



ESCUELA POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Máster Universitario en Investigación en Ingeniería y  
Arquitectura con Especialidad en Ingeniería gráfica y de la  
Construcción.

Trabajo Fin de Máster

Accesibilidad peatonal a los servicios educativos de  
la ciudad de Ibagué - Tolima, Colombia.



# UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

## Escuela Politécnica

Máster Universitario en Investigación en Ingeniería y  
Arquitectura con Especialidad en Ingeniería gráfica y de la  
Construcción.

### Trabajo Fin de Máster

Accesibilidad peatonal a los servicios educativos de  
la ciudad de Ibagué - Tolima, Colombia.

Autor: Mailen Stephany Álvarez Rojas

Tutor: José Antonio Gutiérrez Gallego

Co-Tutor/es: Elia Quirós Rosado

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1.	PANORAMA GENERAL DEL SISTEMA EDUCATIVO EN COLOMBIA	10
1.2.	SITUACIÓN DE LA EDUCACIÓN BÁSICA EN IBAGUÉ	11
1.3.	INFLUENCIA DE LA ACCESIBILIDAD SOBRE EL SERVICIO EDUCATIVO	12
1.4.	ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD POR MEDIO DE INDICADORES Y SU IMPLEMENTACIÓN EN SIG.	13
1.5.	CONSIDERACIONES Y ESTRUCTURA DEL ESTUDIO	14
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>3.</b>	<b>ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE</b>	<b>15</b>
3.1.	USO DE SIG EN LA ACCESIBILIDAD A LOS SERVICIOS	15
3.2.	LOS SIG EN LOS ESTUDIOS DE LA ACCESIBILIDAD A CENTROS EDUCATIVOS	16
<b>4.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>17</b>
4.1.	ÁREA DE ESTUDIO	17
4.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS	20
4.3.	PROCESAMIENTO DE DATOS	24
4.4.	APLICACIÓN DE INDICADORES DE ACCESIBILIDAD	25
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>28</b>
5.1.	DENSIDAD POBLACIONAL GENERAL	29
5.2.	DENSIDAD POBLACIONAL ESCOLAR	31
5.3.	INDICADORES: CENTROS EDUCATIVOS GENERALES	32
5.3.1.	INDICADOR DE TIEMPOS MÍNIMOS	32
5.3.2.	INDICADOR DE ACCESIBILIDAD ABSOLUTA	33
5.3.3.	DEMANDA POTENCIAL A CADA CENTRO EDUCATIVO	35
5.3.4.	INDICADOR DE OPORTUNIDADES ACUMULADAS A 15 MINUTOS	36
5.4.	INDICADORES: CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES	38
5.4.1.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES	38
5.4.2.	INDICADOR DE TIEMPOS MÍNIMOS	39
5.4.3.	INDICADOR DE ACCESIBILIDAD ABSOLUTA	40
5.4.4.	DEMANDA POTENCIAL A CADA CENTRO EDUCATIVO OFICIAL	42
5.4.5.	INDICADOR DE OPORTUNIDADES ACUMULADAS A 15 MINUTOS	43
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
6.1.	LÍNEAS FUTURAS DE INTERVENCIÓN.	46

<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>56</b>
8.1.	MAPAS GENERALES	57
8.2.	INDICADORES DE ACCESIBILIDAD A CENTROS EDUCATIVOS PÚBLICOS Y PRIVADOS	60
8.3.	INDICADORES DE ACCESIBILIDAD A CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES (PÚBLICOS)	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Listado de centros educativos oficiales filtrados a partir del listado obtenido a través de la Gobernación del Tolima y asignación de identificador previa en la primera etapa del estudio.....	22
<b>Tabla 2 .</b> Clasificación de Indicadores de Accesibilidad. Elaboración propia en base a (Monzon de caceres, 1988).....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización a nivel nacional y departamental de la ciudad de Ibagué. Fuente: <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1911739">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1911739</a> .	17
<b>Figura 2.</b> División político administrativa de Ibagué (Comunas). Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía del Acuerdo 0823 de 2014 (Plan de ordenamiento territorial).	18
<b>Figura 3.</b> Ubicación espacial de centros con educación básica primaria y secundaria sobre Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de listado Oficial de instituciones educativa de la Gobernación del Tolima 2017 y cartografía obtenida en el Geo portal del DANE.	19
<b>Figura 4.</b> Usos del suelo actual de la ciudad de Ibagué. Fuente: Planimetría Acuerdo 0823 de 2014, Plan de Ordenamiento Territorial (POT).	20
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Proceso Segmentado mostrando las etapas de elaboración de la investigación. Fuente: Elaboración Propia.	28
<b>Figura 6.</b> Densidad poblacional de Ibagué. Elaboración propia en base al censo poblacional 2005. Fuente: Elaboración propia a partir de la proyección poblacional DANE.	29
<b>Figura 7.</b> Diagrama por sectores de la densidad poblacional general de la ciudad de Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de DANE 2005.	30
<b>Figura 8.</b> Densidad de la población entre los 5 y 14 años de Ibagué. Elaboración propia en base al censo poblacional 2005. DANE.	31
<b>Figura 9.</b> Diagrama por sectores de la densidad poblacional escolar. Fuente: Elaboración propia a partir de DANE 2005.	31
<b>Figura 10.</b> Indicador de Tiempos Mínimos de acceso peatonal hacia los Centros Educativos de Ibagué.	32

<b>Figura 11.</b> Diagrama por sectores del grado de accesibilidad en el indicador de Tiempos Mínimos.	33
<b>Figura 12.</b> Indicador de Accesibilidad Absoluta peatonal hacia los Centros Educativos de Ibagué.	34
<b>Figura 13.</b> Diagrama por sectores del indicador de Accesibilidad Absoluta por minutos.	34
<b>Figura 14.</b> Población Potencial Cercana a cada Centro educativo.	35
<b>Figura 15.</b> Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo respecto a la demanda contemplada por sector.	36
<b>Figura 16.</b> Indicador de Oportunidades acumuladas: Población potencial a menos de 15 minutos de los centros educativos en contraste con la densidad poblacional escolar.	37
<b>Figura 17.</b> Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo y la Demanda Potencial a 15 minutos de distancia.	37
<b>Figura 18.</b> Ubicación espacial de Centros con Educación Oficiales en la ciudad de Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de listado Oficial de instituciones educativa de la Gobernación del Tolima 2017 y cartografía obtenida en el Geo portal del DANE.	38
<b>Figura 19.</b> Indicador de Tiempos Mínimos de acceso peatonal hacia los Centros Educativos Oficiales de Ibagué.	39
<b>Figura 20.</b> Diagrama por sectores del grado de accesibilidad en el indicador de Tiempos mínimos a los Centros Educativos Oficiales.	40
<b>Figura 21.</b> Indicador de Accesibilidad Absoluta peatonal hacia los centros educativos de Ibagué.	40
<b>Figura 22.</b> Diagrama por sectores del indicador de Accesibilidad Absoluta por minutos al conjunto de Centros Educativos Oficiales.	41
<b>Figura 23.</b> Población Potencial Cercana a cada Centro Educativo Oficial.	42
<b>Figura 24.</b> Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo oficial respecto a su demanda cercana.	42
<b>Figura 25.</b> indicador de Oportunidades Acumuladas: Población potencial a menos de 15 minutos de los Centros Educativos Oficiales en contraste con la densidad poblacional escolar.	43
<b>Figura 26.</b> Diagrama de líneas con Demanda Potencial a 15 minutos de distancia hacia los Centros Educativos Oficiales.	44

## **RESUMEN**

Para Colombia, la educación es la formación permanente de cada individuo por medio de la concepción integral de los aspectos culturales, sociales, legales y humanos. Este trabajo de investigación, muestra el análisis de accesibilidad peatonal de la población en edad escolar entre los 5 y 14 años, hacia los centros educativos de orden general y oficial que ofrecen la enseñanza en los niveles de básica primaria y básica secundaria en la ciudad de Ibagué. Para el desarrollo del estudio, se contó con información de la red vial de la ciudad, el censo poblacional por manzanas de 2005 y los centros educativos tanto oficiales como privados con su respectiva oferta hacia 2017. La comprensión espacial y demográfica de la ciudad junto con la aplicación de los indicadores de tiempos mínimos, accesibilidad absoluta y oportunidades acumuladas permiten realizar un análisis integral teniendo en cuenta la oferta - demanda educativa. A partir de los resultados obtenidos, se genera un diagnóstico que evalúa el grado de accesibilidad que posee la población en edad escolar y la cobertura que los centros educativos tienen sobre el territorio.

## **PALABRAS CLAVE**

Accesibilidad peatonal, educación básica, educación oficial, sistemas de información geográfica, indicadores de accesibilidad.

## **ABSTRACT**

For Colombia, education is the permanent formation of each individual through the integral conception of cultural, social, legal and human aspects. This research shows the pedestrian accessibility analysis of the school-age population between the ages of 5 and 14, towards general and official educational centers that offer education at primary and secondary levels in the city of Ibagué. For the development of the study, information was provided on the city's road network, the 2005 population census by blocks and the official and private educational centers with their respective offer by 2017. The spatial and demographic understanding of the city along with the application of the indicators of minimum times, absolute accessibility and accumulated opportunities allow to make an integral analysis taking into account the supply-educational demand. Based on the results obtained, a diagnosis is generated that assesses the degree of accessibility that the population of school age possesses and the coverage that the educational centers have over the territory.

## **KEYWORDS**

Accessibility pedestrian, basic education, official education, geographic information systems, accessibility indicators.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras la Segunda Guerra Mundial en 1948, la Declaración Universal de Derechos Humanos su Artículo 26 proclama que: “Toda persona tiene derecho a la educación”, convirtiéndose en la primera enmienda hacia el derecho obligatorio. Más adelante, en 1960 a través de la Conferencia General de la UNESCO, se fortalece el panorama de la educación como aquel servicio que debe “procurar la igualdad de posibilidades y de trato para toda la población”. Desde entonces, se trabaja para que la enseñanza primaria y secundaria sea obligatoria y gratuita, ya que esto propicia el desarrollo de aptitudes en el individuo.

Actualmente en el mundo entero, el número de personas que reciben educación es el más alto de toda la historia. Particularmente en los países en desarrollo, el acceso a la educación aumenta, el número de inscripciones en la enseñanza superior progresa de manera significativa, y los programas innovadores de alfabetización y educación para niños y adultos están transformando la vida de los desfavorecidos. Sin embargo, factores como la pobreza, el conflicto armado y el bajo rendimiento del personal docente junto con las desigualdades sociales y geográficas mantienen sin escolarizar a la población (UNESCO, 2011).

En el ámbito internacional existe el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (ICESCR); es un tratado multilateral a nivel mundial que reconoce los derechos integrales de las personas (entre ellos la educación) y posee mecanismos para su protección y garantía. Fue adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la Resolución 2200A (XXI), el 19 de diciembre de 1966. En él, los países participantes se comprometen a trabajar por los derechos y la calidad de vida de la población (United Nations, 1966). Dicho pacto, fue acogido por Colombia el 29 de Octubre de 1969; dentro del ámbito educativo abarcado en el artículo 13 del mismo, el país se comprometió a reconocer el derecho colectivo de la educación, y fomentar el desarrollo de la personalidad humana y del sentido de la dignidad; Brindar de forma gratuita y obligatoria la enseñanza primaria junto con la educación secundaria a modo de ser generalizada y accesible sin discriminación alguna y a generar un sistema escolar sin importar el tipo (privado o público) que incentive y promoció el acceso a la educación.

## **1.1. Panorama general del sistema educativo en Colombia**

En Colombia, la educación es la formación permanente de cada individuo por medio de la concepción integral de los aspectos culturales, sociales, legales y humanos (Ministerio de Educación Nacional, 2012). Por su parte, el sistema educativo colombiano según la Ley General de Educación está conformado por: la educación inicial, la educación preescolar, la educación básica, la educación media y la educación superior.

Dicha clasificación se establece por edad de la población escolar y el número de cursos: en primer lugar, la educación preescolar dirigida a niños menores de 5 años con los cursos de Jardín, pre jardín y transición, siendo este último obligatorio para acceder al siguiente nivel; en segundo lugar, la educación básica obligatoria, dividida en el sector de primaria, con población entre los 6 - 10 años y niveles de 1° a 5° y el sector secundaria con población entre los 11 - 14 años entre niveles 6° a 9°; en tercer lugar, la educación media dirigida a jóvenes entre 15 - 17 años entre niveles 10° y 11°, que junto con la educación obligatoria permiten al estudiante elegir itinerarios contemplados entre arte, ciencia y tecnología con el fin de definir el perfil del futuro ciudadano. Finalmente, la educación superior que compone la formación técnica, tecnología y profesional (Congreso de la República de Colombia, 1994).

Según lo establecido en el Artículo 67. de la Constitución Colombiana “El Estado, la sociedad y la familia son responsables de la educación, que será obligatoria entre los cinco y los quince años de edad y que comprenderá como mínimo, un año de preescolar y nueve de educación básica.” (Corte Constitucional de Colombia, 2015), en consecuencia, se define como obligatoria la educación preescolar y la educación básica primaria y secundaria cuyos cimientos se basan en áreas fundamentales del conocimiento y de la actividad humana. Por tanto, la educación básica constituye un prerrequisito para ingresar a la educación media o acceder al servicio especial de educación laboral (Ministerio de Educación Nacional, 2016). Al mismo tiempo, se menciona la garantía de cubrimiento del servicio para asegurar las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo.

A pesar de establecer lo anterior, las condiciones para desarrollar la educación en Colombia no son suficientes por aspectos que van desde la capacidad e inversión en infraestructura y factores económicos de la población hasta el ambiente escolar y la

preparación de los docentes (Delgado, 2014). Además, según el informe del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) de 2012, el país presenta debilidades en todos los aspectos del sector educativo: cobertura, calidad, número de profesores, desigualdades sociales y geográficas, accesibilidad a educación superior, innovación y tecnología; los resultados se obtuvieron a partir de la muestra internacional de 13.718 estudiantes en 380 colegios de todo el país, 258 oficiales y 122 privados. Aunque el esfuerzo por mejorar respecto a otros años es notable, los resultados lo situaron por debajo de la media internacional (Ministerio de Educación Nacional, 2013).

Otro factor influyente en el desarrollo de la educación en Colombia es la participación del sector privado. Este, a diferencia del sector público posee recursos económicos constantes, infraestructura adecuada, libertad de posicionamiento y por tanto, mejor calidad en la educación; sin embargo, limita el acceso del servicio a las personas según su capacidad de compra, marcando una profunda segregación social que limita el goce de la educación como derecho universal. (Mosquera, 2012). En la actualidad el sector privado soporta las carencias del sector público mostrando que del total de centros educativos privados en el país, el 70% ofrece educación preescolar, básica primaria y secundaria (Ministerio de Educación Nacional, 2011).

## **1.2.Situación de la educación básica en Ibagué**

En seguimiento con el panorama de educación básica, Ibagué no es ajeno ante las deficiencias del servicio y las diferencias económicas. En 2016, la participación escolar en la ciudad fue del 94% discriminado en un 73% sobre el sector público y un 21% sobre el sector privado, anotando un 6% sin participación (Alcaldía de Ibagué, 2016). Dentro de las razones que afectan la población sin participación se incluye la deserción escolar sostenidamente con un 45,77% que se apoya de fenómenos como la tasa de trabajo infantil, la repitencia escolar y la condición pública o privada junto con la capacidad de los establecimientos educativos (Alcaldía de Ibagué, 2015).

La mayoría de la población en edad escolar de Ibagué estudia en alguno de los 48 establecimientos oficiales de la ciudad. No obstante, la satisfacción de los padres con la educación pública en los últimos cinco años ha disminuido del 73% al 65%,

el motivo: la administración pública en general, y los obstáculos en la continuidad escolar (paros o huelgas) (Alcaldía de Ibagué, 2015). Aunque el acceso a la educación pública no es difícil, la ubicación espacial sobre la ciudad si lo es, factor de diferencia con el sector privado que posee un centro educativo más cercano a cada sector. Así pues, los estratos bajos prefieren tener un centro cercano a su domicilio para ahorrar el desplazamiento diario y los estratos altos incorporan a su población escolar en establecimientos públicos previamente seleccionados por calidad educativa así carezcan de cercanía a su zona (Correa Valdés, 2015).

### **1.3. Influencia de la accesibilidad sobre el servicio educativo**

En relación con la situación actual de la educación, la movilidad y el acceso a los servicios se han convertido para Colombia en un tema prioritario ante el crecimiento de las ciudades en desarrollo; ejemplo de ello son Bogotá y Medellín que pretenden generar una movilidad sostenible por medio del mejoramiento del sistema de transporte público y la implementación de ciclo rutas (Quintero, 2011). Sin embargo, el fenómeno de la inmovilidad es preocupante por la densificación poblacional en las urbes, el incremento de la motorización individual y las políticas laxas del gobierno (Cámara de Comercio de Bogotá, 2009). Por tanto, la inmovilidad afecta el progreso y crecimiento económico, involucrando la calidad de vida de la población; además el incremento vehicular impacta de forma negativa sobre el medio ambiente por la emisión de gases contaminantes y consumición de recursos naturales, incrementa los índices de congestión y eleva los problemas de salud en los ciudadanos (Acevedo 2009).

Es así como, la movilidad y el transporte escolar son asuntos que inciden en la calidad de la educación. La oferta de plazas y la ubicación de los centros, hace que la población escolar ocupe gran parte del tiempo en desplazarse hacia los destinos (Ministerio de Educación Nacional, 2001). En Ibagué, a esta situación se le añade el transporte pirata o carros particulares que reemplaza a las rutas escolares habituales, incrementando el número de vehículos a las salidas de los centros (Redacción El Tiempo, 2008) y las dificultades de desplazamiento al coincidir con las horas pico de la ciudad (Saldarriaga L, 2013). Si bien es cierto el problema de deserción y no escolarización se influyen directamente de las políticas y la economía del país, es

importante evaluar el aspecto de la accesibilidad para determinar su influencia territorial y social.

#### **1.4. Análisis de accesibilidad por medio de indicadores y su implementación en SIG.**

El concepto de accesibilidad, se considera complejo de definir por las diferentes connotaciones que pueda tener dependiendo del campo de estudio, tal y como se apunta en el estudio de (J.A. Gutiérrez Gallego et al. 2010). Sin embargo, para este contexto la accesibilidad es de orden geográfico hacia un servicios, por tanto se define como la proximidad en el tiempo (o coste) entre un punto de origen y un punto de destino (Galán Bueno 1999).

Existe gran variedad de indicadores para medir la accesibilidad que se centran en los factores físicos y sociales. Gran parte de estos, combinan el coste del desplazamiento (impedancia o resistencia al movimiento) y la capacidad de atracción, es decir el volumen de agentes involucrados en el transporte (Geertman and Ritsema Van Eck 1995). En función de los datos disponibles, se pueden utilizar distintos indicadores de atracción. Dentro de ellos, destacan la población, que refleja la accesibilidad a los consumidores, el empleo, que representa la accesibilidad a las actividades económicas o el producto interior bruto (Javier et al. 2016).

Otros elementos considerados en la accesibilidad espacial son los orígenes, el modo de transporte, los modelos de elevaciones (Condeço, y otros, 2013), la distancia interna (Frost, y otros, 1995), los problemas vinculados a la delimitación del área de estudio (Bruinsma, y otros, 1998), la escala espacial y el tipo de representación cartográfica (Gutierrez, y otros, 1996). Para este tipo de estudio donde se analiza la cercanía y oportunidades de acceso al servicio educativo, una visión general de los beneficios y condiciones estudiadas en los indicadores de accesibilidad se hace prudente.

Los Sistemas de información Geográfica (SIG) son herramientas especialmente útiles para el cálculo y representación de la accesibilidad espacial. La implementación de indicadores de accesibilidad en SIG permite integrar todas las fases necesarias en su análisis, desde la definición del problema y recogida de los datos, la especificación de las medidas, el cálculo de los indicadores en los módulos de redes hasta su

representación cartográfica para la interpretación y evaluación (Ortega, y otros, 2011).

### **1.5. Consideraciones y estructura del estudio**

A partir del contexto anterior y la clasificación de la educación pública y privada, este estudio contiene cinco apartados cuyo contenido se describe a continuación. Primero, la sección de objetivos principales y específicos donde se detalla el alcance propuesto en el estudio. Segundo, la sección de antecedentes donde se muestran los estudios realizados en torno al análisis de accesibilidad espacial en el sector educativo desde el nivel internacional hasta el nivel local. Tercero, la sección de material y método, en ella se muestran los tipos de indicadores y las etapas empleadas en el estudio. Cuarto, la sección de resultados y discusión en la cual se detalla en primer lugar, el análisis espacial por medio de visualización de mapas y segundo lugar, el análisis cuantitativo por medio de soportes tabulares y gráficos. Esta sección en particular posee dos etapas de estudio dirigidas a los centros educativos en general y los centros educativos oficiales. Finalmente, la sección de conclusiones que relaciona las etapas discutidas en los resultados con una sección propositiva para futuras líneas de investigación en el campo de la accesibilidad peatonal y la educación.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este estudio es analizar la accesibilidad peatonal de la población en edad escolar a los centros educativos de orden general y oficial que suplen los niveles de básica primaria y secundaria en la zona urbana de la ciudad de Ibagué –Tolima (Colombia). Para ello, se incluirá la localización de dichos centros en un Sistema de Información Geográfica que nos facilitara el análisis de la accesibilidad desde tanto un enfoque espacial como cuantitativo. Considerando además las características de la oferta y demanda, junto con algunos indicadores de accesibilidad, se estudiará así mismo la cobertura espacial de los centros sobre la zona urbana de la ciudad.

### **3. ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. Uso de SIG en la accesibilidad a los servicios**

El uso de los sistemas de información geográfica durante los últimos años, ha enfocado sus esfuerzos en evaluar la accesibilidad geográfica hacia de diferentes servicios que tienen el potencial de contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la población. (Villanueva 2010)

Los estudios de accesibilidad espacial a partir de los sistemas de información geográfica tienen múltiples áreas de investigación. En España por ejemplo, se han realizado estudios en el campo del transporte y el acceso a servicios desde nivel local hasta nivel nacional que permiten la implantación de nuevas formas sostenibles de desplazamiento y limita el uso del vehículo privado (Mora Aliseda et al. 2003), ( Gutiérrez Gallego, Ruiz Labrador, and Rodrigo Muñoz 2016) y (J.A. Gutiérrez Gallego et al. 2014).

En México y Argentina se han llevado a cabo estudios de accesibilidad hacia servicios colectivos y de salud, para analizar desigualdades espaciales y distribución territorial como se observa en los estudios de accesibilidad geográfica al sistema de salud y educación de (Villanueva 2010) y (Martínez and Rojas 2014), unidades de servicio en general de una ciudad junto con fundamentos diseño y aplicación de (Garrocho and Campos 2006).

Otros estudios han sido respaldados en diferentes países bajo esta metodología con propósitos como: La minimización de costes como lógica de localización en el estudio de (Nogales Galán et al. 2002); la inspección de densidad poblacional (Postigo Vidal, y otros) , la relación de campos potenciales que explican migraciones entre dos áreas, entre otros como el estudio de (J.A. Gutiérrez Gallego et al. 2010) alusivo a sectores económicos.

### **3.2.Los SIG en los estudios de la accesibilidad a centros educativos**

A nivel educativo en términos internacionales, existen varios estudios de accesibilidad por medio de SIG. Estos, fueron realizados aplicando los indicadores basados en la proporción de oferta y demanda en los centros educativos (Moro Deordal, y otros, 2000), la afectación de sus distancias y el planteamiento de vías de comunicación (Galbán Montes et al. 2008) y el principio de equilibrio territorial que permite incluir a toda la población del servicio sin discriminación alguna (Escolano, Ruiz, and Climent 2005).

Los estudios de accesibilidad a este tipo de servicios son especialmente importantes para zonas con alta demografía, donde la movilidad y los ingresos son limitados. Por tanto, la cercanía de los centros respecto a la residencia de la población y las dificultades de desplazamiento que se presentan deben ser analizadas a detalle. De esta manera, dichos estudios buscan generar oportunidades de acceso más directas reduciendo tiempos y los costos en los desplazamientos que pueden influir en las opciones de vida de la población (Escolano, Ruiz, and Climent 2005), (Iglesias Afonso, y otros, 2009) y (Moro and Villaescusa 2000).

En Colombia, los indicadores de accesibilidad al sector educativo priorizan la equidad espacial, la construcción y adaptación de equipamientos educativos en zonas distantes (Avendaño Rodríguez, 2012) . Del mismo modo, se tiene en cuenta la eficiencia y la cobertura del servicio generando vínculos educativos entre instituciones (Berrocal 2012). Es importante profundizar en este tema debido a que la educación a pesar de ser un derecho obligatorio en el país, no es accesible al total de la población escolar y carece de estudios con criterio que analicen intervenciones a corto y largo plazo. Por tanto, este análisis permite ampliar el campo de estudio en el sector educativo y diagnostica las oportunidades de acceso a la población escolar, impulsando la inquietud de futuros investigadores que quieran contribuir al desarrollo del país por medio de estudios similares o complementarios.

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

### 4.1. Área de Estudio

El área de interés para el estudio es la ciudad de Ibagué también conocida como la “capital musical de Colombia”. Fundada el 14 de Octubre de 1550, es el municipio capital del departamento del Tolima, localizado sobre la cordillera central de los Andes a 1285 msnm en el centro oriente del país a 207 km de Bogotá como se observa en la Figura 1. Cuenta con una superficie total de 1439 km<sup>2</sup> y valores térmicos entre los 18°C y 30°C.



*Figura 1.* Localización a nivel nacional y departamental de la ciudad de Ibagué. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1911739>.

Es una ciudad intermedia en cuanto a su población, que no excede el millón de habitantes y su extensión territorial. Actualmente, su división política administrativa sobre la zona urbana contempla 13 comunas numerada a partir de la comuna fundacional en sentido de las manecillas del reloj como se observa en las Figura 2.

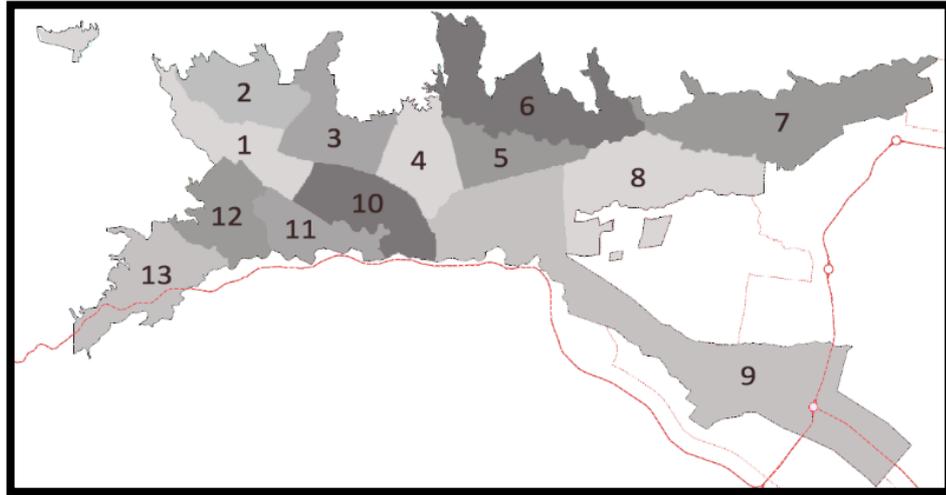


Figura 2. División político administrativa de Ibagué (Comunas). Fuente: Elaboración propia en base a la Cartografía del Acuerdo 0823 de 2014 (Plan de ordenamiento territorial).

Según el DANE la proyección demográfica hacia el 2016 contempla una población de 533.361 habitantes en la zona urbana. Su tasa de crecimiento demográfica más alta tuvo lugar entre los años de 1951 y 1964 por el fenómeno de la violencia que forzaba el desplazamiento de la población en las zonas rurales hacia las ciudades. A nivel nacional ocupa el octavo lugar en población después de Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cartagena, Cúcuta y Soledad. El 25% de la población total de Ibagué, se encuentra en edad escolar con edades entre los 5 y 14 años. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2016).

En el entorno educativo, se identifica que los niveles de básica primaria y secundaria poseen la mayor participación sobre el territorio con un 75% (Alcaldía de Ibagué, 2015), y coincide con el interés de este estudio en examinar la disponibilidad y accesibilidad a establecimientos que dicten dichos niveles. Este estudio posee una muestra de 207 centros educativos entre oficiales y privados sobre la zona urbana de Ibagué; en la Figura 3 se muestra la distribución espacial de los mismos.

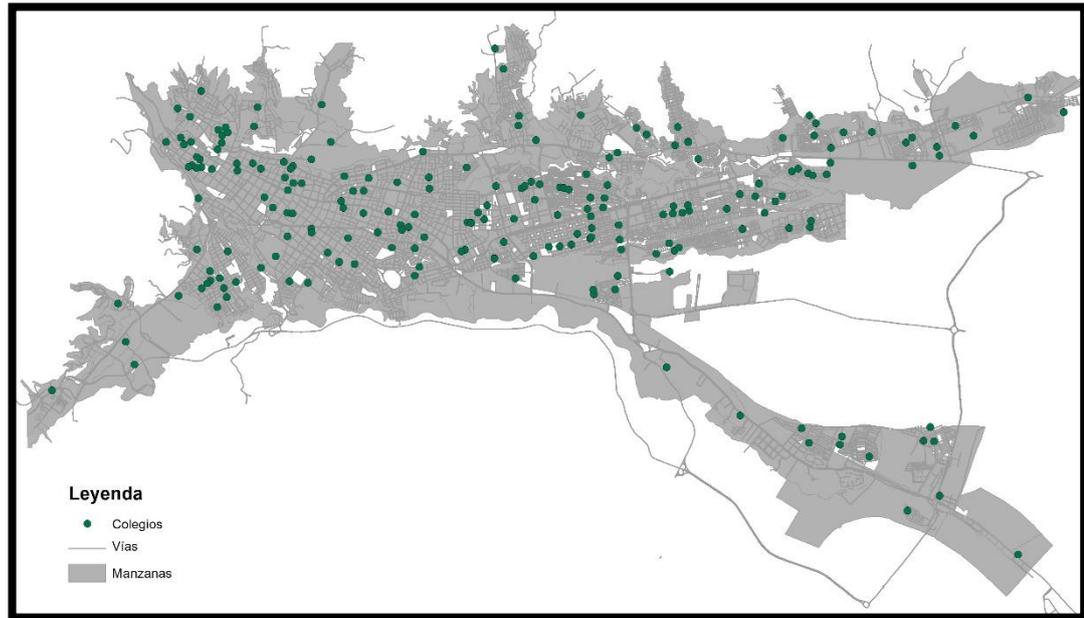


Figura 3. Ubicación espacial de centros con educación básica primaria y secundaria sobre Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de listado Oficial de instituciones educativa de la Gobernación del Tolima 2017 y cartografía obtenida en el Geo portal del DANE.

En cuanto a economía, Ibagué es un importante eje financiero y económico de Colombia, esto se debe a su ubicación equidistante al triángulo de oro (Medellín - Cali - Bogotá) que cuenta con la mayor demanda económica del país (Redacción El Tiempo, 2008). Ibagué basa su economía en el comercio gracias a la llegada de almacenes de cadena y consolidación de negocios propios, este campo se concentra en la comuna 1 por ser la comuna fundacional de la ciudad y las comunas 4 y 10 por tener equidistancia con el resto de sectores. La industria también se consolida como fundamento de la economía en Ibagué, ocupándose del sector textil, alimenticio y agropecuario, esta actividad se desarrolla sobre la comuna 9 ya que es la zona con potencial de expansión de la ciudad.

Una visión más general de la actividad económica y los usos del suelo en la ciudad de Ibagué se presenta en la Figura 4 En primer lugar se representan en tonos tierra las zonas que son de carácter residencial e institucional; en segundo lugar y en tonos fríos de rosas y azules (Comuna 1,4 y 7) los sectores donde se desarrolla la actividad de servicios y comercio, siendo la comuna 1 la más predominante por ser la comuna fundadora de la ciudad; en tercer lugar, en colores fuertes ( fucsia, rojo y violeta) se resalta la zona industrial sobre la comuna 9 y por último los círculos y secciones verdes indican las zonas protección ambiental en la ciudad.

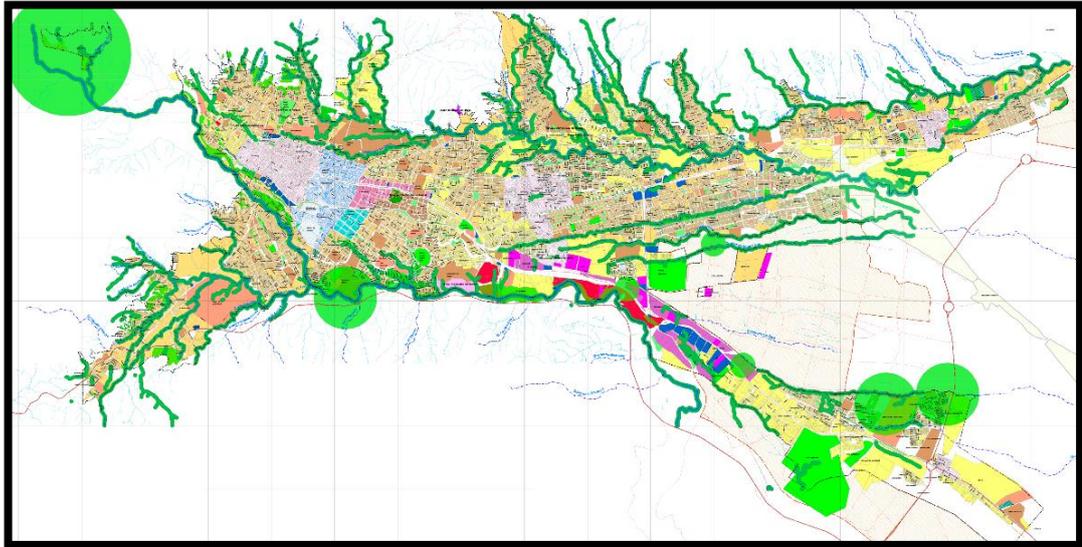


Figura 4. Usos del suelo actual de la ciudad de Ibagué. Fuente: Planimetría Acuerdo 0823 de 2014, Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

## 4.2.Recolección de Datos

Gracias a esta etapa se inicia la investigación. En ella se recopilaron los datos cartográficos, demográficos y educativos que son la base del estudio. En principio, se obtuvo el plano vial del casco urbano de Ibagué por medio de Open Street Map exportado en formato “.oms”, a partir de este se filtró la información que contenía vías y senderos peatonales (Fundación Open Street Map, 2017). Dicho plano se apoyó de la Cartografía del municipio estructurado por manzanas catastrales obtenidas en el Geo portal DANE en la sección de Datos y meta datos, en ella se encuentra el código identificador de cada manzana y su área (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017).

Debido a la importancia de los soportes cuantitativos, la información demográfica por manzanas catastrales se consultó en el “Sistema de Consulta de Información Censal”, que por medio de categorías filtra toda la información del único censo completo en Colombia que data del año 2005 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística , 2007). En la sección de “lista áreas y despliegue de mapas”, se identificó la información de grupos quinquenales por manzanas del municipio y formato de salida en tabla. De esta manera, dicha información se unió a la cartografía obtenida por medio del código de manzana y la información catastral en común.

Respecto a la información educativa, por medio de la Gobernación del Tolima, se obtuvo el listado oficial de instituciones educativas con las matriculas registradas a principios del 2017; es importante resaltar que el curso escolar se desarrolla entre los meses de enero a noviembre. Este listado identifica los grupos quinquenales por niveles de educación preescolar, básica y media. En este estudio se tuvieron en cuenta las plazas de los niveles de básica primaria y secundaria con población entre los 5 y 14 años.

Dado que la ubicación georreferenciada existente en las bases de datos sobre cada centro educativo era poco confiable, ya que no correspondía al lugar donde realmente se encontraba cada centro y no se reconocían la mayoría; por medio de “Google Earth”, “Google Street View” y el listado de colegios obtenidos, se reubicaron y georreferenciaron de nuevo sobre la superficie urbana, para luego ser exportado de formato “kmz” a formato “shp”.

Posteriormente el estudio es dividido en dos etapas: la primera contemplando los centros educativos en términos generales, es decir, públicos y privados; y la segunda hacia los centros educativos oficiales, es decir de administración pública, que corresponden a la enseñanza gratuita y obligatoria de la educación básica.

Tanto para la primera como para la segunda etapa del estudio, se tuvo en cuenta el sector en el que se registra cada centro, que correspondiera a la zona urbana de Ibagué. Para generar la unión de la ubicación espacial y las plazas contenidas de cada colegio, se generó un identificador según la categoría del establecimiento de la siguiente manera:

- 1000 - Centros
- 1100 - Colegios
- 1200 - Gimnasios y Gimnasios infantiles
- 1300 - Instituciones educativas
- 1400 - Jardines Infantiles
- 1500 – Liceos

De esta manera la unión contiene 201 centros educativos con: el código identificador, el nombre del establecimiento, el número de plazas totales, en número de plazas por educación básica primaria y secundaria y las coordenadas georreferenciadas X y Y.

A partir de la anterior clasificación, es fácil distinguir el tipo de centro educativo. Como para la segunda etapa del análisis se tiene en cuenta los centros educativos oficiales, se filtra el listado de la primera etapa solo con el identificador de 1300 - que corresponde al nombre de “Instituciones Educativas” y son responsabilidad de la administración pública de la ciudad. En esta etapa se obtiene un listado de 48 centros, descritos por su identificador filtrado, el nombre del centro y el número de plazas totales y el número de plazas correspondientes a la educación básica como se muestra en la Tabla 1.

*Tabla 1.* Listado de centros educativos oficiales filtrados a partir del listado obtenido a través de la Gobernación del Tolima y asignación de identificador previa en la primera etapa del estudio.

<b>Cod.</b>	<b>Nombre Centro Educativo</b>	<b>Plazas Totales</b>	<b>Plazas Educación Básica.</b>
<b>1303</b>	Institución Educativa Boyacá	645	582
<b>1306</b>	Institución Educativa Guillermo Angulo Gómez	1.213	1.063
<b>1307</b>	Institución Educativa San José	772	576
<b>1309</b>	Institución Educativa Antonio Reyes Umaña	1.525	1.398
<b>1310</b>	Institución Educativa Carlos Lleras Restrepo	2.278	1.829
<b>1311</b>	Institución Educativa Ciudad Arkalá	903	777
<b>1312</b>	Institución Educativa Ciudad Luz	932	780
<b>1313</b>	Institución Educativa Miguel de Cervantes Saavedra	556	471
<b>1314</b>	Institución Educativa Diego Fallón	915	764
<b>1315</b>	Institución Educativa Exalumnas de la Presentación	1.420	1.209
<b>1316</b>	Institución Educativa Fe y Alegría	1.094	944
<b>1318</b>	Institución Educativa Francisco de Paula Santander	3.045	2721
<b>1319</b>	Institución Educativa German Pardo García	1.213	1.012
<b>1320</b>	Institución Educativa Manuel Murillo Toro	1.930	1.487

<b>1321</b>	Institución Educativa	Ismael Santofimio Trujillo	1.391	1.260
<b>1323</b>	Institución Educativa	Jorge Eliecer Gaitán	1.551	1.385
<b>1324</b>	Institución Educativa	José Antonio Ricaurte	2.257	1.998
<b>1325</b>	Institución Educativa	José Celestino Mutis	1.834	1.601
<b>1326</b>	Institución Educativa	José Joaquín Flórez Hernández	2.535	2.271
<b>1327</b>	Institución Educativa	Juan Lozano y Lozano	594	451
<b>1328</b>	Institución Educativa	Leónidas Rubio Villegas	1.715	1.463
<b>1329</b>	Institución Educativa	Liceo Nacional	3.115	2.615
<b>1330</b>	Institución Educativa	Luis Carlos Galán Sarmiento	1.203	1.044
<b>1331</b>	Institución Educativa	Maximiliano Neira Lámus	925	870
<b>1332</b>	Institución Educativa	Modelia	1.143	1.064
<b>1334</b>	Institución Educativa	Amina Melendro de Pulecio	1.825	1.693
<b>1335</b>	Institución Educativa	Nelsy García Ocampo	761	688
<b>1336</b>	Institución Educativa	Niño Jesús de Praga	1.118	923
<b>1337</b>	Institución Educativa	Normal Superior	3.305	2.739
<b>1341</b>	Institución Educativa	Raíces del Futuro	1.035	914
<b>1343</b>	Institución Educativa	San Isidro	1.260	1.180
<b>1344</b>	Institución Educativa	San Luis Gonzaga	452	400
<b>1345</b>	Institución Educativa	San Pedro Alejandrino	665	607
<b>1347</b>	Institución Educativa	San Simón	3.613	2.846
<b>1348</b>	Institución Educativa	Santiago Villa Escobar	1.106	959
<b>1349</b>	Institución Educativa	Santa Teresa de Jesús	1.437	1.184
<b>1350</b>	Institución Educativa	Técnica Alberto Castilla	1.987	1.675
<b>1351</b>	Institución Educativa	Técnica Alfonso Palacios Rudas	870	810
<b>1353</b>	Institución Educativa	Técnica bicentenario	981	865
<b>1354</b>	Institución Educativa	Técnica Comercial Celmira Huertas	674	550

<b>1355</b>	Institución Educativa Técnica Ciudad de Ibagué	2.422	2.103
<b>1356</b>	Institución Educativa Técnica Darío Echandía	690	592
<b>1357</b>	Institución Educativa Técnica Empresarial el Jardín	1.665	1.544
<b>1358</b>	Institución Educativa Técnica Joaquín París	1.065	813
<b>1359</b>	Institución Educativa Técnica nuestra Señora de Fátima	497	408
<b>1360</b>	Institución Educativa Técnica Sagrada Familia	2.596	2.033
<b>1361</b>	Institución Educativa Mpal. Alberto Santofimio Caicedo	1.137	890
<b>1362</b>	Institución Educativa Simón Bolívar	946	835

### 4.3. Procesamiento de Datos

Las variables empleadas para el análisis de accesibilidad peatonal a los centros educativos se calcularon con el apoyo del Sistema de Información Geográfica (ArcGIS). El proceso requiere implantar los datos obtenidos (Cartografía, demografía, educación) para la modelización del sistema urbano por medio del sistema de coordenadas "WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere".

En primer lugar se determinó la densidad poblacional en general y se realizó un contraste con la densidad de la población escolar (5-14 años) de forma espacial y cuantitativa presentada en planimetría vectorial por medio de la división del número de habitantes de cada manzana sobre su área; este cálculo permitió comparar la extensión y configuración territorial con la localización de la demografía como se observa en las Figuras 5 y 7 La densidad poblacional junto con los usos del suelo para este caso, permitió analizar el acceso a los centros educativos a partir de la concentración de población en los diferentes puntos de la ciudad. Los campos incluidos dentro de esta planimetría contienen, el identificador de manzana, el área de la manzana, el número de habitantes por edades y la densidad poblacional expresada en Hab/m<sup>2</sup>.

En segundo lugar se asignó la impedancia sobre la red vial. El término impedancia hace referencia “a la resistencia al movimiento en un intervalo determinado y es el resultado de la longitud de los tramos sobre la velocidad del recorrido” (Flujo,

Movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillan año 2007, 2009) . En este análisis de accesibilidad el valor medio contemplado para la velocidad peatonal es de 4,5km, soportado en el estudio de (Munoz-Raskin, 2010). Posteriormente, se realizó el cálculo de la topología sobre la red creando nodos que verificaron la unión de la misma. Los desplazamientos en este estudio no tienen orientaciones definidas al ser peatonales, a diferencia del movimiento en vehículo motorizado que tiene en cuenta la dirección de las calles.

Por último, se definieron centroides sobre la cartografía por manzanas, es decir la población que se concentró en la manzana como elemento puntual, al igual que la representación de los centros educativos. De esta manera, se realizó un cálculo sobre la red por medio de la herramienta “Closet Facility” en la cual se muestran las rutas óptimas desde cada centro de manzana a cada uno de los 207 centros educativos en la primera etapa y los 48 centros oficiales en la segunda. Junto con ella se generó la matriz Origen Destino (OD), tomando como origen los centros de manzana y destino los colegios, a partir de ella se obtuvo la información correspondiente al tiempo de recorrido y distancia por medio de la red vial.

Una vez extraídos los tiempos de viaje, se procede a calcular los indicadores empleados para analizar la accesibilidad peatonal hacia los centros educativos en la ciudad de Ibagué (tiempos mínimos, accesibilidad absoluta y oportunidades acumuladas también conocida como potenciales de población a 15 minutos de cada centro); este método se adapta al modelo en cuestión por que relaciona los factores físicos y sociales enmarcados en este estudio.

#### **4.4. Aplicación de Indicadores de Accesibilidad**

Debido a las implicaciones que requiere analizar la accesibilidad se han desarrollado múltiples indicadores para conseguirlo. Es importante tener claro el campo y la escala de aplicación, para seleccionar el indicador correcto; En el estudio realizado por (Monzon de caceres, 1988) se incluye una clasificación comprensible de los indicadores según los criterios anteriores, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de Indicadores de Accesibilidad. Elaboración propia en base a (Monzon de caceres, 1988)

<b>Topológicas</b>	Tipología del tramo de la red Medidas de Trazado Medidas de oposición al desplazamiento
<b>De viaje</b>	Utilización de Itinerario Probabilidad de producirse
<b>Agregadas</b>	Gravitacional Máximo beneficio del usuario
<b>Desagregadas</b>	Oportunidades acumuladas Tiempo-Espacio geográfico
<b>Basadas en Transporte Público</b>	Zona urbana Zona rural

Los indicadores incorporan dos condiciones: la distancia entre el origen - destino y la impedancia al movimiento, puesto que la movilidad no es ilimitada. Siendo la distancia aplicable a ambas condiciones porque muestra separación física y al incrementar, mayor es la impedancia o la restricción al movimiento (Martínez Sánchez-Mateos 2012). Para este estudio se analizaron los tiempos mínimos de acceso que se incluyen como parámetro de otro indicador en cuestión que es la Accesibilidad absoluta perteneciente al grupo de tiempo-espacio geográfico; además se incluye el indicador de oportunidades acumuladas en el análisis y que al igual que los anteriores indicadores pertenecen la categoría de medidas desagregadas expuestas en la clasificación del Tabla 2.

### **Medidas Desagregadas**

Este grupo de indicadores consideran el desplazamiento de un elemento individual, ya sean personas o vehículos por la red vial y no tienen presentes el resto de los elementos. Se utilizan para analizar el número de destinos que puede alcanzar un determinado usuario desde orígenes concretos (Monzon de caceres, 1988).

### **Indicador de Tiempos Mínimos**

Es el cálculo del tiempo mínimo desde cualquier centro de manzana como origen hacia el centro educativo más cercano. Para esto se tuvo en cuenta, además de la distancia, la red vial y la velocidad media del peatón andando: 4,5 km/h [32]. Es así

como la situación geográfica de los centros y las características de la red influyen en la aplicación y posterior resultado de este indicador.

### **Indicador de Accesibilidad Absoluta**

Este indicador es sensible a la localización geográfica de los nodos, mide el grado de interconexión de un punto con el resto de puntos de la región estudiada basándose en el coste del transporte y en los modelos potenciales de mercado primando siempre las zonas centrales. Para este caso se calculó el promedio de las impedancias que separan a cada elemento puntual que concentra la población en las manzanas respecto a los centros educativos a través de la red, además se considera la capacidad de cada centro como factor de ponderación a partir de la ecuación (1).

$$IAA = \frac{\sum_{j=1}^n (I_{Ij} * CC_j)}{\sum_{j=1}^n CC_j} \quad (1)$$

Donde:

$I_{ij}$ : es el tiempo mínimo entre los nodos  $ij$ , a través de la red, es decir, la impedancia entre origen y destino.

$CC_j$ : es la capacidad educativa de cada centro sobre la zona urbana.

El respaldo gráfico de este indicador es un mapa vectorial que en conjunto con la información tabular representan por tonalidades el nivel de accesibilidad que se posee hacia la zona de mayor actividad.

### **Indicador de Oportunidades Acumuladas**

En este indicador se contabilizó la cantidad de población escolar, es decir la población entre los 5 y 14 años que está a 15 minutos de distancia, con respecto a uno o varios puntos seleccionados (centros educativos); de esta manera, el indicador define la cantidad de demanda potencial existente en su entorno y se contrasta posteriormente con la capacidad de plazas que posea cada colegio. Este indicador se obtuvo a partir de una consulta realizada en Access 2013, donde se relacionaron las tablas de: Población potencial, Matriz OD con un tiempo menor a 15 minutos y el número de plazas por centro educativo; por medio de este dato se realizó una

representación gráfica en ArcGis sobre los elementos puntuales de los centros y se contrasta con el plano de densidad poblacional planteado anteriormente.

El resumen de esta sección puede apreciarse en la Figura 5 con un diagrama de etapas desarrolladas durante la investigación.

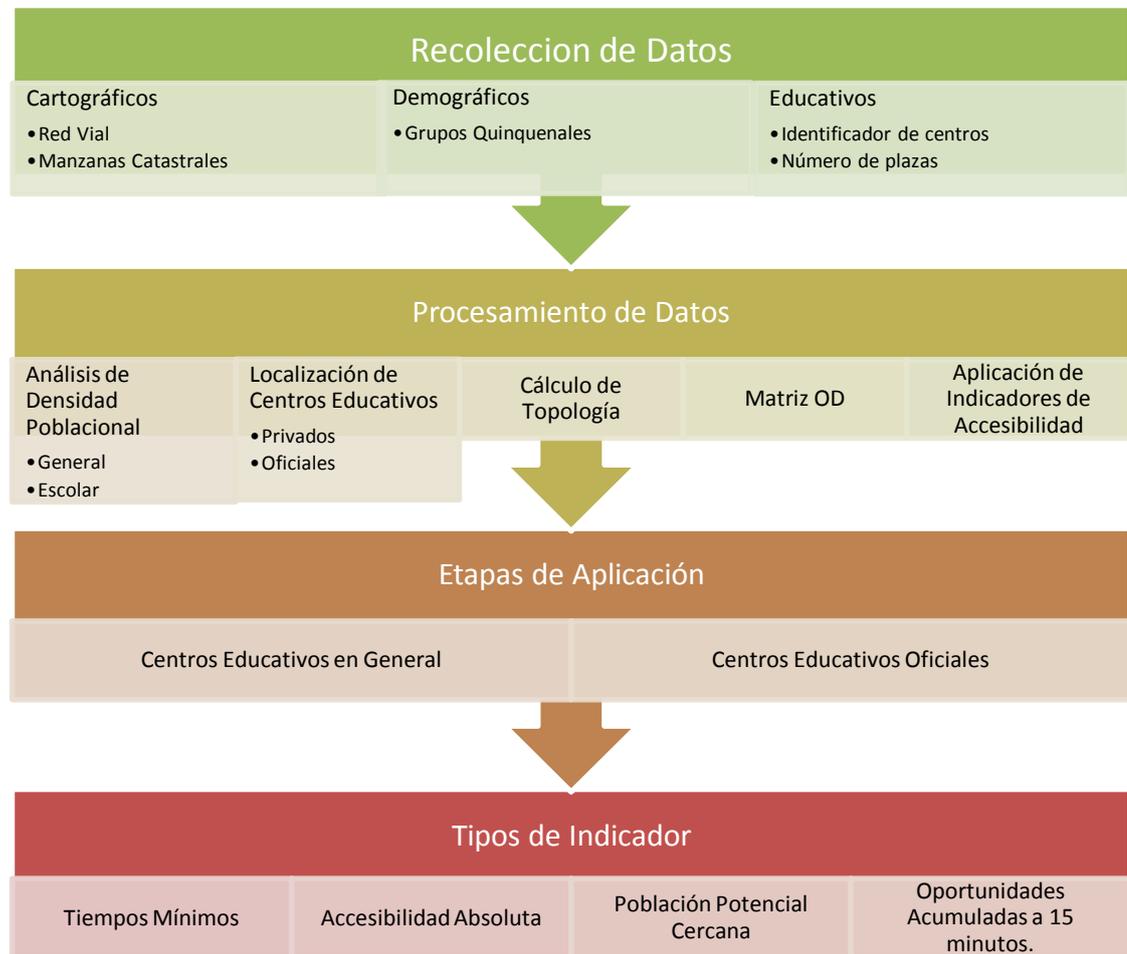
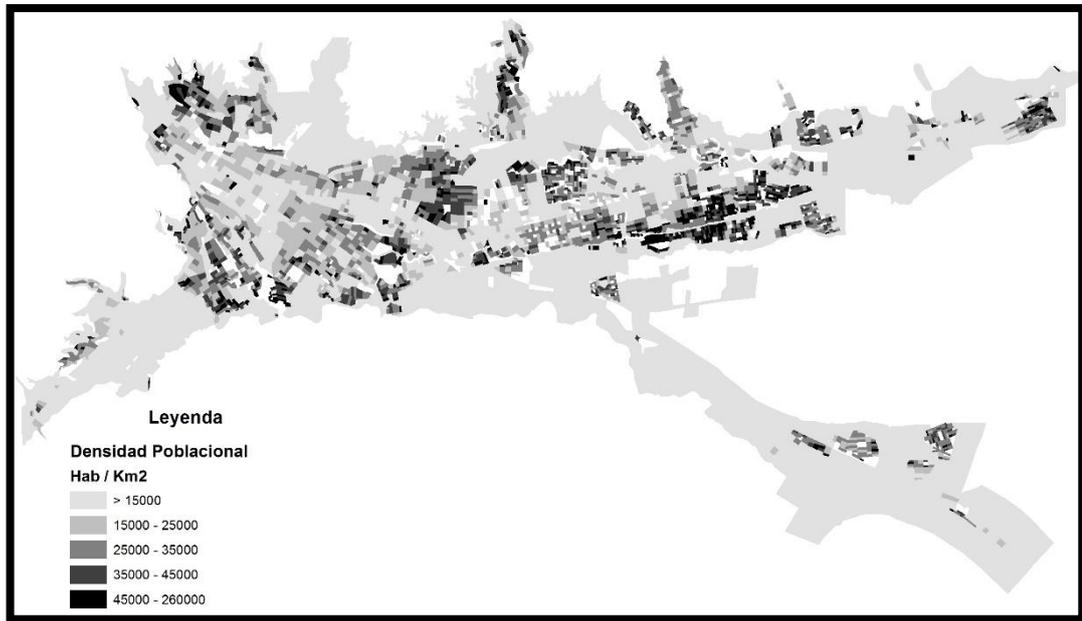


Figura 5. Diagrama de Proceso Segmentado mostrando las etapas de elaboración de la investigación. Fuente: Elaboración Propia.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para generar un diagnóstico global de la accesibilidad al servicio educativo hacia los centros públicos y privados, se requirió de una visión espacial y cuantitativa de los resultados que tiene en cuenta la localización e implicaciones de desplazamiento junto con la oferta y demanda de cada centro educativo. El método de estudio por indicadores este análisis, amplió la idea de que la accesibilidad está ligada únicamente con la ubicación de los centros. De este modo, se define en el análisis la cobertura educativa y la capacidad de atención por sectores.

## 5.1. Densidad Poblacional General



*Figura 6.* Densidad poblacional de Ibagué. Elaboración propia en base al censo poblacional 2005. Fuente: Elaboración propia a partir de la proyección poblacional DANE.

Este indicador permitió observar la configuración espacial de la ciudad y la dispersión de población sobre el territorio; su unidad de medida se representa en Hab/Km<sup>2</sup>. A nivel espacial, en referencia a la Figura 6 se observan por medio de tonos oscuros que las concentraciones de población se distribuyen según la configuración lineal de la ciudad, de forma irregular con mayor protagonismo en las comunas 2,4,6,8,10 y 12. Por otra parte, la baja densidad está presente en la periferia sobre las comunas 7,9 y 13 con cifras inferiores a 15.000 hab/km<sup>2</sup>. Esta observación puede compararse con el mapa de usos del suelo en la Figura 4 y probablemente generar razón sobre la distribución de densidad sobre la ciudad actualmente.

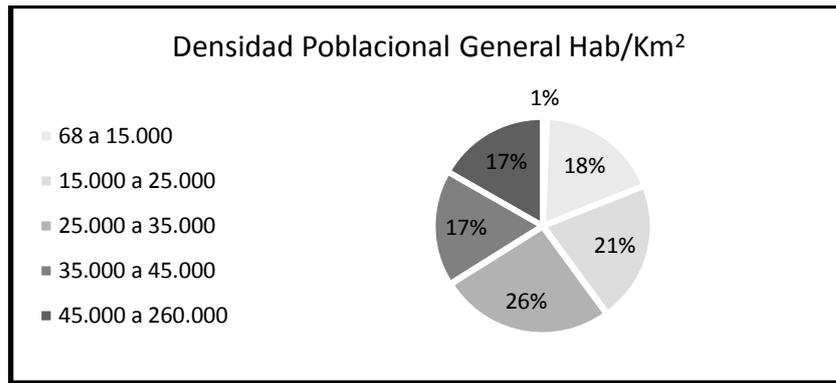


Figura 7. Diagrama por sectores de la densidad poblacional general de la ciudad de Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de DANE 2005.

A nivel cuantitativo y en soporte con la tabulación de la Figura 6 se define la densidad de población media como 32.123 Hab/Km<sup>2</sup>. Por otra parte, en la Figura 7 se contrasta la información de la planimetría a través de porcentajes de población por manzanas. Teniendo en cuenta la cantidad de manzanas pero no su extensión, se observa que existe una distribución promedio del 19,8% en los sectores que contienen a los diferentes grupos de densidades. Las manzanas que contienen una densidad contemplada entre los 68 a 35.000 hab/km<sup>2</sup> cuentan con una participación del 65% en la ciudad, seguido por el grupo entre los 35.000 a 260.000 con 34% y finalmente un 1% sin datos de población por que corresponde a espacio público.

Este análisis demuestra que la densidad poblacional no se involucra directamente con la extensión del territorio, ya que las manzanas más densas son las de menor dimensión y se ubican sobre el centro de la ciudad; a medida que el territorio se extiende hacia la periferia por islas, la población se dispersa sin patrón regular. Dicho panorama fomenta la adecuación de habitabilidad, ya que el objetivo de los ciudadanos es situarse en cercanías a los servicios, de esta forma la vivienda en altura es común y se acomoda a los diferentes puntos de comercio desarrollados en la ciudad.

## 5.2. Densidad Poblacional Escolar

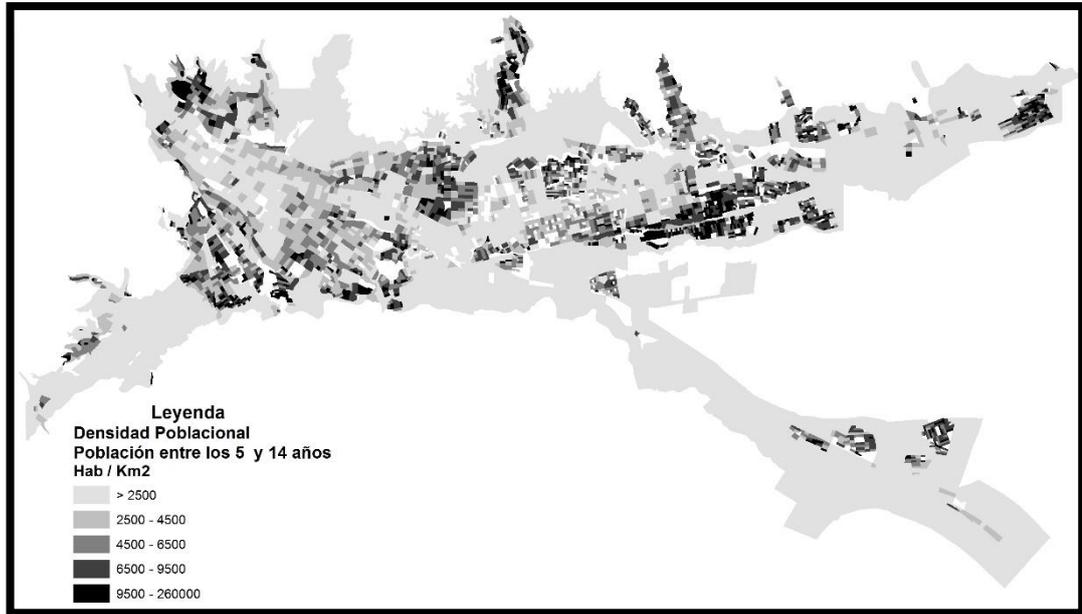


Figura 8. Densidad de la población entre los 5 y 14 años de Ibagué. Elaboración propia en base al censo poblacional 2005. DANE.

Este indicador se enfocó hacia la población en edad escolar entre 5 y 14 años correspondientes a recibir la educación básica primaria y secundaria en este estudio. Además, es importante relacionar dicho indicador con la ubicación de los centros para determinar su relación y las implicaciones de accesibilidad. A nivel espacial, esta densidad se ajusta con la poblacional a nivel general de la ciudad observada en la Figura 6 y posee características similares, que permiten identificar integración de la población sin discriminación por edades.

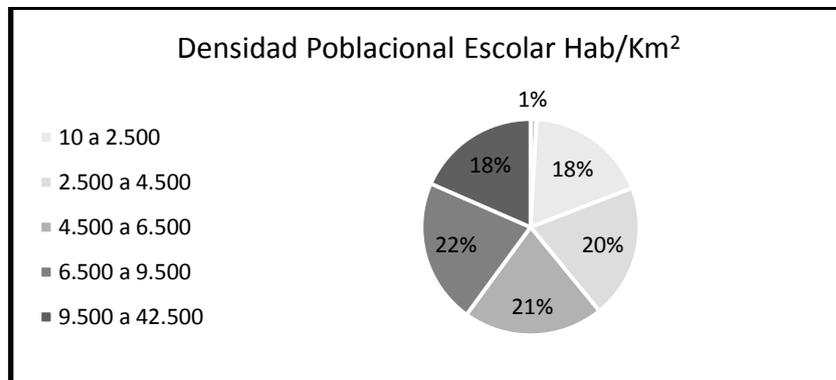


Figura 9. Diagrama por sectores de la densidad poblacional escolar. Fuente: Elaboración propia a partir de DANE 2005.

A nivel cuantitativo, la densidad escolar media es de 6.448 hab/Km<sup>2</sup> y representa el 20% de la densidad poblacional general. Por medio de la Figura 9 se muestra que el 18% de las manzanas que posee una densidad baja entre los 10 a 2.500 Hab/Km<sup>2</sup>, seguido de un 63% que concentra una densidad media entre 2.500 a 9.500 Hab/Km<sup>2</sup>; Finalmente un 18% con una densidad alta superior a dicha cifra. Este análisis cuantitativo es proporcional respecto a la densidad de población general observada anteriormente.

### 5.3. Indicadores: Centros Educativos Generales

#### 5.3.1. Indicador de Tiempos Mínimos

En la Figura 10 se muestra el mapa de tiempos mínimos de acceso peatonal desde cualquier manzana al centro educativo más cercano. A través de este indicador se observa el grado de accesibilidad que posee la población por sectores a los centros educativos más cercanos.

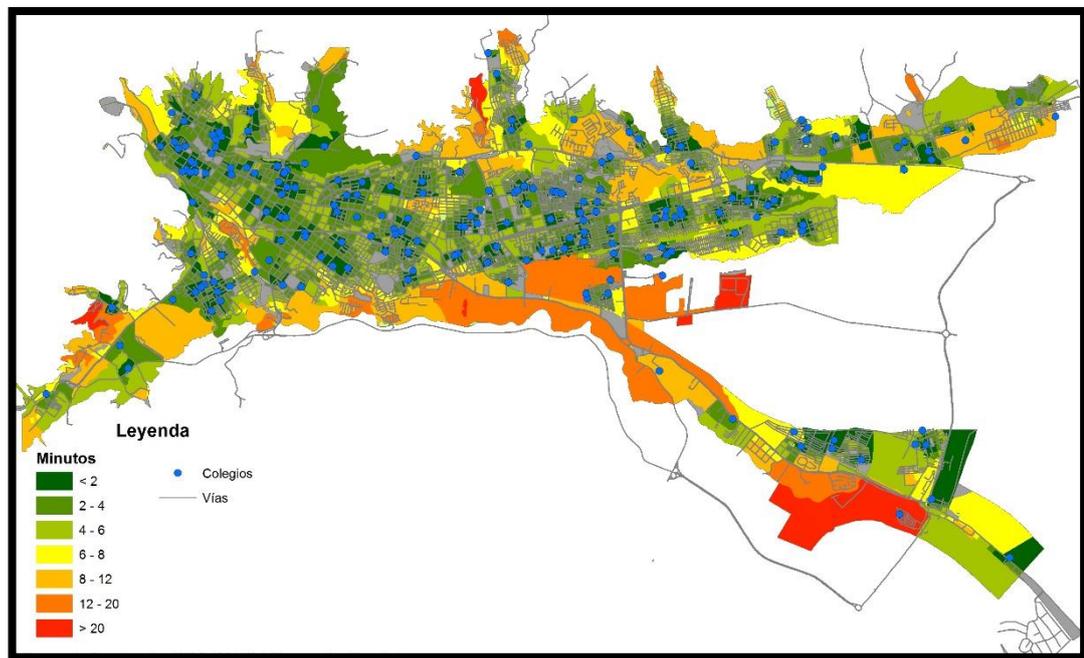


Figura 10. Indicador de Tiempos Mínimos de acceso peatonal hacia los Centros Educativos de Ibagué.

Espacialmente, se observa que gran parte de la ciudad posee una accesibilidad alta a menos de 6 minutos hacia los centros educativos, dicha accesibilidad es representada

en tonos verdes. Este patrón se presenta sobre el cuerpo central de la ciudad y se pierde sobre la periferia en las comunas 7,9 y 13 cuando la accesibilidad corresponde a un desplazamiento entre 6 a 20 minutos andando, representado en tonos amarillos y naranjas. Por otra parte, existen zonas puntuales sin configuración previa que tienen una accesibilidad mayor a 20 minutos representadas en color rojo, estas se ubican sobre la periferia y su presencia es mínima respecto al resto del territorio. Las zonas con un tono gris, corresponden a aquellas que no tienen información poblacional, por ser espacio público o equipamientos colectivos.

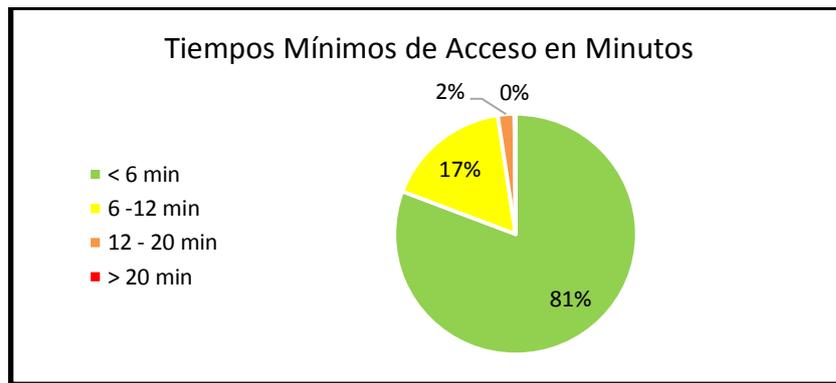


Figura 11. Diagrama por sectores del grado de accesibilidad en el indicador de Tiempos Mínimos.

Por medio de la Figura 11, se confronta la distribución del porcentaje de población y se obtiene que más del 80% de la misma tiene un colegio a menos de 6 minutos de distancia, situándose geográficamente sobre el cuerpo principal de la ciudad y algunas zonas de la periferia como se observa en la Figura 10. En algunos sectores, la accesibilidad supera los 6 minutos y se debe a la falta vías alternas de comunicación. Solo un porcentaje inferior al 1% posee una accesibilidad baja mayor a 20 minutos andando, estas hacen referencia a zonas que están en proceso de consolidación o en las que carecen de vías comunicación como se muestra en las comunas 7,9 y 13.

### 5.3.2. Indicador de Accesibilidad Absoluta

Este indicador muestra el grado de accesibilidad peatonal según la localización de la población al conjunto de centros educativos de la ciudad. A partir de la zona central se generan cinco anillos concéntricos que reducen el grado de accesibilidad conforme llegan a las periferias. De esta manera, el indicador cumple el principio de “centro-periferia” mostrando que la población localizada en el centro de la ciudad, tiene

mayor posibilidad de acceso al conjunto de centros educativos que los ubicados en alguna isla periférica.

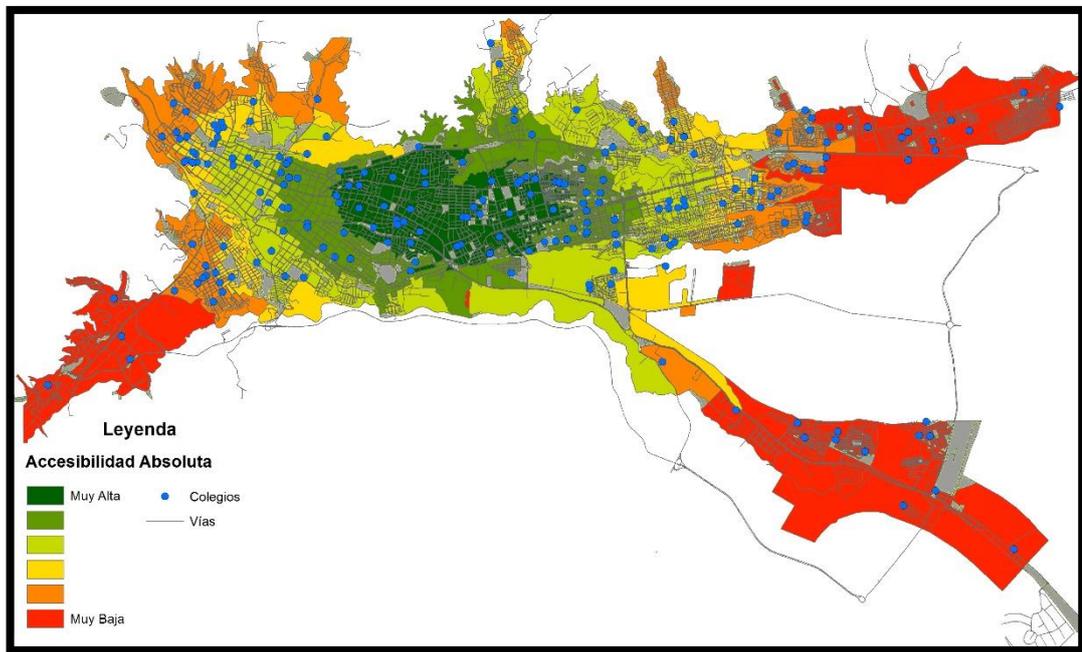


Figura 12. Indicador de Accesibilidad Absoluta peatonal hacia los Centros Educativos de Ibagué.

A nivel espacial por medio de la Figura 12. se observa dicho principio que corresponde con una alta accesibilidad en el centro de la ciudad y es representada por tonos verdes sobre las comunas 4 y 5 junto con partes de las comunas 6 y 10; a medida que se extiende, el grado de accesibilidad disminuye concentrándose en rojo como se observa sobre las comunas 7,9 y 13. La característica particular de estas zonas es la configuración territorial respecto al cuerpo principal de la ciudad lo que genera reducción significativa de vías de comunicación.

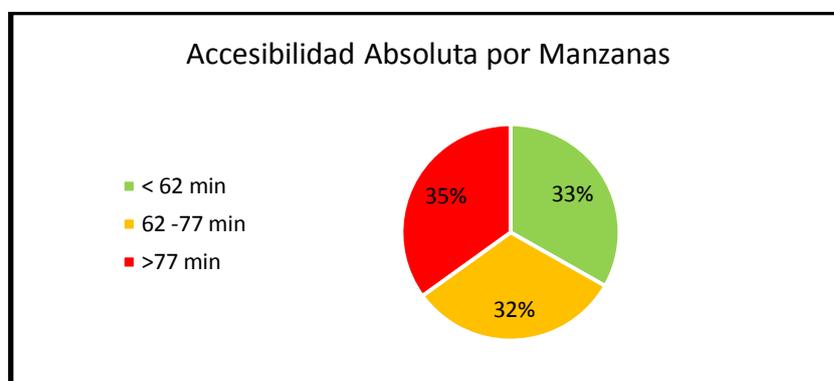


Figura 13. Diagrama por sectores del indicador de Accesibilidad Absoluta por minutos.

Desde un enfoque cuantitativo, se observa en la Figura 13 una media aproximada del 33,31% sobre la distribución de accesibilidad Alta, Media y Baja confirmando el principio de centro periferia mencionado anteriormente. Sin embargo, la baja accesibilidad posee un aumento del 2% por encima de dicha media que afecta a las comunas periféricas 7, 9 y 13.

### 5.3.3. Demanda Potencial a cada Centro Educativo

En este cálculo, se define para cada centro educativo la demanda de población escolar entre los 5 y 14 años más cercana por manzanas. Este indicador permite realizar una comparación con la oferta de cada centro y evaluar la capacidad de atención hacia la población inmediata.

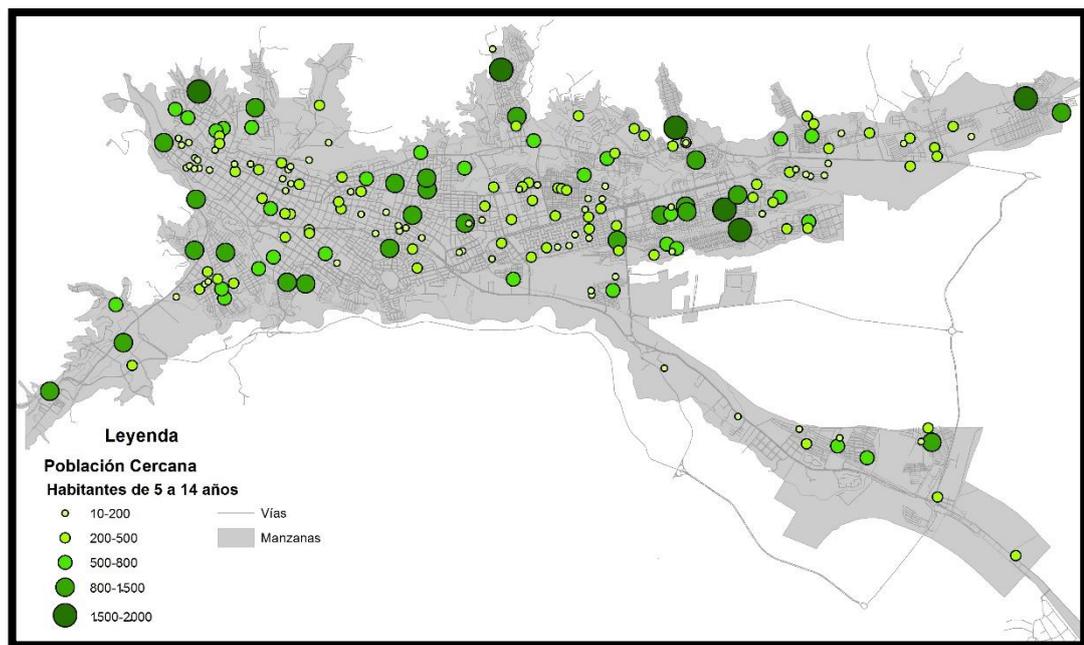


Figura 14. Población Potencial Cercana a cada Centro educativo.

En la Figura 14 se muestra la localización de los centros educativos a partir de la demanda cercana a cada uno por sector. Por otra parte, se observa que los centros con una población cercana menor a los 800 habitantes se distribuyen linealmente

sobre el centro de la ciudad y los superiores a esta cifra se localizan sobre las zonas más densas correspondientes a sectores de las comunas 2, 6, 7, 8 y 12.

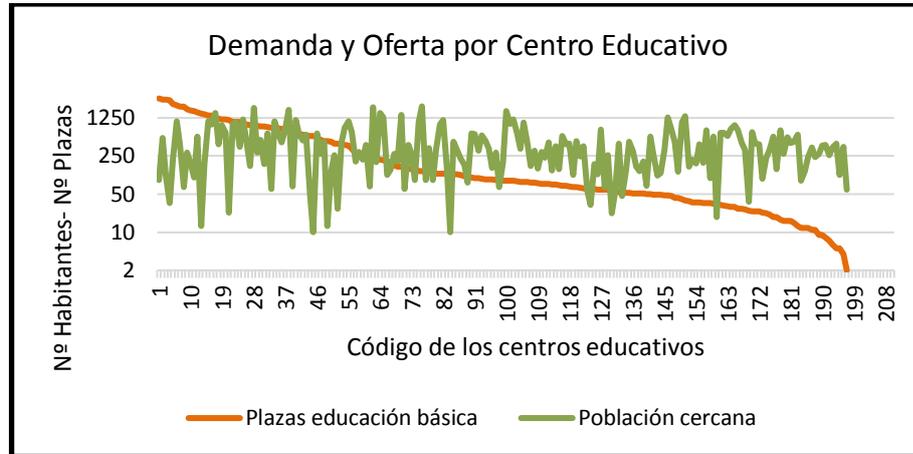


Figura 15. Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo respecto a la demanda cercana por sector.

De forma cuantitativa por medio de la Figura 15 se encontró que el 80% de los colegios tiene una población cercana menor de 800 habitantes y se localizan sobre el cuerpo principal de la ciudad, seguido del 20% que posee una demanda superior a dicha cifra y su localización es dispersa. Por otra parte, se obtiene que la media de la población cercana es de 426 habitantes, y se distribuye de forma constante sobre el diagrama de líneas. Adicionalmente, se confirma que de los 207 centros educativos, solo el 29,95% suple la demanda existente en su sector, el resto de centros posee tasas de ocupación entre el 150% y el 920 %, superando la oferta de la mayoría de centros.

### 5.3.4. Indicador de Oportunidades Acumuladas a 15 minutos

Por medio de este indicador se determina la posibilidad que tiene la población escolar en acceder peatonalmente a cualquier centro educativo a menos de 15 minutos.

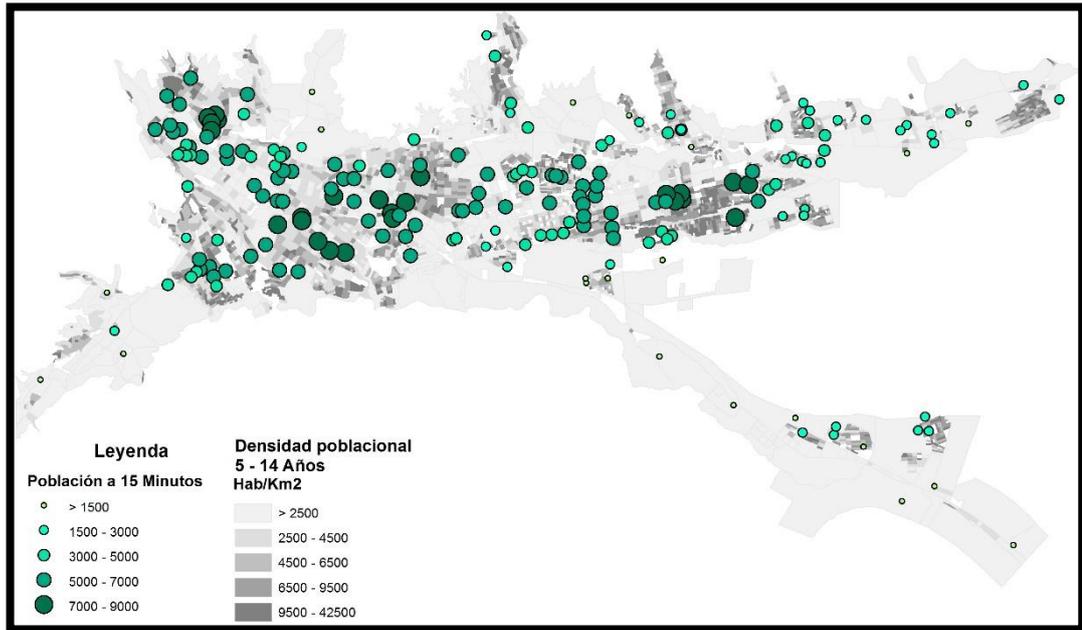


Figura 16. Indicador de Oportunidades acumuladas: Población potencial a menos de 15 minutos de los centros educativos en contraste con la densidad poblacional escolar.

Por medio de la Figura 16 se realizó análisis espacial. En él, se muestra que la población del cuerpo central de la ciudad tiene más posibilidad de acceso a varios centros educativos contemplando cifras entre los 1.500 a 9.000 habitantes. Los centros con mayor demanda, es decir, lo que poseen entre los 7.000 y 9.000 habitantes, corresponden con la densidad poblacional escolar expuesta en la Figura 8. Por otra parte, se observa que las comunas 9 y 13 presentan demandas inferiores a 1.500 habitantes por centro educativo.

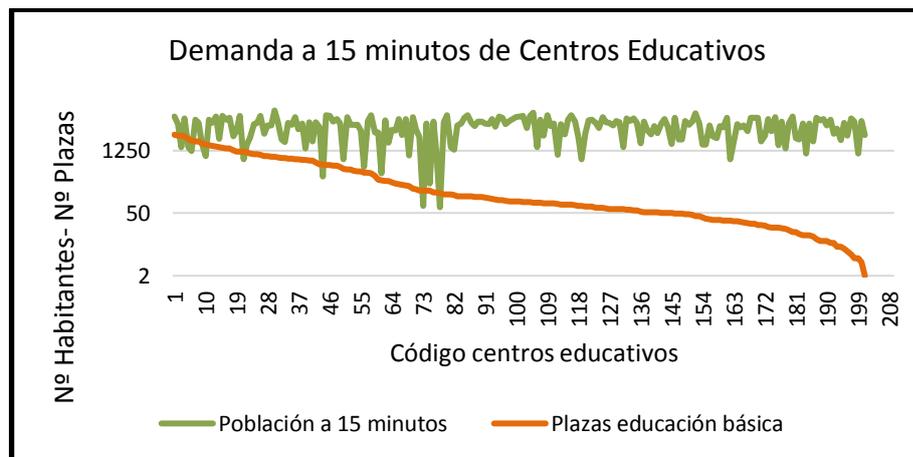


Figura 17. Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo y la demanda potencial a 15 minutos de distancia.

A través de la Figura 17 se presenta que la cifra de población potencial cercana a menos de 15 minutos de los diferentes centros educativos de su sector supera en gran manera la oferta que dichos centros pueden atender. Numéricamente, la media de población demandante es de 4368 habitantes en confrontación con la media de plazas ofertadas en los centros que son 368 superando casi en 11 veces su capacidad. En cuanto al análisis cuantitativo, se obtuvo que el 46% de los centros educativos poseen una demanda cercana mayor a 5.000 habitantes a menos de 15 minutos de distancia, seguido de un 43% entre 1.500 y 5.000 habitantes, estos dos porcentajes se distribuyen sobre el cuerpo central de la ciudad. Finalmente un 10,14% de los centros con población cercana menor a 1.500 habitantes que se ubica sobre la periferia. Respecto a la respuesta a esta demanda, solo el 4,3% de los centros tiene capacidad de atención, lo que implica desplazamiento de la población.

#### 5.4. Indicadores: Centros Educativos Oficiales

El desarrollo de esta etapa permite evaluar el estado de la accesibilidad a los centros educativos de carácter oficial que son administrados por el Estado. Estos, están obligados a brindar un servicio equilibrado y accesible a la población en edad escolar, y por tanto tener la capacidad suficiente de atención a la demanda por sectores.

##### 5.4.1. Distribución Espacial de Centros Educativos Oficiales

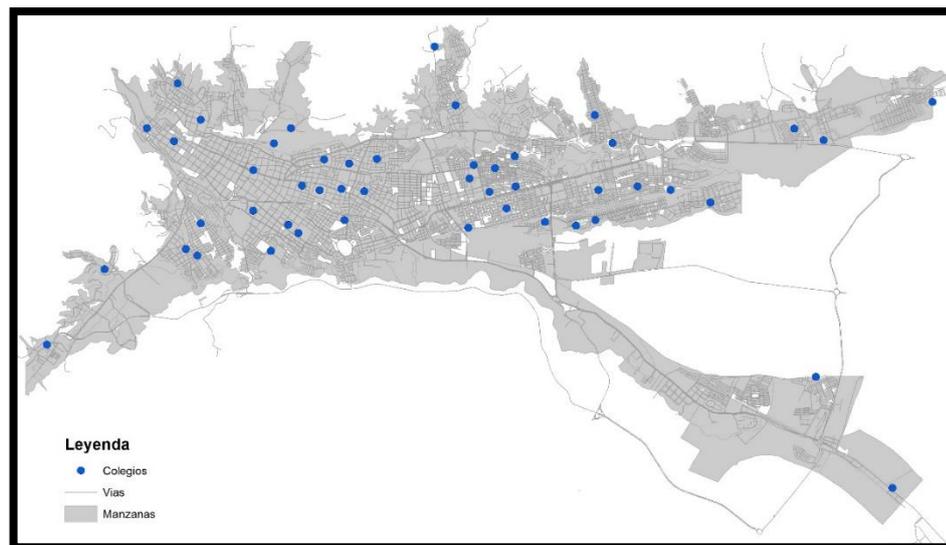


Figura 18. Ubicación espacial de Centros con Educación Oficiales en la ciudad de Ibagué. Fuente: Elaboración propia a partir de listado Oficial de instituciones educativa de la Gobernación del Tolima 2017 y cartografía obtenida en el Geo portal del DANE.

Por medio de la Figura 18 se muestra la distribución espacial irregular de los 48 centros educativos de carácter oficial en la ciudad de Ibagué. Esta distribución, añade que existe baja presencia de centros sobre las comunas 1 y 4, ubicadas en el cuerpo central de la ciudad y sobre las comunas 7, 9 y 13 ubicadas en la periferia.

#### 5.4.2. Indicador de Tiempos mínimos

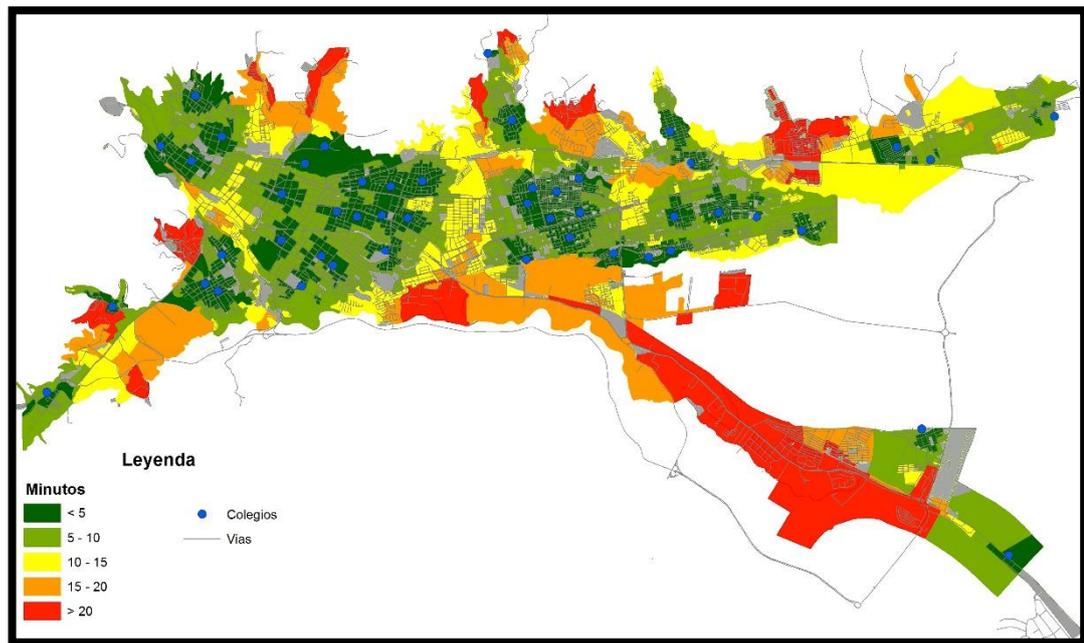


Figura 19. Indicador de Tiempos Mínimos de acceso peatonal hacia los Centros Educativos Oficiales de Ibagué.

A nivel espacial y por medio de la Figura 19 los sectores con una accesibilidad alta inferior a los 10 minutos de distancia de un centro educativo, se encuentran fragmentados en dos sobre la ciudad. De esta manera, se observa sobre la comuna 4 ubicada en el centro de la ciudad con accesibilidad reducida a un tiempo entre los 10 a 15 minutos. Por otra parte, las comunas 3, 6, 7, 9 y 13 se afectan parcialmente por distanciar entre los 15 y 20 minutos. Finalmente, sobre la comuna 9 se muestra la sección de accesibilidad baja más pronunciada con tiempos superiores a los 20 minutos.

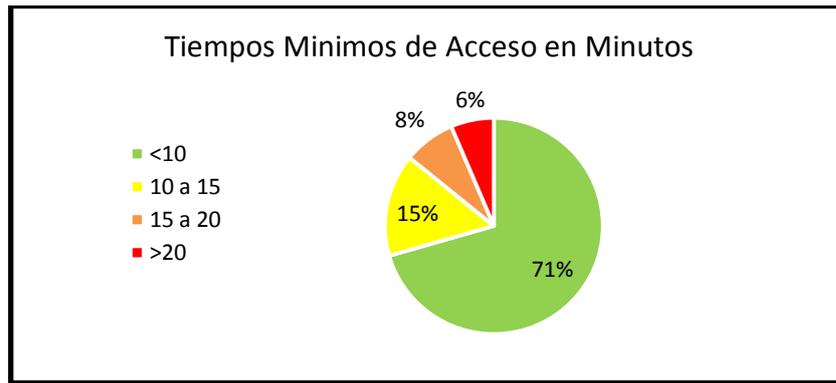


Figura 20. Diagrama por sectores del grado de accesibilidad en el indicador de Tiempos mínimos a los Centros Educativos Oficiales.

En términos cuantitativos, el 71% de la población posee un centro educativo oficial a menos de 10 minutos de distancia. Seguido de un 23% que comprende tiempos entre los 10 a 20 minutos andando; finalmente, se muestra un 6% de accesibilidad baja que supera los 20 minutos de desplazamiento peatonal como se observa en la Figura 20.

### 5.4.3. Indicador de Accesibilidad Absoluta

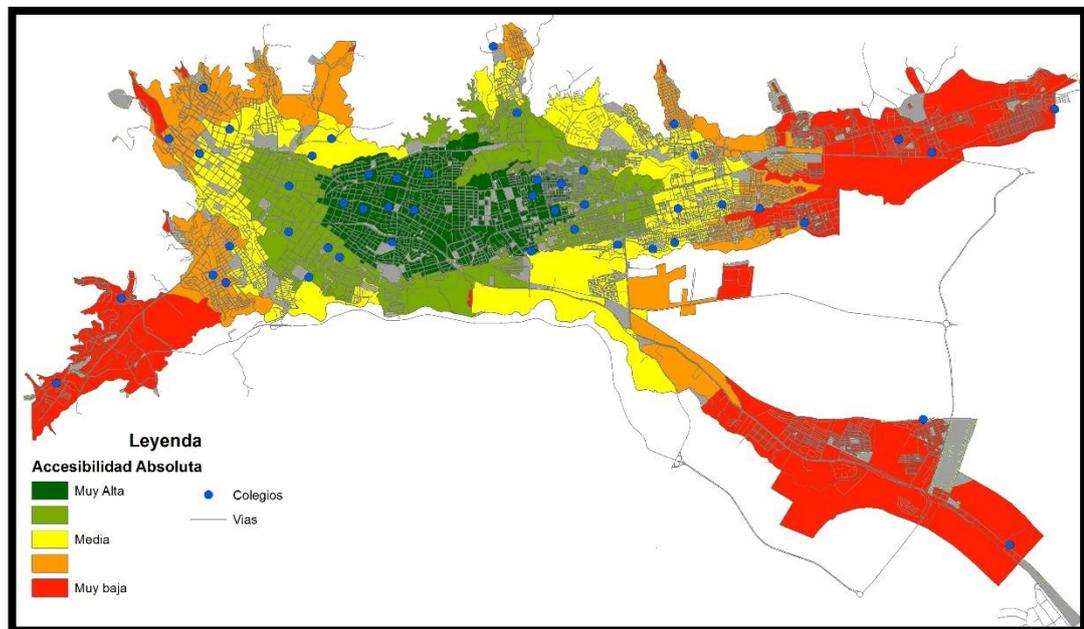


Figura 21. Indicador de Accesibilidad Absoluta peatonal hacia los centros educativos de Ibagué.

A través de la Figura 21 Se observa el principio de centro-periferia característico de este indicador. Al mismo tiempo, se muestra que la accesibilidad alta es representada en tonos verdes y contempla distancias inferiores a los 51 minutos andando. Adicionalmente, se observa una accesibilidad baja representada en tonos cálidos sobre las comunas 7, 9 y 13 que indica tiempos superiores a 85 minutos.

En la Figura 21 se demarcan dos tipos de secciones: las primeras en tono gris, dispersas irregularmente sobre la ciudad. Estas, representan zonas sin información demográfica que corresponden a espacio público o sectores sin desarrollo urbanístico. La segunda en rojo, que muestra una zona con dificultad de accesibilidad por ausencia de vías de comunicación. El conjunto de estas secciones no presenta un patrón regular de concentración, la única característica en común es la ubicación sobre la periferia.

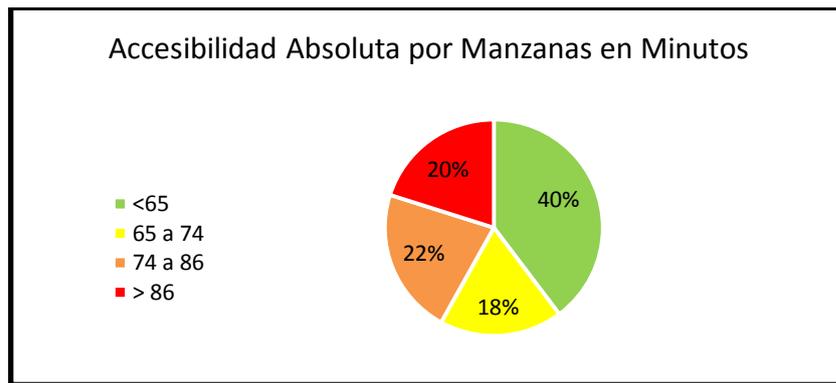


Figura 22. Diagrama por sectores del indicador de Accesibilidad Absoluta por minutos al conjunto de Centros Educativos Oficiales.

Dentro del análisis cuantitativo soportado en la Figura 22 se obtiene que el 40% de la población posee una accesibilidad buena hacia el conjunto de centros educativos con tiempos inferiores a los 65 minutos. Seguido de una accesibilidad media representada en otro 40% y finalmente, una accesibilidad baja con un 20% confirmando lo observado en la Figura 21.

### 5.4.4. Demanda Potencial a cada Centro Educativo Oficial



Figura 23. Población Potencial Cercana a cada Centro Educativo Oficial.

Espacialmente, como se muestra en la Figura 23 La demanda potencial hacia la mayoría de centros educativos oficiales corresponde con zonas de alta densidad poblacional superando a los 2300 habitantes por centro.

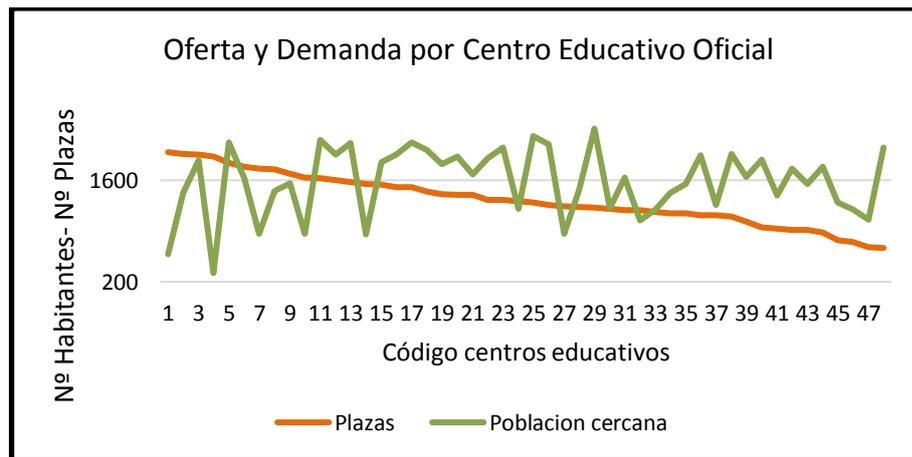


Figura 24. Diagrama de líneas que contrasta la oferta de cada centro educativo oficial respecto a la demanda cercana por sector.

En soporte con la Figura 24 Cuantitativamente se muestra que el 39,58% de los centros posee una demanda potencial menor a los 1.500 habitantes, seguido de un

22,65% con una demanda entre los 1.500 y 2.300 habitantes, finalmente se muestra que el 37,5% supera dicha cifra. En cuanto a la atención de la demanda por sectores, solo el 13% es apto para soportarla.

#### 5.4.5. Indicador de Oportunidades Acumuladas a 15 minutos

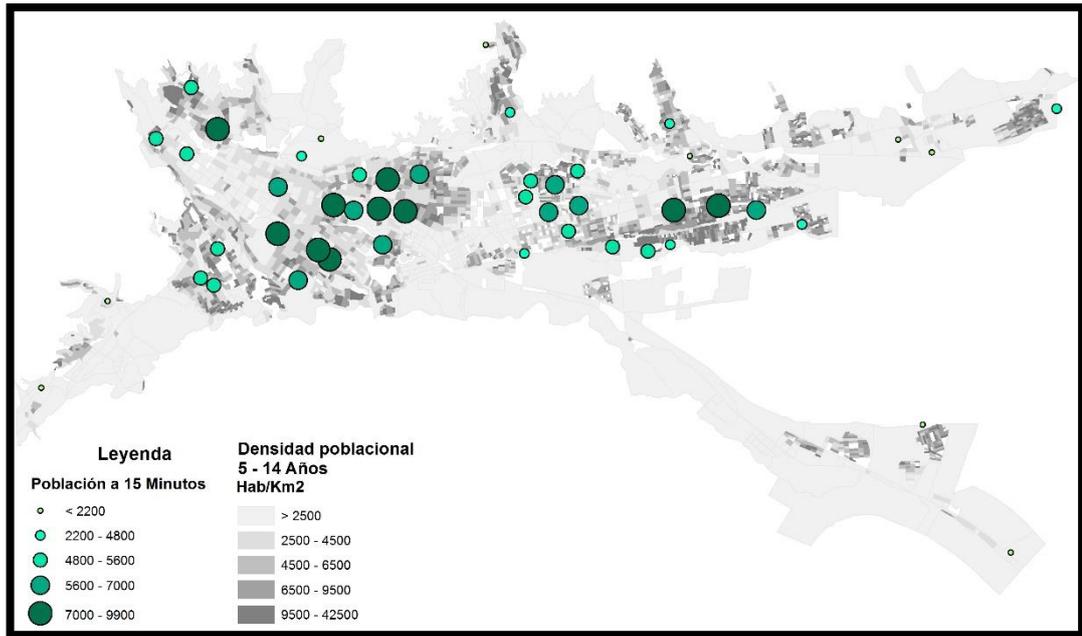


Figura 25. Mapa del indicador de Oportunidades Acumuladas: Población potencial a menos de 15 minutos de los Centros Educativos Oficiales en contraste con la densidad poblacional escolar.

Espacialmente, la concentración de la demanda se sitúa sobre las comunas 3, 5, 8, 10 y 11, con cifras superiores a los 5.600 habitantes. Las zonas con menor concentración de demanda se localizan sobre la periferia en las comunas 7, 9 y 13 como se observa en la Figura 25.

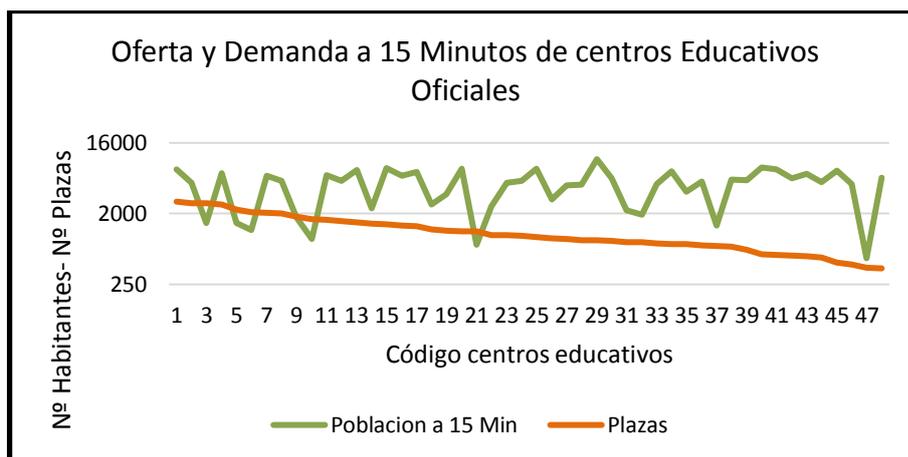


Figura 26. Diagrama de líneas con Demanda Potencial a 15 minutos de distancia hacia los Centros Educativos Oficiales.

Cuantitativamente y a través de la Figura 26 Se muestra que el 39,58% de los colegios posee alta demanda superior a los 5.600 habitantes a 15 minutos de distancia. Seguido de un 18,75% entre los 4.800 a 5.600 habitantes, un 22,91% entre los 2.200 ha 4.800 habitantes y finalmente, un 18,75% con una demanda inferior a los 2.200 habitantes. De estas cifras, el 12,5% de los centros tienen capacidad de atención para la demanda aportada en este filtro de 15 minutos.

## 6. CONCLUSIONES

La población en edad escolar entre los 5 a 14 años tiene una accesibilidad peatonal baja hacia los centros educativos oficiales y privados que ofrecen los niveles de educación básica primaria y secundaria en la ciudad de Ibagué. Los resultados muestran que existe un déficit de atención en el servicio que es considerado carácter obligatorio ante el estado y entidades internacionales que vigilan el cumplimiento de los derechos humanos entre ellos la educación.

Por otra parte, la localización de los centros educativos a nivel general corresponde en un 80% a la densidad poblacional escolar de la ciudad y a nivel oficial la cifra se reduce a un 60% aproximadamente. En la etapa de centros educativos generales, la concentración de los mismos sitúa sobre el cuerpo principal de la ciudad, debilitando las comunas 7, 9 y 13 que corresponden a las alas periféricas de la ciudad. En la etapa de centros educativos oficiales la concentración no solo afecta a dichas alas, también se muestra poca presencia de centros sobre las comunas 1 y 4, localizadas al

oriente y centro de la ciudad respectivamente. En ambas etapas, la ubicación de los centros se considera desequilibrada, puesto que no existe un patrón de concentración justificado que fortalezca la atención a la población por sectores. A nivel oficial, este panorama no es alentador ya que debe existir una cobertura espacial total en atención a la población concentrada en cualquier punto de la ciudad.

En cuanto al grado de accesibilidad espacial al servicio educativo tanto general como oficial, se afirma que es bueno. Hacia los centros educativos en general el 80,78% de la población escolar ibaguereña tiene un centro a menos de 6 minutos de distancia, correspondiente a la ubicada sobre el cuerpo central de la ciudad. Cuando se trata de los centros educativos Oficiales un 71% posee una cercanía a menos de 10 minutos. Ambas situaciones se muestran sobre el cuerpo principal de la ciudad, a diferencia las zonas con accesibilidad baja se posan sobre las comunas 7,9 y 13 ubicadas en la periferia de la ciudad.

Respecto al factor oferta-demanda, la capacidad de atención es insuficiente hacia la población potencial por sectores. En la primera etapa, se muestran dos filtros para comprobarlo. El primero, que el 80% de los centros educativos a nivel general muestran un población cercana entre los 10 a 800 habitantes. Además, del 100% solo un 30% de los mismos son capaces de atender dicha demanda. El segundo, que si la distancia a uno o varios centros se filtra a 15 minutos se encuentra que el 68.59% de los centros presentan una demanda superior a los 3.000 habitantes y la respuesta de atención se reduce a un 4,3%.

En la segunda etapa, enfocada hacia los centros educativos oficiales se muestra que a pesar de ofertar más plazas que el sector privado no suple la demanda por sectores. Dentro de los filtros aplicados se encontró que casi el 60% posee una demanda superior a 1.500 habitantes por sector; pero en contraste con el 100% de la demanda solo un 13% de los centros tiene capacidad de atención. Por otra parte, cuando la distancia corresponde a tiempos inferiores a 15 minutos, casi el 60% de las instituciones posee una demanda superior a los 4800 habitantes, doblando la demanda población cercana. Del 100% de los centros solo el 12,5% tienen capacidad de atención.

En resumen, a pesar de que la accesibilidad espacial sobre el territorio es buena, la atención a la demanda escolar no lo es. Por tanto, los costes en los desplazamientos

peatonales aumentan y dificultan el acceso al servicio por la necesidad de emplear más tiempo y medios motorizados para tal fin. Es decir, que el problema va más allá de la ubicación geográfica de los centros involucrando la oferta y demanda por centro educativo.

### **6.1. Líneas Futuras de Intervención.**

Es recomendable tener en cuenta los beneficios colectivos de la accesibilidad peatonal y la distribución equitativa sobre los servicios. El estado y los entes particulares que se encarguen de establecimientos educativos deben tener en cuenta estudios como este para desarrollar proyectos de nuevos centros educativos y tomar decisiones alternativas que contrarresten los problemas de accesibilidad actuales.

Es necesario ampliar los criterios de emplazamiento de los centros educativos en especial los de carácter oficial, teniendo en cuenta el grado de accesibilidad que los usuarios posean sobre ellos. De esta manera, los costes en movilidad serán mínimos, los usuarios se benefician por la cercanía al servicio y la ciudad por la disminución de efectos negativos en el ambiente y la congestión. Adicionalmente, debe contemplarse la demanda potencial de cada sector, de no ser posible suplirla se deberían generar opciones alternas que no impliquen desplazamientos excesivos para su atención.

Es importante reconocer que al tratarse de un servicio obligatorio que educa a la población escolar en desarrollo de Ibagué, debe implantarse el espíritu sostenible, donde se busquen nuevas formas de movilidad, el bienestar de los ciudadanos y el ahorro de recursos. De esta manera, se reducen los niveles de deserción escolar y trabajo infantil para influir en el mejoramiento de la calidad y cobertura educativa.

## 7. Referencias

**Acevedo, Jorge. (2009).** “Resumen Del Libro El Transporte Como Soporte Al Desarrollo de Colombia. Una Visión Al 2040.” *Universidad de Los Andes*, 156–62.

**Alcaldía de Ibagué. (2016).** “Encuesta de Percepción Ciudadana. Ibagué : Ibagué Como Vamos”.

**Alcaldía de Ibagué. (2015a).** “Informe de calidad de vida” - *Programa Ibagué Como Vamos 2015*. Ibagué : s.n.

**Alcaldía de Ibagué. (2015b).** “Ibagué como vamos”. *Informe de calidad de vida - Ibagué 2015*. [En línea] 2015. [Citado el: 2017 de Mayo de 03.] <http://www.ibaguecomovamos.org/index.php/informe/informe-de-calidad-de-vida>.

**Aragall, Francesc.(2010).** “*la accesibilidad en centros educativos*”. Madrid.

**Avendaño Rodríguez, Nicolas Rodrigo. (2012).** La equidad espacial en la distribución del servicio educativo. *Trabajo de Investigacion de Magister*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.

**Apparicio, Philippe, y otros. (2008).** Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues., *International Journal of Health Geographics*. 10.1186 / 1476-072X-7-7.

**Bruinsma, F. y Rietveld, P. (1998).** The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Revista Medio Ambiente y Ordenación A* Vol. 30, 3.

**Bullen, N, Luna, G y Jones, K. (1996).** Definición de localidades para la planificación de la salud: un enfoque SIG , *Social Science and Medicine*, Vol. 42.

**Cámara de Comercio de Bogotá. (2009).** *Movilidad en Bicicleta en Ibagué*. 2009. ISBN 000-000-000-00.

**Cole, KJ y Gatrell, AC.(1986).** Las bibliotecas públicas de Salford: un análisis geográfico de provisión y el acceso , *Revista medio ambiente y planificación de A*. 1986, Vol. 18.

**Codazzi, Instituto Geografico Agustin.(2017).** SIG-OT. *Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial Nacional*. [Citado el: 01 de 05 de 2017.] <http://sigotn.igac.gov.co>.

**Condeço, A, Gutierrez, J. y Garcia, J. C. (2013).** Influence of distance decay on the measurement of spillover effects of transport infrastructure: a sensitivity analysis. *Revista internacional de Ciencia y Tecnología de la información Geográfica* Vol. 13, 1, págs. 22-47.

**Congreso de la República de Colombia. (1994).** MinEducación. *Ley General de Educación*. [En línea] 8 de Febrero de 1994. [Citado el: 05 de 02 de 2017.] [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf).

**Comes, Y., y otros. (2007).** El concepto de accesibilidad: la perspectiva relacional entre población y servicios. *Anuario de investigaciones*, 201-209.

**Correa Valdés, Cecilia. (2015).** La educación en Ibagué: una deuda permanente con nuestros niños. *Ávaco News Edición 43*. [Citado el: 15 de Mayo de 2017.] <https://avaconews.unibague.edu.co/la-educacion-en-ibague-una-deuda-permanente-con-nuestros-ninos/>.

**Corte Constitucional de Colombia. (2015).** Constitución Política de Colombia. [Citado el: 2017 de Mayo de 01.] <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>. ISSN 2344-8997 .

**Dávila, Julio D. (2012).** Nuevos transportes y movilidad urbana , *Bitacora 21*, 57-60.

**Delgado, Martha. (2014).** Centro de Investigación Económica y Social. *Fedesarrollo*. [Citado el: 2017 de Mayo de 02 .] <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-educaci%C3%B3n-b%C3%A1sica-y-media-en-Colombia-retos-en-equidad-y-calidad-KAS.pdf>.

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística.(2017).** [Citado el: 01 de Febrero de 2017.] <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoDescargaMGN>.

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística . (2007).** Sistema de Consulta Información Censal. *Censo Básico 2005*. [Citado el: 03 de Febrero de 2017.]

Accesibilidad peatonal a los servicios educativos de la ciudad de Ibagué Tolima, Colombia.

<http://systema59.dane.gov.co/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>.

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015.** Educación Formal. Bogota : s.n., 2015. DIE-020-PD-01-r7\_v2 .

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2016.** Efecto del transporte escolar en la movilidad difícil de resolver. *Proyecciones de Población*.

**Ebropolis. (2013).** Zaragoza, manzana a manzana: Accesibilidad de los ciudadanos a los equipamientos y servicios”. *Segundo monográfico del Observatorio Urbano de Zaragoza y su entorno Zaragoza*.

**Engwicht, D. (1993).** Reclaiming Our Cities and Towns: Better Living with the Less Traffic. *Gabriola Island : New Society Publishers*

**Estadística, Departamento Administrativo Nacional de.** Geoportal. DANE. [En línea] [Citado el: 01 de 05 de 2017.] <https://geoportal.dane.gov.co>.

**Esquivel-Cuevas, Mariana, Hernández-Mercado, Oscar Arturo y Garnica-Monroy, Rubén.(2013).** Modelo de Accesibilidad Peatonal (MAP). Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 2 Vol. 23, 21-30.

**Escolano, Severino, Enrique Ruiz, and Eugenio Climent. (2005).** “Red de Centros Educativos Y Desequilibrios Territoriales. El Caso de Aragón\*.” *Geographicalia* 47 Vol. 12, 153–76.

**Frost, M.E y Spence, N.A. (1995).** The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential. Vol. 27, 11, págs. 1833-1848.

**Fundación Open Street Map. (2017).** [En línea] 2017. [Citado el: 01 de Febrero de 2017.] <https://www.openstreetmap.org/export#map=13/4.4253/-75.1860>.

**Fundación Superación de la Pobreza. (2010).** Umbrales sociales para Chile, hacía una futura política social. *Chile : Salviat Impresores*.

**Galbán Montes, Eloy, Adelmo Romero Méndez, Clodulfo Márquez, Yakary Cerezo, and Juan Carlos Franco. (2008).** “Evaluation of the Space Accessibility to the Educative Establishments . Parish Bolivar of the Maracaibo.” *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas* 12 ,4, 69–94.

**Garcia-Schilardi, Maria Emilia. (2014).** Transporte Público, su rol en los procesos de inclusion social. *Bitacora Urbano Regional*, 1, Vol. 24, 1-20.

**Garnica Berrocal, Rosana. (2012).** Análisis espacial de los equipamientos educativos (oficiales) en la ciudad de Monteria, Colombia, *Revista de Geografía*, 12, 159-179.

**Galán Bueno, Pedro. (1999).** “Accesibilidad: fundamentos y aplicaciones.” *XX Simposium Vyodeal*.

**García Palomares, Juan Carlos, y otros. (2016).** Herramienta SIG para el análisis - de los efectos de las actuaciones en infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad territorial. [ed.] *Universitat Politècnica de València. Valencia. CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte*.

**Garrocho, Carlos y Campos, Juan. 2006.** Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. 22, *Toluca : Economía, Sociedad y Territorio*, 2006, Vol. VI. ISSN: 1405-8421.

**Geertman, Stan M., and Jan R. Ritsema Van Eck. (1995).** “GIS and Models of Accesibility Potential: An Application in Plannig.” *Geographical Information Systemas* 9, 1, 67–80.

**Guío Burgos, Fredy Alberto, (2010).**Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 179-203.

**Gutiérrez Gallego, José Antonio, Berrocal Nieto, Rosa y Ruiz Labrador, Enrique Eugenio. (2014).** Análisis de la Accesibilidad al Autobus Urbano de Mérida. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* , 64, 1. [http://www.boletinage.com/articulos/64/11\\_gutierrez.pdf](http://www.boletinage.com/articulos/64/11_gutierrez.pdf).

**Gutiérrez Gallego, J.A., A. Mora, D. Gómez, and C. Jaraíz. (2010).** “Accesibilidad de La Población a Las Aglomeraciones Urbanas de La Península Ibérica.” *Finisterra* XLV (89): 107–18.

**Gutiérrez Gallego, José Antonio, Enrique Eugenio Ruiz Labrador, and Rubén Rodrigo Muñoz. (2016).** “Diagnóstico de La Movilidad En Los Campus de La Universidad de Extremadura.” In *XVII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica*, 140–54.

**Gutiérrez Gallego, y otros. 2013.** Diseño de un modelo de asignación de viajes con aplicaciones SIG para la gestión de planes de movilidad urbana sostenibles en ciudades medias. *Geofocus*. 13\_1, 1.

**Grupo de Atención y Prevención de Desastres.(2014).** Implementación de un SIG para georreferenciar viviendas a riesgo por amenaza de inundaciones-remoción de masa en Llanitos, centro poblado del Municipio de Ibagué. *GPAD- alcaldia de ibagué*. [Citado el: 05 de Febrero de 2017.] <http://www.ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2015/12898-DOC-20151202.pdf>

**Gutierrez, J., Gonzalez, R. y Gomez, G. (1996).** The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns *Revista de Transporte Geografía* Vol. 4, 4, 227-238.

**Huisman, O y Forer, P. (1999).**El acceso del estudiante y de la escuela geografías: hacer operativo el tiempo-geografía para el estudio de la vida de estudiante. *Palmerston North*.

**Iglesias Afonso, Veronica y Uriater Balsamo, Pilar. 2009.** Accesibilidad a los servicios educativos en la zona Puntas de Manga, Manga jardines de Manga, Toledo chico y Capra -Montevideo.*Inicitativa latinoamericana Infami-lia*. Montevideo.

[Citado el: 11 de Febrero de 2017.] [https://www.academia.edu/1736436/Accesibilidad\\_a\\_los\\_servicios\\_educativos\\_en\\_la\\_zona\\_Puntas\\_de\\_Manga\\_Jardines\\_de\\_Manga\\_Toledo\\_Chico\\_y\\_Capra](https://www.academia.edu/1736436/Accesibilidad_a_los_servicios_educativos_en_la_zona_Puntas_de_Manga_Jardines_de_Manga_Toledo_Chico_y_Capra).

**Instituto Desarrollo Humano. 2009.** Guia Práctica de la Movilidad Urbana. Bogotá: *Alcaldia de Bogotá*. [Citado el: 10 de Febrero de 2017.] <http://www.pactodeproductividad.com/pdf/guiageneralsobreaccesibilidad.pdf>

**Irigoyen Gaztelumendi, M, Escotó Peiró y P, Yuste Cubel. (2004).** El SISS: Sistemas de Información Geografica para los Servicios Sociales. *Murcia : Universidad de Murcia*,. 84-8371-486-8.

**J, Hewko, KE, Smoyer-Tomic y MJ, Hodgson** Medición barrio accesibilidad espacial de las comodidades urbanas: ¿Es Importante La Agregacion de error?. *Medio Ambiente y Planificación A.*,7, Vol. 34. 10.1068 / a34171.

**KE, Smoyer-Tomic, JC, Spence y C., Amrhein. (2006).** Desiertos de Alimentos En Las Praderas? La accesibilidad de supermercados y el vecindario necesitan en Edmonton, Canadá. 3, *Edmonton : El geógrafo profesional*, 2006, Vol. 58. j.1467-9272.2006.00570.x..

**Loyola Gómez, Christian y Albornoz Del Valle, Elías. (2009).** Flujo, Movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de chillan año 2007. 19, Concepción : *Revista Urbano*, 2009, Vol. 12. ISSN: 0717-3997.

**Martínez Bascuñán, Marcela y Rojas Quezada, Carolina. 2014.** 2014, Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)., págs. 176-200.

**Martínez, M., and C. Rojas. (2014).** “Evalaución de La Accesibilidad Espacial a La Red Hospitalaria En El Área Metropolitana de Concepción.” *Revista Digital Del Grupo de Estudios Sobre Geografía Y Análisis Espacial Con Sistemas de Información Geográfica (GESIG Año 6, N°6 (Sección I): 176–200.*

**Martínez Sánchez-Mateos, Héctor Samuel. (2012).** “La Accesibilidad Regional Y El Efecto Territorial de Las Infraestructuras de Transporte. Aplicación En Castilla - La Mancha.” *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, no. 59: 79–103.

**Ministerio de Ambiente. SIAC. Sistema de Informacion Ambiental de Colombia.** [En línea] [Citado el: 01 de 05 de 2017.] <http://sig.anla.gov.co:8083/>.

**Ministerio de Educación Nacional. (2017).** [En línea] 2 de Abril de 2017. <http://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-233839.html>.

**Ministerio de Educación Nacional. (2011).** Colombia aprende. *La red del Conocimiento*. [En línea] 2011. [Citado el: 01 de Junio de 2017.] <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/w3-article-218255.html>.

**Ministerio de Educación Nacional. (2012).** Colombia Aprende. [En línea] 2012. [Citado el: 2017 de Mayo de 05.] <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-242012.html>.

**Ministerio de Educacion Nacional. (2013).** *Colombia en PISA 2012, Principales resultados*. 2013.

**Ministerio de Educación Nacional. (2001).** Informe Nacional sobre el Desarrollo en la Educación en Colombia. [Citado el: 05 de Mayo de 2017.] <http://www.ibe.unesco.org/International/ICE/natrap/Colombia.pdf>

**MinEducación. (2016).** Revisión de políticas nacionales de educación, La educación en Colombia. [Citado el: 17 de Mayo de 2017.] [http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356787\\_recurso\\_1.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356787_recurso_1.pdf).

**Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2005).** *El significado de la accesibilidad universal y su justificación en el marco normativo español.* Madrid.

**Monzon de caceres, Andres. (1988).** Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte. Aplicaciones en la comunidad de Madrid. *Tesis Doctoral. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid.*

**Montes Galbán, Eloy, y otros. (2009).** Evaluación de la accesibilidad espacial a los planteles educativos. Parroquia Bolívar en el Municipio de Maracaibo. 4, Parroquia Bolívar : *Revista Orbis*, Vol. 12. 1856-1594.

**Mora Aliseda, Julian, Nogales Galán José Manuel, Gutiérrez Gallego José Antonio , and Cortés Ruíz Tomás . (2003).** “Aplicación de Técnicas SIG En La Planificación Del Transporte Por Carretera.” *Finisterra*, no. 75: 67–83.

**Moro, Iñaki, and Jagoba Villaescusa. (2000).** “Estudio de La Accesibilidad Espacial de Los Centros de Enseñanza Primaria En Bilbao.” *Tecnologías Geográficas Para El Desarrollo Sostenible Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá*, 718–34.

**Mosquera, Marisol. (2012).** Educación pública vs Educación privada en Colombia. [En línea] 6 de Noviembre de 2012. [Citado el: 01 de Junio de 2017.] <http://marysolmosquera.blogspot.com.es/>.

**Murad Rivera, Rocío. (2003).** *Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia.* Santiago de Chile : Publicación de las Naciones Unidas, 2003.

**Nogales Galán José Manuel, Figueira González José Ramón , Gutiérrez Gallego José Antonio , Pérez Álvarez Juan Antonio, and Cortés Ruiz Tomás. (2002).** “Determinación De La Accesibilidad a Los Centros De Actividad Económica De Extremadura Mediante Técnicas Sig.” *XIV Congreso Internacional de Ingeniería*

*Gráfica*, no. 1986: 10p.

**Ortega, E., Mancebo, S. y y Otero, I. (2011).** Road and railway accessibility atlas of Spain. s.l. : *Journal of Maps*. Vol. 7, 1.

**Palacios, Jesús y Castañeda, Elsa. (2009).** *La primera infancia (0-6 años) y su futuro*. Madrid : Fundacion santillana, 2009.

**Palomar Anguas, M.P., Bosque Sendra, J. y CCruz Solís, H. (2002).** *Evaluacion de la oferta y demanda de servicios educativos en Tonalá, Jalisco, México*. ISBN 9788487528477. [Citado el: 14 de Junio de 2017.] [http://www.age-geografia.es/tig/docs/doc2\\_21.pdf](http://www.age-geografia.es/tig/docs/doc2_21.pdf)

**Pearce, Jamie, Witten, Karen y Bartie, Phil. (2006).** Neighbourhoods and health: a GIS approach to measuring community resource accessibility. 30, *New Zealand : Journal of Epidemiology & Community Health* , 10.1136 / jech.2005.043281.

**Pérez Valbuena, Gerson Javier. (2015).** Geographical Accessibility to Health Services: A Case Study for Barranquilla. s.l. : *Universidad del Valle*, Vol. 28.

**Postigo Vidal, Raúl, y otros. (2011)** Herramientas cartográficas y de visualización para los observatorios territoriales: la valoración de la proximidad de la población a las zonas verdes, equipamientos y servicios en la ciudad de Zaragoza (España). *Grupo de Estudios en Ordenación del Territorio (GEOT)*. [Citado el: 05 de Mayo de 2017.]

[https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Escolano2/publication/269278885\\_Herramientas\\_cartograficas\\_y\\_de\\_visualizacion\\_para\\_los\\_observatorios\\_territoriales\\_la\\_valoracion\\_de\\_la\\_proximidad\\_de\\_la\\_poblacion\\_a\\_las\\_zonas\\_verdes equipamientos\\_y\\_servicios\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Zaragoza\\_/links/54861a170cf289302e2c0540/Herramientas-cartograficas-y-de-visualizacion-para-los-observatorios-territoriales-la-valoracion-de-la-proximidad-de-la-poblacion-a-las-zonas-verdes-equipamientos-y-servicios-en-la-ciudad-de-Zaragoza.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Escolano2/publication/269278885_Herramientas_cartograficas_y_de_visualizacion_para_los_observatorios_territoriales_la_valoracion_de_la_proximidad_de_la_poblacion_a_las_zonas_verdes equipamientos_y_servicios_en_la_ciudad_de_Zaragoza_/links/54861a170cf289302e2c0540/Herramientas-cartograficas-y-de-visualizacion-para-los-observatorios-territoriales-la-valoracion-de-la-proximidad-de-la-poblacion-a-las-zonas-verdes-equipamientos-y-servicios-en-la-ciudad-de-Zaragoza.pdf)

**Quintero, Juliana Gómez. 2011.** Urban mobility as a product of an evolutionary system. [Citado el: 11 de Mayo de 2017.] <http://ateo.wikispaces.com/file/view/Documento+a.C.+JG.pdf>.

**Quiñones, Rebeca y Pérez Hasbun, Deisy. (2008)** Calidad del servicio: importancia de su estudio dentro del contexto de los programas educativos de las instituciones escolares, *Multiciencias*, págs. 172-177.

**Ramirez, Liliana. (2006).** La accesibilidad y la movilidad espacial, posible tratamiento mediante Sistemas de Información Geográfica. 2, *Buenos Aires : Cuadernos de Ideas*, 2006. 1668-057X.

**Rodriguez Diaz, Virginia. (2011).** Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes”. *Sevilla : Geofocus*, 2011, *Geofocus*, págs. 265-292. ISSN: 1578-5157.

**Ramírez, M.L. (2003)** Cálculo de medidas de accesibilidad geográfica, temporal y económica generadas mediante Sistemas de Información Geográfica. *s.l. : I Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía.*, 2003.

**Redacción El Tiempo. (2008).** En Ibagué cerca de 60 carros piratas de transporte escolar circulan por las calles. *s.l. : Casa Editorial EL Tiempo*, 28 de Enero de 2008.

**Rein Lorenzale, Miriam y Báez Muñoz, Rafael. (2013).** *Proximidad de los Servicios e Infraestructuras básicas. Málaga.*

**Salado García, Maria Jesús. (2004).** *Localización de los equipamientos colectivos, accesibilidad y bienestar social. SIG y localización óptima de instalaciones y equipamientos. Madrid : s.n., 2004. RA-MA.*

**Saldarriaga L, León J. (2013).** Efecto de transporte escolar en la movilidad, difícil de resolver. *s.l. : El colombiano*, 19 de Agosto de 2013.

**Torrado Alvarez, Javier y Valdivieso Jaimes, Antonio. (2000).** Calibración y análisis de parámetros peatonales para Bogotá . *Bogotá : Fundación Colombiana de Peatones*, 2000.

**Torres Tovar, Carlos Alberto. (2007).** *Ciudad informal Colombiana. 2007, Bitacora Urbano Territorial*, págs. 53-93.

**UNESCO. (2011).** *La UNESCO y la Educación "toda persona tiene derecho a la educación"*. [Citado el: 17 de Mayo de 2017.] <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002127/212715s.pdf>

**United Nations. (1966).** *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. 16 de Diciembre de 1966.*

**Universidad Nacional de Colombia. (2008).** *Accesibilidad al medio físico y al transporte. Bogotá : s.n., 2008.*

**Witten, Karen, Exeter, Daniel y Campo, Adrian. (2003).** La calidad de los entornos urbanos: Variación Mapeo de acceso a los recursos de la comunidad. *I, s.l. : Estudios Urbanos , 2003, Vol. 40.*

**Villanueva, Agustina. 2010.** “Accesibilidad Geográfica a Los Sistemas de Salud Y Educación. Análisis Espacial de Las Localidades de Nacochea Y Quequén.” *Revistas de Transporte Y Territorio*, no. 2: 136–57.

## **8. ANEXOS**

Mapas en formato A4 a escala 1:55.000

### **Mapas Generales:**

Mapa de densidad poblacional general.

Mapa de densidad de población entre los 5 y 14 años.

### **Indicadores de accesibilidad a centros educativos públicos y privados:**

Mapa del indicador de tiempos mínimos.

Mapa del indicador de accesibilidad absoluta.

Mapa de población cercana a cada centro educativo.

Mapa de oportunidades acumuladas a 15 minutos de distancia.

### **Indicadores de accesibilidad a centros educativos oficiales (públicos):**

Mapa del indicador de tiempos mínimos.

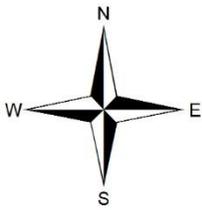
Mapa del indicador de accesibilidad absoluta.

Mapa de población cercana a cada centro educativo oficial.

Mapa de oportunidades acumuladas a 15 minutos de distancia.

## **8.1.MAPAS GENERALES**

# DENSIDAD POBLACIONAL GENERAL DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ



## Leyenda

### Densidad Poblacional

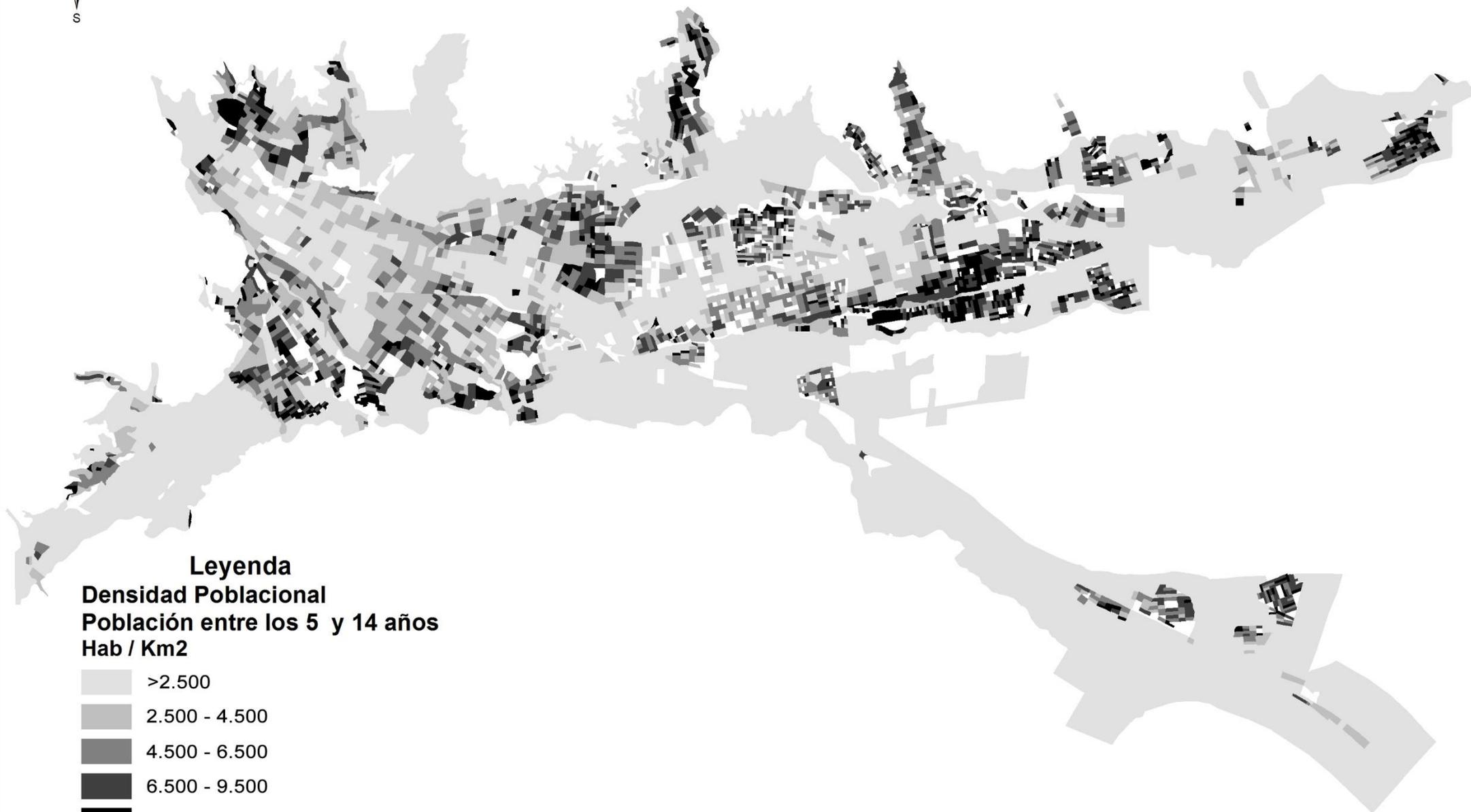
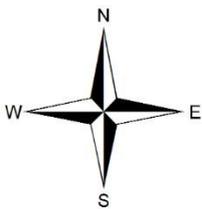
Hab / Km<sup>2</sup>

-  >15.000
-  15.000 - 25.000
-  25.000 - 35.000
-  35.000 - 45.000
-  45.000 - 260.000

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984

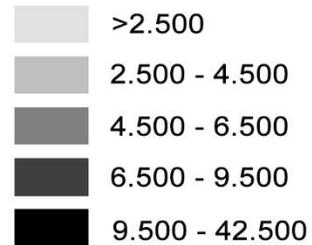


# DENSIDAD POBLACIONAL ENTRE 5 Y 14 AÑOS EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ

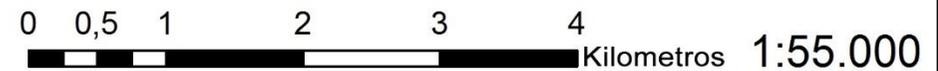


## Leyenda

**Densidad Poblacional  
Población entre los 5 y 14 años  
Hab / Km<sup>2</sup>**

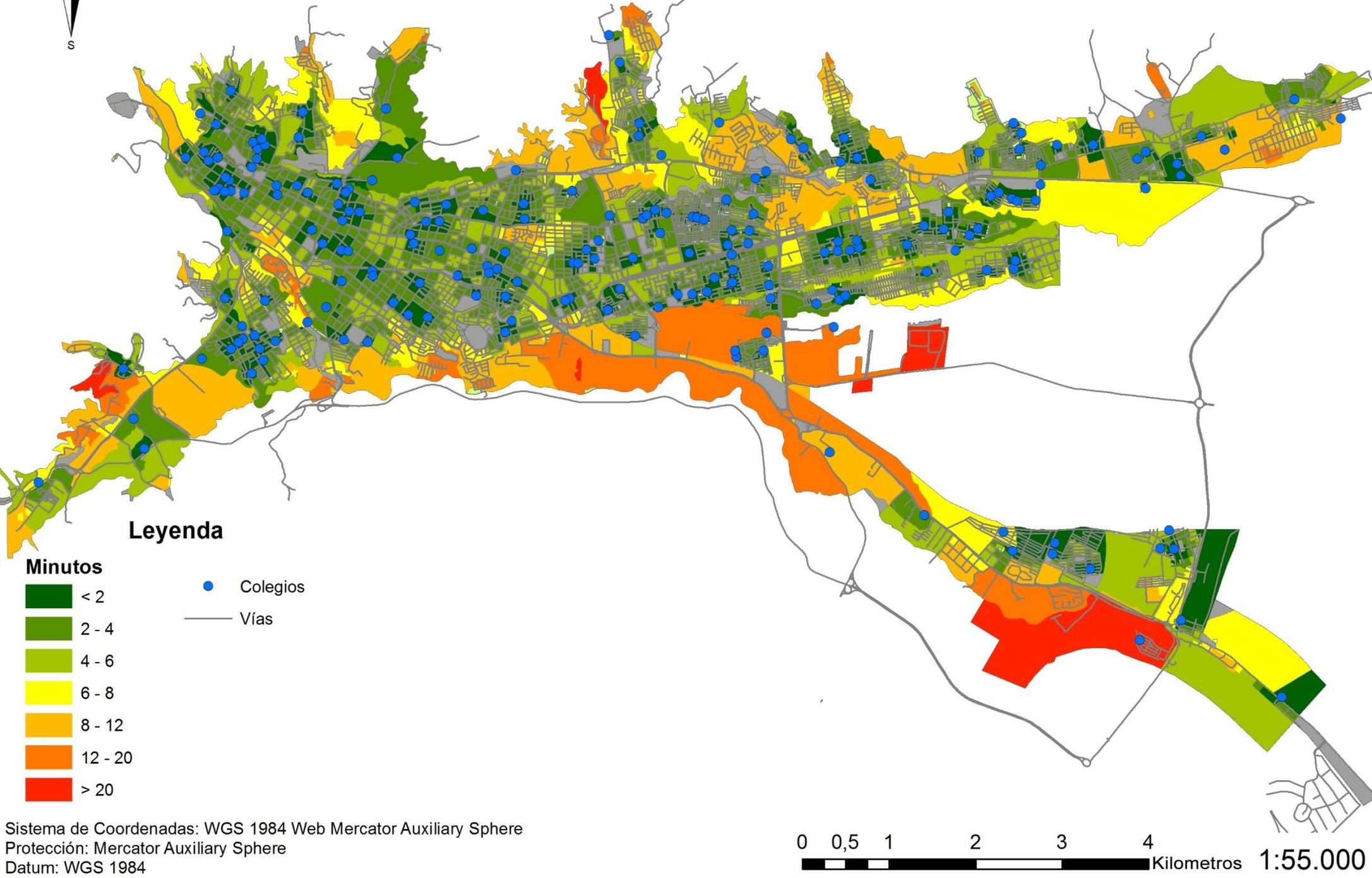
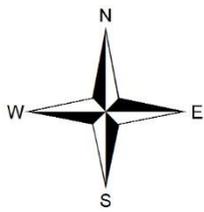


Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984



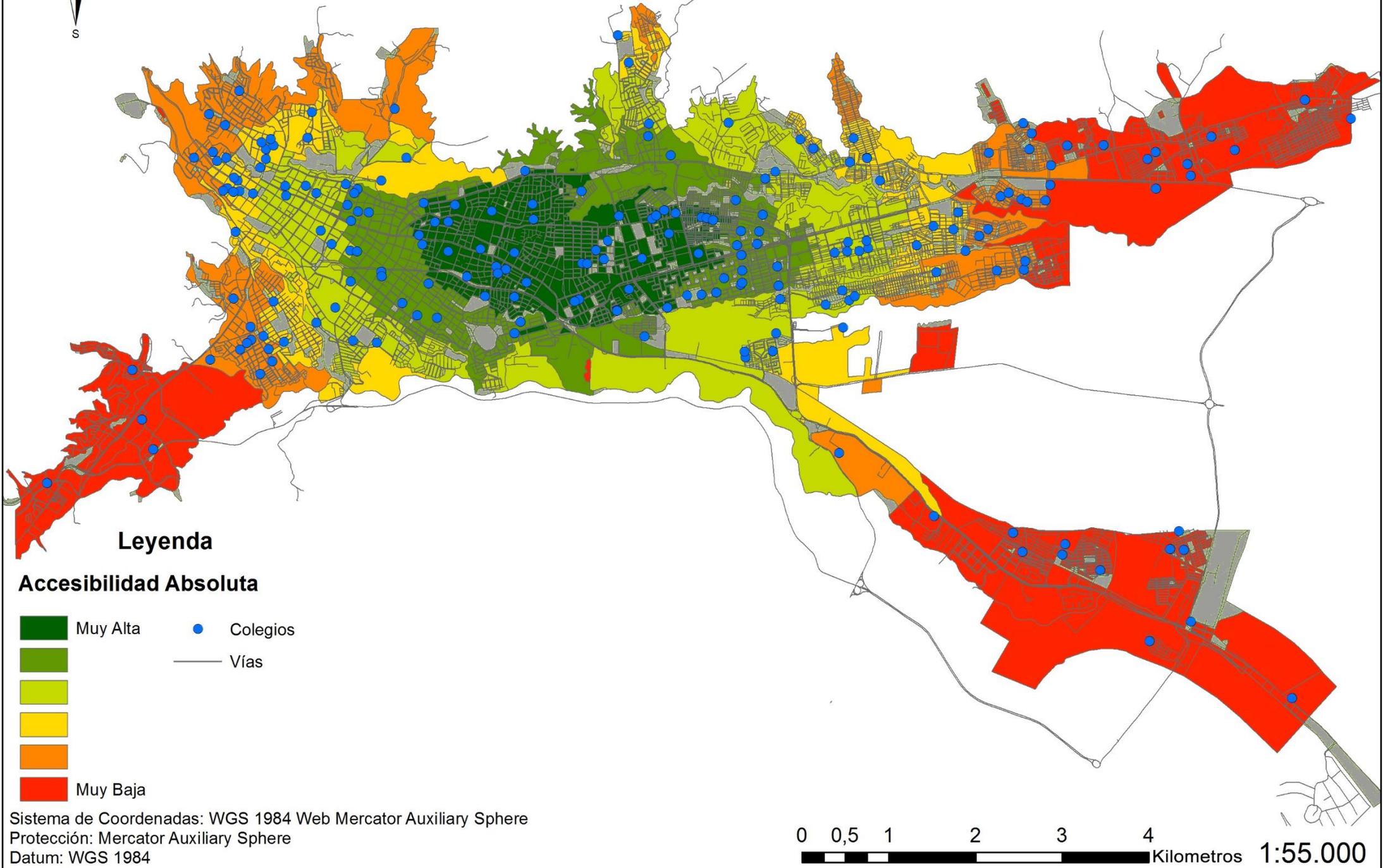
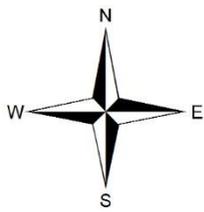
**8.2.INDICADORES DE ACCESIBILIDAD A CENTROS EDUCATIVOS  
PÚBLICOS Y PRIVADOS**

# TIEMPOS MÍNIMOS DE ACCESO POR MANZANA

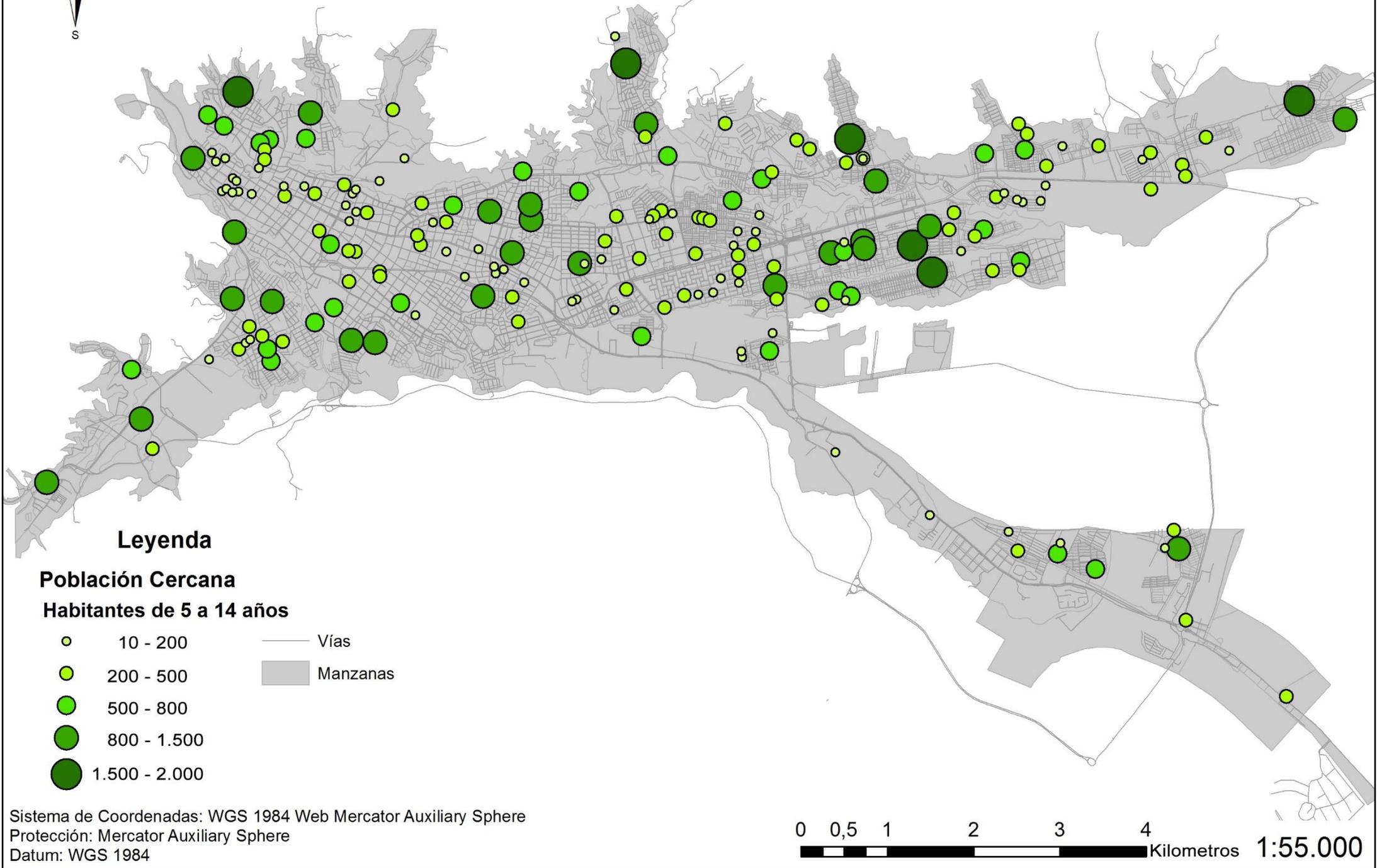
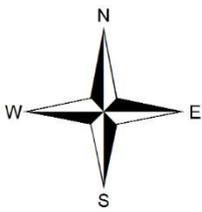


Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984

# ACCESIBILIDAD ABSOLUTA A CENTROS EDUCATIVOS



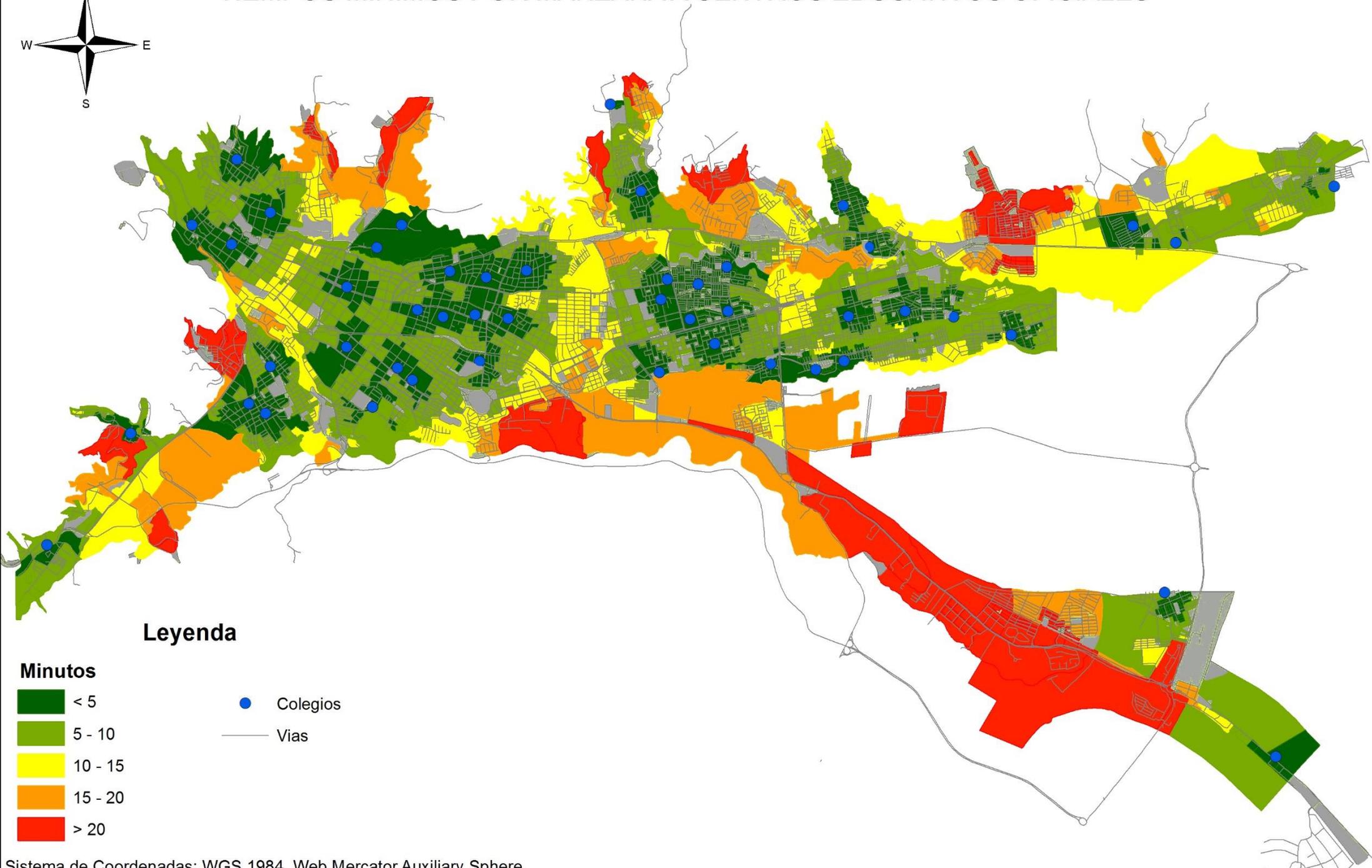
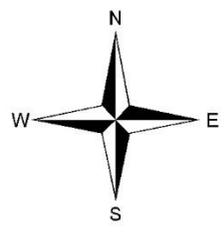
# POBLACIÓN POTENCIAL CERCANA A CADA CENTRO EDUCATIVO





### **8.3.INDICADORES DE ACCESIBILIDAD A CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES (PÚBLICOS)**

# TIEMPOS MÍNIMOS POR MANZANA A CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES



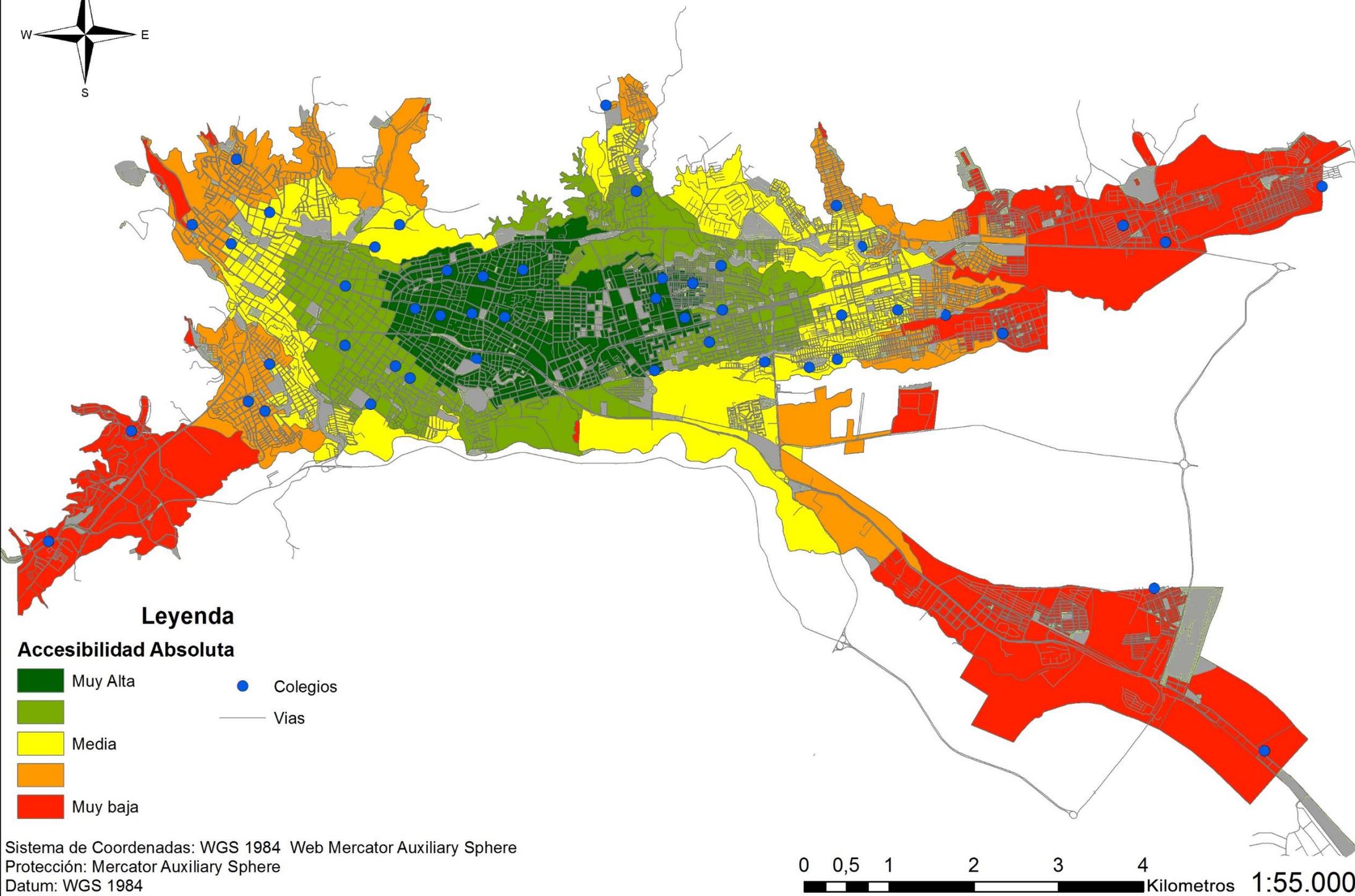
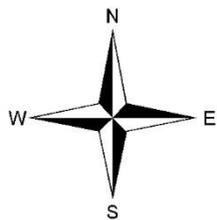
## Leyenda

- Minutos**
- < 5
  - 5 - 10
  - 10 - 15
  - 15 - 20
  - > 20
- Colegios
- Vias

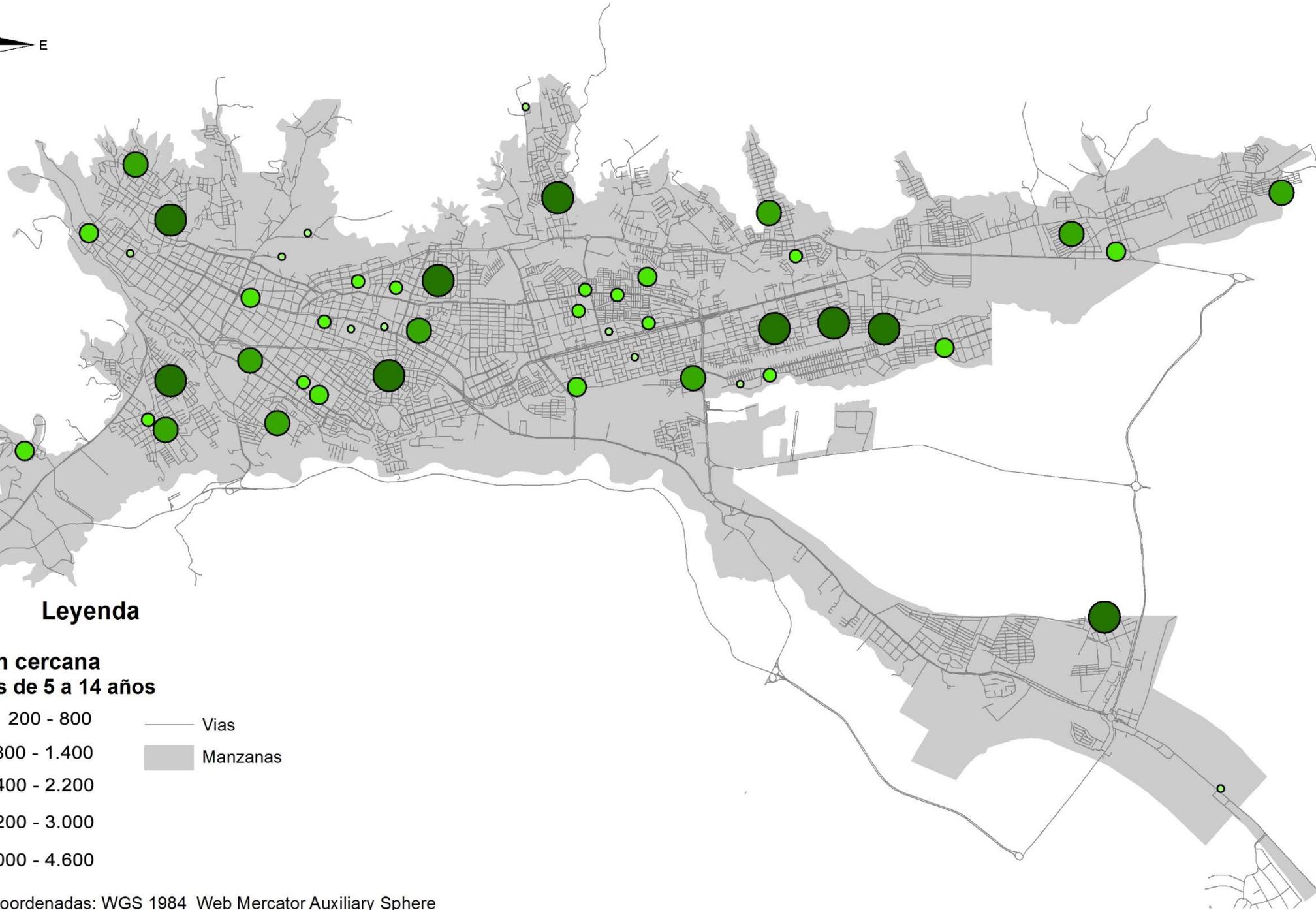
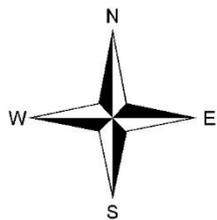
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984



# ACCESIBILIDAD ABSOLUTA A CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES



# POBLACIÓN POTENCIAL CERCANA A CADA CENTRO EDUCATIVO OFICIAL



## Leyenda

### Población cercana Habitantes de 5 a 14 años

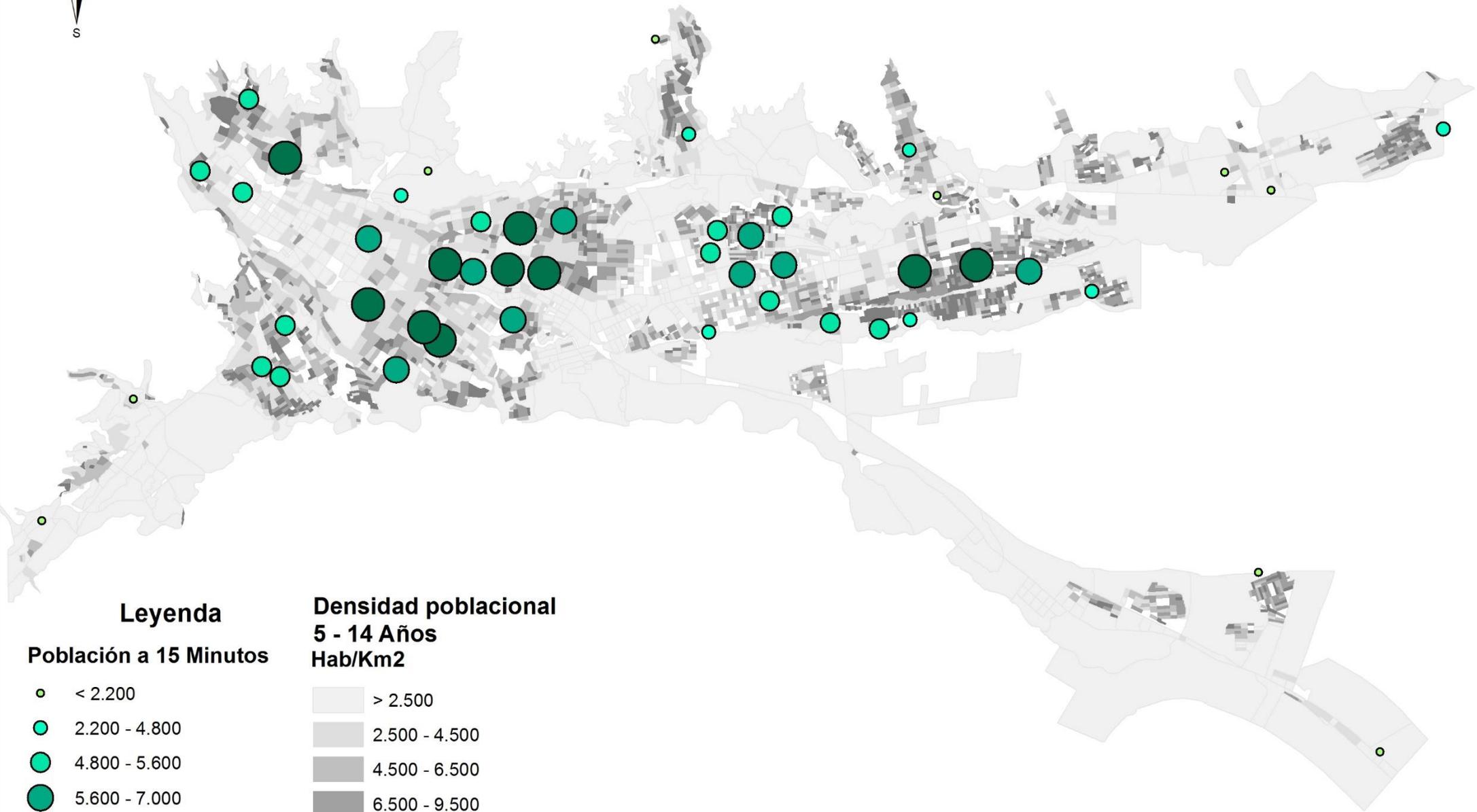
-  200 - 800
-  800 - 1.400
-  1.400 - 2.200
-  2.200 - 3.000
-  3.000 - 4.600

-  Vias
-  Manzanas

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984

0 0,5 1 2 3 4 Kilometros 1:55.000

# POBLACIÓN POTENCIAL A MENOS DE 15 MINUTOS DE CENTROS EDUCATIVOS OFICIALES



## Leyenda

### Población a 15 Minutos

- < 2.200
- 2.200 - 4.800
- 4.800 - 5.600
- 5.600 - 7.000
- 7.000 - 9.900

### Densidad poblacional 5 - 14 Años Hab/Km<sup>2</sup>

- > 2.500
- 2.500 - 4.500
- 4.500 - 6.500
- 6.500 - 9.500
- 9.500 - 42.500

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Protección: Mercator Auxiliary Sphere  
Datum: WGS 1984

0 0,5 1 2 3 4 Kilometros 1:55.000