el BRT. Adicional, por la naturaleza del indicador ubica estos estratos como aquellos con las mayores posibilidades de acceso a oportunidades de generación de empleo. Se nota que el sistema fusión tiene a los mismos estratos 1,2,3 y 4 en medio bajo y los estratos 5 y 6 como baja accesibilidad (figura 21).

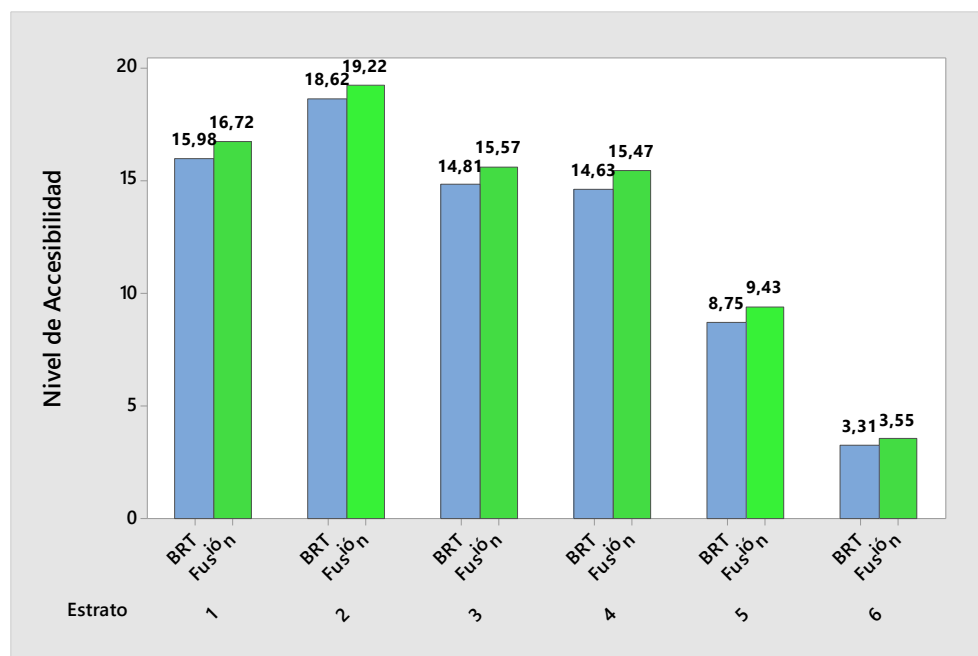


Figura. 21. Valores Promedio del índice Hansen del BRT-TPCT por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

7.2.3. INDICE DE A_IPTP

Para el cálculo del índice A-IPTP en el sistema BRT se tuvo en cuenta los 3 modos de buses que operan en la ciudad de Cali (troncal, pretroncal y alimentador) y para el cálculo del índice A-IPTP en el sistema fusión, se tuvo en cuenta los 3 modos de buses anteriores, junto con los otros 2 modos de transporte que aporta los buses del transporte colectivo y camperos. Adicional se calculó las ponderaciones para las variables de la capacidad Wci y frecuencias Wfi, con su respectiva capacidad de pasajeros y frecuencia para un día típico. Tabla 19.

Modo	Capacidad	Wci	Frecuencia	Wfi
Troncales	160	8.889	7.356	1.413
Pretroncales	80	4.444	4.485	0.862
Alimentadores	60	3.333	5.535	1.063
TPCT	30	1.667	5.206	1
JEEP	18	1	6.107	1.173

Tabla 19. Capacidades, frecuencias y ponderaciones del sistema Fusión

Observando la figura 22, del indicador de infraestructura A_IPTP se puede inferir que para el sistema de transporte BRT-Mio, la mejor accesibilidad está distribuida uniformemente en toda la ciudad excluyendo los barrios ubicados en el sur y oeste ladera y unas zonas en el norte, mientras que, para el sistema fusionado, se presenta una consolidación en la mejora de accesibilidad para la zona occidental, nororiental y central de la ciudad que se extiende en una franja en sentido hacia el sur, lo que mejora también la zona sur de la ciudad.

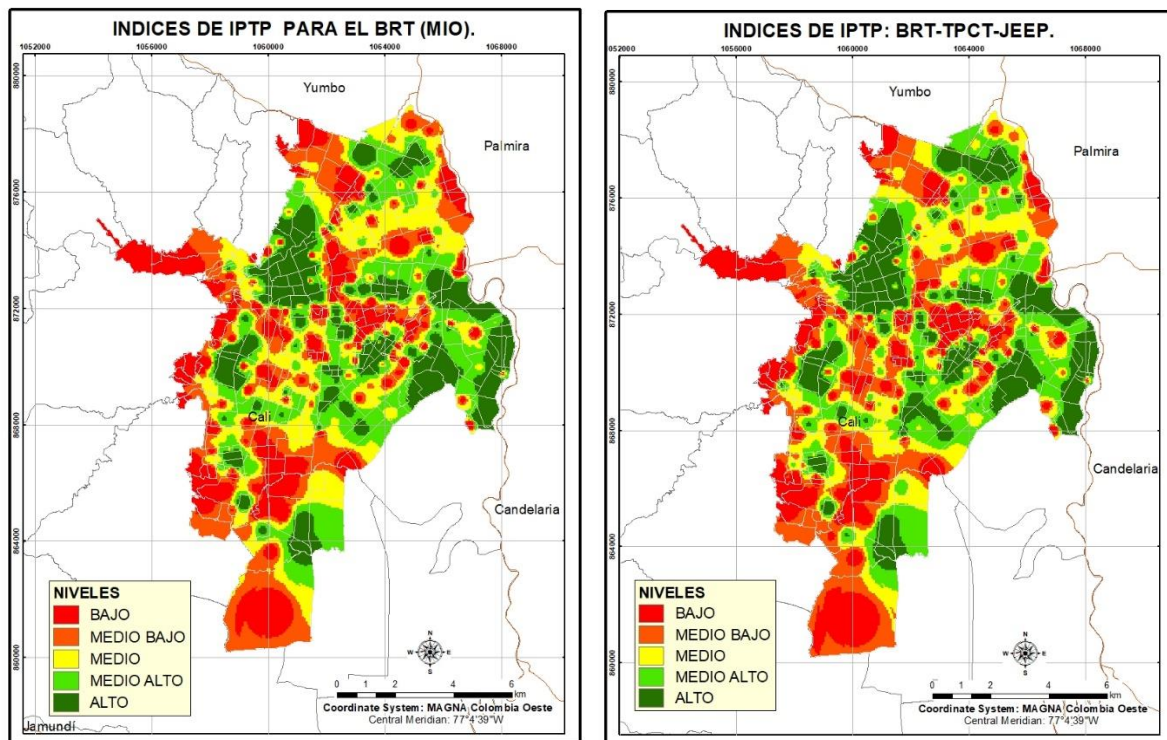


Figura. 22. Niveles de accesibilidad para la zona urbana de Cali IPTP. Fuente: (Cardona, Castaño,2022).

Niveles IPTP	# Barrios BRT	# Barrios fusión	Porcentaje de variación (%)
BAJO	138	127	-8,0%
MEDIO-BAJO	33	42	27,3%
MEDIO	50	44	-12,0%
MEDIO-ALTO	34	39	14,7%
ALTO	80	83	3,8%

Tabla 20. Rangos cualitativos del índice de IPTP BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

El primer rango definido para el BRT como bajo, agrupa 138 barrios, siendo estos lo más desfavorables de toda la población, entre los cuales se encuentra barrios en la zona del sur occidente, este y parte del centro, donde se evidencia que el 71.7% de los barrios pertenecen a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. Mientras que, para el fusión, se tiene los mismos 127 barrios pertenecientes al grupo bajo, de los cuales el 74.63% de los barrios pertenecen a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. De las afirmaciones anteriores se nota que los barrios menos favorecidos tienden a ser barrios con estratos socioeconómicos bajos (tabla 20).

El segundo grupo del BRT, medio-bajo agrupa 33 barrios, distribuidos en toda la ciudad, donde se evidencia que el 69.7% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 1, 2 y 3. Mientras que, para la fusión, se agrupa 42 barrios distribuidas en el sur oriente y nororient, donde se evidencia que el 50% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 1, 2. (tabla 20).

En el tercer grupo del BRT, medio agrupa 50 barrios distribuidas parte del oriente, y norte. Donde se evidencia que el 78% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 1, 2 y 3. Mientras que, para la fusión, se tiene 44 barrios distribuidas en toda la ciudad a excepción del centro, donde se evidencia que el 42.5% corresponden a barrios pertenecientes a los estratos 2 y 3. (tabla 20).

El cuarto grupo, medio alto, agrupa 34 barrios distribuidos en una parte de la zona norte, oriente y parte del sur y oeste. Se evidencia que el 83% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Mientras para el sistema de fusión se tiene 39 barrios distribuidos en parte de la zona centro, oeste y noroeste, se evidencia que el 62.8% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. (tabla 20).

Finalmente, el último grupo alto de accesibilidad para el sistema BRT, agrupa 80 barrios, abarcando zonas noroeste y oriente. Se evidencia que 77.9% pertenece al estrato 2 y 3. Esto debido a la oferta de paradas y rutas que moviliza en el interior de las zonas mencionadas principalmente por la capacidad de los buses tipo trocal del BRT. Mientras que, para el sistema de fusión, agrupa 83 barrios, abarcando zonas del centro, oeste, noroeste y oriente, donde se evidencia que el 69.1% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Además el 17.3% de la población pertenecen a este grupo. (tabla 20).

Bajo la primicia de tener en cuenta los barrios que ganaron accesibilidad según la categorización de quintiles, se realizó el porcentaje de variación de barrios pertinentes al cada grupo, para obtener una referencia de aumento o disminución de barrios según el rango al que pertenezca para contrastar los dos escenarios. (tabla 20).

Finalmente, una vez se evaluó el índice A-IPTP, para el sistema fusionado, en la tabla 20., se realizó un análisis porcentual del impacto que tiene el TPCT cuando se fusiona con el sistema de transporte BRT – MIO, donde se encontró que, en los rangos establecidos específicamente medio bajo, medio alto y alto tendieron a ganar en un porcentaje de barrios del 27.3%,14.7% y 3.8% respectivamente.

Ahora bien, para el análisis del IPTP, la variable accesibilidad en los sistemas del BRT y fusión, se encontró que el histograma del BRT, muestra que la mayoría de los datos están concentrados en niveles de accesibilidad no mayor a 0.0006, mientras que para el histograma de la fusión la distribución de niveles de accesibilidad se encuentra concentrados en el rango no mayor 0.0009, ambos histogramas se asemejan a una distribución con forma de jota inversa. (figura 23).

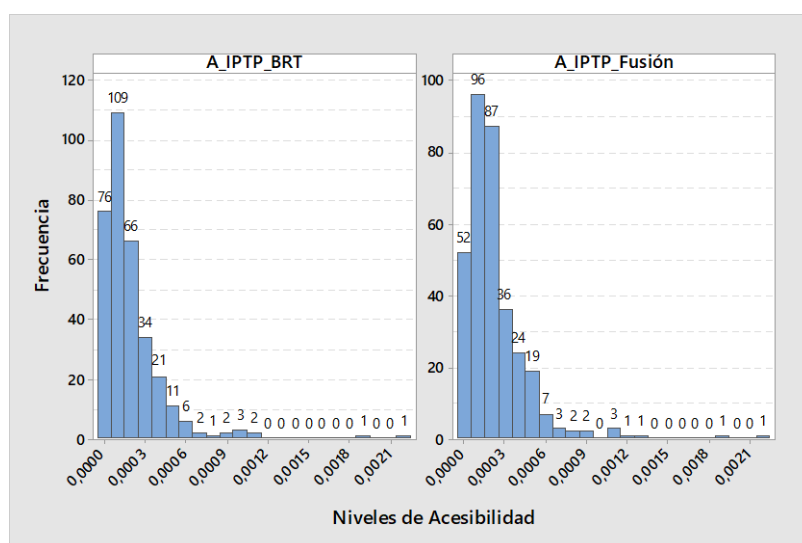


Figura. 23. Histogramas de indicador IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

En la caja de alambres se puede observar cómo los niveles de provisión absoluta del transporte para el sistema BRT, acumulados en un 75% presentan niveles bajos de accesibilidad, al igual que el sistema fusionado que presentan igualmente niveles bajos de accesibilidad, sin embargo, se observa datos atípicos en los cuales hay niveles de accesibilidad inferiores a 0, como también se encontró 24 casos atípicos opuestos niveles de accesibilidad superiores a los 0.0005 de niveles, que corresponde a zonas dispersas por toda la ciudad (figura 24). Mientras que para el sistema fusionando se encontró 30 puntos atípicos que corresponden a diferentes zonas dispersas por toda la ciudad.

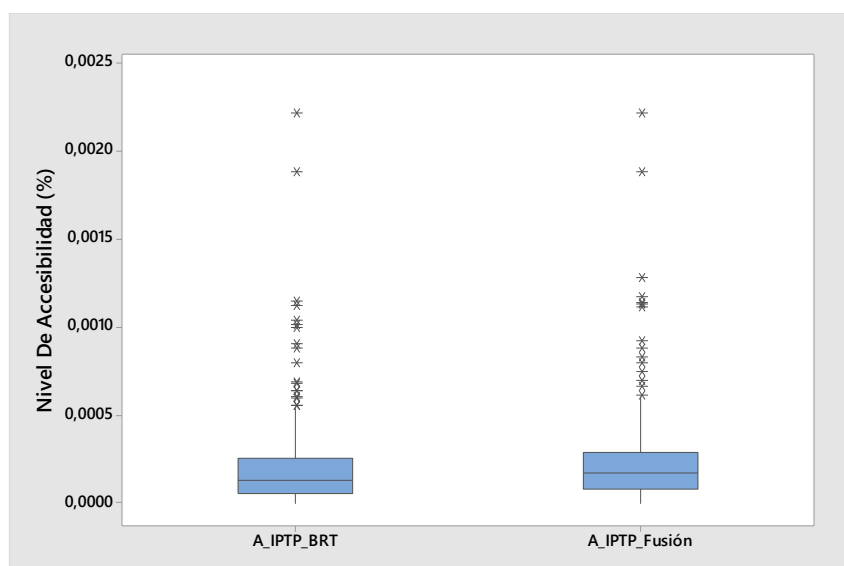


Figura. 24. Caja de Alambres del indicador de IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

Ahora bien, si se analiza los datos de accesibilidad en cada uno de los sistemas se puede observar que la desviación estándar muestra la separación de los tiempos medios para cada sistema de transporte, en el caso del sistema BRT, el nivel promedio esta alrededor de 0.000195 niveles de accesibilidad, y su desviación indica que los datos tienden a estar agrupados de su media en promedio de 0.00024, lo que indica una accesibilidad medio bajo, mientras que para el sistema fusión, la media de los datos de nivel de accesibilidad es 0.000228, y su desviación de 0.000249 en promedio, lo que significa una accesibilidad medio bajo (tabla 21).

Indicadores Descriptivos	IPTP_BRT	IPTP_Fusión	Porcentaje de variación (%)
Media	0,000195	0,000228	0,17
Mediana	0,000133	0,000171	0,29
Desviación estándar	0,00024	0,000249	0,04
1er Cuartil (25%)	0,000058	0,000077	0,33
3er Cuartil (75%)	0,000252	0,00029	0,15

Tabla 21. Indicadores Descriptivos IPTP. BRT-Fusión. Fuente: (Cardona, Castaño. 2022).

Analizando la información de accesibilidad promediada por estratos en el sistema BRT se encuentra que todos los estratos están localizados en la categoría de medio alto, similar pasa con el sistema fusión a excepción del estrato 6 que se encuentra localizado en el rango Medio. Estos resultados demuestran igualdad de acceso al sistema para todos los estratos socioeconómicos (figura 25).

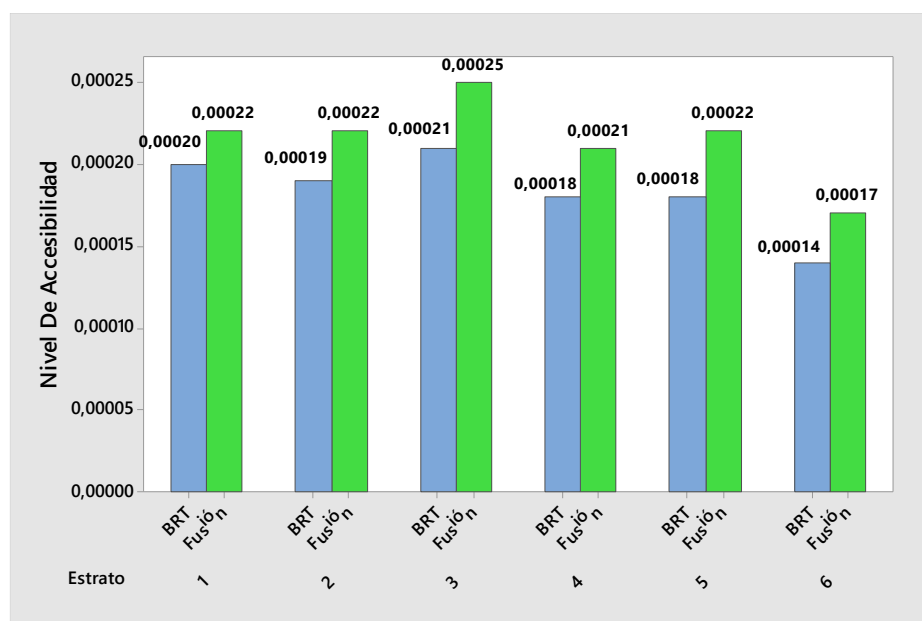


Figura. 25. Valores Promedio del índice IPTP del BRT-TPCT por estrato socioeconómico. Fuente: (Cardona,

7.3. ANÁLISIS DE LA RELACION ENTRE LOS MODELOS DE INDICADORES DE ACCESIBILIDAD CALCULADOS Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES SOCIOECONOMICA DE CALI.

En esta sección se evalúo las correlaciones entre los sistemas de transporte con las variables socioeconómicas y la variable población.

7.3.1. CORRELACIÓN DE PEARSON

Una vez se cuenta con todos los índices calculados, estos fueron analizados por cada uno de los sistemas, en primer lugar, el sistema de BRT y en segundo lugar al sistema fusionado. (figura 26).

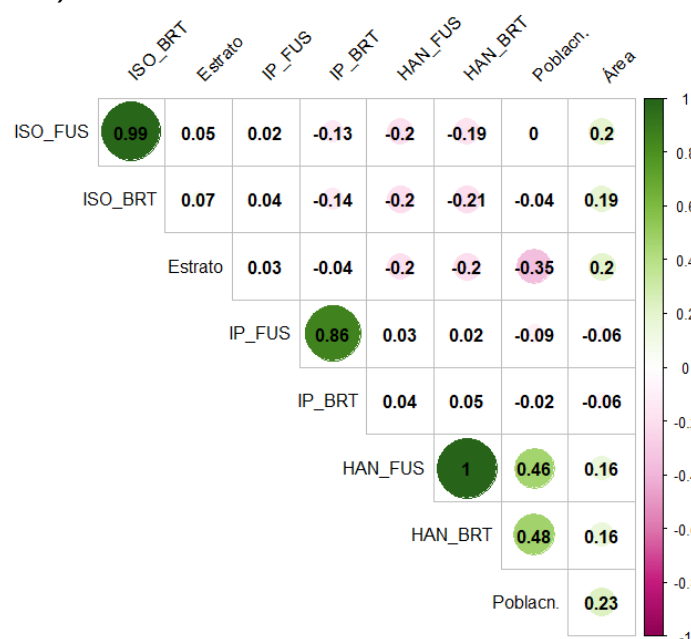


Figura. 26. Matriz de valores de Pearson para las variables de estudio BRT-FUSION. (Cardona, Castaño. 2022)

Analizando el indicador de Hansen para ambos sistemas (BRT y fusión), con respecto al estrato, este presentó una correlación negativa moderada de -0.20. Frente a los índices de isócronas y IPTP versus estrato se encontró muy baja correlación para ambos sistemas 0.05 y 0.04 respectivamente. Por lo que se asume que no hay correlación entre el estrato y los últimos índices mencionados. (figura 27).

De manera adicional se analizó la variable estrato versus la variable población, encontrando correlaciones lineales inversamente proporcionales (-0.35), lo que indica que a medida que la población crece el estrato tiende a cambiar.

Finalmente, resulta más apropiado emplear el indicador de Hansen, considerando la variable socioeconómica del estrato y la variable demográfica población. Adicional se evidencia que el escenario del BRT tiene una estrecha correlación con el escenario fusionado, puesto que se tiene correlación del 0.9, 0.9 y 0.86 en los indicadores de Hansen, tiempo global e IPTP respectivamente. El vínculo entre ellos es fuerte, puesto que el escenario del BRT ofrece mejores alternativas de accesibilidad que el transporte colectivo tradicional.

- Validación de la correlación

Ahora bien, se evaluó el nivel de significancia (α) de 0.05 y 0.01, el cual corresponde un valor crítico (V_c) de 1.96 y 2.58 respectivamente (figura 26). Lo que significa que existe relación lineal entre el estrato y los indicadores de accesibilidad, siempre y cuando el valor absoluto de T_r sea mayor o igual al valor crítico según el nivel de significación calculado. (figura 27).

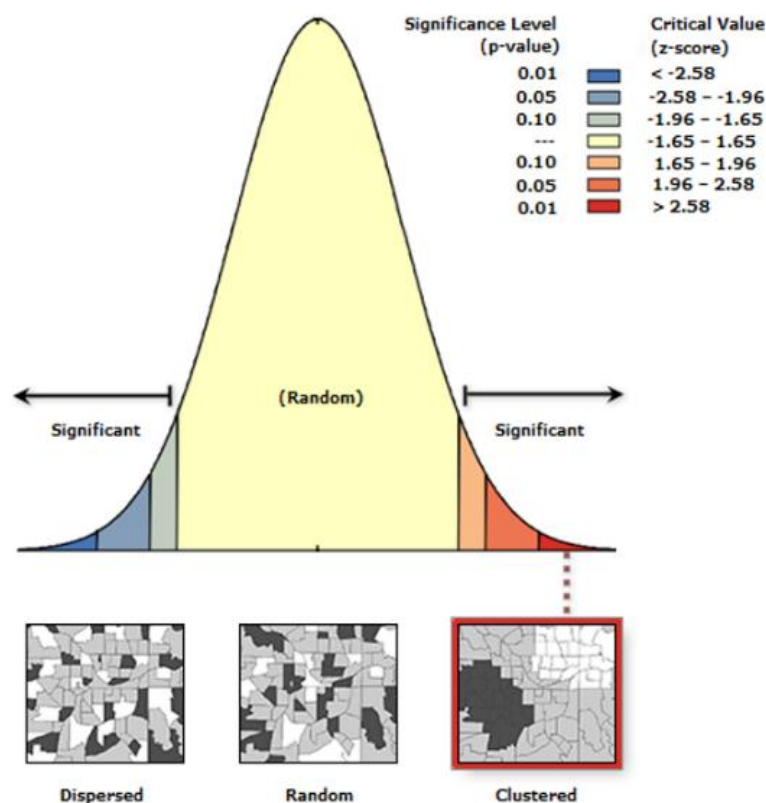


Figura. 27. Valores críticos según nivel de significancia de acuerdo con la tabla z-score Fuente: (Cardona, Castaño, 2022).

Una vez se analizó la correlación entre los indicadores de accesibilidad evaluados (Índice de tiempo global, Hanssen, A-IPTP) para cada sistema (BRT y el fusionado) con la variable estrato socioeconómico, se presentó una moderada correlación entre el índice de accesibilidad Hansen y el estrato, puesto que se rechazó la hipótesis nula, en razón al valor absoluto del dato de prueba denominado Tr 3.77 y Tr 3.69 es mayor al valor crítico Vc 1.96 y 2.58 para ambos niveles de significancia de 0.05 y 0.01 respectivamente (tabla 22).

N	Índice - Estratos	R	Vc ($\alpha= 0.05$)	Vc ($\alpha= 0.01$)	Tr
335	Isócronas BRT-Estrato	0.073	1.96	2.58	1.34
	Isócronas fusión-Estrato	0.047	1.96	2.58	0.86
	Hansen BRT-Estrato	-0.202	1.96	2.58	3.77
	Hansen fusión-Estrato	-0.198	1.96	2.58	3.69
	IPTP BRT-Estrato	-0.037	1.96	2.58	0.68
	IPTP fusión-Estrato	-0.029	1.96	2.58	0.52

Tabla 22. Valores críticos (Vc) y valor de prueba (Tr) según el nivel de significancia.

Adicionalmente, los índices de isócronas y IPTP con respecto a la correlación con la variable estrato, poseen una correlación nula puesto que no se rechazó la hipótesis, en razón al valor absoluto de Tr es menor al valor crítico para ambos niveles de significancia (tabla 22).

7.4. CONTRASTAR EL APOORTE DEL TPCT AL BRT DESDE UN PUNTO DE VISTA DE LA EQUIDAD

Una vez se contó con la información correspondiente a los indicadores obtenidos con su correspondiente correlación con las variables de población, área y estrato socioeconómico, se determinó contrastar el sistema BRT y el sistema fusionando desde una perspectiva con enfoque en la equidad, para esto se evaluó la equidad en la ciudad para cada uno de los índices calculados.

7.4.1. ÍNDICE DE THEIL

El cálculo del índice de Theil permite establecer la equidad en el acceso al BRT y al sistema fusionado que se presentaron en la zona de estudio, para cada uno de los indicadores estimados en este trabajo mediante ponderaciones, desde cada uno de los indicadores estimados en este trabajo.

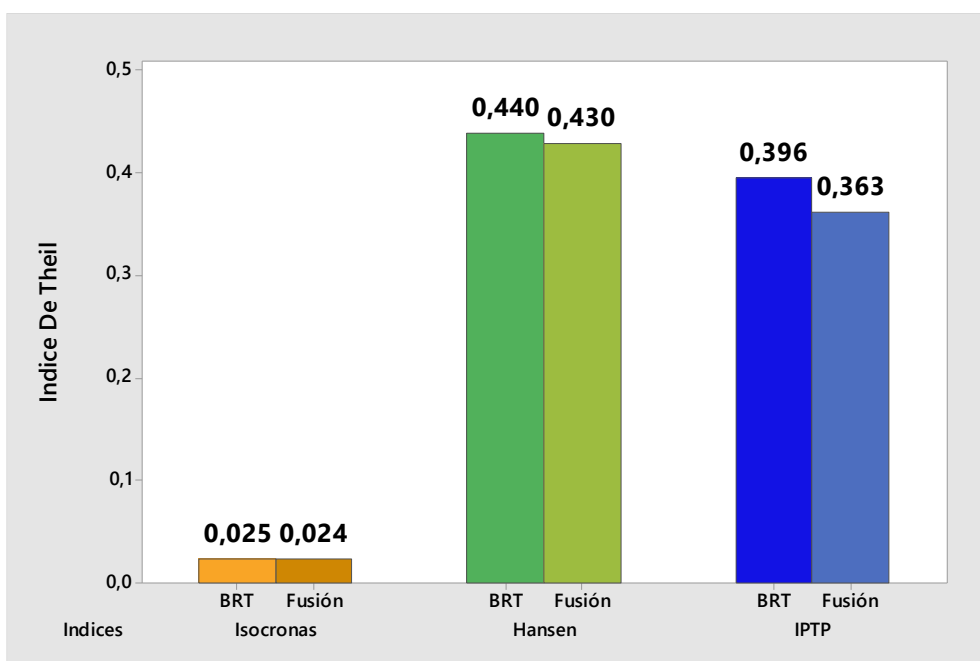


Figura. 28. Grafica de barras índice de Theil para el sistema BRT y Fusión.

Con respecto al curva de Theil se puede observar en la figura 28, el indicador que da un mayor grado de equidad entre los indicadores evaluados, el índice de Isócronas, presento un valor estimado de 0.025 en el BRT equiparado a la alta equidad, por otro lado, en el sistema fusionado la equidad fue alta con un valor de 0.024. Así mismo, en el Índice de Hansen mostró un grado bajo de equidad, con un estimado de 0.44 para el BRT, mientras que para el sistema fusionado fue de 0.43.

El indicador con menor grado de equidad fue para el índice de A-IPTP con un estimado del 0.39 para el BRT, y de 0.36 para el sistema fusionado. La desviación estándar del índice de Theil, para los índices de accesibilidad calculados en este trabajo de ambos sistemas, presentan una dispersión de los datos en 0,23 con respecto a su media aritmética de 0,32. Lo cual evidencia que las distribuciones de accesibilidad para la población son inequitativas. Además, se nota que de acuerdo con el índice de Theil para los diferentes indicadores de accesibilidad, la equidad mejora cuando se incorpora el TPCT, JEPP y Camperos al BRT, es decir al sistema fusión.

8 DISCUSIÓN

Una vez se caracterizó el sistema actual del TPCT remanente y el sistema BRT, se lograron identificar las variables más relevantes para nuestro estudio, como es el caso de las frecuencias, capacidades y tiempos de desplazamientos promedios, para evaluar cada uno de los índices utilizados. Dentro de los indicadores analizados se encuentra el indicador de tiempo global, que es uno de los indicadores más utilizados, para el caso de los 2 escenarios estudiados, que en comparación con el trabajo realizado por (Zuluaga & Escobar, 2017) la zona de estudio presento una diferencia muy grande debido a la unidad de estudio por departamentos, pero al igual que ellos se obtiene una expansión de las curvas isócronas desde el centro de la zona de estudio hacia la periferia de esta. Esto influenciado principalmente por la densidad de vías primarias y secundarias que atraviesan el centro de la ciudad.

En la definición de los parámetros para medir la accesibilidad del TPCT remanente y el BRT, como se planteó anteriormente, se definieron los índices de Isócronas, Hansen y IPTP, para el sistema BRT, esto con el fin de evaluar la accesibilidad de estos dos sistemas. En el índice de Isócronas, para la zona central de la ciudad, se encontró que, en el rango de tiempos de desplazamiento medio alto, agrupó 61 barrios distribuidos alrededor de la zona centro de la ciudad. Se evidencia que el 68.9% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Al igual que las zonas caracterizadas con rangos altos del sistema fusionado, agrupa 100 barrios siendo estos la zona central. Esto debido a su localización que permiten conectar con las paradas en un rango de 2 minutos a 15 minutos. Se evidencia que 85% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Guardando relación con los sectores con mayores niveles de accesibilidad, ubicadas principalmente en el centro de la ciudad y alrededor de los corredores troncales. Esto es consecuente con la teoría para este indicador, siendo las zonas centrales de la red aquellas con mejores resultados (Huertas & Serrano, 2017).

Para la evaluación de la atracción de la población para una zona, considerando la cantidad de áreas dispuestas para la generación de trabajo y combinando el índice de accesibilidad con la disponibilidad de áreas (Hansen). Los rangos fueron definidos en 5 categorías en base a los quintiles en los índices de Hansen calculado para cada unidad espacial definida en este proyecto (Sun et al., 2018). Los sectores con mejores posibilidades de acceso a oportunidades (términos de empleo) para el sistema fusionado, y con mejores indicadores de accesibilidad se encuentran hacia el centro de la ciudad, resaltando dos grupos en general, el rango con una accesibilidad medio alto, donde se agrupan 52 barrios distribuidos en parte de la zona centro (Huertas & Serrano, 2017)., suroriente y nororiente, se evidencia que el 60.8% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. El segundo rango, con una accesibilidad alto del sistema fusionado, este agrupa 65 barrios, abarcando zonas en el oeste, nororiente y suroriente, donde se evidencia que el 75.38% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3.

El Índice absoluto de provisión de transporte público (A-IPTP) fue utilizado para evaluar la accesibilidad del sistema fusionado entre (BRT Y TPCT) para cada unidad espacial que en este estudio son los barrios de la ciudad de Cali, una vez se cuenta con los valores de A-IPTP, se definió 5 rangos de clasificación en base a los quintiles

(Sun et al., 2018). Con esto encontramos un rango definido como medio alto, el cual agrupa 43 barrios distribuidos en parte de la zona centro, oeste y noroeste, se evidencia que el 62.8% de estos barrios pertenecen a los estratos 2, 3 y un segundo grupo clasificado en el rango alto del sistema fusionado, este agrupa 68 barrios, abarcando zonas del centro, oeste, noroeste y oriente, donde se evidencia que el 69.1% de estos barrios pertenecen a los estratos 2 y 3. Igualmente Jaramillo, Lizárraga y Grindlay en el 2012, utilizando el A-IPTP encontraron la sobreoferta en la zona centro en relación a su ubicación y mayor actividad económica y comercial.

Una vez se analizó la relación entre los modelos de indicadores de accesibilidad calculados y el comportamiento de las variables socioeconómicas de Cali, se encontró que para ambos sistemas el indicador de Hansen presenta una correlación negativa moderada de -0.20. Frente a los índices de isócronas y IPTP versus la socioeconómica (estrato) se encontró una correlación baja para ambos sistemas 0.05 y 0.04 respectivamente.

Para evaluar el contraste entre el sistema BRT y el TPCT, desde una perspectiva de equidad se realizó el análisis para el sistema BRT y el sistema fusionado mediante el índice de Theil propuesto en este trabajo, se obtuvo que el indicador con mayor nivel de equidad es el de Isócronas con un valor estimado de 0.3 (Equidad alta), seguido el índice de IPTP con un estimado de 0.36 (Equidad baja). El indicador que tiene menor equidad es el índice de Hansen con un estimado del 0.43 (Equidad baja), lo cual evidencia que las distribuciones de accesibilidad para la población son inequitativas, no obstante, existe una mejoría en la equidad cuando se fusiona ambos sistemas (BRT-TPCT-JEEP). Surge la obligación de redistribuir el impacto que tiene los indicadores espaciales para brindar una accesibilidad más óptima y equitativa para la población de la ciudad de Cali. Mientras que algunas zonas se encuentran en la periferia, afectando la equidad por estar localizados a mayor distancia de las paradas de los dos sistemas ((Manque et al. 2022)).

Con respecto al aporte que obtiene el BRT una vez fusionado con el transporte colectivo tradicional actual, los valores porcentuales se analizaron según los rangos establecidos (bajo, medio bajo, medio, medio alto, alto) en los cuales se encontró ganancias y pérdidas de accesibilidad en general en un porcentaje de variación de 0.5%, 28.2%, -13.4%, 2.3% y el 11.9% respectivamente. Encontrando que hay algunas mejoras en la movilidad de los caleños ubicados en el casco urbano de la ciudad cuando se incorpora el TPCT al BRT.

9 CONCLUSIONES

Este trabajo de grado buscó principalmente usar una metodología que permitiera analizar tanto cualitativamente como cuantitativamente el impacto que tendría la incorporación del transporte colectivo al BRT, se encontró que existe una mejora en cuanto a la accesibilidad al sistema de transporte de Cali, sin embargo, se sugiere transformaciones de fondo que permitan identificar distintas fallas en el sistema actual, relacionados a la accesibilidad y las condiciones socioeconómicas. También, se analizó la dinámica de la accesibilidad con otras variables como el uso del suelo, características físicas, operativas con el fin de determinar un impacto más cercano a la realidad.

También se evidenció como los indicadores calculados para el sistema fusionado en su mayoría presentaban una dependencia espacial con respecto a los dos sistemas provenientes, esto debido a que, en gran parte de la estructura base, está a lo largo de los ejes viales más predominantes, sin embargo, el aporte que realiza el TPCT en el sistema BRT, mejora considerablemente los índices de accesibilidad al sistema BRT-mío.

Con respecto al tema de acceso a la información, esta no fue tan sencilla de conseguir, en tanto debía tener un componente cartográfico, y más para los sistemas TPCT y camperos, sin embargo, también se dificultó encontrar información alfanumérica detallada de las frecuencias diarias de la semana puesto que solo se contaba con las frecuencias de un día típico de la semana. Adicionalmente la información que no fue posible de conseguir tales como tiempos de recorridos que permitieran la evaluación de otros índices que analizan otros aspectos importantes en las estructuras, calidad, servicio del sistema de transporte público. Además, no se cuenta con paradas establecidas para el TPCT y camperos, limitando la construcción de los modelos planteados a lo largo de este trabajo.

El análisis de accesibilidad resulta ser una herramienta útil en la planificación, que permite de alguna manera medir el impacto social sobre una zona o región. Se recomienda el uso generalizado de sistemas de información geográfica que ayudarían a realizar inventarios más fáciles de explotar y realizar estudios de accesibilidad.

Es recomendable ahondar en nuevos indicadores que ayuden a realizar diagnósticos y evaluación de alternativas para evaluar impactos de las infraestructuras en el territorio y como impactan benéficamente en la población. En el marco de ser una herramienta útil para la generación de nuevas políticas orientadas a prevalecer y garantizar la igualdad, el acceso y la inclusión de todos los habitantes

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía de Cali. (2015). Economía de Santiago Cali. Retrieved 30 July 30, 2021, from https://www.cali.gov.co/informatica/publicaciones/106110/economia_de_cali/
2. Alcaldía de Cali. (2016). Cali tiene más de una veintena de rutas legales de transporte colectivo. Retrieved 28 March 2020, from https://www.cali.gov.co/movilidad/publicaciones/112900/cali_tiene_mas_de_una_veintena_de_rutas_legales_de_transporte_colectivo/
3. Alcaldía de Cali. (2017). ¿Cómo se presta el servicio de transporte público en Cali? El PIMU lo diagnosticó. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017, de <https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/137271/como-se-presta-el-servicio-de-transporte-publico-en-cali-el-pimu-lo-diagnostico/>
4. Alcaldía de Cali. (2018). Escenarios deportivos. Retrieved 30 July 30, 2021, from <https://www.cali.gov.co/deportes/publicaciones/139528/escenarios-deportivos/>
5. Alcaldía de Cali. (2020). Estratificación Socioeconómica de Santiago de Cali. Retrieved 28 March 2020, from <https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/107322/estratificacion-socioeconomica-de-santiago-de-cali/>.
6. Alcaldía de Cali. (2021). Información geográfica. Retrieved 20 July 30, 2022, from https://www.cali.gov.co/gobierno/publicaciones/227/datos_de_cali_y_el_valle_del_cauca/.
7. Asociacionapie.org (2020). Pequeña guía de A PIE para pensar la movilidad, Recuperando el 3 de abril de 2020. <http://www.asociacionapie.org/apie/Guia04.html>
8. Bautista, A. F. (2018). Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el microsistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. 23, 123–141. <https://doi.org/10.19053/01233769.8058>.
9. Bravo S., B., & Hurtado U., A. (2016). Análisis del impacto en la accesibilidad de nuevos proyectos del sistema integrado de transporte masivo en Santiago de Cali. Brandon.
10. Cahill, E., & Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>.
11. Cali Cómo Vamos. (2020). *Encuesta de percepción ciudadana Cali 2020*. https://e6a9d32d-3a33-462e-9c91-cd6a04132224.filesusr.com/ugd/ba6905_f7f4cc5d2ae743eb8576d9c2f5064372.pdf
12. Cali en cifras 2018 - 2019. Planeación Cali. Recuperado el 21 de marzo de 2018.

13. Cordera, R., Coppola, P., dell'Olio, L., & Ibeas, Á. (2019). The impact of accessibility by public transport on real estate values: A comparison between the cities of Rome and Santander. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 125(August 2018), 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.015>
14. Cardona, T. C. (2015). Evaluación De La Equidad De Transporte En Santiago De Cali Desde La Perspectiva Del Plan Maestro De Ciclorutas 2005. *J. Chem. Inf. Model.* 53, 287. <https://doi.org/10.1017/Cbo9781107415324.004>.
15. Cal y Mayor. (2019). Estructuración integral de un(os) modelo(s) de servicio complementario de transporte intermodal de pasajeros intramunicipal y supramunicipal para Santiago de Cali, Recuperado el 17 de julio 2019.
16. Delmelle, E.C., & Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>
17. Duro, J. A. (2004). La descomposición de la desigualdad en rentas per cápita por factores multiplicativos a través del índice de Theil: una revisión metodológica e ilustración para las provincias españolas. *Revista de estudios regionales*, 70, 63-84.
18. Echebarría, M., Aguado, C., & Moralejo, I. (2003). La planificación urbana sostenible. *Sustainable Urban Planning*, 1, 643–660.
19. El País. (2018). Proponen reactivar más rutas de buses tradicionales en Cali. Recuperado el 11 de febrero de 2018, de <https://www.elpais.com.co/caliproponen-reactivar-mas-rutas-de-buses-tradicionales-en-cali.html>
20. El país. (2019). Bajan cifras de pasajeros del MÍO, mientras suben las del transporte colectivo. Recuperado el 11 de Junio de 2019 de , <https://www.elpais.com.co/calibajan-cifras-de-pasajeros-del-mio-mientras-suben-las-del-transporte-colectivo.html>
21. El País. (2020). Metrocali dice que Ley 550 era la única forma de evitar la liquidación. Recuperado el 27 de febrero de 2020, de <https://www.elpais.com.co/caliley-550-era-la-unica-forma-de-evitar-liquidacion-dice-metro.html>.
22. Festival de Música del Pacífico Petronio Álvarez.(2021). Recuperado el 6 de agosto de 2021, de <https://petronio.cali.gov.co/>
23. Flores, E., Chica, J., & Balseca, M. (2022). Evaluación de la movilidad de estudiantes y accesibilidad espacial a centros de educación en zonas periurbanas. *Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 5(1), 128-149. <https://doi.org/10.37135/ns.01.09.08>
24. Geografía de Cali. (2020). Retrieved 15 May 2020, from https://www.cali.gov.co/informatica/publicaciones/106104/geografia_de_cali/
25. Geurs, K. T., & Wee, B. Van. (2004). Accessibility evaluation of land-use and

transport strategies: review and research directions. 12, 127–140.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>.

26. Gutiérrez, A. (2010). Movilidad, transporte y acceso: una renovación aplicada al ordenamiento territorial. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, XIV(331 (86)), 1-17. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-86.h>
27. Grijalvo, J.M, (2000). El transporte y la utopía. Diario de Ibiza, Retrieved 3 de mayo de 2000.
28. Grupo vial SAS. (2016). Ingeniero Luis Carlos Moya. Flota TPCU 2016.
29. Hansen, W.G. (1959). *How accessibility shapes land-use*. En: Journal of the American Institute of Planners, No. 25.
30. Huertas, H., Serrano F. (2017). Análisis territorial de la accesibilidad como indicador de la calidad del sistema integrado de transporte masivo-SITM en Santiago de Cali
31. Izquierdo, R., Aymerich, M., Colomer, J., Ibeas, A., Menéndez, J., Monzón, A., Robusté, F., Turró, M. & Zaragoza, A., 1994. Transportes: Un enfoque integral ETS de Ingenieros de Caminos, ed., España.
32. Jaramillo, C., Lizárraga, C. y Grindlay, A. L. (2012). *Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia)*. En: *Journal of Transport Geography*. No. 24.
33. Kepaptsoglou, Milioti, Spyropoulou, Haider, & Karlaftis. (2018). Comparing traveler preferences for BRT and LRT systems in developing countries: Evidence from Multan, Pakistan. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.10.013>.
34. Montecinos, L. M., Loyola, C. G., Rebolledo, J. V., & Rivas, J. M. (2022). ACCESSIBILITY, MOBILITY and TERRITORIAL EQUITY for the DEVELOPMENT of the REGION of ÑUBLE, CHILE. [ACCESIBILIDAD, MOVILIDAD Y EQUIDAD TERRITORIAL PARA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE] <https://www.revistanotashistoricasygeograficas.cl/index.php/nhyg/article/view/403>
35. Martínez, D. V. (2018). La ciudad de los buses de colores: empresas de transporte público, planes de desarrollo y crecimiento urbano en Cali, 1969-1993.
36. Metrocali, S. D. G. (2015). *Indicadores encuesta de movilidad*. 264. <http://www.metrocali.gov.co/wp/wp-content/uploads/2019/02/Encuesta-de-movilidad-2015.pdf>
37. Metro Cali S. A. (2021), Infraestructura del SITM MIO. Consultado el 13 de marzo de 2021. Disponible en <http://www.mio.com.co/index.php/infraestructura.html>
38. Mio (2021). Buses del SITM – MIO. Consultado el 13 de marzo de 2021. Disponible en <http://www.mio.com.co/index.php/infraestructura-168/buses.html>

39. Morales, j. D. (2019). Análisis del impacto en la implementación del sistema de transporte Aerosuspendido, desde un enfoque de accesibilidad espacial urbana. Caso de estudio Mio-cable, Santiago de Cali. Universidad del valle.
40. Moyano, N., Prieto, A., & Martínez, F. (2018). Evaluación de los Impactos Sociales Proyectados para Transmiocable en torno a la Estación Juan Pablo II de la Localidad Ciudad Bolívar. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
41. Navarrete Álvarez, M., & López, A. M. (2019). Importancia de los espacios comunes: una adaptación de la técnica de interpolación espacial invese distance weighted (IDW) en la predicción de datos socioeconómicos ausentes. 49-64.
42. Noticiero 90 minutos. (2019). Aumentó el número de usuarios de transporte público en Cali, los del Mío bajaron, recuperado de <https://90minutos.co/aumento-numero-usuarios-trasporte-publico-cali-mio-bajaron-11-06-2019/>
43. Rodríguez A. R., Flórez C. A. S. (2017). Análisis territorial de la accesibilidad como indicador de la calidad del sistema integrado de transporte masivo-SITM en Santiago de Cali.
44. Sánchez, E., Serrano, M., & Benítez, M. (2015). Indicadores clínicos de personalidad en la adolescencia Clinical indicators of personality in adolescence. *Psicol. caribe* [online], 32(2), 235-253. <http://www.scielo.org.co/pdf/psdc/v32n2/v32n2a04.pdf>
45. Sarmiento, I., Muñoz, J. y Ángel, C. (2000). Análisis de la Accesibilidad en la Región del Occidente Colombiano. IV Congreso de Ingeniería de Transporte. Universidad Politécnica de Valencia, España.
46. Secretaría de Movilidad. (2018). Informe de Movilidad y Seguridad Vial. Santiago de Cali.
47. Suarez Pérez, R. (2010). Nociones Básicas de Estadística. Google Libros. https://books.google.es/books?id=0mHWT5Zs7pIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
48. Sun, C., Cheng, J., Lin, A., & Peng, M. (2018). Gated university campus and its implications for socio-spatial inequality: Evidence from student's accessibility to local public transport. *Habitat International*, 80 (August), 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.08.008>.
49. Steer Davies Gleave. (2015). Encuesta de Movilidad 2015. Santiago de Cali.
50. Támara, L.G., 2019. Correlación y regresión. Análisis Explor. datos 143–178. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc5pc9g.6>.

51. Tiwari, & Jain. (2012). Accessibility and safety indicators for all road users: case study Delhi BRT. *Journal of Transport Geography*, 22, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.11.020>.
52. Torres Orozco, J. A. (2006). Aplicación de los indicadores de accesibilidad ofrecidos por el servicio de transporte público colectivo urbano de la ciudad de San Juan de Pasto. 129. <http://www.bdigital.unal.edu.co/967/>
53. Vinasco Martínez, D. (2018). La ciudad de los buses de colores: Empresas de transporte público, planes de desarrollo y crecimiento urbano en Cali, 1969-1993. *Tiempo y economía*, 5(2), 155-177. <https://doi.org/10.21789/24222704.1344>
54. Wee, B. van. (2016). Accessible accessibility research challenges. *JTRG*, 51, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018>.
55. Zapata, V. G. (2021). Estimación de la influencia de la accesibilidad del Sistema de Transporte Masivo MIO en el valor del suelo en la ciudad de Cali. Universidad del Valle, 1-93.
56. Zuluaga, J. D., & Escobar, D. A. (2017). Analysis of territorial accessibility of the northwestern region of Colombia. [Análisis de accesibilidad territorial de la región noroccidente de Colombia] *Espacios*, 38(6) Retrieved from www.scopus.com

11 ANEXOS

En esta sección se relacionan las figuras y tablas anexas que se crearon para la interpretación y apoyo en este trabajo.

11.1. INDICADORES PROPUESTOS.

Como se puede apreciar en mayor detalle se realizó la revisión de indicadores que fueran posible calcular para ambos sistemas.

Indicadores	Descripción	Formulación	Autor
Indicador absoluto de tiempo global.	Este indicador mide la suma de tiempos desde el punto de menor sumatoria de tiempo es el mejor comunicado. cada punto i a todos los demás j. Este indicador tiende a favorecer a los puntos ubicados hacia el centro de una red.	$Ti = \sum_{j=i}^n tij \quad (6)$ Del cual la variable tij representa el tiempo de recorrido de i a j, utilizando los tiempos promedios se pueden graficar sobre un plano las curvas de igual tiempo, llamadas isócronas.	(Sarmiento, Muñoz y Ángel, 2000).
Accesibilidad Integral o Absoluta.	Es el grado de interconexión que tiene un punto con todos los demás que están en el mismo territorio. La fórmula operativa de la accesibilidad integral dependerá del tipo de accesibilidad relativa que se utilice.	$Ai = \sum_j^n aij \quad (7)$ La variable Ai representa la accesibilidad integral del punto i, y para el caso de aij el cuál es la accesibilidad relativa entre i y j y donde n es el número total de puntos en la zona.	(Izquierdo,1994).
Factor de ruta.	Mide la calidad del trazado, es decir su grado de aproximación a la línea recta	$rij = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d_{ij}^0} \quad (8)$ El valor r_{ij} representa el factor de ruta entre los puntos i y j, y d_{ij} es la mínima distancia por la red de comunicaciones entre i y j. donde d_{ij}^0 representa la distancia geográfica o en línea recta de i a j.	(Izquierdo,1994).
Gravedad.	Incluye el número de habitantes de cada nodo, y se restringe con un valor de impedancia, la cual	$a_{ij} = \frac{P_j}{e^{\beta a_{ij}}}, \forall i \neq j \quad (9)$ A_{ij} es el indicador de gravedad, P_j representa la población del nodo de	(Izquierdo,1994).

Indicadores	Descripción	Formulación	Autor
	se define como la dificultad de desplazarse de i a j.	destino, el valor B corresponde a la impedancia entre i y j, el valor d_{ij} representa la distancia en km entre los nodos i y j	
Indicador de Hansen	Evalúa la atracción de la población para una zona, considerando la cantidad de áreas dispuestas para el desarrollo y combinando el índice de accesibilidad con la disponibilidad de áreas.	$A_i = \sum_{j=1}^n E_i t_{ij}^{-\beta} \quad (10)$ A_i como los niveles de accesibilidad de la zona i, t_{ij} corresponde al tiempo mínimo de recorrido de i a j utilizando la red, E_i representa el total de empleos en la zona i, y n es el número de zonas y β corresponde al parámetro de calibración.	(Hansen, W.G,1959).
Índice de provisión de transporte público (A - ITP)	Cuantifica la cantidad de transporte público en una zona, y emplea variables de infraestructura que califican el acceso al servicio	$A - ITP_j = \frac{1}{A_j} \sum_{i=1}^n S_{ij} W_{ci} W_{fi} \quad (11)$ Para el Índice de provisión de transporte público (A-ITP), $A - ITP_j$, tenemos que W_{ci} es el factor de peso de capacidad de i. que se calcula con, $W_{ci} = C_i / C_{min}$ y donde W_{fi} es el factor de peso para la frecuencia de j. y se determina con el valor de $W_{fi} = f_i / f_{min}$, para las variables de n, esta representa el número de servicios de transporte público. La S_j representa el número de paradas para el servicio i en j. igualmente A_j es el área del distrito j. Donde P_i representa la población del distrito j.	(Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012).
Indicador de densidad territorial	Este indicador, también basado en infraestructura, explora la magnitud longitudinal de todos los tramos de una red de transporte disponible en el área de la zona de estudio. Según la ponderación que se realice, se pueden considerar diferentes variables de la red, por	$D = \frac{red}{Área} \left(\frac{km}{km^2} \right) \quad (11)$ Tenemos que la red representa la longitud o extensión total de vías para la red, y el Área corresponde al área urbana donde opera el sistema de transporte	(Izquierdo, 1994).

Indicadores	Descripción	Formulación	Autor
	ejemplo, dotación de infraestructura por nodo		
Indicador de trazado - velocidad	Este indicador permite evaluar la capacidad operacional de las rutas de transporte público en una red teniendo en cuenta las distancias entre los nodos y los tiempos recorridos.	$Itv_{ij} = \left(\frac{1}{n} \right) \left(\frac{\sum_{i=1}^{j=n} t_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=n} t_{i^o_j}} \right) \quad (13)$ La variable Itv_{ij} representa el indicador de trazado – velocidad entre los nodos i y j. La sumatoria $\sum_{i=1}^{j=n} t_{ij}$ corresponde a la sumatoria de tiempo mínimo de recorrido entre i y j usando la red, y donde $\sum_{j=1}^{j=n} t_{i^o_j}$ es el tiempo en línea recta a la velocidad media entre los nodos i y j. sucesivamente la variable n corresponde a los números de nodos.	(Moyano, Prieto, y Martínez, 2018).

Tabla 23. Indicadores propuestos

11.2. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL TRANSPORTE COLECTIVO.

Las velocidades se obtuvieron del Informe diagnóstico movilidad realizada por MetroCali, en compañía de la empresa Cal y Mayor, que determinaron mediante estudios de tiempos de recorrido, y haciendo uso de un GPS, operado por un aforador dentro del bus de transporte público desde el inicio hasta el final del recorrido la velocidad promedio de la cada ruta de transporte colectivo. Toda la información se consolidó en un base datos geográficos, asignado velocidades a cada ruta. Cabe aclarar que la toma de datos se realizó en las horas pico de la mañana para todas las rutas. (tabla 24). (Cal y Mayor, 2019).

EMPRESA	ruta	SENTIDO	TIEMPO DE CICLO (MIN)	VEL. MEDIA (KM/H)
COOPERATIVA LA ERMITA LTDA	1 Ida	N-S	119.0	15.68
	1 Regreso	S-N	96.67	17.60
	2--3 ida	N-S	101.0	15.72
	2--3 Regreso	S-N	106.33	17.69
	5--6 Ida	N-S	91.33	20.27
	5--6 Regreso	S-N	113.33	16.29
	7 Ida	W-E	28.0	31.14
	7 Regreso	E-W	56.6	11.04
	7C Ida	S-N	25.0	25.0
	7C Regreso	N-S	25.38	25.38
	2C	S-N	68.00	15.0
	2C	N-S	71.75	19.0
TRANSP.RECREATIVOS LTDA	Montebello Ida	N-S	176.3	15.0
	Montebello Regreso	S-N	105.3	23.0
	Norte Ida	N-S	148.0	20.0

EMPRESA	RUTA	SENTIDO	TIEMPO DE CICLO (MIN)	VEL. MEDIA (KM/H)
	Norte Regreso	S-N	164.0	17.7
	Sur. Ida	N-S	96.0	22.1
	Sur. Regreso	S-N	136.0	16.6
	Vorágine ida	N-S	148.0	20.0
		S-N	164.0	17.7
TRANS. MONTEBELLO S.A.	1 Ida	N-S	120.3	15.0
	1 Regreso	S-N	113.7	19.0
	3S Ida	S-N	112.5	21.32
	3S Regreso	N-S	135.0	16.17
EMP. DE TRANSPORTES RIO CALI S.A.	2Ptar Ida	N-S	89.0	19.88
	2Ptar Regreso	S-N	91.0	21.18
COOP INT DE TRANSP.FLORIDA CALI (PAPAGAYO)	1 Ida	S-N	69.0	20.92
	1 Regreso	N-S	88.0	11.02
TRANSP.VILLANUEVA BELEN LTDA	1 Ida	E-W	87.4	13.0
	1 Regreso	W-E	61.0	21.2
TRANSP. DECEPAZ LTDA	3 Ida	W-E	53.55	16.0
	3 Regreso	E-W	84.37	13.0
	4 Ida	N-S	50.00	23.10
	4 Regreso	S-N	44.33	25.54
CIA. TRANSP. VERDE BRETAÑA S.A.	1 Ida	N-S	77.00	14.14
	1 Regreso	S-N	88.50	12.85

Tabla 24. Velocidades de operación del transporte colectivo (Ida y Regreso). Fuente: Grupo vial SAS.

En la tabla 7 muestra las velocidades de cada una de las rutas remanentes analizadas según el trayecto (ida y regreso), observando que las velocidades son muy variables esto debido a las velocidades en los segmentos viales.

11.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CAMPEROS

Las velocidades se obtuvieron del Informe diagnóstico movilidad realizada por MetroCali, en compañía de la empresa Cal y Mayor, que determinaron mediante estudios de tiempos de recorrido, y haciendo uso de un GPS, operado por un aforador dentro del bus de transporte público desde el inicio hasta el final del recorrido la velocidad promedio de la cada ruta de transporte colectivo. Toda la información se consolidó en un base datos geográficos, asignando velocidades a cada ruta. Cabe aclarar que la toma de datos se realizó en las horas pico de la mañana para todas las rutas. (Cal y Mayor, 2019) (tabla 25).

RUTA	SENTIDO	FRECUENCIA	INTERVALO (MIN)	RUTA	SENTIDO	FRECUENCIA	INTERVALO (MIN)
7 Pascualito	E-W	3	20.0	7 Pascualito	E-W	3	20.0
7 Pascualito	W-E	4	15.0	7 Pascualito	W-E	4	15.0
1 Oeste Aguacatal	E-W	5	12.0	1 Oeste Aguacatal	E-W	5	12.0
1 Oeste Aguacatal	W-E	5	12.0	1 Oeste Aguacatal	W-E	5	12.0
2 Oeste Aguacatal	E-W	5	12.0	2 Oeste Aguacatal	E-W	5	12.0
2 Oeste Aguacatal	W-E	5	12.0	2 Oeste Aguacatal	W-E	5	12.0
Siloé 10 Los Chorros	W-E	5	12.0	Siloé 10 Los Chorros	W-E	5	12.0

RUTA	SENTID O	FRECUENCI A	INTERVALO (MIN)	RUTA	SENTID O	FRECUENCI A	INTERVALO (MIN)
Siloé 10 Los Chorros	E-W	3	20.0	Siloé 10 Los Chorros	E-W	3	20.0
9 Palmas-Centro	N-S	17	3.5	9 Palmas-Centro	N-S	17	3.5
9 Palmas-Centro	S-N	17	3.5	9 Palmas-Centro	S-N	17	3.5
"F" Altos de Menga	E-W	5	12.0	"F" Altos de Menga	E-W	5	12.0
"F" Altos de Menga	W-E	5	12.0	"F" Altos de Menga	W-E	5	12.0
"L" Dapa	N-S	5	12.0	"L" Dapa	N-S	5	12.0
"L" Dapa	S-N	5	12.0	"L" Dapa	S-N	5	12.0
Sur Meléndez	N-S	4	15.0	Sur Meléndez	N-S	4	15.0
Sur Meléndez	S-N	2	30.0	Sur Meléndez	S-N	2	30.0
"j" Meléndez-Palmas	E-W	4	15.0	"j" Meléndez-Palmas	E-W	4	15.0
"j" Meléndez-Palmas	W-E	2	30.0	"j" Meléndez-Palmas	W-E	2	30.0
Oeste Montebello	S-N	9	6.7	Oeste Montebello	S-N	9	6.7
Oeste Montebello	N-S	12	5.0	Oeste Montebello	N-S	12	5.0
Pichindé	W-E	1	60.0	Pichindé	W-E	1	60.0
Pichindé	E-W	3	20.0	Pichindé	E-W	3	20.0
Siloé 9 La Sirena	N-S	8	7.5	Siloé 9 La Sirena	N-S	8	7.5
Siloé 9 La Sirena	S-N	9	6.7	Siloé 9 La Sirena	S-N	9	6.7
Siloé 1	N-S	6	10.0	Siloé 1	N-S	6	10.0
Siloé 1	S-N	7	8.6	Siloé 1	S-N	7	8.6

Tabla 25. Velocidades de operación del transporte Camperos. (Ida y Regreso). Fuente: Grupo vial SAS.

El transporte colectivo tiene una cobertura espacial del 74 % en el conjunto de la ciudad. Las rutas de los buses tradicionales cubren trayectos origen-destino y su trazado representa una competencia directa al SITM-MÍO (Alcaldía de Cali,2017).

11.4. DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR POR EMPRESA

Empresa	Ruta	Bus	Buseta	Microbús	Total	%
Cooperativa la ermita Ltda.	6		38	107	145	28%
Transp. recreativos Ltda.	4	12	59	24	95	18%
Transp. Montebello s.a.	2	4	15	68	87	17%
Transp. Santiago de Cali (alameda)	3	17	27		44	8%
Empresa. De transportes Rio Cali s.a.	1		39	1	40	8%
Coop Int de Transp. Florida Cali (papagayo)	1	28	4		32	6%
Transp. Villanueva Belén Ltda.	1	8	23		31	6%
Transp. Cañaveral s.a.	1	9	9		18	3%

Empresa	Ruta	Bus	Buseta	Microbús	Total	%
Transp. Decepaz Ltda.	2	3	10	2	15	3%
Cía. Transp. Verde Bretaña S.A.	1	10	2	2	14	3%
Total, general	22	91	226	204	521	100%

Tabla 26. Distribución del parque automotor por empresa, números de rutas y tipo de vehículo. Fuente: Grupo Vial S.A.S.

11.5. TABLAS DE TRONCALES DEL BRT

TRONCAL CARRERA 1	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	Chiminangos	Cra. 1 - Cl. 62	2	4
	Flora Industrial	Cra. 1 - Cl. 56	1	2
	Salomia	Cra. 1 - Cl. 47	1	2
	Popular	Cra. 1 - Cl. 44	1	2
	Manzanares	Cra. 1 - Cl. 39	1	2
	Fátima	Cra. 1 - Cl. 30	1	2
	Piloto	Cra. 1 - Cl. 24	1	2
	Río Cali	Cra. 4N - Cl. 23	1	2
	San Nicolás	Cra. 1 - Cl. 21	1	2

TRONCAL CALLE 5	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	Santa Librada	Cl 5 - Cr 22	2	4
	Manzana del Saber	Cl 5 - Cr 27	2	4
	Estadio	Cl 5 - Cr 34	2	4
	Tequendama	Cl 5 - Cr 39	2	4
	Lido	Cl 5 - Cr 44	2	4
	Unidad Deportiva	Cl 5 - Cr 52	1	6
	Plaza de Toros	Cl 5 - Cr 56	1	2
	Pampa linda	Cl 5 - Cr 62	1	2
	Refugio	Cl 5 - Cr 66	1	2
	Caldas	Cl 5 - Cr 70	1	2
	Capri	Cl 5 - Cr 78	4	4
	Meléndez	Cl 5 - Cr 94	1	2
	Buitrera	Cl 100 - Cl 11	2	2
	Univalle	Cl 100 - Cl 13	2	2
	Universidades	Cl 100 - Cl 16	4	4(+8 Alim.)

TRONCAL AGUABLANCA	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	Nuevo Latir	Cr. 28 D - Cl.83	1	2
	Amanecer	Cr. 28 D - Cl.72U	1	2
	Troncal Unida	Cr. 28 D - Cl.72I	1	2
	Conquistadores	Tr. 29- Cl.44	1	2
	Villanueva	Tr. 25- Cl.32	1	2
	Santa Mònica	Tr. 25- Cl.28	1	2
	Primitivo	Tr. 25- Cl.28	1	2
TRONCAL AGUABLANCA	Cien Palos	Cr. 17- Cl.18	1	2

TRONCAL CARRERA 15	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	San Bosco	Cr 15 - Cl 9	2	4
	San Pascual	Cr 15 - Cl 13/15	3	5
	Belalcázar	Cr 15 - Cl 21	1	2
	Floresta	Cr 15 - Cl 30	1	2
	Atanasio Girardot	Cr 15 - Cl 34	1	2
	Chapinero	Cr 15 - Cl 44	1	2
	Villa Colombia	Cr 15 - Cl 52	1	2
	El Trébol	Cr 15 - Cl 58	1	2
TRONCAL CARRERA 15	7 de Agosto	Dg 15 -Cl 71A	2	4

TRONCAL CENTRO	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	Torre de Cali	Av. 3N - Cl 15	2	4
	La Ermita	Cl 13 - Cr 4	2	2
	Plaza de Caicedo	Cl 13 - Cr 4	1	1
	Centro	Cl 13 - Cr 8	2	2
	Santa Rosa	Cl 13 - Cr 10	1	1
	Fray Damián	Cl 13 - Cr 15	3	3
	Sucre	Cl 15 - Cr 15	3	3
	Petecuy	Cl 15 - Cr 8	3	3
TRONCAL CENTRO	San Pedro	Cl 15 - Cr 4	3	3

AVENIDA 3N	Estación	ubicación	Vagones	Plataformas
	Álamos	Av. 3N - Cl 52	1	2
	Vipasa	Av. 3N - Cl 44	1	2
	Prados del Norte	Av. 3N - Cl 38	1	2
	Las Américas	Av. 3N - Cl 23A N	1	2
AVENIDA 3N	Versalles	Av. 3N - Cl 21	1	2

Tabla 27. troncales del BRT

11.6. EVALUACION DE LA ACCESIBILIDAD PARA EL TRANSPORTE COLECTIVO TRADICIONAL(TPCT).

En esta sección se mostró todos los planos generados en la evaluación de accesibilidad para el TPCT

11.7. INDICE DE TIEMPO GLOBAL (ISÓCRONAS) TPCT

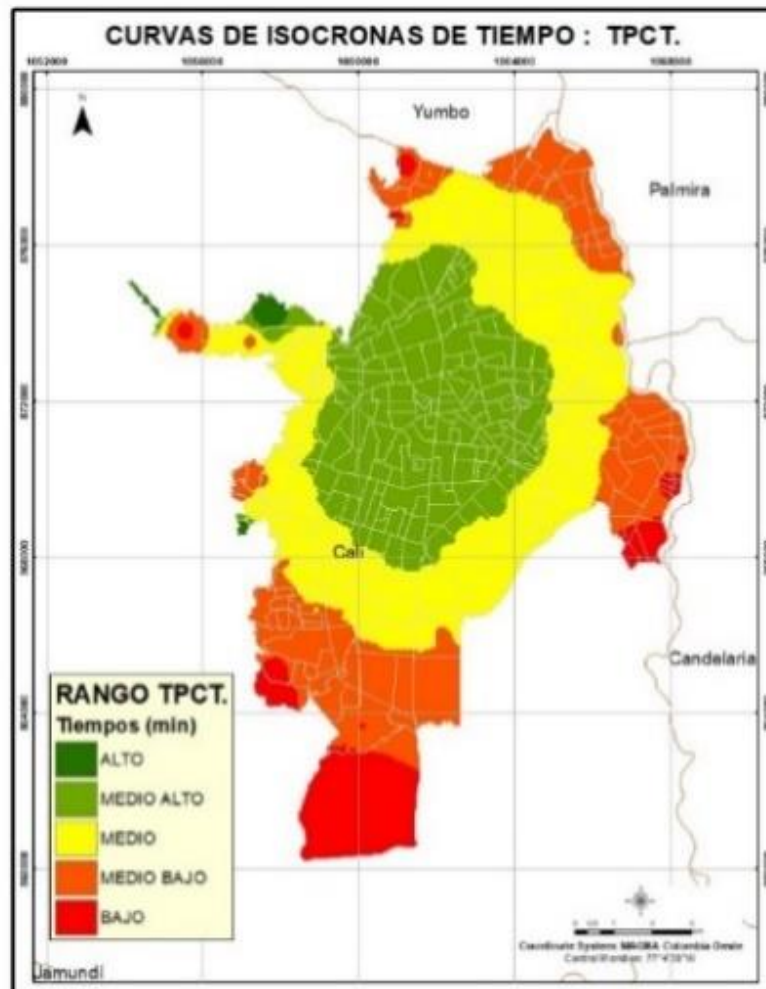


Figura. 29. Índice de tiempo global (isócronas) TPCT.

11.1. INDICE DE HANSEN TPCT

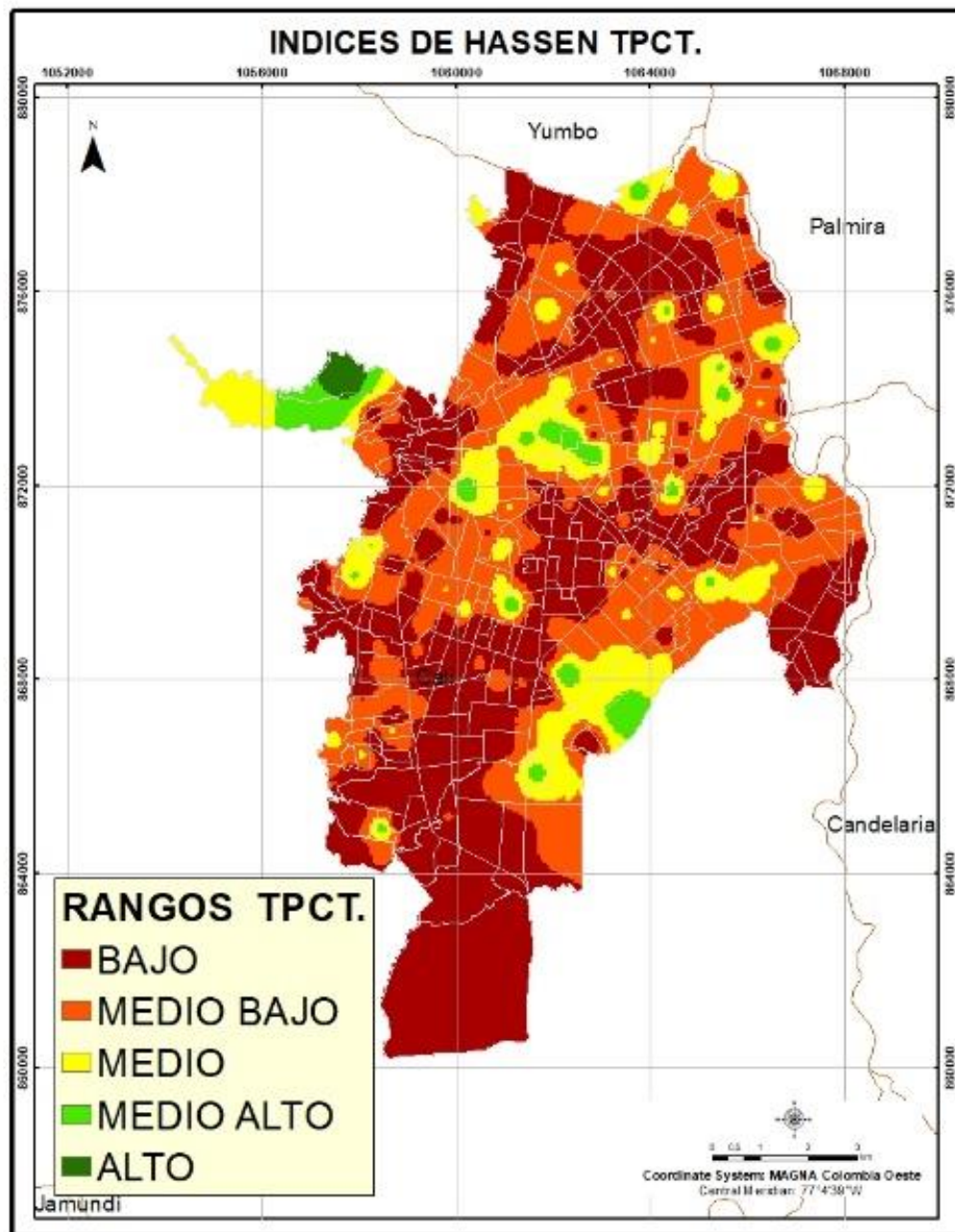


Figura. 30. Índice de Hansen TPCT

11.2. INDICE DE IPTP DEL TPCT

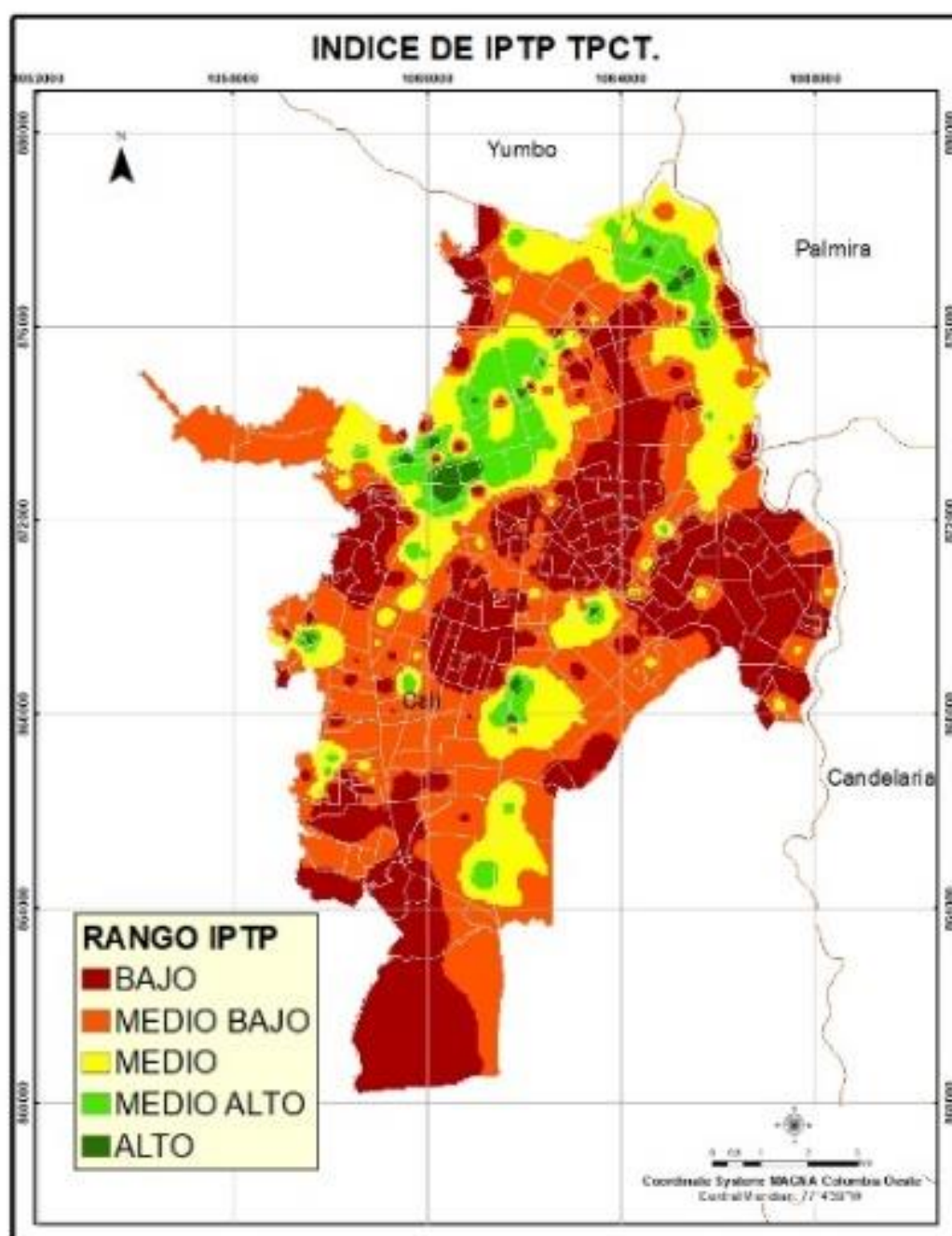


Figura. 31. índice de IPTP del TPCT

11.3. AGRUPACIÓN DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA PARA LOS ÍNDICES ESTUDIADOS.

A continuación, se relacionan los mapas de clúster o de agrupación de significancia para los índices estudiados.

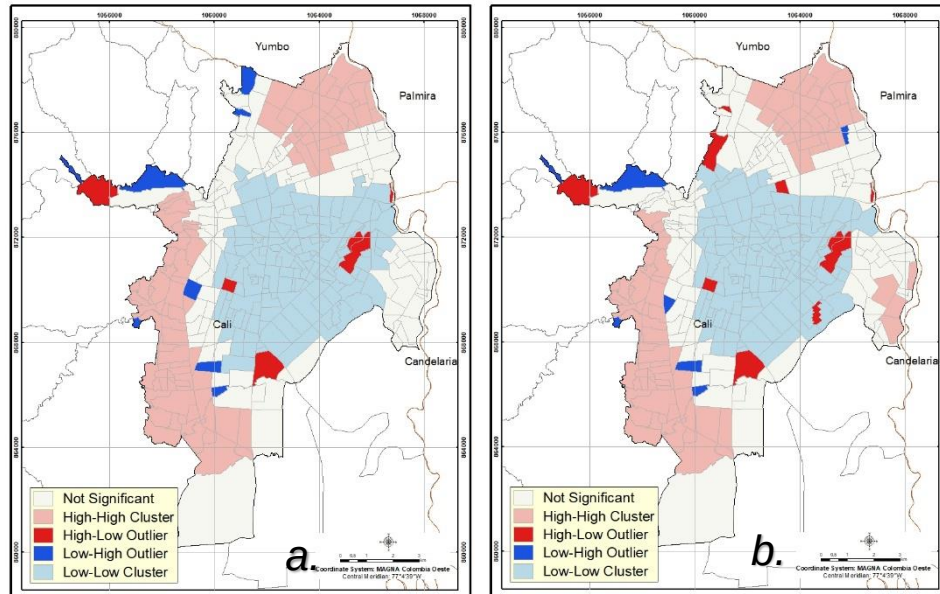


Figura. 32 Agrupación de Significancia para el Índice ISOCRONAS (a. BRT y b. FUSIONADO).

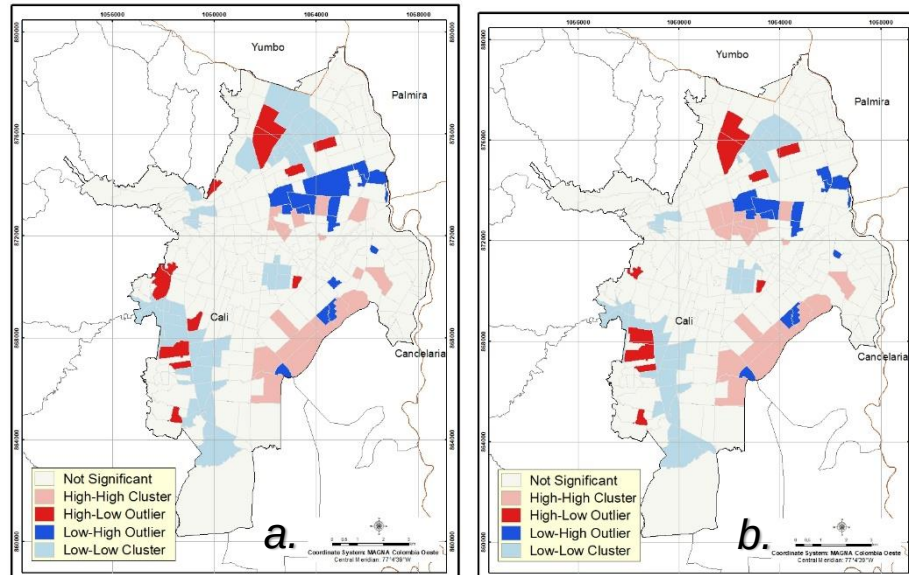


Figura. 33 Agrupación de Significancia para el Índice Hansen (a. BRT y b. FUSIONADO).

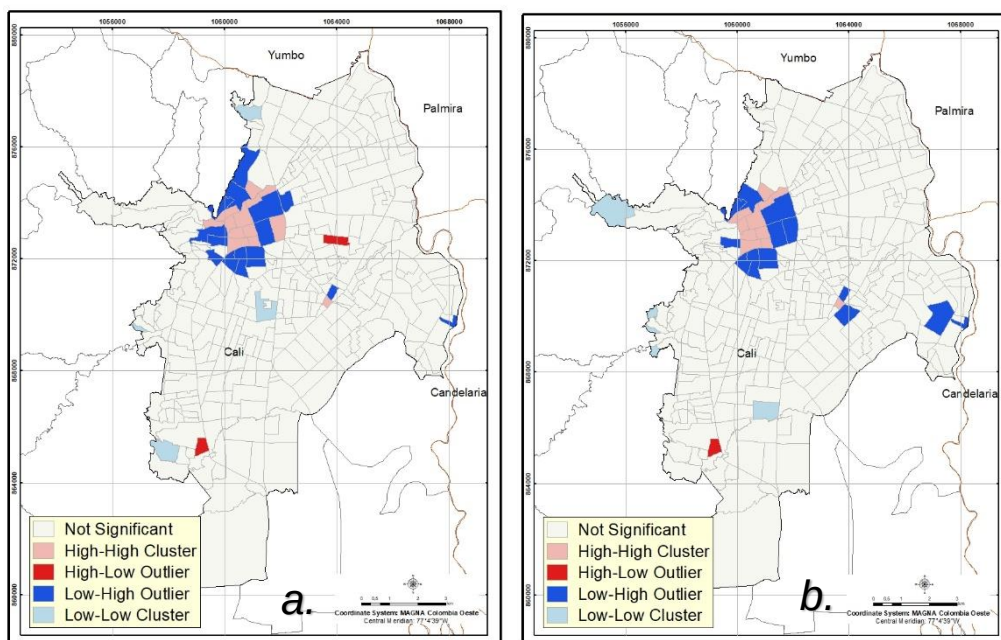


Figura. 34 Agrupación de Significancia para el Índice IPTP (a. BRT y b. FUSIONADO).