

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DEL
ENTORNO EN EL CÁLCULO DEL DÉFICIT HABITACIONAL URBANO, USANDO
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES ASISTIDAS
POR HERRAMIENTAS 4.0
EJERCICIO DEMOSTRATIVO DE MEDICIÓN PARA LA LOCALIDAD 11 SUBA –
BOGOTÁ D. C. - COLOMBIA.**

JACK HUSSEIN YURGAKY LÓPEZ

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAESTRIA EN PLANEACIÓN TERRITORIAL**

**DIRECTOR
RODRIGO ERNESTO CARRASCAL ENRIQUEZ
ARQUITECTO PLANIFICADOR**

**UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRIA EN PLANEACIÓN TERRITORIAL
BOGOTÁ D.C**

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. septiembre de 2024

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada Garcia-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega De Mendoza

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ramiro Augusto Forero Corzo

Secretario General

Dr. José Luis Macias Rodríguez

Decana Facultad de Arquitectura

Dra. María Margarita Romero Archbold

Director de programa

Dra. María Margarita Romero Archbold

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a María, a mi familia, a mi país, a mi ciudad Bogotá D.C. y todo lo que me ha brindado además de estudio y trabajo. Al profesor Rodrigo Carrascal y a los demás profesores de la maestría, a los colaboradores de la U América. A Eduin Cuevas, a los compañeros de estudio, a los colegas y compañeros de trabajo y a todo aquel que algo aportó para sacar adelante este documento y esta maestría.

DEDICATORIA

A mi mamá Ligia por quien todo lo soy, a mi amada esposa Luisa Fernanda, a mis amados hijos Nicolas y Adelucia, también mis motores, a mi papá Wilman y mis hermanos Raissa, Dudley y Laila Naomi.

A mis tías Tatty y Nina, a Fernando mi padrino y a Dicna. A mis abuelos en el cielo.

Con cariño a toda mi gran familia.

Y muy especialmente al Dr. Dr. Jorge Ramiro Barrero Sánchez (Q.E.P.D).

TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. De la medición del déficit de vivienda al déficit habitacional en Colombia	21
1.2. Nuevas tecnologías y su posible aplicación en la medición del déficit	24
1.3. Pregunta de investigación	25
1.4. Justificación	25
1.5. Supuesto Teórico	27
1.6. Objetivos	27
<i>1.6.1. Objetivo General</i>	27
<i>1.6.2. Objetivos Específicos</i>	28
2. MARCO DE REFERENCIA	29
2.1. Marco normativo relacionado con el déficit habitacional	29
2.2. Déficit habitacional urbano y su medición	31
2.3. El reto de planear y ordenar las ciudades o los territorios inteligentes, las TIC como herramientas para llevarlo a cabo y su relevancia	38
2.4. Consideraciones sobre el marco de referencia	48
3. METODOLOGIA	50
3.1. Consideraciones sobre los componentes de la medición del déficit habitacional en Colombia.	53
3.2. Estado de la Técnica de la Medición del Déficit Habitacional en Colombia, América Latina y el Caribe	56
<i>3.2.1. Medición en ALC</i>	57
<i>3.2.2. Medición del déficit habitacional en Colombia</i>	64
<i>3.2.3. Consideraciones sobre las metodologías de medición en ALC</i>	67
3.3. Elementos a Medir para el déficit habitacional con entorno	71
3.4. TIC en la solución, soporte o mitigación de problemas urbanos y su potencial aporte a la medición del déficit habitacional urbano con entorno	75
3.4.1. Definiciones y Conceptos Importantes	76
3.5 Experiencias urbanas que aplican tecnología	84
3.6 Propuesta de formulación de la metodología de medición del déficit habitacional con entorno.	93

3.6.1	Indicadores del déficit de entorno	93
3.6.2	Fuentes de datos para el cálculo de los indicadores del déficit de entorno	95
4.	EJERCICIO DEMOSTRATIVO DE MEDICIÓN	97
4.1.	Ámbito del ejercicio demostrativo de medición: localidad 11 Suba – Bogotá D. C. – Colombia.	97
4.2.	Componentes, variables e indicadores a medir en el ejercicio demostrativo conforme a los datos disponibles	102
4.3.	Indicadores de entorno calculados para la localidad 11 Suba con los datos y herramientas disponibles	105
4.3.1.	<i>Sub Índice Componente Amenaza Ambiental</i>	<i>105</i>
4.3.2.	<i>Sub Índice Componente Movilidad</i>	<i>111</i>
4.3.3.	<i>Sub Índice Componente Dotaciones Urbanas</i>	<i>123</i>
4.4.	Cálculo de Subíndices de Entorno	129
4.5.	Cálculo del Índice de Entorno	136
4.6.	Cálculo del Grado de Asociación entre el Déficit habitacional tradicional (cuantitativo + cualitativo) y el Déficit de Entorno propuesto	139
5.	CONCLUSIONES	142
	REFERENCIAS	149

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 Los siete (7) elementos de la vivienda adecuada	19
Figura 2 DANE-Déficit Habitacional (Actualización metodológica 2020)	23
Figura 3 Tipos de Diagnósticos del Déficit Habitacional	34
Figura 4 Escalas de complejidad para evaluar la calidad habitacional	35
Figura 5 Tipología Básica de Necesidades Habitacionales	36
Figura 6 Descripción general de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro de las ciudades inteligentes asistidas por Big Data, Internet de las cosas (IoT) e infraestructura en la nube (BIC)	46
Figura 7 Mapa Metodológico de la Investigación	52
Figura 8 Datos del Déficit habitacional en América Latina y el Caribe	57
Figura 9 Servicios Habitacionales de la Vivienda Según sus Atributos Físicos y la Consolidación de su Entorno	63
Figura 10 Porcentaje de hogares en déficit habitacional según tipo Total nacional y área 2019, 2020, 2021	64
Figura 11 Las revoluciones industriales a lo largo de la historia	75
Figura 12 Diferencias entre Inteligencia Artificial, Machine Learning y Deep Learning	79
Figura 13 Galería Possible Uses of Virtual Singapore (Galería de posibles usos de Virtual Singapore)	86
Figura 14 Digital Twin New York City Buses (Gemelo Digital de Buses de Nueva York)	87
Figura 15 Layers Required to Develop a Digital Twin Smart City (capas requeridas para desarrollar un gemelo digital de ciudad inteligente)	89
Figura 16 Imagen Óptica Panorámica	90
Figura 17 Simulación de Clasificación por método de redes convolucionales muy profundas para el reconocimiento de imágenes a gran escala (VGG-16) de una Imagen Óptica Panorámica.	91
Figura 18 Ejemplo de teledetección móvil con LiDAR 3D Mobile Mapping System	92
Figura 19 Indicadores del subíndice componente Amenaza Ambiental.	94
Figura 20 Elementos del Índice de Entorno propuesto	94
Figura 21 Datos y su integración para la medición del déficit habitacional con entorno	95
Figura 22 Mapa Déficit habitacional DANE 2018 localidad 11 Suba a nivel manzana	99

Figura 23 Mapa de Estratificación a nivel manzana Localidad 11 Suba	101
Figura 24 Fuentes para obtener el cálculo del indicador de amenaza por remoción en masa	106
Figura 25 Mapa Amenaza por remoción en masa a nivel manzana	107
Figura 26 Fuentes para obtener el cálculo del indicador de amenaza por encharcamiento	108
Figura 27 Mapa Amenaza por encharcamiento a nivel manzana	109
Figura 28 Fuentes para obtener el cálculo del indicador de afectación por contaminación sonora	110
Figura 29 Mapa de afectación por contaminación sonora a nivel manzana	110
Figura 30 Fuentes para obtener el cálculo del indicador Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio	112
Figura 31 Mapa Proximidad a estación de Transmilenio SITP	112
Figura 32 Mapa Proximidad a estación de transporte público Zonal SITP	114
Figura 33 Fuentes para obtener el cálculo del indicador estado de la superficie de la vía	116
Figura 34 Mapa Estado de la superficie de la vía a nivel manzana	117
Figura 35 Fuentes para obtener el cálculo del indicador Andén a nivel manzana	119
Figura 36 Mapa material del andén a nivel manzana	120
Figura 37 Fuentes para obtener el cálculo del indicador Acceso a red ciclovía	121
Figura 38 Mapa Acceso a red ciclovía a nivel manzana	122
Figura 39 Fuentes para obtener el cálculo del indicador densidad de luminarias	123
Figura 40 Mapa de Densidad de Luminarias (alumbrado público) a nivel manzana	123
Figura 41 Fuentes para obtener el cálculo del indicador tiempo de desplazamiento a espacio público parques a nivel manzana	125
Figura 42 Mapa de cercanía a parques a nivel manzana	125
Figura 43 Fuentes para obtener el cálculo del indicador Tiempo de desplazamiento a bibliotecas	127
Figura 44 Mapa tiempo de desplazamiento a bibliotecas a nivel manzana	127
Figura 45 Calcular índice compuesto (Estadística espacial)	131
Figura 46 Mapa sub índice Amenaza Ambiental a nivel manzana	132
Figura 47 Mapa sub índice movilidad a nivel manzana	133
Figura 48 Mapa sub índice Dotaciones Urbanas a nivel manzana	135
Figura 49 Elementos del Índice de Entorno propuesto	136

Figura 50 Mapa con la medición del Índice de Entorno a nivel manzana	137
Figura 51 Mapa Grado de Asociación entre el déficit habitacional tradicional y el déficit de Entorno propuesto	141
Figura 52 Modelo 3D	146
Figura 53 Imágenes 360 o 2D georreferenciadas	146

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos MINVU que miden el Déficit Habitacional	58
Tabla 2 Elementos del Déficit Habitacional en República Dominicana	59
Tabla 3 Criterios metodológicos del rezago habitacional	60
Tabla 4 Metodologia de cálculo da inadequação de domicílios – 2016-2019 (Metodología para el cálculo de la insuficiencia de los hogares – 2016-2019)	61
Tabla 5 Hogares en déficit cualitativo según componente (miles) Total nacional y área 2021	65
Tabla 6 Hogares en déficit cuantitativo según componente (miles) Total nacional y área 2021	65
Tabla 7 Cuadro nueva metodología déficit de entorno	66
Tabla 8 Cuadro comparativo de componentes en la medición del déficit en ALC.	67
Tabla 9 Matriz de componentes, variables e indicadores propuestos para la evaluación de los elementos del entorno en el déficit habitacional.	73
Tabla 10 Déficit habitacional por estrato Localidad 11 Suba	100
Tabla 11 Matriz de componentes, variables e indicadores propuestos con su descripción y los parámetros definidos para su evaluación	102
Tabla 12 Criterios de calificación de los indicadores propuestos	129
Tabla 13 Déficit de Entorno Hogares Localidad de Suba	138
Tabla 14 Propuesta de posibilidad de medir componentes actuales de la metodología de Colombia con TIC asistidas por herramientas 4.0	145

RESUMEN

Esta propuesta de investigación explora el uso de *herramientas tecnológicas* avanzadas para medir y determinar problemas territoriales, como el *déficit habitacional*, e identificar nuevos factores asociados a la *vivienda*, incluyendo *variables del entorno*. Propone métodos de evaluación específicos y presenta posibles caminos para describir e interpretar el territorio.

La *vivienda*, como un bien y servicio esencial, es un objetivo clave de políticas de desarrollo y crecimiento, especialmente en países en vías de desarrollo. Esta propuesta metodológica sugiere la utilización de una serie de *indicadores* basados en *datos* procesados mediante *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC-*. Se busca generar *información y conocimiento* mediante un ejercicio demostrativo de medición, un piloto sencillo para proponer como aplicar y demostrar la propuesta investigativa.

Palabras claves:

Déficit habitacional, vivienda, variables del entorno, indicadores, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC-, herramientas 4.0, metodología, datos, información y conocimiento.

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de la materia *Políticas de Suelo y de Vivienda* en el cursar de la maestría para la que se presenta este documento de investigación, se despertó la motivación por responder y quizás entender por qué en esta tercera década del siglo XXI, y aunque la sociedad evoluciona vertiginosa y desequilibradamente, caminando a pasos largos y acelerados en el uso de la tecnología y la ciencia para resolverlo todo, existen problemas sociales latentes con carácter incremental aún por atender, problemas relacionados con los anhelados estándares de calidad de vida para las personas, donde la vivienda adecuada continua en el centro de los requerimientos para lograrlo, siendo su medición y evaluación un reto para la planeación del desarrollo y el ordenamiento territorial. *La vivienda juega un rol mucho más importante del que, en general, se le reconoce. No sólo satisface las necesidades básicas de bienestar, protección, seguridad y sanidad de las personas, sino que es el principal pilar para la superación de la pobreza.* (Lince, Vera y Peciña-Lopez,2022).

Es por esto oportuno pensar que se puede aportar con una investigación que busque aprovechar las herramientas tecnológicas existentes y usarlas en función de convertirlas en herramientas de la Planeación Territorial, por lo que se propone en este documento una ruta metodológica para conocer los elementos del entorno de las viviendas que aportan o le generan déficit habitacional y como medirlos con tecnologías modernas. La formulación de metodologías que tienen que ver con la solución de las necesidades de los ciudadanos y la garantía de sus derechos, trasciende y es especialmente oportuno en momentos de super urbanización.

Así mismo es adecuado revisar un derecho clave como se considera el derecho a la vivienda, desde la mirada de la medición del déficit habitacional y con la propuesta de enriquecer su medición y estimación, agregando variables del entorno de las viviendas, que como se mostrara, son relevantes y necesarias al momento de considerar el cálculo de este déficit.

La deuda habitacional ha sido ampliamente estudiada y cuenta con un variado marco teórico y conceptual, además de ejercicios de determinación realizados en diferentes países y por reconocidas organizaciones de orden gubernamental, local, nacional e incluso mundial, sin

embargo, los elementos que componen su cálculo aún tienen una deuda en la consideración de aspectos del entorno de las viviendas y el lugar en el territorio donde estas se emplazan.

Al revisar y abordar el estado del arte de la medición del déficit habitacional, la exploración de los elementos del entorno que deben ser evaluados y la determinación de estos con la aplicación de tecnologías modernas, se prosigue a proponer los indicadores del entorno más relevantes y conforme a las capacidades del investigador en un ejercicio demostrativo de aplicación, realizar su medición, en la búsqueda para aportar herramientas y métodos diferentes al planificador territorial.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Garantizar el derecho a la vivienda adecuada es una obligación del Estado que se mantiene pendiente en nuestro país y en casi todos en América Latina y el Caribe – ALC. Según publicó el Banco Interamericano de Desarrollo – BID en 2022 “el 33,7% de la población vive en estado de pobreza y casi la mitad de los habitantes de la región no tienen acceso a una vivienda digna”. Desde hace ya un tiempo considerable se ha trabajado en el tema para determinar y medir el déficit habitacional y poder proponer las políticas, planes, programas y proyectos que permitan su superación, casi siempre centrando los esfuerzos en el aspecto cuantitativo, entendido como eliminar la brecha entre el número de familias que demandan una viviendas adecuada y accesible, versus, la oferta inmobiliaria existente; y en su complementario el aspecto cualitativo, referente a viviendas con carencias o deficiencias no estructurales o en condición de precariedad. Para el primero, “estimado actualmente en 23 millones de hogares y para el segundo, más de 43 millones de viviendas” (BID, 2022). En Colombia la medición del déficit ha sido actualizada metodológicamente “para ser armonizada internacionalmente con las mediciones de pobreza multidimensional y con las condiciones de vida de la población colombiana” indica el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (2020), lo que permite contar con información relevante sobre este indicador, en términos de información general y ante las diversas características propias a cada territorio o región del país, además de contar con una línea base y registro de la medición desde el año 1993.

Pero para el investigador ha sido impulso y motivante del presente documento, la propuesta de aportar a la medición en cuanto al concepto de *vivienda digna o adecuada* emitido y desarrollado por la Honorable Corte Constitucional – HCC- (2003-2015), que refiere frente a esto:

No solo es la estructura o unidad residencial. En el marco del entorno, está dotada no solo de elementos propios e intrínsecos a dicha construcción, sino complementarios y externos a ellos, como:

- Localización adecuada.

- Con acceso a equipamientos necesarios para el adecuado desarrollo de las personas que habitan los territorios.
- Dotación de infraestructura de servicios públicos.
- Con espacio público adyacente suficiente, accesible y seguro.

Adecuadas infraestructuras y sistemas de movilidad que permitan su conexión adecuada con otros lugares de la ciudad, para cumplir con las necesidades de los ciudadanos en sus dinámicas cotidianas. (Subrayado fuera de texto.)

Por tanto, se plantea y propone la solución a un problema: la medición actual del déficit habitacional no considera atributos correspondientes al entorno de las viviendas (que será directamente el entorno de los hogares que las habitan). Esto, no sobra aclarar, es algo ampliamente tratado desde hace varios años por expertos y conocedores, ejemplo se citan apartes de diferentes fuentes donde con relación a la medición del déficit habitacional y especialmente a la medición del *déficit habitacional urbano* y frente a la necesidad de considerar variables del entorno de las viviendas se afirma:

La metodología convencional “Metodología fundamentada en los esquemas tradicionales de deficiencias habitacionales de naturaleza cuantitativa y cualitativa, esta última referida directamente a la casa en sí, sin considerar otros aspectos vitales de la urbanización y el bienestar humano. Otras metodologías para el análisis integral de la calidad habitacional de los hogares, como la planteada por CENAC, ONU-Hábitat, etc., introducen, como innovación en el sistema de medición, la consideración de otros atributos relativos a la vivienda, relacionados con el entorno físico y social y con el contorno urbano, esto es, con la ciudad.” (Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional – CENAC, 2006, p. 1).

Frente a la ausencia de medición de atributos correspondientes al entorno “se da una visión incompleta de la problemática habitacional y se producen señales que llevan a verla parcialmente

y, en el caso urbano, desvinculada de un proyecto de construcción de ciudad.” (Departamento Nacional de Planeación – DNP-, 2007).

En cuanto a los hogares y el entorno “Las condiciones de la vivienda y el barrio influyen de manera decisiva en la salud, alimentación y educación de la población, así como en su acceso a oportunidades económicas y su grado de vulnerabilidad a los problemas sociales” (Bouillon, C. P. (Ed.), 2012, p. xxviii).

También en el mismo sentido, “Los residentes de viviendas enfrentan fallas, insuficiencias, deterioro o problemas específicos tanto al interior de sus viviendas como en el entorno físico (natural o construido), social y medioambiental en el que se emplazan.” (Organización de Naciones Unidas - ONU- Hábitat, 2015).

Nuevamente según CENAC (2016) es necesario evaluar la necesidad de incluir nuevas variables que permitan establecer lineamientos para la medición de aspectos que afectan el bienestar de los hogares como lo son las condiciones del entorno, acceso a bienes públicos y equipamientos, medición de las condiciones de seguridad, percepciones subjetivas asociadas a la calidad de vida, entre otros.

Considerando que ONU-Hábitat (2019) manifestó en que: A partir de un análisis exhaustivo de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS- y de su vinculación con la vivienda sostenible, se sintetizaron las oportunidades que tiene el sector de la vivienda para contribuir al cumplimiento de las metas y objetivos de la Agenda 2030.

Para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL- (2017) en cooperación con ONU-Hábitat y el Foro de los Ministros y Máximas Autoridades del sector de la Vivienda y el Urbanismo de América Latina y el Caribe – MINURVI-, “En las ciudades de ALC se ha evidenciado un avance importante respecto a los derechos colectivos, materializándose en el derecho a la ciudad, que entre otros involucra, la demanda por acceso a espacios públicos, suelo urbano, vivienda, servicios y equipamientos de calidad.” (p. 22).

Para ONU-Hábitat, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, los elementos propuestos de una vivienda adecuada son siete: seguridad de la tenencia; disponibilidad de servicios básicos, materiales, instalaciones e infraestructura; asequibilidad; habitabilidad; accesibilidad; ubicación y adecuación cultural (ver figura 1).

Figura 1

Los siete (7) elementos de la vivienda adecuada



Nota. La figura muestra los 7 elementos, cada elemento posee una descripción ampliada. Tomado de: Organización de Naciones Unidas -ONU- Hábitat México (2019). <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

Al revisar los componentes, sus variables e indicadores aplicados para la medición del déficit en Colombia, se encuentra que se evalúan esencialmente de los siete, dos elementos, sin abarcar en ellos la totalidad de sus posibilidades, pero no por esto sin rigor y calidad. La definición ampliada de estos dos elementos identificados se presenta a continuación:

- *Disponibilidad de servicios básicos, materiales, instalaciones e infraestructura:* contempla la provisión de agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, así como para la conservación de alimentos y eliminación de residuos.

- *Habitabilidad*: son las condiciones que garantizan la seguridad física de sus habitantes y les proporcionan un espacio habitable suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.

Se propone continuar con la intención de complementar y mejorar la metodología de medición del déficit, lo que permitirá implementar nuevos alcances a las políticas públicas de vivienda y aportar no solo al cumplimiento de los ODS como garantía de los derechos humanos, sino aportar al compromiso de Colombia de honrar lo consagrado frente al principio de la vivienda adecuada que forma parte del bloque de constitucionalidad en virtud de la suscripción del Estado colombiano de la Observación General N° 4 y ratificar lo acogido en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, El derecho a una vivienda adecuada (Art.11, párr. 1) los Estados partes “reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados, y a una mejora continua de las condiciones de existencia" (subrayado fuera de texto).

Esta propuesta de investigación propondrá pues contribuir a la solución del problema, buscando la manera de incluir los elementos no medidos actualmente, en especial aquellos que por su pertinencia o relación con el entorno de la vivienda (frente a aspectos cuantitativos y cualitativos), que, por sus características especiales o su falta de desarrollo metodológico, no han sido medidos actualmente. Esto, como parte del aporte que el investigador busca presentar, a través de la exploración y planteamiento de variables e indicadores que se alimenten de datos e información proveniente y procesada con el uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC- en esta la llamada era de la cuarta revolución industrial (también conocidas como herramientas cuatro punto cero - 4.0-. De nuevo y citando a ONU-Hábitat (2020): “Las nuevas tecnologías y la innovación brindan oportunidades a las ciudades (áreas y regiones metropolitanas) para cumplir con los ODS y generar un inmenso valor al proceso de urbanización”. Y en consecuencia con la idea de: “Explorar la integración de tecnologías para desarrollar las mediciones y la generación de herramientas que apoyen mejores decisiones en política de vivienda o mejor aún avanzar a una política de hábitat” citando apartes de las diapositivas del profesor Rodrigo Carrascal (2021); esto para conseguir posibles logros, como, por ejemplo:

- Atender de forma adecuada y sin sesgos el déficit habitacional existente.
- Lograr la contribución de la vivienda para el cumplimiento de parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
- Aportar para la calidad de vida como garantía de los derechos humanos.

Las variables a explorar serán desarrolladas en el ámbito urbano, es decir aportar a la medición del déficit habitacional urbano considerando variables del entorno, en el entendido que el ámbito rural comprende aspectos metodológicos diferentes y que no se encuentran dentro del alcance de esta investigación, pero sin duda alguna deberán ser abordados y desarrollados también en futuras y motivadas investigaciones.

1.1. De la medición del déficit de vivienda al déficit habitacional en Colombia

Desde el año 1918 a través de la ley 46 de ese año “por la cual se dicta una medida de salubridad pública y se provee a la existencia de habitaciones higiénicas para la clase proletaria” y como consecuencia de la baja cobertura en saneamiento básico, se incorporaron consideraciones sobre las carencias cualitativas de las viviendas y en su momento los mínimos habitacionales higiénicos. Ya en 1955 el en su momento Instituto de Crédito Territorial – ICT- realiza el primer seminario de vivienda en Colombia y es quien posteriormente a finales de la década siguiente realiza las primeras estimaciones y proyecciones del déficit de vivienda (1969). En esta década se produjo un aumento significativo en la urbanización de Colombia, lo que llevó a un crecimiento de los asentamientos urbanos informales y la falta de viviendas adecuadas incremento para gran parte de la población. Las primeras mediciones del déficit de vivienda en el país surgieron como respuesta a esta problemática. En los años 70 se establecieron las bases para la medición del déficit de vivienda en Colombia. El Departamento Nacional de Planeación - DNP- comenzó a recopilar datos sobre el número de viviendas precarias y sin servicios básicos, así como a evaluar la necesidad de viviendas de la población. Posteriormente a partir de la década de 1990 se implementaron programas gubernamentales para abordar el déficit de vivienda en el país. Se llevaron a cabo

encuestas nacionales de vivienda que permitieron una mejor comprensión de la magnitud del problema y sus causas.

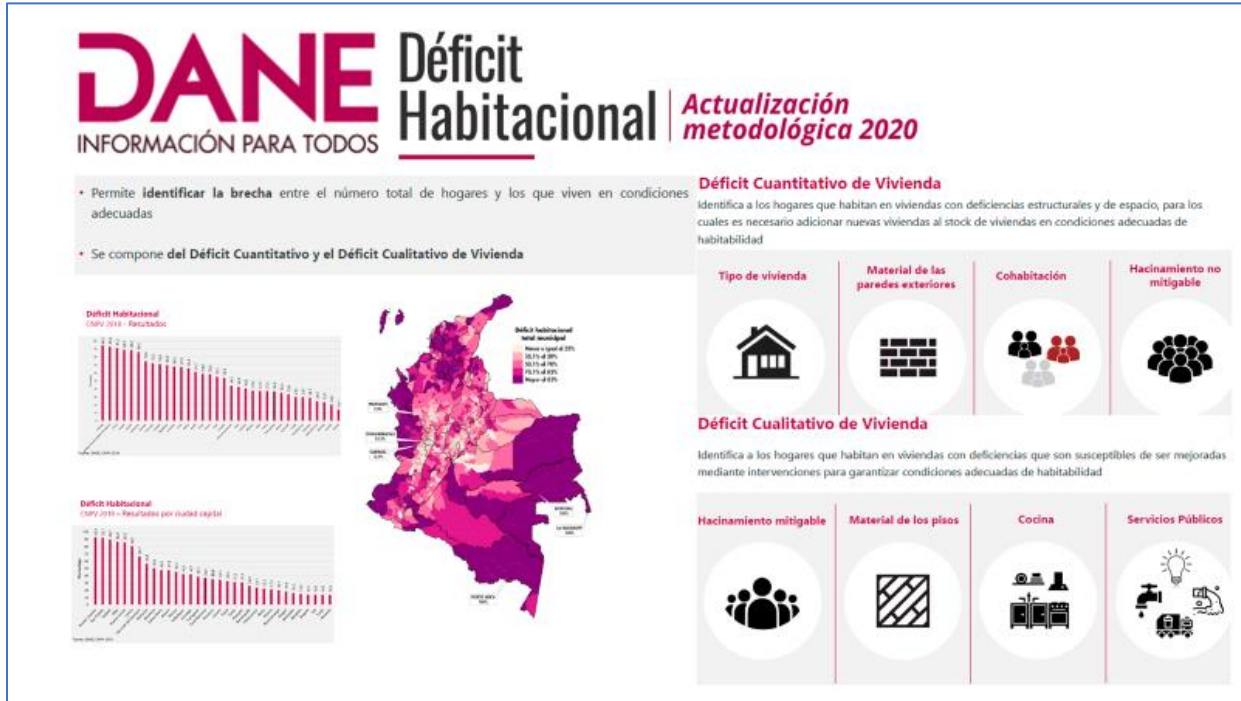
El Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE- se encarga para Colombia de producir la información necesaria para la elaboración de Políticas Públicas, “basadas en evidencia y orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas” (DANE, 2020), en ese sentido y con base a los datos del Censo de 1993 determinó para el país el déficit habitacional, para ese momento ya identificaban sus estudios que más de la mitad de los hogares colombianos presentaba una deficiencia en su vivienda. En 2009 publicó el documento “Metodología Déficit de Vivienda” con el cual expuso la forma en la que, usando los datos del Censo General de Población que realizó en 2005, midió el Déficit de Vivienda en Colombia. A partir de ese momento los resultados de acuerdo con esta metodología fueron usados por las agencias del estado encargadas de elaborar la *política de vivienda* cuyo objetivo es *cerrar la brecha entre una demanda insatisfecha de vivienda y la oferta actual de dicho bien* y fijar sus objetivos de contención. Según el artículo 2.2.2.1.2.1.2 numeral 4.2. del Decreto Nacional 1077 de 2015 “Política de Habitabilidad y Vivienda” se ordena la determinación del déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda para Colombia, en el cual se precise las necesidades de vivienda de interés social, tanto nueva como objeto de mejoramiento integral. Ya hasta el año 2020 el DANE entregó la actualización metodológica del *Déficit Habitacional* (cuantitativo y cualitativo), con ella y a partir de la información recopilada en el Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV- (2018) generó la medición actualizada. En 2022 y usando la Encuesta de Calidad de Vida – ECV- (2021), se actualizó el Déficit Habitacional y determinó para los años 2019 y 2020, siguiendo los lineamientos de la actualización metodológica de 2020. Esa actualización fue concertada con el Ministerio de Vivienda y el Departamento Nacional de Planeación y contó con el apoyo y observación de ONU-Hábitat.

Entidades territoriales, metropolitanas y distritales en conjunto con aliados públicos y privados, han desarrollado y llevado a cabo mediciones del *Déficit habitacional* en sus territorios, en las cuales se han mostrado *propuestas de medición* de variables del entorno de las viviendas, incluso en la información suministrada para 2021 y gracias a los datos recopilados en la ECV- 2021 los resultados del *Déficit Habitacional* que el DANE publica un capítulo denominado *indicadores*

complementarios en el cual se tratan variables del entorno como *vías de acceso, presencia de andenes y ventilación natural*¹.

Figura 2

DANE-Déficit Habitacional (Actualización metodológica 2020)



Nota. La diapositiva muestra *El Déficit Habitacional* que se compone del cálculo del *Déficit Cuantitativo* y del *Déficit Cualitativo* (de Vivienda). Tomado de: presentación de Déficit Habitacional 2020 Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2020>

En resumen, a lo largo de la historia de Colombia, la medición del *déficit de vivienda* ha evolucionado desde sus inicios en la década de 1960 hasta la actualidad como *déficit habitacional*. A pesar de los avances en políticas de vivienda, la necesidad de viviendas adecuadas para todos los colombianos sigue siendo un desafío importante para el país, y la medición continúa siendo esencial para abordar este problema de manera efectiva por eso es relevante proponer nuevas y más completas maneras de realizar la medición.

¹<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2021>

1.2. Nuevas tecnologías y su posible aplicación en la medición del déficit

La medición por consiguiente debe abordar aspectos y métodos que permitan contar con variada y altamente confiable información, de forma oportuna y constante, en especial constante hace referencia a *actualizada*, obtenida desde la fuente misma pero consignada de forma casi inmediata en las bases de datos para generar la medición, por lo que el investigador busco encontrar estas alternativas de solución a través del uso de tecnologías modernas que especialmente fueron utilizadas para apoyar en la solución y tratamiento de problemas como los acarreados recientemente por la *disruptiva* pandemia del COVID – 19 y que demostraron ser altamente eficaces y eficientes. Pandemia que generó nuevos desafíos también en el ámbito del déficit, ya que la falta de viviendas adecuadas se convirtió en una preocupación adicional en medio de la crisis sanitaria sin mencionar el surgimiento de nuevas necesidades de los hogares como el *home office* (trabajo de oficina realizado desde la casa).

Además, apoyado en la revisión de artículos y textos donde se hace referencia al uso de nuevas tecnologías en la solución de problemas urbanos:

“Las tecnologías digitales se han promocionado como posibles soluciones para las presiones demográficas que enfrentan muchas ciudades de los países en desarrollo y pueden ayudar a satisfacer la creciente demanda de servicios e infraestructura.” (Tan y Taeihagh, 2020).

“Las ciudades inteligentes son una tendencia actual que está siendo perseguida por la investigación que, fundamentalmente, busca mejorar la gestión de la ciudad en pro de una mejor calidad de vida humana (Bezerra, et al., 2018).

"Ciudad inteligente como Ciudad sensible, lo que significa centrar la discusión no más en cómo las ciudades pueden ser más inteligentes, sino en cómo las tecnologías inteligentes pueden llevarnos a repensar los patrones de desarrollo urbano haciéndolos justos e inclusivos, además de eficientes y sostenibles.” (Greco y Cresta, 2015).

“Las ciudades inteligentes usan TIC para sentir, analizar e integrar la información en las ciudades en funcionamiento. Una ciudad inteligente también puede utilizar varias herramientas analíticas para analizar gran cantidad de datos creados por personas, objetos, sensores y otros dispositivos.” (Jalali, et al., 2015).

Una ciudad inteligente puede utilizar potencialmente las TIC- como redes de sensores inalámbricos y comunicaciones móviles, como sensorización para construir infraestructura y servicios para la administración de la ciudad, en temáticas como salud, seguridad pública y transporte (Gubbi, et al., 2013).

Las TIC toman relevancia y respaldo por su posible aporte a esta investigación en la búsqueda del como medir el *déficit habitacional* incluyendo *variables del entorno de las viviendas* y que permitan aportar en la *calidad de la medición* y la incorporación de factores importantes y relevantes para las nuevas formulaciones de política pública basadas en datos obtenidos gracias a su uso.

1.3. Pregunta de investigación

¿Cómo medir los componentes, variables o atributos del entorno de las viviendas para determinar su aporte en el Déficit Habitacional Urbano, empleando en la medición y evaluación el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones asistidas por herramientas 4,0?

1.4. Justificación

La medición del déficit habitacional ha permitido estimar metas para la generación de nuevas unidades de viviendas, pero es poco el aporte al momento de la identificación de otros requerimientos y necesidades de la población vinculadas a la vivienda y especialmente para su mejoramiento. Se extrae la reflexión: “Consideramos que la solución para acabar con el déficit de vivienda en la región no es únicamente construir más, sino generar las soluciones más adecuadas

en unidades existentes que se encuentran en condición de precariedad” (BID, 2022). Conforme se revisó una amplia documentación referente a la medición, determinación o cálculo de este déficit en América Latina y el Caribe, y apoyado en la entrevista realizada a Eduin Cuevas un experto en metodologías para mediciones urbanas (se adjunta el material de la entrevista), quien ha participado como investigador en la evaluación del déficit de vivienda urbana en Bogotá y Cundinamarca, se logra identificar que en una medición del déficit realizada sin integrar o en la cual no se midan elementos del entorno de las viviendas, en especial para el ámbito urbano, termina siendo insuficiente, una medición incompleta. Esto porque no adopta una mirada ampliada para garantizar de forma correcta la evaluación de elementos que son fundamentales al momento de entender este déficit, elementos que se presentan por el sistema mismo que terminan conformando la vivienda y su entorno, lo que esto genera en las personas que habitan esas viviendas y como todo confluye para determinar si los hogares que las habitan están o no en déficit habitacional.

También apoyado en el concepto que desarrolla la HCC- cuando hablando de vivienda digna o adecuada señala: “es requerida la medición de los aspectos de entorno asociados a la vivienda, que son consustanciales para cumplir con el derecho a la vivienda”. Ocurre que, por ejemplo, la metodología actual no contempla los riesgos ante desastres naturales a que están *sometidos los hogares por el lugar donde se emplazan sus viviendas*, o aspectos de estos hogares y sus integrantes relacionados con el acceso a la oferta de empleo, equipamientos de educación, salud, seguridad, a espacio público, a movilidad urbana, entre otros, que inciden directamente en la *calidad de vida*, el derecho a la vivienda y por tanto o en consecuencia el *derecho a la ciudad*.

Es retador proponer una metodología que incorpore componentes, variables o atributos del entorno de las viviendas, que no son contemplados actualmente para medir el déficit, más cuando en Colombia las mediciones han sido aceptadas como *integrales*; por esto, el plantear involucrar el uso de nuevas tecnologías y herramientas contemporáneas (TIC- apoyadas por herramientas 4.0), que ayuden a conocer mejor, avanzar o potenciar la medición mediante la formulación de criterios e indicadores nuevos que usen datos e información de alta confiabilidad, precisión y eficiencia, aprovechando además el poder computacional y la automatización, como unos de los diferenciales que propone la investigación y que se espera sirva para atender de mejor forma las necesidades y problemáticas sociales similares aportando a la planeación del desarrollo y crecimiento territorial.

En el tiempo de la llamada cuarta revolución industrial, es pertinente proponer el uso de herramientas basadas en TIC- asistidas por herramientas 4.0 (así llamadas por ser generadas en la denominada cuarta revolución industrial), y que han sido definitivamente un inmenso aporte, además, con la llegada de la pandemia del COVID - 19 resultaron más cercanas y relevantes para nosotros, empezamos a llegar rápidamente a reconocer las virtudes de la virtualidad, la potencia e importancia de la computación en la nube, la presencia del internet de las cosas y su cercanía con las herramientas y aplicaciones que usamos en nuestros dispositivos móviles, portátiles, del hogar e infraestructuras de la vida cotidiana. Además de la adopción que los gobiernos, empresas y compañías han hecho de hardware y software, robots, sensores, interconexión y alta disponibilidad, de cara al ciudadano, cliente o usuario.

La búsqueda de tecnologías y adopción de estas en una metodología para buscar aportar o resolver un aspecto social y relevante que es de gran importancia, resulta además afortunadamente oportuno por el tema de apuntar a la garantía de los derechos básicos y fundamentales de los seres humanos.

1.5. Supuesto Teórico

Lograr con la incorporación de variables y componentes del entorno de las viviendas obtenidos o apoyado en el uso de las TIC como mecanismo para lograr su identificación y evaluación, produciendo datos e información en un contexto de la planeación territorial, aprovechando estas nuevas herramientas basadas en tecnología e innovación para así aportar a la medición del déficit habitacional.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta metodológica para la medición del déficit habitacional urbano integrando elementos del entorno e implementarla con el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) asistidas por herramientas de la llamada Industria 4.0.

1.6.2. Objetivos Específicos

1. Establecer el estado de la técnica de las metodologías de medición del déficit habitacional urbano especialmente indagando si han contemplado evaluar indicadores referentes al entorno de las viviendas.
2. Identificar Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) asistidas por herramientas 4.0 o de la llamada cuarta revolución industrial, empleadas o que se puedan emplear para la medición del déficit habitacional urbano con componentes del entorno de las viviendas.
3. Formular una metodología de medición de componentes del entorno de las viviendas para determinar el déficit habitacional urbano, basada en el uso de TIC asistidas por herramientas 4.0.
4. Implementación de un ejercicio demostrativo de medición con la metodología propuesta, basado en las condiciones de recursos tecnológicos e información disponible.
5. Formular conclusiones y posibles recomendaciones con base en los resultados del alcance logrado en la propuesta metodológica que sirva adicionalmente como insumo para formulaciones de ajuste y motivador de aplicación de la propuesta en ámbitos más amplios.

6. MARCO DE REFERENCIA

El déficit habitacional y su importancia en la evaluación de las necesidades de vivienda como lo define el Banco Mundial “se refiere al número de viviendas necesarias para satisfacer las necesidades de los hogares que carecen de condiciones adecuadas de habitabilidad y/o que viven en hacinamiento”. Por esto el marco de referencia de esta propuesta de investigación se presenta en tres aspectos, primero conocer sobre el *marco normativo* que hace relevante la medición del déficit habitacional, segundo profundizar sobre el déficit habitacional *urbano y su medición*, y tercero revisar casos de éxito sobre *uso de TIC-* en la solución o aporte a los problemas de la planeación del desarrollo y/o del ordenamiento territorial, para así conocidos poder proponer los planteamientos de los capítulos siguientes.

2.1. Marco normativo relacionado con el déficit habitacional

A continuación, se muestra el marco normativo que se estima como relevante para la medición del déficit habitacional, en el caso de esta investigación del déficit habitacional urbano:

- Artículo 51 de la Constitución Política de Colombia “Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda” (Colombia. Constitución Política de Colombia de 1991. Art. 51)
- Artículo 11 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales que hace parte del bloque de constitucionalidad colombiano donde se establece: “1. Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados, y a una mejora continua de las condiciones de existencia” (Colombia. Constitución Política de Colombia de 1991. Art. 11).

- Numerales 6, 7 y 8 de la Observación General 4 del Comité de los Derechos Económicos Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, incluidos en las Sentencias de la Corte Constitucional de Colombia (T-024/15, T-585/06, entre otras) que desarrollan el concepto de vivienda adecuada como:
 - i) El derecho a una vivienda adecuada se aplica para todos, indistintamente de que se trate de personas o familias e independientemente de su edad, sexo o situación económica, es decir, sin sujeción a cualquier tipo de discriminación.
 - ii) Tres factores han de considerarse bajo el concepto de seguridad en el goce de la vivienda: asequibilidad, seguridad jurídica de la tenencia y gastos soportables.
 - iii) No solo es la estructura o unidad residencial. En el marco del entorno, está dotada no solo de elementos propios e intrínsecos a dicha construcción, sino complementarios y externos a ellos, como: localización adecuada, acceso a equipamientos necesarios para el adecuado desarrollo de las personas que habitan los territorios, dotación de infraestructura de servicios públicos, espacio público adyacente suficiente, accesible y seguro, y adecuadas infraestructuras y sistemas de movilidad que permitan su conexión adecuada con otros lugares de la ciudad, para cumplir con las necesidades de los ciudadanos en sus dinámicas cotidianas. (Corte Constitucional de Colombia. T-024/15, T-585/06)

- Objetivo de Desarrollo Sostenible numero 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, que tiene como una de sus metas 11.3: “De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países”.

Es apreciable la importancia de la norma para conceder un derecho constitucional y como se ha trasegado a sustanciales ratificaciones a nivel de las altas cortes, reafirmado como garante no solo

de los aspectos pactados internacionalmente, si no de la real importancia de una *vivienda digna y adecuada como un derecho fundamental*.

No obstante, las realidades enfrentadas de aspectos económicos, políticos y sociales, que alejan y distancian las situaciones reales de las situaciones ideales, el contar con un marco jurídico, acuerdos y tratados, además de sentencias relacionadas, alberga grandes posibilidades y esperanzas frente a lograr alcanzar mediante *mejores formulaciones de políticas basadas en datos*, los ideales de equidad y equilibrio humano que son tan necesarios para el desarrollo de la sociedad.

2.2. Déficit habitacional urbano y su medición

No es menor el ejercicio adelantado en Colombia para la medición del Déficit Habitacional, que como presentó más recientemente el DANE- en el año 2022 está compuesto por el *Déficit de Vivienda Cuantitativo y el Déficit de Vivienda Cualitativo*. Esta reciente medición a pesar de su rigurosidad y alto grado técnico, no considera aspectos del entorno de la vivienda ni de los hogares que la habitan, que como se demostrará ampliamente, son considerados como cruciales y complementarios para una adecuada medición. De acuerdo a la MERPD- (2007). Presentaba el documento *Las condiciones habitacionales de los hogares y su relación con la pobreza* donde ya avisaban sobre la importancia de asociar variables de entorno a la mirada sobre el déficit. César Patricio Bouillon, editó para el BID en el año 2012 la obra *Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe* en ella señala de forma categórica *Las condiciones de la vivienda y el barrio influyen de manera decisiva en la salud, alimentación y educación de la población, así como en su acceso a oportunidades económicas y su grado de vulnerabilidad a los problemas sociales*. El escrito se basa en la premisa de que una vivienda es algo más que un techo y cuatro paredes. Se centra en analizar tanto las características individuales del hogar, entre ellas las carencias (déficits) habitacionales tradicionales como la falta de acceso a servicios de acueducto y alcantarillado, así como en estudiar la importancia de la ubicación del barrio, el acceso a facilidades urbanas, la forma urbana, la densidad y la segregación. Bouillon de forma adecuada muestra entre otros, cómo se presentan impactos negativos en la salud como resultado de las malas condiciones de la vivienda y de los barrios circundantes y como la salud infantil se encuentra altamente influenciada por su lugar de residencia. En uno de sus capítulos

cita a *Sampson y Raudenbush* quienes en 1999 plantearon: “Para bien o para mal, el entorno de las viviendas, la composición y las características del barrio tienen un efecto en la calidad de vida de las familias”, para reforzar sus afirmaciones en el planteamiento acerca de segregación, calidad de los barrios y problemas sociales; en su texto afirma “Las áreas residenciales mal planificadas, deterioradas e inseguras influyen de manera adversa en toda una gama de resultados sociales”. Sus análisis muestran la importancia de considerar el entorno de la vivienda, el barrio que la contiene, sus barrios colindantes e infraestructuras adyacentes. En las reflexiones sobre la vivienda destaca:

La manera en que los gobiernos emplean los déficits de vivienda para fijar objetivos de construcción de unidades suele crear problemas considerables. Los programas de vivienda deberían prestarle tanta o más atención a la ubicación y a la calidad de los proyectos, centrarse en los pobres y dejarle la clase media baja al sector privado, establecer subsidios de un monto suficiente para que los hogares menos favorecidos puedan adquirir viviendas formales, ofrecerles todas las opciones posibles para que empleen tales subsidios, y mejorar los servicios comunitarios y locales. Estas medidas pueden ser incluso más importantes que cumplir con las metas de producción de unidades físicas para disminuir las brechas habitacionales. Menciona además sobre la vivienda y calidad de vida Disfrutar de buena salud, confiar en que los hijos puedan tener un buen desempeño escolar, no verse obligado a recorrer largas distancias para llegar al trabajo, vivir libre de contaminantes y poder relajarse en casa en un entorno sin crimen son todos factores que contribuyen a una buena calidad de vida. Es natural que la vivienda y los barrios donde residen las personas sean factores fundamentales de la satisfacción con la vida (Sampson y Raudenbush, 1999).

Este análisis puede servir para preguntarnos también si las políticas públicas generadas en materia de vivienda en Colombia, ¿están presentando este u otros comportamientos?, es decir, por ejemplo, si están formuladas únicamente con planes para la construcción de nuevas unidades y que no satisfacen las reales necesidades de vivienda de los colombianos por la calidad de vida que ofrecen. Contar con mediciones sobre elementos del entorno de las viviendas y sus variables asociadas, permitirá conocer de primera mano aspectos asociados a la localización que deben ser contemplados en la formulación de políticas públicas y al momento de considerar los requerimientos, por ejemplo, de infraestructuras básicas, complementarias o proporción de espacio

público real, aspectos como las vías de acceso, la conectividad, el control de amenazas y riesgos, entre otros.

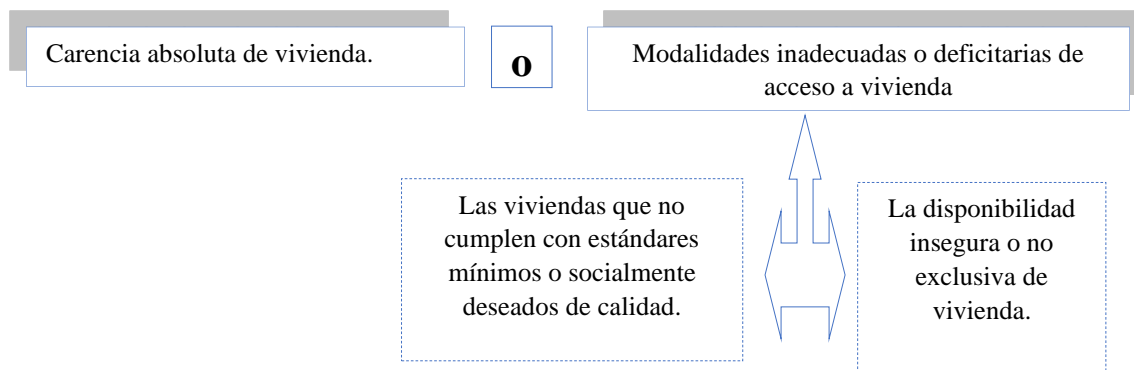
Ya con una mirada en el ámbito regional, encontramos una caracterización de esas necesidades habitacionales insatisfechas: la iniciativa de ONU-Hábitat, El Foro de Ministros y Autoridades Máximas de la Vivienda y el Urbanismo de América Latina y el Caribe – MINURVI- y la CEPAL- sobre *medición del Déficit Habitacional en ALC-*, que publicó en 2015 *Déficit Habitacional en América Latina y El Caribe: una herramienta para el diagnóstico y el desarrollo de políticas efectivas en vivienda y hábitat* donde con el postulado *la satisfacción de las necesidades habitacionales está directamente relacionada con el derecho a una vivienda adecuada*, se plantea la importancia del acceso seguro, oportuno, exclusivo y equitativo a viviendas adecuadas para todos los hogares que manifiestan algún tipo de necesidad, cumpliendo la garantía de un derecho humano, el derecho a la vivienda. Y por tanto conmina a los estados a conocer el *Déficit Habitacional desde una perspectiva multidimensional y sensible a las variadas expresiones que reviste, para a su vez ser atendido prioritariamente, por medio de instrumentos, programas y políticas pertinentes*. Esto ya que al ser en su mayoría países en vías de desarrollo que experimentaron procesos acelerados de urbanización (también pasa en Asia y África), *se revelan severas restricciones para que numerosos grupos de la población pudiesen optar a una vivienda digna*, convirtiéndose en un problema que amerita especial atención.

El Déficit Habitacional es un concepto descriptivo, que da cuenta de una situación de saldo negativo entre: (1) el conjunto de viviendas adecuadas (stock o parque habitacional) del que dispone un país, una ciudad, una región o un territorio dado; y, (2) las necesidades de habitación de su población (MINURVI- y la CEPAL, 2015).

Esta herramienta afirma que el déficit habitacional en los diferentes países comprende dos tipos de diagnósticos Figura 3:

Figura 3

Tipos de Diagnósticos del Déficit Habitacional



Nota. El Déficit Habitacional se diagnostica según sea Cuantitativo o Cualitativo. Tomado de ONU-Hábitat (2015). Déficit Habitacional En América Latina Y El Caribe: Una Herramienta Para El Diagnóstico Y El Desarrollo De Políticas Efectivas En Vivienda Y Hábitat. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) 2015, P.O. Box 30030, GPO Nairobi 00100, Kenia. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/D%C3%A9ficit%20habitacional.pdf>.

Ese concepto señala aquel conjunto de requerimientos de vivienda que revisten interés *desde un punto de vista social* con objeto de promover el acceso seguro y duradero de toda la población a condiciones habitacionales adecuadas, enfocándose específicamente en aquel segmento que actualmente se encuentra excluido o privado de la vivienda. Por definición, entonces, *el conjunto de demanda que interesa para el análisis del déficit habitacional es aquel que representa a los grupos excluidos de acceso a una vivienda en el contexto de una sociedad.*

No es Colombia para nada ajeno a esta problemática, según cifras reveladas por Informal Economy. (2023, febrero 13), donde indican que Colombia registra un 34.6% por cada cien mil habitantes, seguido de Letonia 34%, México 31%, Polonia 28.4% y Turquía con 23.8%; mientras que países como Nueva Zelanda con 0.7%, Gran Bretaña con 0.8% y Japón con 1.6% son los que mejores condiciones habitacionales reportan para sus hogares con el menor hacinamiento.

Por tanto, distinguir entre condiciones habitacionales adecuadas o dignas y aquellas que no lo son, conduce a lo que se ha señalado como vivienda adecuada, siete características esenciales que toda vivienda debe satisfacer y que ya hemos mencionado: (1) seguridad de

la tenencia; (2) disponibilidad de servicios; (3) asequibilidad - gastos soportables; (4) habitabilidad; (5) accesibilidad; (6) ubicación – lugar adecuado; y (7) adecuación cultural. Cabe considerar como referencia tales criterios y su aplicación operacional en términos de indicadores (ONU, 2015).

De la publicación se toma la Figura 4:

Figura 4

Escalas de complejidad para evaluar la calidad habitacional



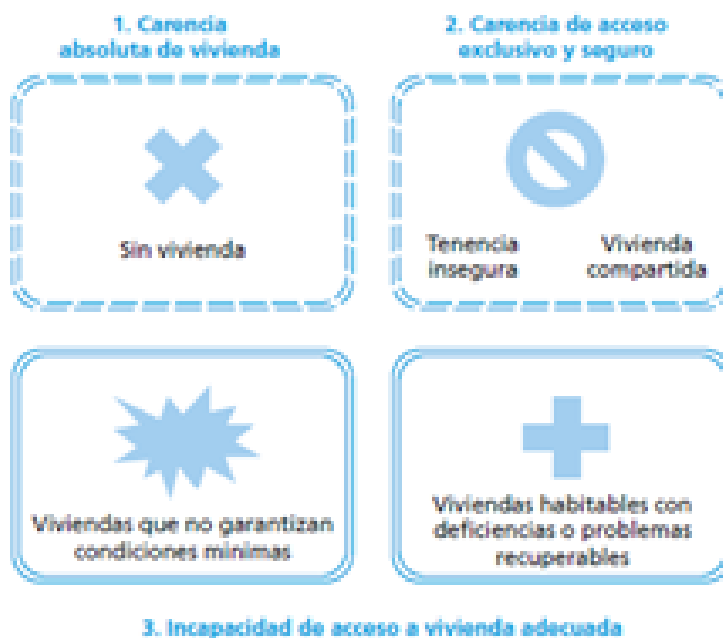
Nota. La imagen muestra las escalas de complejidad al momento de afrontar la evaluación de la calidad habitacional contemplando el entorno de la vivienda y sus diversos componentes. Tomado de: ONU-Hábitat (2015). Déficit Habitacional En América Latina Y El Caribe: Una Herramienta Para El Diagnóstico Y El Desarrollo De Políticas Efectivas En Vivienda Y Hábitat. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) 2015, P.O. Box 30030, GPO Nairobi 00100, Kenia. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/D%C3%A9ficit%20habitacional.pdf>.

Se concluye que:

Es pertinente ampliar la mirada sobre las necesidades de habitación, considerando las diferentes brechas de calidad que afectan directamente a los residentes de viviendas que enfrentan fallas, insuficiencias, deterioro o problemas específicos tanto al interior de sus viviendas como en el entorno físico (natural o construido), social y medioambiental en el que se emplazan. El Déficit Habitacional puede ser caracterizado como el conjunto de necesidades habitacionales insatisfechas de una población, incluyendo: (1) la carencia absoluta de vivienda; (2) la carencia de una vivienda de uso exclusivo y bajo condiciones seguras de tenencia; (3) la incapacidad de acceder a una vivienda adecuada (ONU-Hábitat 2015).

Figura 5

Tipología Básica de Necesidades Habitacionales



Nota. La imagen muestra las tres formas de necesidades habitacionales insatisfechas de una población Tomado de: ONU-Hábitat (2015). *Déficit Habitacional En América Latina Y El Caribe: Una Herramienta Para El Diagnóstico Y El Desarrollo De Políticas Efectivas En Vivienda Y Hábitat.* Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) 2015, P.O. Box 30030, GPO Nairobi 00100, Kenia. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/D%C3%A9ficit%20habitacional.pdf>

Una vivienda adecuada significa algo más que tener un techo bajo el que guarecerse. Significa también disponer de un lugar privado, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad de tenencia, estabilidad y durabilidad estructurales, iluminación, calefacción y ventilación suficientes, una infraestructura básica adecuada que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud, y un emplazamiento adecuado y con acceso al trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable (ONU-Hábitat 2015).

Más recientemente en el diagnóstico que presentó CEPAL- 2017 *Plan de Acción Regional para la Implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036*, mencionan: “La persistencia y profundidad de los déficits urbanos es evidencia de serias deficiencias institucionales: las que se reflejan en la falta de políticas y planes nacionales para el desarrollo del sistema de ciudades, en las debilidades de la gobernanza y financiamiento de gobiernos subnacionales y en la ausencia de una coordinación efectiva entre los distintos niveles de gobierno que intervienen en un mismo territorio y entre entidades territoriales contiguas dentro de un mismo nivel de gobierno”. El documento plantea que: “en la década del 1990 comienza un proceso de desregulación en ALC, donde el Estado pierde poder relativo, y el mercado acentúa su accionar. Los centros urbanos de la región experimentan una situación similar, donde la planificación urbana disminuye como mecanismo de gestión, fragilizando las capacidades de intervención”. Menciona también, “otro desafío actual de la región es la escasez relativa en algunas materias de datos e información urbana, lo que constituye una barrera para el diseño e implementación de políticas urbanas en ALC. Aun cuando la planificación urbana es un ejercicio político, si esta no se realiza sobre la base de investigación y análisis de datos, pueda resultar en una menor eficiencia y efectividad de políticas, programas y proyectos”. Además, destaca que “en las ciudades de ALC se ha evidenciado un avance importante respecto a los derechos colectivos, materializándose en el derecho a la ciudad, que entre otros involucra, la demanda por acceso a espacios públicos, suelo urbano, vivienda, servicios y equipamientos de calidad”. Plantea la CEPAL la visión regional para las ciudades y asentamientos humanos “Imaginamos: Ciudades y asentamientos humanos de América Latina y el Caribe inclusivos, seguros, resilientes y

sostenibles, reconocidos como macro-bienes públicos, creados por y para la ciudadanía, con igualdad de derechos y oportunidades, con diversidad socio-económica y cultural, que fomenten la prosperidad y la calidad de vida para todos y se relacionen de manera sostenible con su entorno y su patrimonio cultural y natural”.

Para cerrar es pertinente ver la contribución de la vivienda al cumplimiento de la Agenda 2030 que se sintetizo mediante “la identificación de las oportunidades que tiene el sector de la vivienda para contribuir al cumplimiento de las metas y objetivos para el Desarrollo Sostenible” (ONU-Hábitat México, 2022).

2.3. El reto de planear y ordenar las ciudades o los territorios inteligentes, las TIC como herramientas para llevarlo a cabo y su relevancia

En la publicación del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos *United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). World Cities Report 2020. Nairobi, Kenya: UN-Habitat*, se dedica en varios capítulos, pero en especial en el titulado (traducido al español), *Innovación, Tecnología y el Valor de la Urbanización Sostenible*, a ratificar la importancia de la planeación del desarrollo y el ordenamiento territorial apoyados en herramientas emergentes, en especial provenientes de las denominadas herramientas de la cuarta revolución industrial, al estar *basadas en aspectos realmente revolucionarios de aceleración digital que según los conocedores de la evolución denota del año 2011*. De esta publicación se destacan ideas como las que se refieren a continuación, que reafirman la pertinencia de las nuevas herramientas y su convergencia en el ámbito territorial:

El mundo está firmemente arraigado en la era de la información. La tecnología continúa remodelando las economías y sociedades en medio de la cuarta revolución industrial, o la disrupción de ritmo exponencial causada por las posibilidades de miles de millones de personas conectadas por dispositivos móviles, con una potencia de procesamiento sin precedentes, capacidad de almacenamiento y acceso al conocimiento. Estas posibilidades se verán multiplicadas por las tecnologías emergentes.

Avances en campos como inteligencia artificial, robótica, Internet de las cosas, vehículos autónomos, Impresión 3-D, nanotecnología, biotecnología, ciencia de materiales, almacenamiento de energía y computación cuántica, sobresalen además por las oportunidades que ofrecen para las ciudades.

Las ciudades están en el centro de estos cambios, ya que la concentración de personas y las actividades humanas fomentan Talento en tecnología e innovación para localizar. Incluso ahora en la pandemia de COVID -19, están ubicados en las ciudades y concentrados los principales establecimientos de salud y las casas matrices de las principales instituciones de investigación que están trabajando asiduamente para desarrollar una vacuna.

La interacción de la tecnología y la innovación ya han influido en los patrones de urbanización y se están preparando para dar forma al futuro de las ciudades.

Las ciudades están en el centro de los cambios tecnológicos ocasionados por la cuarta revolución industrial, a saber, el movimiento hacia Big Data, informática cuántica, Internet de las cosas (IoT), automatización e inteligencia artificial.

En un momento en que el mundo se está rápidamente urbanizando, en el contexto de graves desafíos climáticos, de manejo de recursos, salud pública y temas ecológicos, la necesidad de la innovación ampliamente entendida asume particular fuerza.

Los gobiernos de las ciudades también pueden ser innovadores basándose en, y en algunos casos creando, nuevas tecnologías, así como el desarrollo legal e innovaciones institucionales para mejorar y transformar el proceso de gobierno y prestación de servicios. Las ciudades pueden trabajar para crear sistemas que permitan que los ciudadanos utilicen deliberadamente sus teléfonos para aportar a recopilar datos.

Los datos abiertos y el software libre, contribuyen a aumentar el desarrollo económico, así como la resiliencia en planificación y provisión de servicios.

Los gobiernos de las Ciudades y la gente que vive en ellas, están encontrando cada vez más formas de innovar de abajo hacia arriba, para hacer sus ciudades mejores lugares (en sentido de apropiación tecnológica y de sus beneficios).

Los datos municipales se están volviendo cada vez más un recurso estratégico, que permite a los gobiernos locales llevar a cabo su misión y programas de manera efectiva.

Nuevas tecnologías e innovación brindan oportunidades para que las ciudades logren los ODS y generen un inmenso valor del proceso de urbanización.

Las ciudades están explorando nuevas formas de interactuar con los residentes para garantizar la equidad y justicia, incluido el acceso, regulación y gestión de las nuevas tecnologías.

Desarrollos en Big Data, computación cuántica, IoT en red, automatización e inteligencia artificial tienen el potencial de remodelar las relaciones sociales, laborales, la política y la vida de la ciudad de manera profunda. Las ciudades deben desarrollar capacidades, normativas y políticas para abordar estos cuestionamientos y negociar lo que es de interés público, idealmente adoptando marcos sólidos para los derechos digitales y desarrollo (derechos de autor).

Es que como lo señalaron Jin, Jiong, Jayavardhana, Slaven y Marimuthu (2014) en su artículo *An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things* (Un Marco de información para la creación de una ciudad inteligente a través de Internet de Cosas, en español), escrito para el *IEEE Internet of Things Journal*:

El aumento de la densidad de población en los centros urbanos, exige la provisión adecuada de servicios e infraestructura para satisfacer las necesidades de los habitantes de la ciudad, que abarcan a residentes, trabajadores y visitantes. La utilización de las TIC para lograr este objetivo, presenta una oportunidad para el desarrollo de ciudades inteligentes, donde la administración de la ciudad y los ciudadanos tienen acceso a una gran cantidad de

información en tiempo real sobre el entorno urbano en la que basar las decisiones, acciones y planificación futura (Jin, Jiong, Jayavardhana, Slaven y Marimuthu, 2014).

Ellos nos presentan un marco para la realización de ciudades inteligentes a través del desarrollo del Internet de las cosas (IoT por sus siglas del inglés *Internet of Things* herramienta que explicaremos más adelante y que se basa en la conectividad de la red, los dispositivos conectados y los datos que estos proporcionan). Esta es una de las tecnologías que más logros promete ayudar a conseguir y en su texto proponen un referente que “abarcaría el sistema de información urbano completo, desde el nivel sensorial y la estructura de soporte de redes, hasta la gestión de datos y la integración basada en la nube de los respectivos sistemas y servicios, que conforma y hace parte transformadora del sistema ciber físico existente”.

Las profesoras e investigadoras Ilaria Greco y Angela Cresta (2015) en su artículo de conferencia *A Smart Planning for Smart City: The concept of 4Iéfic city as an opportunity to re-think the planning models of the contemporary city* (Una Planificación Inteligente Para Una Ciudad Inteligente “el concepto de ciudad inteligente como una oportunidad para repensar los modelos de planificación de la ciudad contemporánea”²), parten de una reflexión y señalan: “sobre el tema de *Ciudad inteligente* como *Ciudad sensible*, lo que significa centrar la discusión no más en *cómo las ciudades pueden ser más inteligentes*, sino en *cómo las tecnologías inteligentes pueden llevarnos a repensar los patrones de desarrollo urbano haciéndolos justos e inclusivos, además de eficientes y sostenibles*. Sobre esto con su artículo intentan explorar un nuevo campo de investigación concerniente con la relación entre *el urbanismo y ciudad inteligente*.

La ciudad inteligente es sin duda una oportunidad para repensar la ciudad contemporánea de una manera innovadora, con sistemas de gestión de recursos en la ciudad, orientados a mejorar la calidad de vida respecto a lo cual la tramitación de la planificación estratégica integrada es un requisito clave para el desarrollo sostenible de la ciudad (Greco y Cresta, 2015).

² Tomada de un texto en inglés y traducido al español.

Nascimento, Bezerra y Martins (2015), comentan en su artículo de conferencia *On Computational Infrastructure Requirements to Smart and Autonomic Cities framework* (Requisitos de Infraestructura Computacional como Marco de Ciudades Inteligentes y Autónomas), que: “Las ciudades inteligentes son una tendencia actual que está siendo perseguida por la investigación que, fundamentalmente, busca mejorar la gestión de la ciudad en pro de una mejor calidad de vida humana”. Ellos proponen un nuevo enfoque complementario autonómico para la gestión de ciudades inteligentes. Se argumenta que los sistemas de gestión de ciudades inteligentes con características autonómicas mejorarán y facilitarán las funcionalidades de gestión en general. En su documento presentan un marco como caso de uso que considera escenarios de aplicación específicos como salud inteligente, red inteligente, entorno inteligente y calles inteligentes.

También en 2015 durante la *18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks* los expositores Jalali, El-Khatib y McGregor, presentaron en su artículo titulado *Smart City Architecture for Community Level Services Through the Internet of Things* (arquitectura de ciudad inteligente para servicios de nivel comunitario a través de Internet de las cosas), una propuesta donde la administración de la ciudad, los proveedores de servicios comunitarios y los ciudadanos, tienen acceso a datos en tiempo real que se han recopilado utilizando varios mecanismos sensoriales para analizar y tomar decisiones para planificación futura. En especial de rescatar la premisa que *las ciudades y territorios inteligentes usan TIC para sentir, analizar e integrar la información de su funcionamiento*.

Una ciudad inteligente puede utilizar potencialmente las TIC, para esto redes de sensores inalámbricos, RFID y comunicaciones móviles funcionan como el componente de sensores, para construir infraestructura y servicios para administración de la ciudad, o en temas de salud, seguridad pública y transporte. Una ciudad inteligente también puede utilizar varias herramientas analíticas para analizar gran cantidad de datos creados por personas, objetos, sensores y otros dispositivos. (Jalali, et al., 2015).

En 2018 en el número especial de *Technological Forecasting and Social Change “Understanding Smart Cities: Innovation Ecosystems, Technological Advancements, and Societal Challenges”* (Pronósticos tecnológicos y cambio social “Comprensión de las ciudades inteligentes: ecosistemas

de innovación, avances tecnológicos y desafíos sociales”), Appioa, Limab y Paroutisc presentan una agenda de investigación que señala la urgente necesidad de desarrollar una ciencia de las ciudades inteligentes, en la que *se encuentren criticidades y tensiones* (Almirall, 2016), *visiones contrastadas* (Greenfield, 2013), *planificación estratégica y políticas urbanas sabias* (Sennett, 2018), a través “de una adopción equilibrada de enfoques cualitativos y cuantitativos, que coexisten y estimulan aún más un debate constructivo y crítico de ciudades inteligentes actuales y futuras, cuya ambición es aumentar la competitividad de las comunidades locales a través de la innovación y, al mismo tiempo, aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos a través de mejores servicios públicos y un medio ambiente más limpio” (subrayado fuera de texto).

White y Clarke (2019) publicaron un artículo titulado en español Inteligencia Urbana con Bordes Profundos (*Urban Intelligence with Deep Edges*), en el que se abordan tecnologías emergentes para la solución de temas urbanos, en el comentan:

Con el aumento de la exactitud disponible a partir de modelos de aprendizaje profundo de última generación y nuevos dispositivos integrados en el borde de la red capaces de ejecutar y actualizar estos modelos, existe potencial para la inteligencia urbana en el borde de la red. Esto permitirá una gama de argumentos urbanos modernos, aplicaciones que requieren latencia y jitter reducidos (tiempos y variación de estos al transmitir datos), como en cirugías remotas, detección de colisiones vehiculares y la realidad aumentada. El flujo de tráfico desde los dispositivos de IoT a la nube también se reducirá, ya que, con la mayor precisión de los modelos de aprendizaje profundo, solo será necesario informar un subconjunto de los datos después de una primera pasada para el análisis (White y Clarke, 2019).

En su artículo White y Clarke (2019) exponen cómo “el aprendizaje por transferencia se puede utilizar para actualizar las últimas capas de modelos previamente entrenados en el borde de la red, (como en dispositivos de seguimiento a la salud personal) reduciendo drásticamente el tiempo de entrenamiento y permitiendo que el modelo realice nuevas tareas sin tener que enviar datos a la nube. Esto también mejorará la privacidad de los usuarios, que es un requisito clave para las aplicaciones de inteligencia urbana”.

En otras latitudes se presenta un interesante escrito titulado *The Role Of Smart City Applications In The Development Of Idp Areas In War Countries* (El papel de las aplicaciones de ciudades inteligentes en la propuesta de desarrollo de la población interna desplazada en países en guerra), en el que los autores Saied, Rodionovskaya, Nassour y Husen (2019), nos muestran el importante papel que pueden desempeñar las aplicaciones inteligentes en los procesos de desarrollo y sostenibilidad en países que se han visto afectados por crisis como la guerra de la República Árabe Siria. Y afirman:

Con la capacidad de estas aplicaciones para recopilar y detectar una gran cantidad de información y datos relevantes, para luego analizarlos, permitirá a estas ciudades avanzar y encaminarse en el desarrollo de sistemas de gestión y gobernanza para convertirse en sistemas inteligentes que analizan y comprenden las necesidades de la población y sus estilos de vida, pensamiento, cultura y patrimonio autónomo, para la preservación de las comunidades y la naturaleza de sus características, donde la aceptación de las personas de este desarrollo cumple un factor importante y decisivo en el proceso de transformación hacia una ciudad inteligente (Saied, et al., 2019).

Tan y Taeihaghque (2020) en su artículo *Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review* (Gobernanza de ciudades inteligentes en países en desarrollo: una revisión sistemática de la literatura), logran concluir que:

Las ciudades inteligentes habilitadas por la tecnología en los países en desarrollo sólo pueden concretarse cuando concurrentemente elementos socioeconómicos, humanos, legales y las reformas regulatorias, están integradas en los planes de desarrollo de los países a largo plazo. Condiciones contextuales, inclusive el desarrollo social del estado, la política económica y su capacidad financiera; la alfabetización tecnológica y la voluntad de los ciudadanos de participar en el desarrollo de la ciudad inteligente; además de factores culturales únicos: son importantes para el desarrollo de ciudades inteligentes en países en vía de desarrollo (Tan y Taeihaghque, 2020).

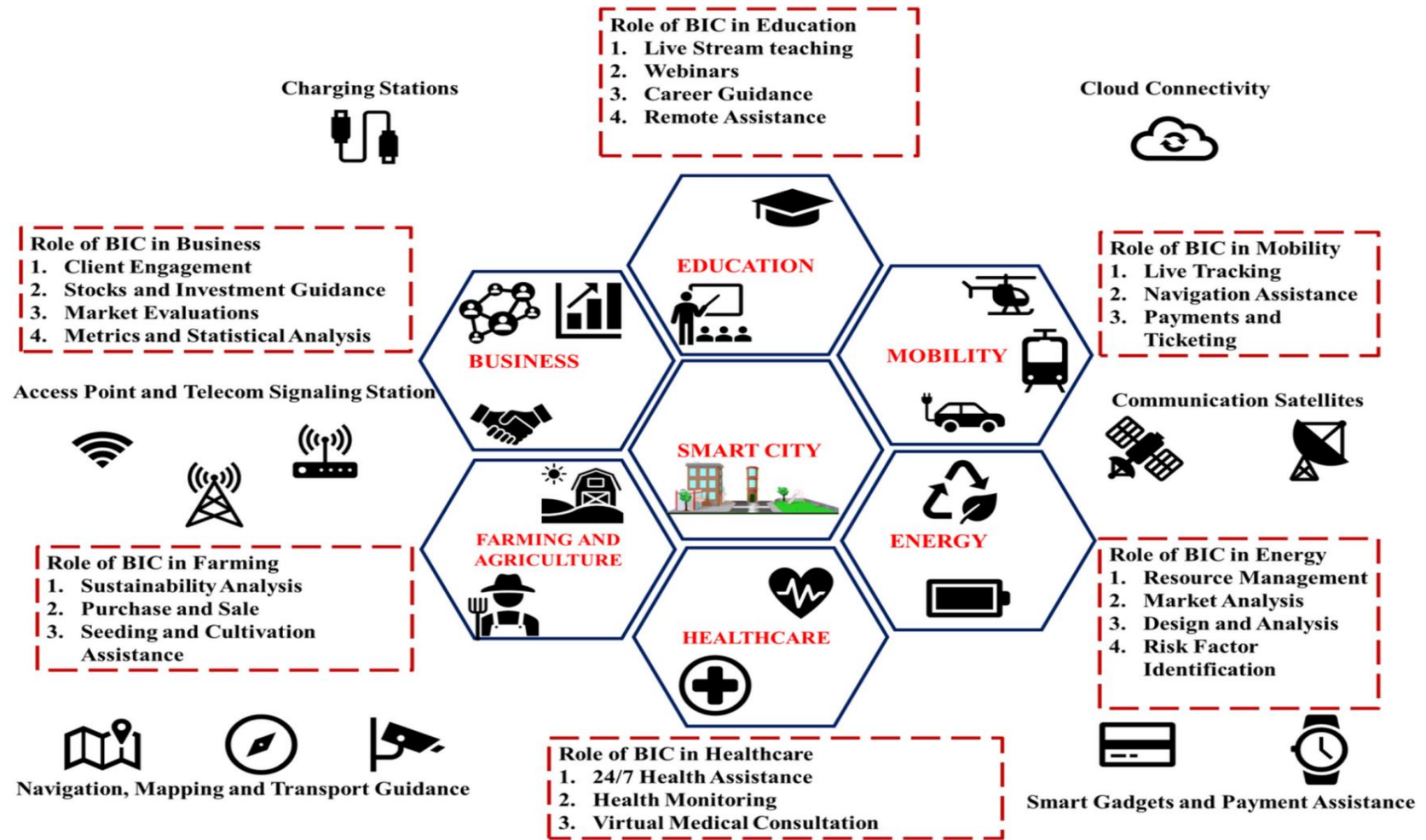
Esto para considerar que en la posible implementación de las TIC- para resolver asuntos urbanos como la medición del *déficit habitacional* se presentaran escenarios altamente viables si se cumplen los elementos (casi condicionantes) expuestos por Tan y Taeihaghque.

En mayo de 2021 un artículo de la colección de actualidad *Technologies and Components for Smart Cities* elaborado por Manimuthu, Dharshini, Zografopoulos, Priyan y Konstantinou, que se titula *Contactless Technologies for Smart Cities: Big Data, IoT, and Cloud Infrastructures* (Tecnologías sin contacto para ciudades inteligentes: macro datos, internet de las cosas e infraestructuras en la nube), donde señalan “Los sistemas inteligentes están mejorando los entornos urbanos y mejorando su rendimiento general en todos los aspectos posibles. Innovaciones en el campo de las TIC, y la proliferación de macro datos, internet de las cosas y las infraestructuras en la nube, revolucionan los ecosistemas urbanos ágiles existentes al tiempo que se dirigen a los clientes de forma eficaz y atienden las necesidades ciudadanas”.

Se extrae de esta publicación la Figura 6 que nos brinda un mayor y rápido entendimiento como las TIC- se hacen relevantes dentro de las ciudades inteligentes y como son asistidas por macrodatos (Big Data), Internet de las cosas – IoT- e infraestructuras en la nube – BIC-, denotadas tecnologías o herramientas desarrolladas durante la cuarta revolución industrial (industria 4.0).

Figura 6

Descripción general de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro de las ciudades inteligentes asistidas por Big Data, Internet de las cosas (IoT) e infraestructura en la nube (BIC).



Nota. La imagen describe ejemplos de tecnologías de la información y la comunicación TIC- dentro de las ciudades inteligentes asistidas por Big Data, Internet de las cosas e infraestructura en la nube. Tomado de: Zografopoulos, Priyan y Konstantinou (2019) *Contactless technologies for 46éfic cities: big data, IoT, and cloud infrastructures* Tecnologías sin contacto para ciudades inteligentes: Macro Datos, Internet de las Cosas e infraestructuras en la nube.

Esta investigación por ejemplo espera referir como en los casos que las TIC relacionan datos de Movilidad y Transporte se puede conocer el aporte que genera al déficit habitacional urbano la localización de la vivienda frente a los tiempos de recorridos para acceder a oferta de bienes y servicios, o la capacidad de la infraestructura que permite el acceso a esta, o la conectividad de esta con el ecosistema urbano. Se pueden considerar aspectos como los tiempos de recorridos a lugares de empleo, educación superior o especializada e incluso acceso a servicios de salud básicos y complementarios.

Eduardo Souza (2021) presentó en su artículo titulado *¿Cómo hacer que las megaciudades del futuro sean además inteligentes?* (traducido por José Tomás Franco), las siguientes reflexiones sobre las nuevas tecnologías y las necesidades de vivienda de la población mundial:

Especialmente en los países en vías de desarrollo, la vivienda es un problema crítico para una gran parte de la población. Christophe Lalande, experto en el tema de Un-Habitat, dice que “la vivienda es un gran desafío, porque es el punto de acceso a la inclusión económica, social y cultural. Debe ser intrínsecamente sustentable, lo que significa que debe construirse de tal manera que brinde estabilidad y condiciones de vida confiables durante un largo período. Este es un tema crucial, especialmente para los migrantes, porque el acceso a un hogar adecuado es una condición previa para una integración efectiva”.

Es importante que el tema de la vivienda no solo se aborde cuantitativamente, como suelen hacer muchos gobiernos. La vivienda debe estar integrada con la ciudad, cerca de los puestos de trabajo, el transporte y los atractivos que ofrece la vida urbana. Las urbanizaciones aisladas han demostrado en repetidas ocasiones que no son la mejor solución. Además, proporcionar edificios más saludables y cómodos para una población que pasa el 80% de su tiempo en espacios interiores es fundamental, más aún si tenemos en cuenta que con la pandemia del Covid-19, la vivienda tuvo que recibir muchas funciones nuevas, convirtiéndose en un espacio de estudio para los niños y de trabajo para gran parte de los adultos (Eduardo Souza, 2021).

Construir o renovar edificios, con efectos positivos en el bienestar de sus ocupantes y un impacto reducido en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, es un gran desafío.

“Esto significa desarrollar soluciones que contribuyan al confort térmico, acústico y visual de los ocupantes y mejoren la calidad del aire interior, y que a su vez reduzcan el consumo energético de los edificios. Estas soluciones también deben conservar los recursos naturales y disminuir la huella de carbono, principalmente como resultado de la reducción de su peso, el aumento del material reciclado y de la capacidad de reciclaje al final de su vida útil. Finalmente, no deben suponer ningún riesgo para la salud y seguridad de los equipos de trabajo. Para eso contamos con la innovación, que debe, por supuesto, abordar todas estas cuestiones, pero también aportar mejoras significativas en el desarrollo de nuestros procesos de compra y fabricación”.

En los últimos años, se ha hablado mucho sobre las ciudades inteligentes, o smart cities, que optimizan la infraestructura y la gobernanza para involucrar mejor a los ciudadanos en la gestión de los servicios. Esto incluye sensores, sistemas y aplicaciones que recolectan una serie de datos, los cuales pueden ser analizados para incidir en la toma de decisiones en materias como movilidad, salud, manejo del agua y energía, vivienda, residuos sólidos, alcantarillado, entre muchos otros. Las aplicaciones del Internet de las cosas (IoT) basadas en la nube reciben, analizan y administran datos para ayudar a los gobiernos locales, las empresas y los ciudadanos a tomar mejores decisiones que mejorarán la calidad de vida. Es la idea de un urbanismo en red, donde la combinación del monitoreo y la retroalimentación ayudaría a generar ciudades más sostenibles y productivas (Souza, 2021).

Es pues con estos referentes que el investigador motiva la exploración de las citadas tecnologías y su aplicación en la medición (de forma directa o indirecta) del déficit habitacional, para el caso de estudio inicialmente una metodología para el área urbana y conforme a las características, singularidad de capacidades y datos disponibles.

2.4. Consideraciones sobre el marco de referencia

El déficit habitacional está directamente asociado a la calidad de vida de las personas y aporta un significativo peso e impacto en los hogares, las falencias o carencias que acarrea consigo revelan

un importante desafío en la sociedad moderna. Las condiciones habitacionales se ven reflejadas en aspectos económicos, productivos, en la salud, el bienestar, en aspectos emocionales y psicológicos de las personas y las comunidades que están impactadas por este problema. Trabajar adecuadamente en la determinación del déficit atendiendo todas las aristas e involucrando las variables que permiten conocerlo, en especial las asociadas al entorno de las viviendas como necesarias y complementarias de las actualmente medidas en Colombia y hacerlo mediante el uso de las TIC y su potencial aporte en la identificación y solución de problemas urbanos de forma ágil, precisa y sostenible es la consideración que se propone ofrecer en esta investigación.

3. METODOLOGIA

La investigación se aborda con un enfoque cuantitativo, para determinar cuáles son los atributos del entorno de las viviendas que deben ser tenidos en cuenta al momento de conocer si una vivienda es adecuada, es decir, para identificar y proponer los elementos asociados al lugar de ubicación de cada vivienda que influyen o incluso se requieren para que estas puedan considerarse como apropiadas (cumplir con su función de manera articulada con el territorio para bien de los hogares que las habitan). Para esto se presenta la indagación que busca identificar cuáles son los atributos planteados e identificados en el contexto teórico, y cuáles han sido implementados o medidos en diferentes países de ALC-. Así también presentar y probar la pertinencia y viabilidad de realizar la medición de estos elementos, apoyados en el uso de las TIC- y las herramientas o técnicas asociadas a la cuarta revolución industrial, aplicadas inicialmente en un ámbito territorial urbano. Una propuesta de alcance exploratorio que plantea la identificación e inclusión de nuevos elementos (con una descripción de sus posibilidades y el método para llevar a cabo su medición) e incluirlos en la determinación del déficit habitacional urbano actual aportando elementos del entorno.

Se comparte en la Figura 7 el mapa metodológico de la investigación, en él se describe el proceso adelantado y se muestra cómo se afrontó el reto de identificar, desarrollar y proponer la forma mediante la cual se puede medir o evaluar este déficit habitacional con entorno, aplicable para el caso de Colombia. En los capítulos previos se expusieron los discernimientos mediante los cuales se identifica como una necesidad para la medición del déficit habitacional el contemplar elementos del entorno de las viviendas y no únicamente los indicadores de la vivienda per se, lo que conduce entonces a proponer en la ruta metodológica de la investigación dos frentes o direcciones, por una parte realizar una revisión del estado del arte o de la técnica sobre la medición del déficit en ALC, para conocer aspectos básicos y complementarios sobre el déficit, especialmente sobre su medición actual, para intentar responder tres interrogantes: ¿qué se entiende?, ¿cómo se mide? y ¿para qué se mide?; de esta manera y al revisar las teorías, metodologías y experiencias sobre la medición del déficit, observar y revisar los componentes o variables medidos en cada lugar, para evaluar

especialmente la pertinencia de su inclusión y su posible aporte en la medición de atributos del entorno de las viviendas colombianas.

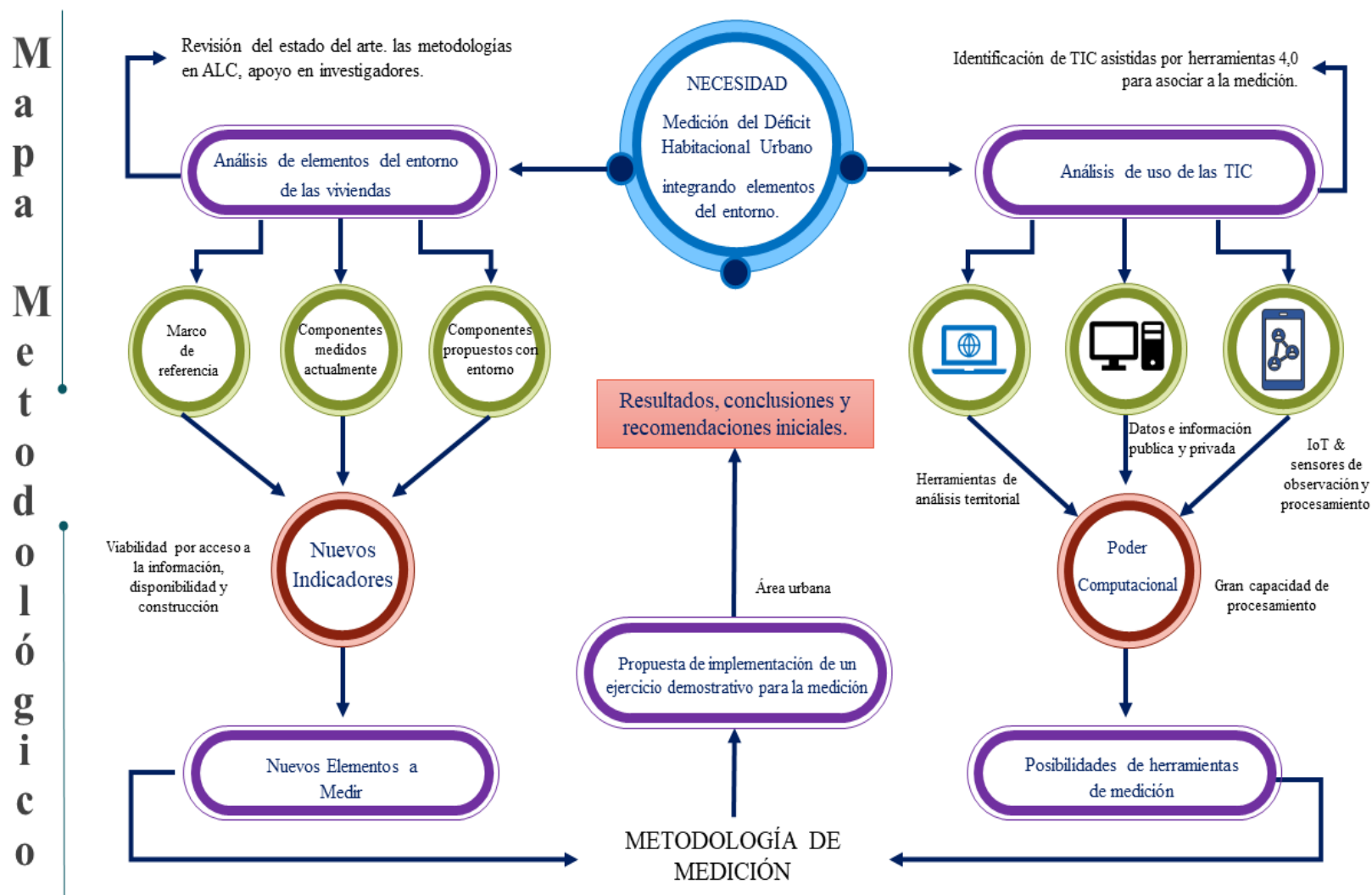
Por el otro frente, se muestra la investigación y revisión de las TIC, indagando sobre las cuales son las herramientas actualmente disponibles, la forma en la que se han empleado con base en experiencias y casos de uso exitosos relacionados a temas y solución de problemas urbanos, en similares o diferentes enfoques, pero fundamentalmente revisando su empleabilidad y uso, por el énfasis en aprovechamiento de datos, modelos, poder computacional y técnicas para integrarlos, así poder proponer su utilización como aporte para llevar a cabo la medición del déficit habitacional con entorno.

Con la identificación de los nuevos elementos a medir (indicadores del entorno) y de las TIC asistidas por herramientas 4.0 que permitirán llevar a cabo la medición, se propone para la metodología de medición la formulación de una batería de indicadores que evalúe el impacto que los elementos del entorno puedan tener en las viviendas y por ende en el déficit habitacional mismo. Al contar con la identificación y cálculo del déficit de entorno se pretende complementar la medición actual es decir agregarlo a la suma del déficit cuantitativo y el déficit cualitativo que componen la medición del déficit actual, reforzando con los nuevos indicadores la medición.

Antes se presentarán las consideraciones obtenidas en la entrevista a un experto realizada para un mejor contexto sobre la medición del déficit y su importancia.

Figura 7

Mapa Metodológico de la Investigación



Nota. Se presenta el mapa que muestra los análisis abordados en cada frente durante la ruta de la investigación. Plantilla tomada de: <https://tecpro-digital.com>

3.1. Consideraciones sobre los componentes de la medición del déficit habitacional en Colombia.

En el desarrollo de la investigación se sugirió al investigador, como de especial importancia y oportuno para alcanzar el objetivo específico número 1, en la indagación de *indicadores referentes al entorno de las viviendas* acudir al conocimiento y experiencias de quienes hayan trabajado en el desarrollo de metodologías y la aplicación de la medición o incluso en una de estas actividades. Por esto el director de la investigación propuso entrevistar a un experto con ese perfil de manera que permitiese obtener un derrotero de elementos o componentes propuestos para ser medidos. En el curso de la materia *Métodos Cualitativos de la Construcción Social del Territorio* se presentó la oportunidad académica de desarrollar una guía de entrevista y plantear un ejercicio investigativo que se dio en torno a resolver la pregunta de investigación: según la percepción de los expertos ¿Cuáles son las variables más relevantes del entorno de las viviendas que puedan incorporarse a la medición del déficit habitacional urbano?

Con estos insumos se logró llevar a cabo una entrevista semiestructurada, a *Eduin Alberto Cuevas Chaves* Licenciado en Matemáticas, Ingeniero Industrial, Especialista en Estadística, investigador, analista, con amplia experiencia docente y profesional, destacando su desempeño en la Secretaria Distrital de Planeación de Bogotá D.C. (Colombia) donde ha participado en diferentes estudios, mediciones e investigaciones con total conocimiento de las fuentes de datos disponibles en Bogotá y la Región, pero en especial por su experiencia al participar de la investigación realizada en 2017 para la Secretaria de Planeación Distrital donde calcularon el Déficit de Vivienda Cuantitativo y el Déficit de Vivienda Cualitativo de Bogotá y Cundinamarca. Como resultado de esta entrevista se obtuvieron las siguientes apreciaciones, por una parte, respecto de los factores asociados al déficit:

- i. Para nuestro entrevistado el déficit está asociado con la pobreza.
- ii. El déficit debe ser revisado al detalle constantemente pues las circunstancias socioeconómicas e incluso políticas son cambiantes y por consiguiente encontraremos siempre posibilidades nuevas de la existencia del déficit habitacional.

- iii. Al analizar cualquier tipo de déficit de vivienda (cuantitativo y cualitativo), siempre estamos teniendo en cuenta la necesidad de tomar decisiones importantes para la planificación de los territorios.
- iv. La capacidad de las entidades o mejor las capacidades que estas tienen para conocer, entender y planear su territorio es fundamental en la forma cómo se evalúa el déficit.
- v. Es importante contar con información, recursos y voluntad política para poder adelantar una adecuada medición del déficit.
- vi. Para una medición sobre el déficit habitacional es importante contar con información o datos de toda la población, es por esto que la mejor herramienta para conocer datos e información para las variables de medición son los censos de población.
- vii. Con las cifras de déficit se deben orientar las políticas, pero a su experiencia se presentan actualmente limitantes por la falta de coordinación y acción conjunta entre las entidades de orden municipal o distrital frente a las entidades de orden estatal, lo que les deja por debajo de lo esperado en su capacidad real de actuación e intervención.
- viii. Se han realizado estimaciones del déficit a partir de fuentes como la Encuesta Multipropósito realizada en Bogotá y algunos municipios de Cundinamarca o bases de datos como las administradas por entidades oficiales como es el caso del SISBEN.

En cuanto a la metodología y la importancia de la medición:

- ix. Considera que hay mucho por proponer, actualmente en Colombia se generaliza una metodología que descarta las características propias de los territorios. La metodología propuesta por el ente rector en Colombia para la medición del Déficit Habitacional, el DANE, permite hacer una medición a nivel país, aplicable en términos generales y con clasificación de acuerdo a la geografía (cabeceras, Centros poblados y rural disperso), sin embargo esto no debe ser camisa de fuerza para proponer otras metodologías y es válido

proponer caracterizaciones de la medición conforme al conocimiento del territorio y sus posibles aspectos críticos o especiales que puedan determinar un déficit diferente al lograr encontrar otros posibles componentes no contemplados en la actual metodología que afecten la medición.

- x. El entrevistado nos trae dos ejemplos para reafirmar la importancia de realizar una medición apoyado en componentes del entorno:
 - El tema del riesgo para viviendas que están ubicadas en zonas con algún tipo de amenaza identificada por las autoridades locales, pero no evaluado en la medición oficial, por ejemplo, en una situación de amenaza por deslizamiento o por inundación u otro tipo de riesgo ocasionado por un fenómeno natural, lo que implicaría que estos hogares debieran ser reubicados e incluidos en el déficit.
 - Al igual para los hogares que habitan en viviendas de las cuales no poseen títulos de propiedad lo cual es un factor que los pone en situación de pobreza y un déficit cualitativo que tampoco se contempla actualmente.
- xi. La metodología debe considerar componentes asociados a la infraestructura de movilidad o el acceso a fuentes de empleo como importantes para la medición del déficit. El desplazamiento para ir a trabajar o los tiempos que esto implique son a según el entrevistado, aspectos más asociados a la medición de la calidad de vida.
- xii. La medición del déficit habitacional está abierta a nuevas incorporaciones y propuestas basadas en el conocimiento del territorio, los datos y la información necesaria para adelantar una adecuada medición.

Se resaltan estos aspectos por su importancia y aporte a la investigación, todos los insumos mencionados y los utilizados y generados en la entrevista se encuentran en el Anexo 1.

3.2. Estado de la Técnica de la Medición del Déficit Habitacional en Colombia, América Latina y el Caribe

Ya en apartes previos hemos referido varios aspectos y conceptos importantes del déficit habitacional, pero es necesario realizar una referencia para aprender y entender las posibles variables o componentes del entorno con base en la experiencia de mediciones en ALC. Al respecto la Unión Interamericana para la Vivienda - UNIAPRAVI (2022), comenta sobre la definición del déficit y responde a la primera interrogante que se revisa ¿qué se entiende?:

El déficit habitacional es “un concepto descriptivo, que da cuenta de una situación de saldo negativo entre: El conjunto de viviendas adecuadas del que dispone un país, una ciudad, una región o un territorio dado; y las necesidades de habitación de su población” (ONU – Habitat, 2015). El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016) describe al déficit habitacional como “la combinación de requerimientos en base a la ausencia de vivienda y las condiciones deficientes de la vivienda”. Para Arriagada (2011) es “el resultado que surge del desajuste entre las necesidades de habitación de la población representadas por unidades requirentes de vivienda, que corresponden a hogares y otros grupos domésticos y el stock habitacional”. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2010) define al déficit habitacional como “la brecha entre requerimientos y disponibilidad de viviendas adecuadas en la sociedad”. El déficit habitacional se divide en cuantitativo y cualitativo, la primera, considera la carencia de viviendas aptas para cubrir las necesidades habitacionales de los hogares que no poseen viviendas y, la segunda, hace referencia a las deficiencias en la calidad de viviendas ya materializadas, ya sea por su composición, espacio o servicio (UNIAPRAVI, 2022).

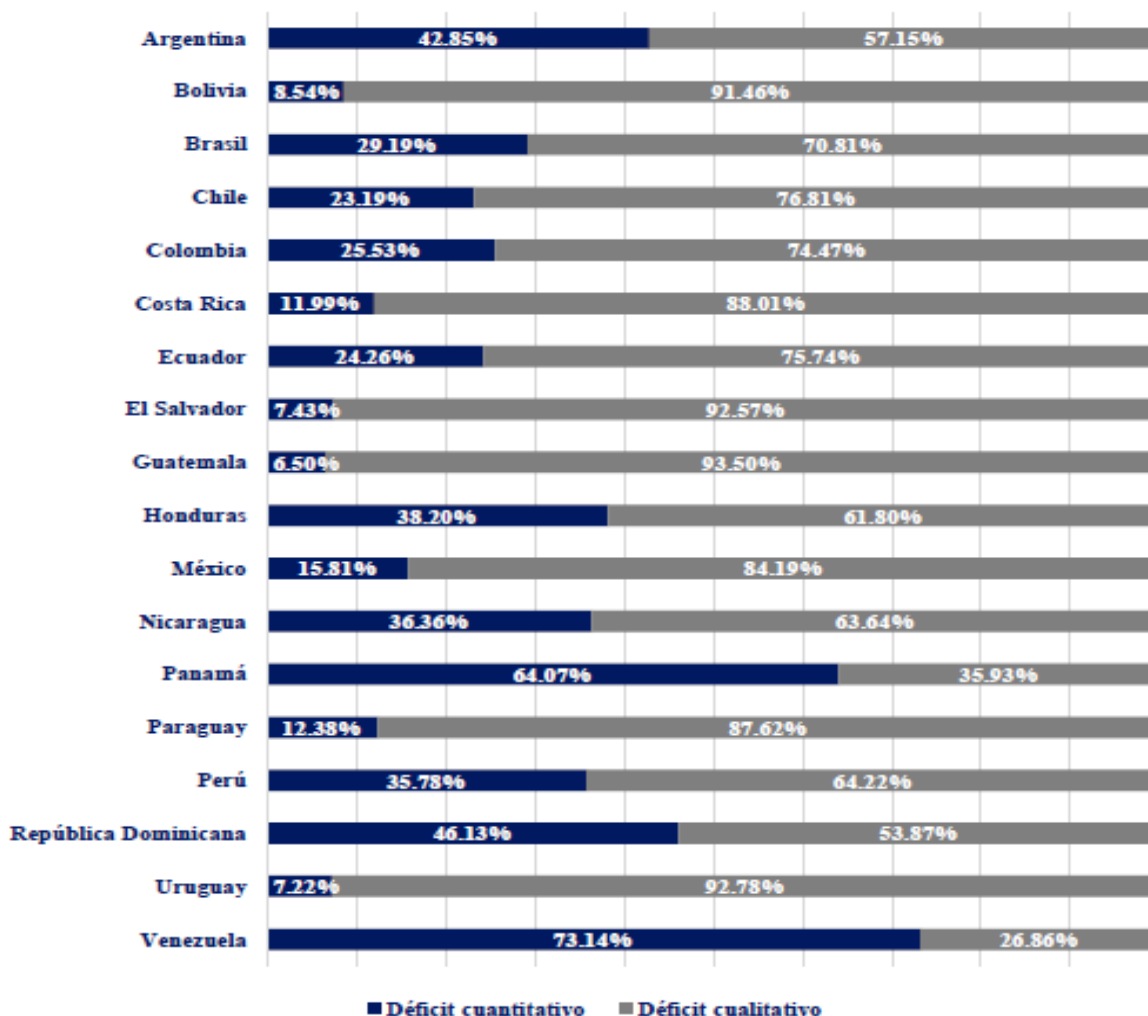
En la parte final de la cita sobre los dos tipos en que se divide el déficit *cuantitativo* y *cualitativo* respondemos a la pregunta de la forma en que es medido y con esto podremos avanzar en conocer mejor cómo se mide en ALC-; también UNIAPRAVI- en su publicación en otro aparte refieren el posible fin de la medición, es decir ¿para qué medir?, al afirmar lo siguiente:

Uno de los insumos de información clave para la definición de políticas y programas en el sector vivienda es la medición y especificación del déficit habitacional. Tradicionalmente se han distinguido dos fuentes o tipos de demanda de vivienda: una cualitativa, relacionada con la mejora de la calidad de las viviendas, y otro, déficit cuantitativo, relacionada con ampliar el número de viviendas (UNIAPRAVI, 2022).

3.2.1. Medición en ALC

Figura 8

Datos del Déficit habitacional en América Latina y el Caribe



Nota. La imagen muestra los datos calculados en 18 países de ALC-. Tomado de: *Unión Interamericana para la Vivienda (UNIAPRAVI). (2021). Informe del Estado del Arte de Vivienda y Hábitat Urbano en América Latina y el Caribe 2017-2020. Lima, Perú: Autor. <https://www.uniapravi.org/>.*

En casi todos los países de América Latina y el Caribe se ha trabajado en identificar el déficit habitacional, contemplando los aspectos cuantitativos y cualitativos de la vivienda.

La Figura 8 muestra el Déficit habitacional en ALC y el cálculo realizado de cada tipo que lo componen, de la fuente se cita: *en la práctica los países de ALC aplican metodologías diversas para el cálculo del déficit habitacional, que no necesariamente son coincidentes con las de otros países de la región, siendo así que los datos resultantes no son comparables en términos cuantitativos y más aún en términos cualitativos* (UNIAPRAVI, 2022).

Para conocer mejor cada uno de los casos más representativos revisados para los países de ALC, iniciaremos con la mirada al caso de Chile, allí el Ministerio de Vivienda y Urbanismo – MINVU- en la evaluación del déficit cuantitativo *define los Requerimientos de Construcción de Nuevas Viviendas como “la cantidad de viviendas que falta construir en el país para reponer las viviendas irrecuperables, para entregar alojamiento a los hogares allegados, y para dotar de vivienda a los núcleos familiares, también allegados, que enfrentan problemas urgentes de calidad de vida y están en condiciones de independizarse”* y *el déficit cualitativo tiene como función principal el cuantificar la cantidad de viviendas ya existentes que deben ser modificadas para que cumplan los estándares de habitabilidad*. La Tabla 1 muestra los requerimientos de la metodología que para efectos de definición asimilaremos a componentes de la medición:

Tabla 1
Requerimientos MINVU que miden el Déficit Habitacional

<i>Déficit Habitacional Cuantitativo</i>	<i>Déficit Habitacional Cualitativo</i>
<i>Viviendas irrecuperables</i>	<i>Requerimientos de Ampliación</i>
<i>Allegamiento externo</i>	<i>Requerimientos de Mejora</i>
<i>Núcleos Allegados Hacinados con Independencia Económica</i>	<i>Requerimientos de acceso a servicios básicos</i>

Nota. Cada déficit se compone de tres requerimientos para medir. Tomado de: Medición del déficit habitacional en la metodología de pobreza multidimensional. <https://www.bcn.cl/portal/>

En República Dominicana, la publicación realizada por el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (desde ahora MEPyD) y la Oficina Nacional de Estadística (desde ahora ONE)

Metodología para la medición del Déficit Habitacional en República Dominicana, 2018 para el déficit cualitativo *aquellas viviendas que puedan ser consideradas como deficitarias, en virtud de los materiales utilizados en su construcción. De igual manera, tiene el propósito de reconocer cuáles son los hogares que tienen carencias de los servicios básicos. Y para el déficit cuantitativo las viviendas, o las soluciones habitacionales que se requieren, para reemplazar esas unidades o las que deban ser añadidas, de modo de satisfacer las necesidades de aquellos núcleos familiares que las necesitan.* Considera los elementos de medición representados en la Tabla 2 y que igualmente asimilaremos a los componentes medidos en cada tipo de déficit:

Tabla 2
Elementos del Déficit Habitacional en República Dominicana

<i>Déficit Habitacional Cuantitativo</i>	<i>Déficit Habitacional Cualitativo</i>
<i>Viviendas con deficiencias irrecuperables</i>	<i>Viviendas con deficiencias recuperables de servicios básicos</i>
<i>Hogares secundarios</i>	<i>Viviendas con deficiencias recuperables de estructura</i>
<i>Núcleos familiares en hogares con hacinamiento, y media o baja dependencia</i>	<i>Viviendas con deficiencias recuperables de estructura y servicios básicos.</i>

Nota. Cada déficit se compone de tres requerimientos para medir. Tomado de: Metodología para la medición del déficit habitacional en República Dominicana, 2018. <https://mepyd.gob.do/publicaciones>

En México, el Sistema Nacional de Indicadores de Vivienda (desde ahora SNIIV) en el reporte *Evolución del rezago habitacional por entidad federativa, 2008-2018* publicado en 2019 y refiriéndose al déficit habitacional como *Rezago Habitacional* esto por interpretación de su definición: *el número de viviendas que cuentan con materiales precarios en pisos, techos y muros, que no cuentan con excusado o aquellas cuyos residentes habitan en hacinamiento, y sobre el cual nos indica se construye a partir de tres componentes principales que son: a) Materiales deteriorados, b) Materiales regulares y c) Precariedad en espacios.*

Evaluada sus variables se proponen la(s) *acción(es) de vivienda* más adecuada o conveniente de ejecutar desde la *Autoproducción (gestión de suelo, construcción y distribución de vivienda bajo*

el control de las personas usuarias de forma individual o colectiva) hasta el Reemplazo pasando por el Mejoramiento (consolidar o renovar las viviendas deterioradas física o funcionalmente con acciones de reparación, reforzamiento estructural o rehabilitación) o la Ampliación (Incremento de la superficie de construcción habitable de una vivienda edificada con anterioridad con el fin de disminuir el hacinamiento). En la Tabla 3 podemos apreciar la evaluación y Criterios metodológicos usados para medir el rezago habitacional a partir de los tres componentes.

Tabla 3
Criterios metodológicos del rezago habitacional

Componentes	Variable	Categoría	Acción de vivienda
a) Materiales deteriorados	Paredes	Material de desecho Lámina de cartón Carrizo, bambú o palma Embarro o bajareque	Autoproducción
	Techo	Material de desecho Lámina de cartón Palma o paja	Mejoramiento
b) Materiales regulares	Paredes	Lámina de asbesto o metálica Madera	Autoproducción
	Techo	Lámina metálica Lámina de asbesto Madera o tejamanil Teja	Mejoramiento
	Piso	Tierra	Mejoramiento
c) Precariedad en espacios	Hacinamiento	En promedio más de 2.5 personas por cuarto	Ampliación o reemplazo
	Excusado	No cuenta con excusado.	Ampliación o reemplazo

Nota. Para México se evalúan tres componentes, sus variables, categorías y las acciones de vivienda a tomar en cada una. Tomado de: *Evolución del rezago habitacional por entidad federativa, 2008-2018.* <https://sniiv.sedatu.gob.mx/Reporte/Analisis>

Una diferencia metodológica se encontró en el caso de Brasil, en la publicación *METODOLOGIA DO DEFICIT HABITACIONAL E DA INADEQUAÇÃO DE DOMICÍLIOS NO BRASIL – 2016-2019* llevada a cabo mediante el Contrato celebrado entre o Ministério do Desenvolvimento Regional e a Fundação João Pinheiro y en la cual se describe el cálculo de la insuficiencia de las viviendas y de donde se toma la Tabla 4, que describe los componentes relacionados con o cálculo da inadequação de domicílios (cálculo de insuficiencia de las viviendas) que incluye una evaluación de insuficiencia de infraestructura urbana como componente de abastecimiento de

servicios públicos a la vivienda, evaluación de las insuficiencias de la vivienda y el evaluación de insuficiencia de suelo urbano, que es en especial sobresaliente por su aspecto innovador como componente y variable de medición.

Tabla 4

Metodologia de cálculo da inadequação de domicílios – 2016-2019 (Metodología para el cálculo de la insuficiencia de los hogares – 2016-2019)

Componente Inadequação	Pnad 2015	PnadC 2016-2019		
		Inadequações de Infraestrutura Urbana	Inadequações Edilícias	Inadequação Fundiária Urbana
Infraestrutura urbana (abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica e coleta de lixo)	Estimativa direta	Estimativa direta		
Inexistência de unidade sanitária exclusiva	Estimativa direta		Estimativa direta	
Adensamento de domicílios	Considera domicílios próprios		Componente substituído por número de cômodos do domicílio igual ao número de cômodos servindo de dormitório	
Armazenamento de água	Não incluído		Estimativa direta	
Piso Inadequado	Não incluído		Estimativa direta	
Cobertura inadequada	Estimativa direta		Estimativa direta	
Inadequação fundiária urbana	Estimativa direta			Estimativa direta

Nota. Destaca la medición que refiere *Inadequação fundiária urbana* (insuficiencia de suelo urbano). Tomado de: Metodologia Do Déficit Habitacional e da Inadequação de Domicílios No Brasil – 2016-2019. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao>

En la descripción de insuficiencia de suelo urbano como parte de la estimación del déficit cualitativo se estima que:

La insuficiencia del suelo también es un componente relevante de la insuficiencia habitacional. Se relaciona con situaciones en las que al menos uno de los ocupantes del hogar es propietario de la vivienda, más no, total o parcialmente, del local o del terreno o, incluso, en el caso de más de un dormitorio, de la fracción ideal del terreno en que el dormitorio está localizado. A pesar de ser un indicador difícil de medir en países como

Brasil, la falta de regularización de la tenencia de la tierra urbana genera una serie de impactos económicos, sociales y poblacionales importantes en la sociedad y las familias, inclusive en la forma como los dormitorios son ocupados y construidos, (Ferreira y Ávila, 2018).

El componente *Inadequação fundiária urbana* (insuficiencia de suelo urbano) aún sin ser un elemento del entorno si es como tal un elemento de consideración para la vivienda adecuada, en especial para lo relacionado al elemento *seguridad de la tenencia*.

En Argentina, la Cámara Argentina de la Construcción publicó en 2016 el documento *ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL DÉFICIT HABITACIONAL EN LA ARGENTINA* en el cual se mencionan aspectos que resultan metodológicamente y empíricamente importantes para esta investigación y el involucrar la medición de elementos del entorno al afirmar:

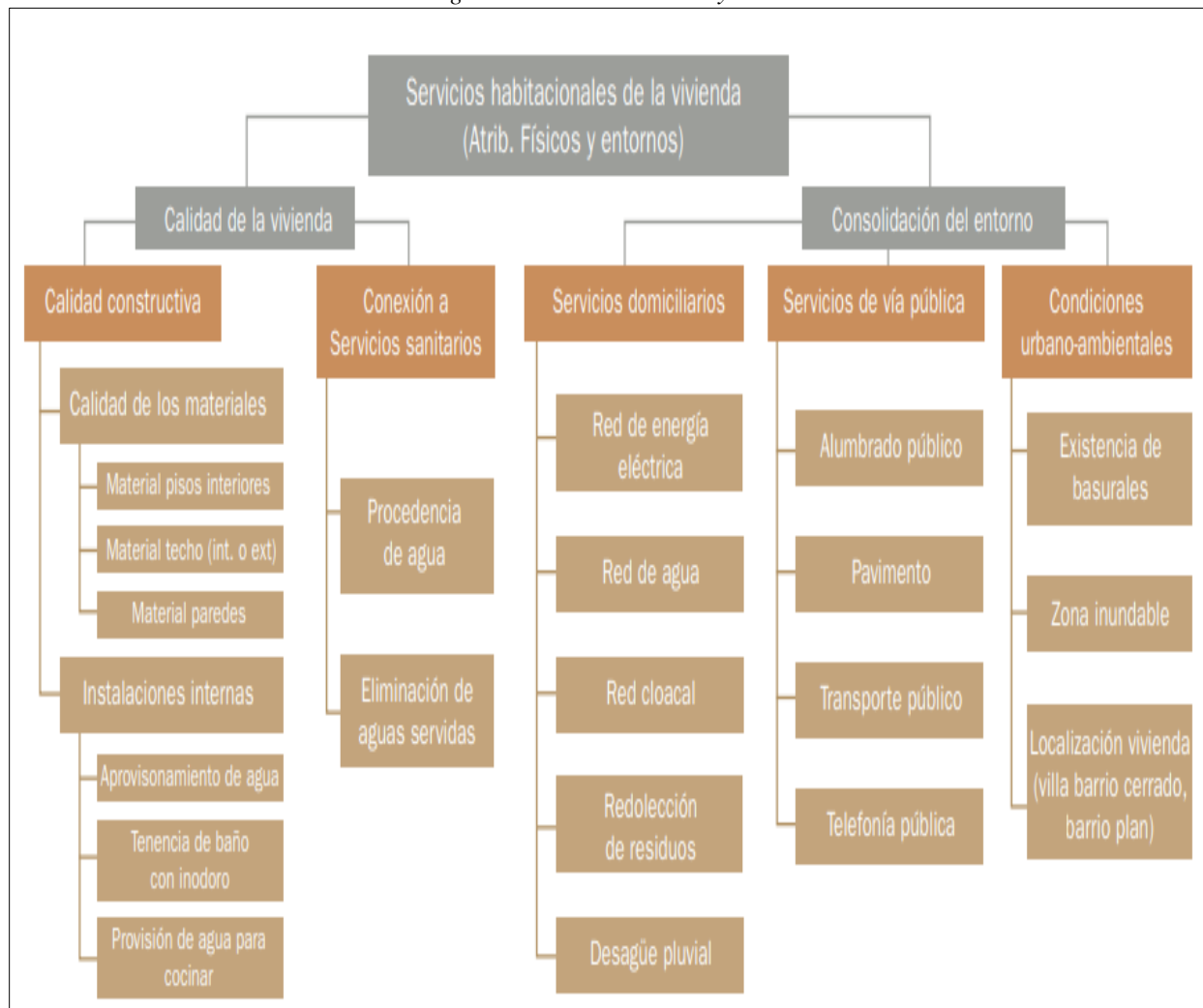
El concepto de déficit habitacional no refiere sólo a factores materiales sino también sociales, y éstos últimos son, básicamente, determinados históricamente. Aun las condiciones materiales de una vivienda que satisfacen las necesidades básicas de las personas que la habitan son variables según la época, el espacio geográfico y otros factores como los culturales, ambientales, etc. Por ello, más allá de las definiciones generales que sirven como fundamento para la estimación del déficit habitacional, cada país o unidad de análisis debe establecer sus criterios particulares y delimitar el concepto de “vivienda adecuada” a su contexto particular (Cámara Argentina de la Construcción, 2016).

En esta metodología se aborda la medición de los servicios habitacionales que brindan las viviendas a partir de sus atributos físicos y su entorno, esto es la calidad constructiva de las viviendas, la calidad en la conexión a servicios básicos de sanidad y la disponibilidad de servicios domiciliarios y de servicios en la vía pública en el entorno de la vivienda. Acá se logran identificar los elementos del entorno, su evaluación y medición, en dos componentes especialmente relevantes *la disponibilidad de servicios en la vía pública – DSVP-, entre estos se toman en cuenta al transporte público, calle pavimentada, alumbrado y teléfono público. Los servicios indispensables son el transporte público o pavimento y el alumbrado público y las Condiciones*

urbano-ambientales – CUA- donde se miden elementos como *existencia de basurales, zonas inundables y localización de la vivienda (villa barrio cerrado, barrio plan)*. La Figura 9 extraída de la publicación argentina es un cuadro de los elementos que permitirán *medir los servicios habitacionales que brindan las viviendas a partir de sus atributos físicos y su entorno*, muestra entonces los elementos que usaron para medir el déficit habitacional con un cálculo que *SI* considera la afectación de los elementos del entorno de la vivienda.

Figura 9

Servicios Habitacionales de la Vivienda Según sus Atributos Físicos y la Consolidación de su Entorno



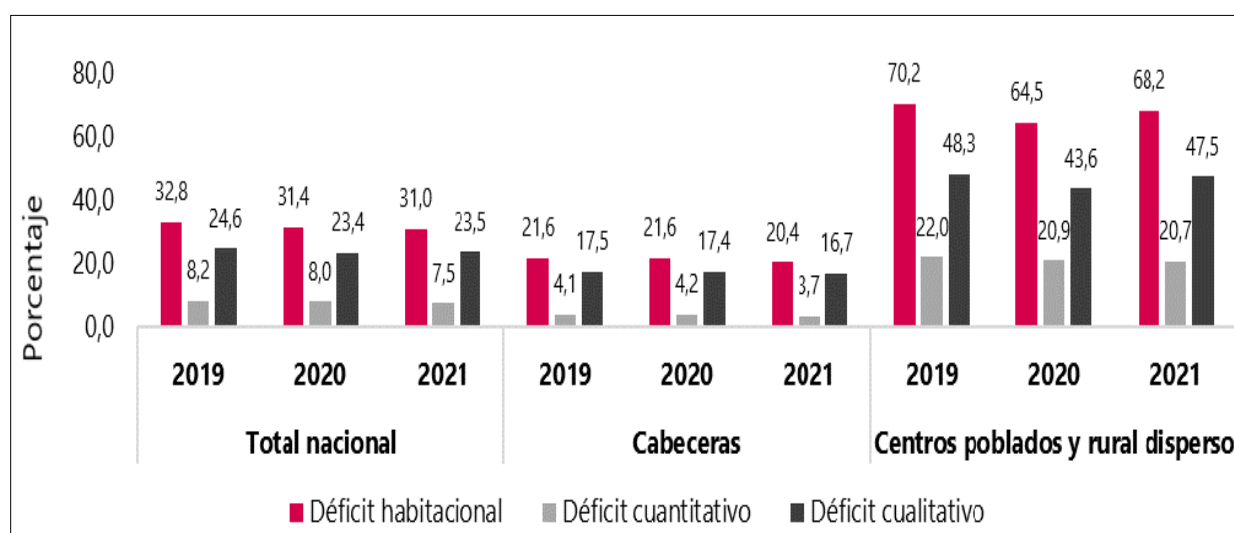
Nota. Los datos usados para la medición provinieron del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Tomado de: *Estimación de la Evolución del Déficit Habitacional en la Argentina*. <https://biblioteca.camarco.org.ar>

3.2.2. Medición del déficit habitacional en Colombia

En nuestro país, el DANE- respecto a la medición indica *El déficit habitacional está compuesto por dos tipos o formas: el déficit cuantitativo y el déficit cualitativo. Cada uno de ellos tiene un grupo de componentes que permite identificar deficiencias de carácter estructural y no estructural de las viviendas.* En la Figura 10 se muestra el porcentaje de hogares en déficit habitacional según tipo para los años 2019, 2020 y 2021 en Colombia:

Figura 10

Porcentaje de hogares en déficit habitacional según tipo Total nacional y área 2019, 2020,2021



Nota. La grafica muestra los porcentajes por totales nacionales, cabeceras, centros poblados y rural disperso. Tomado de: Boletín Técnico Déficit Habitacional Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2021. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2021>

La Tabla 5, igualmente elaborada por el DANE, se muestran los componentes cualitativos medidos en Colombia, (con el resultado del cálculo de cada uno presentado a nivel nacional, cabeceras, centros poblados y rural disperso). Estos componentes se encargan de identificar las necesidades de mejoramiento de las viviendas al delatar las deficiencias no estructurales, miden: *hacinamiento mitigable, material de los pisos de la vivienda, el lugar en el que se preparan los alimentos, el acceso a fuentes de agua para cocinar y a servicios de alcantarillado, energía eléctrica y recolección de basuras.* Para la medición del déficit cuantitativo, sus componentes se muestran en

la Tabla 6, son: *tipo de vivienda, material de las paredes, cohabitación y hacinamiento no mitigable* y miden aspectos dicientes de la vivienda y los hogares que las habitan.

Tabla 5

Hogares en déficit cualitativo según componente (miles) Total nacional y área 2021

Componente	Total nacional	Cabeceras	Centros poblados y rural disperso
Hogares en déficit cualitativo	3.977	2.196	1.781
Hacinamiento mitigable	1.866	1.318	548
Material de pisos	488	111	377
Cocina	528	400	128
Agua para cocinar	1.210	214	996
Alcantarillado	1.260	781	479
Energía	143	11	132
Recolección de basuras	497	163	333

Nota. Resultados en miles. Tomado de: Boletín Técnico Déficit Habitacional Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2021. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2021>

Tabla 6

Hogares en déficit cuantitativo según componente (miles) Total nacional y área 2021

Componente	Total nacional	Cabeceras	Centros poblados y rural disperso
Hogares en déficit cuantitativo	1.263	485	777
Tipo de vivienda	13	6	7
Material de paredes	1.080	329	750
Cohabitación	62	56	5
Hacinamiento no mitigable	153	124	29

Nota. Resultados en miles. Tomado de: Boletín Técnico Déficit Habitacional Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2021. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2021>

Aspectos relacionados con el lugar de ubicación de las viviendas o elementos del entorno no son considerados en la medición.

Ya en otra escala, la territorial, en la ciudad de Bogotá D.C., en 2017 la Secretaría Distrital del Hábitat – SDHT- publicó *Nueva metodología de déficit habitacional urbano para Bogotá 2017* en la cual se identifica una clara y denotada intención de acoger los elementos del entorno en la medición y como lo indican:

Propone la construcción de una metodología y un indicador que mida la multidimensionalidad del concepto del hábitat, el cual recoja tanto la medición de déficit tradicional de vivienda como las condiciones de entorno urbano con las que cuenta el hogar, a través del acceso a los equipamientos clave para llevar una calidad de vida en una ciudad (Secretaría Distrital del Hábitat, 2017).

Tabla 7

Cuadro nueva metodología déficit de entorno

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CRITERIO DE DISTANCIA	CRITERIO DE ATRACCIÓN
Equipamientos de educación	Índice que mide el nivel de accesibilidad por manzana a sedes de colegios oficiales	Para cada manzana se calculan el número de sedes a una distancia manhattan de 3.000 metros	Cupos disponibles para el año 2017 en la Sede Educativa según reporte de la Secretaría Distrital de Educación
Equipamientos de salud	Índice que mide el nivel de accesibilidad por manzana a las sedes de los prestadores de salud (IPS, Consultorios, Hospitales)	Para cada manzana se calculan el número de sedes a una distancia manhattan de 3.000 metros	Número de servicios que presta la sede del prestador de salud según el reporte de la Secretaría Distrital de Salud en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud – REPS con corte al 01 de agosto de 2017
Accesibilidad al SITP	Índice que mide el nivel de accesibilidad por manzana a los paraderos del SITP (no incluye Transmilenio)	Para cada manzana se calculan el número de parqueaderos a una distancia manhattan de 500 metros	Número de rutas en el parqueadero
Equipamientos culturales	Índice que mide el nivel de accesibilidad por manzana a equipamientos culturales (bibliotecas, cinematecas, museos, teatros)	Para cada manzana se calculan el número de equipamientos a una distancia manhattan de 3.000 metros	No disponible. Se atribuyó un peso igual de atracción para este tipo de equipamientos
Espacio público (parques)	Índice que mide el nivel de accesibilidad por manzana parques tipo bolsillo, vecinal, zonal, metropolitano y regional)	Para cada manzana se calculan el número de parques a una distancia manhattan de 500 metros	Tamaño del parque medido en metros cuadrados

Nota. Elaborada por Subdirección de Información Sectorial de SDHT, la metodología de la SDHT se basa en el cálculo del *indicador multidimensional del déficit* que se divide en dos grandes indicadores *Déficit de Vivienda* y *Déficit de Entorno*, este último de especial interés para esta investigación. Tomado de: *Nueva metodología de déficit habitacional urbano para Bogotá 2017*. Disponible en <https://bibliotecadigital.ccb.org.co>

3.2.3. Consideraciones sobre las metodologías de medición en ALC

La Tabla 8 es un comparativo de las variables y los componentes empleados en 18 países de ALC, un recurso construido a partir de la oportuna publicación de Uniapravi en el año 2022.

Tabla 8

Cuadro comparativo de componentes en la medición del déficit en ALC.

PAIS	Déficit cuantitativo		Déficit cualitativo	
	Número de Viviendas	Componente	Número de Viviendas	Componente
Argentina	1.549.000	deficiencias en calidad constructiva de materiales e instalaciones	2.066.000	deficiencias en calidad constructiva referida a nivel de consolidación del entorno a la vivienda
		cohabitación de hogares en una vivienda		conexión a servicios sanitarios
				hacinamiento agrupado
Bolivia	130.699	hogares allegados	1.399.087	inadecuados materiales de vivienda
		hogares que habitan en viviendas irrecuperables		servicios de agua y saneamiento
				insuficientes espacios
Brasil	5.876.699	habitaciones precarias	14.257.395	suelo inadecuado
				domicilio sin cuarto de baño
		convivencia y carga excesiva sobre alquiler urbano		carencia de infraestructura
				densificación excesiva
				cobertura insuficiente
Chile	393.613	viviendas irrecuperables	1.303.484	ampliación
		hogares allegados		acceso a servicios sanitarios básicos
		número allegados hacinados		mejoramiento y conservación

Tabla 8. (Continuación)

PAIS	Déficit cuantitativo		Déficit cualitativo	
	Número de Viviendas	Componente	Número de Viviendas	Componente
Colombia	1.303.000	estimación de la estructura	3.800.000	estimación de la estructura
		estimación de la cohabitación		estimación del hacinamiento mitigable
		hacinamiento no mitigable		estimación del espacio cocina
				estimación de servicios públicos
Costa Rica	21.608	número de hogares con ingresos conocidos	158.633	viviendas en mal estado físico
		número de viviendas ocupadas con ingresos conocidos		viviendas en estado físico bueno o regular (con hacinamiento)
Ecuador	665.612	necesidades de reposición considera toda vivienda de materialidad deficitaria	2.078.513	déficit por hacinamiento
		estado de la vivienda (bueno, regular o malo)		déficit por servicio básico
El Salvador	33.131	hogares allegados u hogares en mesón	413.072	materialidad de pared
				materialidad de techo
				materialidad de piso
Guatemala	88.588	vivienda inadecuada	1.274.605	ranchos
		viviendas hacinadas (con familias allegadas)		viviendas de mala calidad
				viviendas hacinadas (sin familias allegadas)
Honduras	522.076	hogares en situación de arrendatarios	844.615	estimación de la estructura
		viviendas en estado inservible		estimación de espacios (cocina)
		hacinamiento		estimación de servicios públicos
		diferencia entre hogares y viviendas		hacinamiento

Tabla 8. (Continuación)

PAIS	Déficit cuantitativo		Déficit cualitativo	
	Número de Viviendas	Componente	Número de Viviendas	Componente
México	1.458.162	hacinamiento de vivienda	7.765.985	viviendas edificadas con materiales regulares en techos como en paredes
		viviendas construidas con materiales de reemplazo		viviendas edificadas con materiales regulares en paredes
Nicaragua	348.000	reposición de viviendas en mal estado	609.000	mejoramiento en sus condiciones
		viviendas nuevas para familias allegadas		carencia de servicio básico de agua potable y tratamiento de desechos sólidos
Panamá	136.655	casas improvisadas, casas condenadas, locales no destinados para habitación (pero destinados a vivienda)	76.650	viviendas con deterioro parcial
		materiales deficientes		viviendas que necesitan ser reparadas o rehabilitadas
		hogares adicionales y núcleos adicionales que generan hacinamiento		
Paraguay	96.546	viviendas irrecuperables	683.527	demanda de mejoramiento
		hogares agrupados y núcleos agrupados hacinados independientes		demanda de ampliación
Perú	566.667	déficit tradicional	1.017.189	calidad de vivienda
		viviendas no adecuadas		hacinamiento
				servicios básicos deficitarios

Tabla 8. (Continuación)

PAIS	Déficit cuantitativo		Déficit cualitativo	
	Número de Viviendas	Componente	Número de Viviendas	Componente
República Dominicana	382.733	allegamiento o arrimamiento externo	446.961	materiales de construcción de la vivienda
		allegamiento o arrimamiento interno		servicios básicos
		viviendas irrecuperables		tipo de vivienda
Uruguay	65.331	habita una vivienda sin permiso del propietario	838.998	mejora en materiales de construcción
		habita una vivienda deficitaria por el tipo de materiales utilizados (en paredes, techos y pisos)		reparaciones menores
		comparte la vivienda con otro hogar (allegamiento externo)		
Venezuela	1.786.867	déficit estructural	656.120	viviendas que requieren mejoras
		déficit funcional		viviendas sin servicios
		déficit por crecimiento vegetativo de la población		

Nota. Elaboración propia a partir de datos de la publicación de UNIAPRAVI (2022). Resaltados los componentes asociados al entorno de la vivienda, vivienda adecuada o a las insuficiencias de infraestructura urbana.

En las mediciones revisadas destacan las de Argentina y Brasil a nivel país y la de la ciudad de Bogotá D.C. en una escala territorial, porque nos ilustran sobre diferentes elementos adyacentes a las viviendas y como son evaluados y considerados frente a su aporte al déficit habitacional, sea un aporte desde el déficit cuantitativo o el déficit cualitativo.

Elementos similares en nuestro caso de investigación deben poder proponer medir y evaluar variables para conocer porqué el entorno genera un déficit que incluso lleve a la necesidad de remplazos o reubicaciones de las viviendas.

En la medición realizada en la República Argentina destaca la evaluación de los servicios habitacionales de la vivienda y su clasificación en *calidad de la vivienda y consolidación del entorno*, este último considera aspectos de infraestructura urbana y urbano ambientales, destaca la variable de *zona inundable* especialmente considerable por ejemplo para medición o aplicación en el caso de Colombia. *En los demás casos revisados las mediciones no incorporan elementos del entorno.*

3.3. Elementos a Medir para el déficit habitacional con entorno

Con base en la revisión hasta acá presentada, a partir de los conceptos y elementos recopilados, para la propuesta y planteamiento de conocer y medir atributos del entorno de la vivienda y así evaluar como aportan o como configuran el déficit habitacional urbano, se presentan los siguientes elementos que se agrupan en dimensiones o componentes de acuerdo a sus características.

El primer componente tiene que ver con la localización de la vivienda (el lugar donde está emplazada), se denominará para esta propuesta *Componente Amenaza Ambiental*; con los elementos propuestos que lo conforman se pretende conocer si la vivienda está en déficit por estar expuesta a algún o varios tipos de riesgos o amenazas, variables asociadas a déficit por riesgo a desastres naturales y/o riesgo a desastres antrópicos. El riesgo a una inundación, a avenidas torrenciales o a encharcamiento (incluso o no por su cercanía a cuerpos de agua); también en caso de riesgo por deslizamiento o remoción en masa, o el riesgo causado por la afectación del paso de líneas de alta tensión, o el riesgo químico por pasivos ambientales, o por el riesgo de la contaminación con partículas del aire, también incluso la afectación por riesgo de contaminación sonora al que puedan estar expuestas las viviendas. No es demás mencionar que en Colombia algunas de estas variables son monitoreadas y definidas mediante mecanismos reglamentados como es el caso de las áreas de amenaza por remoción en masa o las zonas de amenaza de inundación, lo que de por si debería estar disponiendo posibles indicadores al respecto.

Un segundo componente para proponer y que también está relacionado con la ubicación de la vivienda, pero más en términos de accesibilidad, tiempos de recorridos y distancias a infraestructuras urbanas o centros de trabajo y polos de desarrollo, es el que se denominará *Componente de Movilidad*, que propondrá conocer variables respecto de la vivienda, como por

ejemplo, la dificultad que tienen los integrantes de los hogares que las habitan para usar el transporte público, acceder a nodos de transporte (terminales, aeropuertos, puertos), si el tipo de la vía pública sobre la que se encuentra ubicada la vivienda le impacta o le aporta a las personas que viven allí; o conocer cómo influye la presencia y/o el acceso o no a andenes, vías peatonales, senderos, alamedas y ciclorrutas; medir los tiempos de recorridos y el acceso a los centros de empleo y producción, o a servicios urbanos de alto impacto (zonas comerciales o industriales).

El tercer componente propuesto es el que denominaremos *Componente Dotaciones Urbanas*, hace referencia al análisis de la vivienda y los equipamientos y espacios públicos que ofrecen bienes o servicios a sus hogares, especialmente en materia de Salud, Educación, Cultura, y Recreación y Deporte. La vivienda se integra a la ciudad también en la medida que los equipamientos mejoran su entorno, por ejemplo, el acceso a centros de salud, zonas verdes, parques (de diferentes escalas urbanas), espacios públicos, bibliotecas, museos, teatros, entre otros lugares dotacionales, favorece la calidad de vida y hacen que la vivienda cumpla otros requerimientos para calificarse como vivienda adecuada.

Un cuarto componente propuesto es el que denominaremos *Componente Servicios Públicos No Esenciales* que abarca la cobertura y suministro de servicios como acceso a fuentes alternativas de energía, internet, televisión y comunicación telefónica celular.

En la tabla 9 se presenta la Matriz de componentes, variables e indicadores propuestos como nuevos elementos referentes al entorno de las viviendas en la evaluación del déficit habitacional. No se clasifican como elementos del déficit cuantitativo o cualitativo, se propondrán como elementos del déficit del entorno y serán agregados al déficit habitacional.

Tabla 9

Matriz de componentes, variables e indicadores propuestos para la evaluación de los elementos del entorno en el déficit habitacional.

Componente	Variable	Indicador
Amenaza Ambiental	Amenaza por remoción en masa.	Nivel de amenaza por remoción en masa.
	Amenaza por inundación, avenida torrencial o encharcamiento.	Nivel de amenaza de inundación. Nivel de amenaza de avenida torrencial. Nivel de amenaza por encharcamiento.
	Afectación por líneas de alta tensión eléctrica.	Nivel de afectación por paso de líneas de alta tensión eléctrica.
	Afectación por contaminación sonora.	Nivel de afectación por contaminación sonora.
	Afectación por contaminación del aire.	Nivel de afectación por contaminación del aire.
	Afectación de riesgo químico por pasivos ambientales.	Nivel de afectación por riesgo químico por pasivos ambientales.
Movilidad	Proximidad a estación de Transmilenio SITP	Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio
	Proximidad a estación de transporte público Zonal SITP	Distancia y Tiempo estimado a estación Zonal
	Tipo de vías	Proximidad a malla vial arterial e intermedia
	Estado de la vía	Estado de la superficie de la vía frente a la vivienda
	Andén	Material del andén
	Acceso a red ciclovía	Presencia de infraestructura ciclovía
Dotaciones Urbanas	Alumbrado público	Densidad de luminarias
	Proximidad a parques	Tiempo de desplazamiento a espacio público parques
	Proximidad a bibliotecas	Tiempo de desplazamiento a bibliotecas
	Proximidad a equipamientos de salud	Tiempo de desplazamiento a equipamientos de salud

Tabla 9. (Continuación)

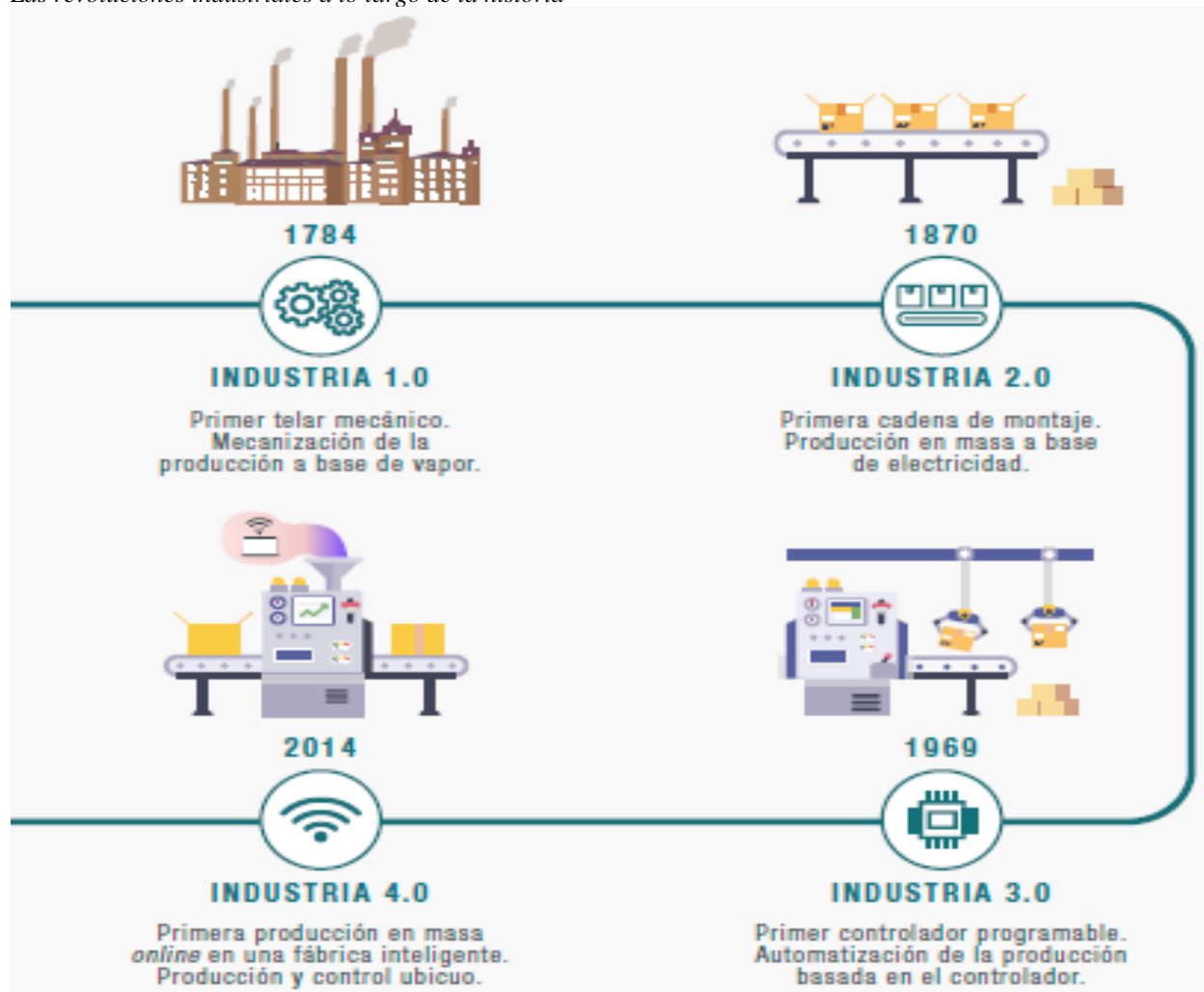
Componente	Variable	Indicador
	Proximidad a equipamientos de educación de nivel preescolar, básica y media	Tiempo de desplazamiento a equipamientos de educación de nivel preescolar, básica y media
	Proximidad a Museos y Teatros	Tiempo de desplazamiento a Museos y Teatros
Servicios Públicos no esenciales	Acceso a energía eléctrica alternativa	Existencia de conexión o acometidas a energías eléctricas alternativas.
	Conexión a internet	Existencia de cobertura y conectividad a internet.
	Conexión a televisión digital	Existencia de cobertura y conectividad a televisión digital.
	Conexión a telefonía celular	Existencia de cobertura y conectividad a telefonía celular.

Nota. Los componentes, variables e indicadores propuestos no son los únicos que puedan plantearse y se espera que desde otras aristas o con una visión multidisciplinaria estos puedan ser ampliados y complementados.

3.4. TIC en la solución, soporte o mitigación de problemas urbanos y su potencial aporte a la medición del déficit habitacional urbano con entorno

Revisar ámbitos donde las TIC han sido usadas en la solución, soporte o mitigación de problemas urbanos, es el otro aspecto relevante que se plantea en la ruta de esta investigación y uno de los objetivos apunta a identificar e establecer las herramientas que se puedan asociar a la medición del déficit habitacional considerando elementos del entorno de la vivienda, en especial las de la llamada cuarta revolución industrial (o industria 4.0), en la Figura 11 se muestran los hitos de cada revolución industrial y su evolución a lo largo de la historia para un contexto general de inicio.

Figura 11
Las revoluciones industriales a lo largo de la historia



Nota. En la imagen se muestra la ruta de la cuarta revolución industrial. Tomado de: Deloitte. Disponible en <https://www.iberdrola.com/innovacion>

Las herramientas 4.0 son consideradas tecnologías disruptivas, destaca la inteligencia artificial – AI-, el aprendizaje automático (Machine Learning) y el aprendizaje profundo (Depth Learning), disponibles con el uso de enormes volúmenes de datos (Big Data), obtenidos mediante los sensores, dispositivos e hiper comunicación del internet de las cosas (IoT), el agigantado poder computacional obtenido con el procesamiento en la nube (Cloud Computing), los robots colaborativos (Cobots) que pueden ser desde secuencias de código que ejecutan tareas continuas y detalladas hasta maquinas que capturan y procesan datos e información automáticamente. Mas ya hablar de las potencialidades de la realidad aumentada y la realidad virtual, que han aportado en el concepto de la construcción y configuración de las ciudades inteligente (más ahora también territorios inteligentes). Por esto resulta importante reconocer definiciones y conceptos sobre las herramientas tecnológicas y como se han empleado para atender asuntos urbanos.

3.4.1. Definiciones y Conceptos Importantes

A continuación, a través de conocer las definiciones para entender mejor las tecnologías y herramientas, junto con su potencial para aportar en esta propuesta y formulación metodología para la medición del déficit habitacional urbano integrando elementos del entorno, se busca detallar como serían los aportes y como se emplearían, de ser posible, incluso como podrían plantearse en el ejercicio demostrativo de medición.

3.4.1.a Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC): son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes (Art. 6 Ley 1341 de 2009). Soportan las TIC la implementación de la medición, la obtención, almacenamiento y procesamiento de los datos que se definan como necesarios para alimentar los indicadores, variables y componentes de entorno de la vivienda a ser medidos.

3.4.1.b Inteligencia Artificial (IA): Artificial Intelligence (AI) en inglés; es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano (IBERDROLA,2023). Russell y Norvig (2003) definen los tipos de inteligencia

artificial aplicadas como; a) *Sistemas que actúan racionalmente (agentes inteligentes)*, b) *Sistemas que piensan racionalmente (sistemas expertos)*, c) *Sistemas que actúan como humanos (robots)* y d) *Sistemas que piensan como humanos (redes neuronales artificiales)*. Obtener un sistema que realice la determinación del déficit habitacional con entorno, lograr automatizar y medir de manera constante y consecutiva, pero especialmente valiéndose técnicas modernas y robustas. Las posibilidades del ejercicio demostrativo no alcanzarán un sistema basado en IA conectado y autómatas, más si permitirán obtener los datos e información para alimentar los modelos de análisis descriptivos y de diagnóstico, requeridos para la interpretación y simulación de la realidad a través de sistemas computacionales, transformando con estos a las ciudades y los territorios en inteligentes.

3.4.1.c Aprendizaje automático: Machine Learning (ML) en inglés; *es una forma de la IA que permite a un sistema aprender de los datos en lugar de aprender mediante la programación explícita. Sin embargo, aprendizaje automático no es un proceso sencillo.* Hurwitz y Kirsch (2018). A través de algoritmos se instruye un ordenador para que identifique patrones en grandes volúmenes de datos y obtener predicciones. Según IBERDROLA los algoritmos de aprendizaje automático se dividen en tres categorías:

Aprendizaje supervisado: estos algoritmos cuentan con un aprendizaje previo basado en un sistema de etiquetas asociadas a unos datos que les permiten tomar decisiones o hacer predicciones. Un ejemplo es un detector de spam que etiqueta un e-mail como spam, por medio de los patrones que ha aprendido del histórico de correos (datos como remitente, relación texto/imágenes, palabras clave en el asunto, etc.).

Aprendizaje no supervisado: estos algoritmos no cuentan con un conocimiento previo. Se enfrentan al caos de datos con el objetivo de encontrar patrones que permitan organizarlos de alguna manera. Por ejemplo, en el campo del marketing se utilizan para extraer patrones de datos masivos provenientes de las redes sociales y crear campañas de publicidad altamente segmentadas y dirigidas.

Aprendizaje por refuerzo: su objetivo es que un algoritmo aprenda a partir de la propia experiencia. Esto es, que sea capaz de tomar la mejor decisión ante diferentes situaciones de acuerdo a un proceso de prueba y error en el que se recompensan las decisiones correctas. En la actualidad se está utilizando para posibilitar el reconocimiento facial, hacer diagnósticos médicos o clasificar secuencias de ADN, siendo el menos común de los tres tipos de algoritmos desarrollados (IBERDROLA, 2023).

En términos de aprendizaje automático encontramos múltiples aplicaciones y usos referidos a temas geográficos, herramientas como WAZE una aplicación de tráfico y navegación con presencia mundial, basada en datos aportados por usuarios conductores de automóviles y con los cuales no solo se identifican aspectos asociados al tráfico como atascos y congestiones, sino que además mejora su rendimiento a través de obtener datos y aprender más, mejorando su algoritmo de enrutamiento que también gracias al *ML* combina los hábitos de conducción y el comportamiento de cada usuario. Por esto contar con algoritmos de infusión de ubicación (métodos y procesos utilizados para integrar y mejorar la precisión de la información de ubicación en sistemas de posicionamiento), y los datos espaciales (para nuestro caso datos de la vivienda y su entorno), permiten proponer modelos para realizar a la vivienda urbana una medición que determine si sus atributos y los de su entorno (basados también en la distribución espacial de ese entorno y su integración urbana), generan un déficit habitacional a la o a los grupos de viviendas evaluadas. Para el ejercicio demostrativo se utilizarán herramientas tecnológicas licenciadas que integran algoritmos espaciales basados en marcos de aprendizaje automático, permitiendo procesar los datos y la información con que se cuente y determinar los indicadores de cada variable del entorno. Con modelos de predicción espacial incluso será posible determinar si las soluciones de vivienda propuestas como unidades nuevas para suplir el déficit habitacional logran cumplir su objetivo.

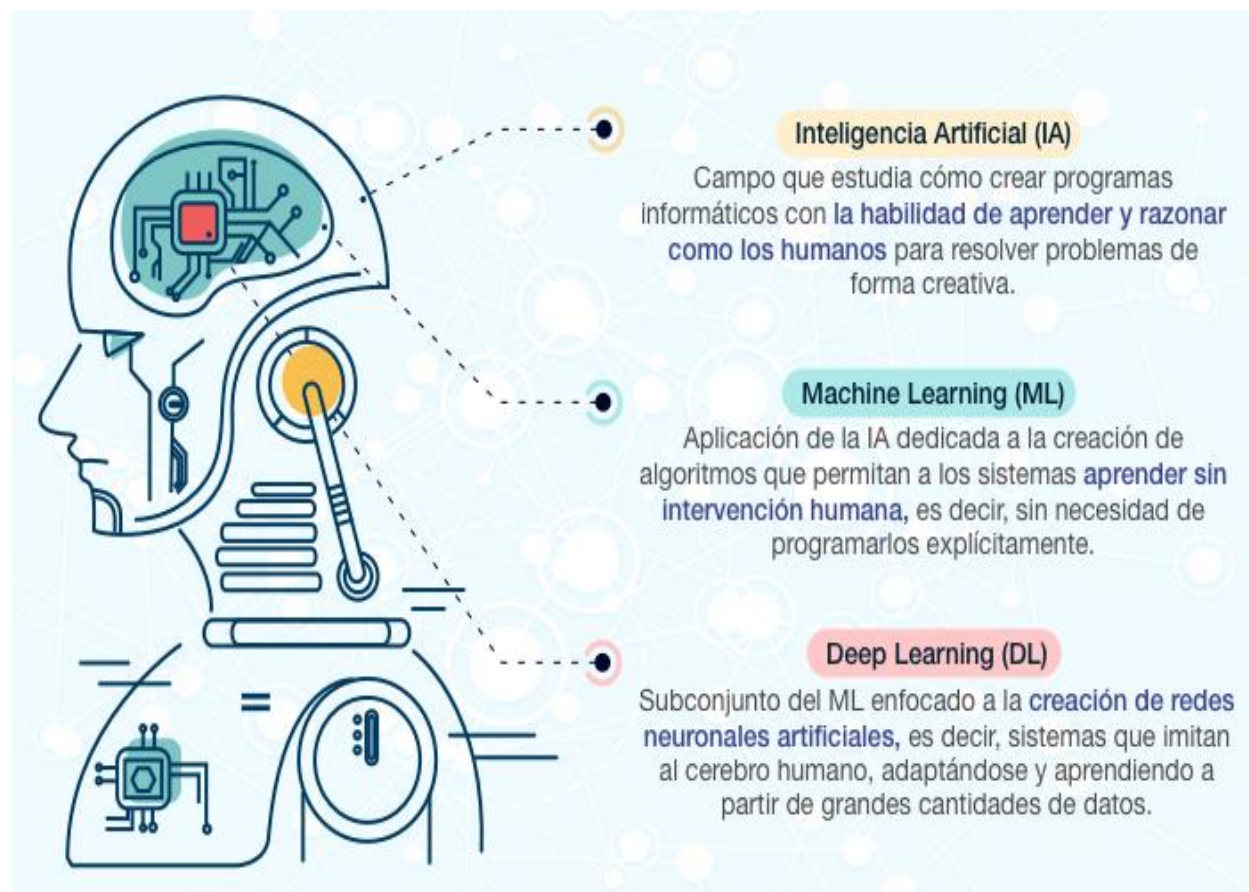
3.4.1.d Aprendizaje Profundo: Deep Learning (DL) en inglés, “el aprendizaje profundo, parte del aprendizaje automático para, a partir de una gran cantidad de datos y tras numerosas capas de procesamiento con algoritmos, conseguir que un ordenador termine aprendiendo por cuenta propia y realizando tareas similares a las de los seres humanos, como la identificación de imágenes, el

reconocimiento del habla o la realización de predicciones, de forma progresiva” (IBERDROLA, 2023).

El aprendizaje profundo permite crear modelos aún más sofisticados que aprenden de muchos y muchos datos, ofreciendo nuevas maneras de resolver problemas con soluciones alternativas. Una técnica que se ha acelerado es la de clasificación de imágenes, gracias al desarrollo de la visión por computadora que ya permite determinar rápidamente objetos y rostros, incluso los denominados modelos de transferencia han acelerado a tal nivel el uso de los datos y el procesamiento digital que hoy en día es fácilmente posible generar grandiosas imágenes de personas o lugares que no existen. En la figura 12 se ofrece un comparativo entre IA, ML y DL.

Figura 12

Diferencias entre Inteligencia Artificial, Machine Learning y Deep Learning



Nota. El Deep Learning es un caso particular de Machine Learning, que es a su vez una aplicación de la Inteligencia Artificial. Tomado de: Qubole. Disponible en <https://www.iberdrola.com/innovacion/deep-learning>

En nuestro caso de la medición de los elementos del entorno de la vivienda se expondrá como a través de la clasificación de imágenes (aéreas y/o terrestres) del lugar (entorno) en que se emplaza la vivienda, con procesos de segmentación, detección de cambios, localización y reconocimiento, poder lograr entregar los datos del mundo real de forma altamente precisa, datos con los cuales se puedan modelar las características y las variables para recrear el ecosistema urbano y llegar a comprender como se configura en este el déficit habitacional. El aumento de datos, la modificación y entrenamiento constante de los modelos, permite llegar a evaluaciones posteriores y consecutivas de alta precisión. Modelos de aprendizaje profundo incluso se aplican en el dominio de 3D a partir de nubes de puntos o incluso convirtiendo a datos vector, extrayendo características de formas tradicionales y luego usan una red completamente conectada para clasificar la forma.

3.4.1.e Big Data: o datos que contienen una mayor variedad, que llegan en volúmenes crecientes y con más velocidad. Esto también se conoce como las tres 3V (Oracle,2022) se habla incluso de las 7V al agregar a las características veracidad, valor, visualización y viabilidad. “Es el conjunto de tecnologías creadas para almacenar, analizar y gestionar estos datos masivos, una macro herramienta destinada a identificar patrones en el caos de explosión informativa para diseñar soluciones inteligentes” (IBERDROLA, 2023). Los datos son provenientes esencialmente de dispositivos móviles y del internet de las cosas, o sensores creados especialmente o modificados para obtenerlos, las posibilidades de asociar a la medición todos datos existentes o los posibles al menos respecto al entorno de la vivienda, con sus atributos, relaciones, metadatos, transformaciones y procesos, generan un aspecto relevante y diferencial de esta propuesta metodológica. Ya en el ejercicio demostrativo de medición se vera que para el caso de uso propuesto, se requiere de los beneficios de esta tecnología.

3.4.1.f Internet de las Cosas (IoT): Internet of Things (IoT) en inglés, se define como los avances tecnológicos de la actualidad donde millones de dispositivos están conectados a la red generando datos e información en volúmenes hiper incrementados, permitiendo avanzar a objetos inteligentes y mejorando inevitablemente las condiciones y la calidad de vida. Por ejemplo, un reloj ha evolucionado y se ha convertido en un instrumento tecnológico que no solo puede brindar la hora exacta, la fecha y alternativas para medir tiempos, sino que es un dispositivo de monitoreo del

ritmo cardiaco, la temperatura corporal, la presión arterial, la oxigenación en la sangre, indicador de movimiento, de distancias recorridas y calorías quemadas durante el ejercicio; los datos se transmiten al móvil (celular) y al médico directamente de ser preciso, todo muy detallado inclusive con datos del entorno como la ubicación, la altura y el clima.

Estos son algunas de las aplicaciones que destaca IBERDROLA (2023) del IoT- en diferentes campos:

Robótica: los robots ocuparán el 45% de los puestos de trabajo actuales.

Movilidad Inteligente: análisis de flujos de tráfico, señalización programable, sensores de plazas de aparcamiento, etc.

Salud: dispositivos de monitorización personal conectados con el sistema de salud. Telemedicina. Gestión de recursos sanitarios por Big Data.

Redes Eléctricas: Generación y transporte inteligente de energía. Contadores inteligentes. Reducción de emisiones de CO2.

Transporte Público: autobuses autónomos con recorridos autónomos. Coches de uso compartido.

Domótica / Hogar Inteligente: electrodomésticos conectados, asistentes por voz, vigilancia remota por móvil, gestión remota de la climatización.

Comercio: mejora de la experiencia de compra del cliente. Ofertas personalizadas según las interacciones del cliente en redes sociales y publicidad. Retail intelligence.

Gestión de Residuos: optimización de rutas de recogida, control integral de todos los residuos.

Agricultura: riego programado según las previsiones meteorológicas. Tractores autónomos.

Agua: sensores para detectar y evitar fugas en la red. Datos centralizados para una gestión integral.

Industria: sistemas físicos cibernéticos (CPS por sus siglas en inglés) que combinan la infraestructura física con sensores, software, comunicaciones y control de procesos (IBERDROLA, 2023).

En esta investigación se propone la creación de un sistema de medición o monitoreo de elementos seleccionados del entorno de las viviendas urbanas y su impacto frente al déficit habitacional con datos que provienen de servicios o portales web, dispositivos de captura en tiempo y otras tecnologías de internet de las cosas disponibles para el área de estudio del ejercicio demostrativo de medición.

3.4.1.g Cloud Computing: cuando nos referimos al agigantado poder computacional en la nube, Cloud Computing en inglés, acudimos a lo que un proveedor de este servicio define: *recursos de computación con servicios escalables y bajo demanda*. La computación en la nube promete romper las barreras de infraestructura y lograr las necesidades de procesamiento (capacidad de hacer), escalabilidad (capacidad de crecer) y disponibilidad (capacidad de responder), que requieren las empresas y compañías, incluso el mismo estado, solucionando aspectos de mantenimiento especializado de espacios físicos dedicados, que requieren personal que lo mantenga y cuide. Destaca IBERDROLA (2023), lo señalado por Marc Benioff, director ejecutivo de Salesforce *La nube proporciona servicios a empresas de todos los tamaños. La nube es para todo el mundo. La nube es una democracia*; se traen las siguientes definiciones de tipos de Cloud Computing:

Nube privada: una infraestructura usada por una única organización, ya sea gestionada y alojada interna o externamente. Carece de un punto de acceso público (IBM).

Nube pública: pertenecen y son administradas por empresas que ofrecen acceso rápido y asequible a recursos informáticos a través de una red pública (IBM).

Nube híbrida: utiliza una base de nube privada combinada con la integración estratégica y el uso de servicios de una nube pública (IBM).

Nube comunitaria: se crea cuando diferentes empresas u organizaciones reúnen sus recursos en la nube con el objetivo de resolver un problema común (Salesforce) (IBERDROLA, 2023).

En el ejercicio demostrativo de medición se aprovecharán herramientas y tecnologías disponibles en la nube pública y software especializado que se ejecuta y corre en ella.

3.4.1.h Realidad Aumentada y Realidad Virtual: aunque son ampliamente relacionadas y conservan similitudes, son tecnologías innovadoras que apuntan a logros diferentes. La Realidad Aumentada permite incorporar propiedades virtuales de información a un entorno real. A su vez la Realidad Virtual permite crear un mundo generado con tecnología informática completamente a gusto de su creador, pero en todo caso un mundo no real, aunque las escenas y objetos que se crean parezcan reales y se tenga una sensación de inmersión en ese ambiente. Es necesario contar con artefactos tecnológicos para usar estas tecnologías y disfrutar de esos entornos, gafas o cascos de realidad virtual, tabletas y teléfonos celulares inteligentes. En el ejercicio demostrativo de medición se espera simular un escenario del área de estudio con herramientas de representación virtual.

3.4.1.i Cobots (robots colaborativos): una versión avanzada y realmente futurista de la robótica presenta los robots colaborativos, la evolución de los robots industriales, pueden trabajar de forma eficiente y segura en todo tipo de labores aportando su destreza y especialización a equipos de trabajo u operarios de todo tipo.

Los cobots son un prodigio de la tecnología. Gracias a su visión artificial —clave para la detección e interacción con las personas ya apuntada— y al resto de accesorios con que están dotados pueden desempeñar multitud de tareas. Las principales son: pulido, análisis de laboratorio, supervisión de maquinaria, moldeo por inyección, empaquetado, control de calidad, montaje, atornillado, pegado, soldadura, etc. Si queremos que un robot

colabore con una persona, tiene que aprender de ella y ser capaz de modificar su comportamiento. Ahí es donde entran en juego la Inteligencia Artificial (IA) y el Machine Learning (IBERDROLA, 2023).

Ciertamente en el ejercicio demostrativo nos valdremos de cobots que trabajan en la obtención y procesamiento de datos, modelos estadísticos o geoestadísticos que aplican analítica de datos y generan datos, información y conocimiento. Técnicas avanzadas de procesamiento de datos e imágenes gracias al Deep Learning, mediante procesos altamente tecnificados gracias al Machine Learning y con la esperanza de poder ofrecer una base para una mirada al cálculo del déficit habitacional a través de la Inteligencia Artificial en un futuro no muy lejano.

3.5 Experiencias urbanas que aplican tecnología

Identificar contextos urbanos donde se han implementado tecnologías resultó un motivante aspecto de la investigación, debido a que actualmente estas aportan de gran manera al entendimiento y solución de problemas en contextos urbanos y se encuentran para múltiples aplicaciones.

3.5.1 Gemelo Digital (Digital Twin):

Actualmente es quizá lo más avanzado que podemos referir y se define como *la tendencia estratégica basada en la representación digital de un proceso físico, persona o lugar*; resulta ser un concepto que apunta a responder a las promesas de uso de tecnologías con su *incursión en gobierno, educación, empresas, los medios de comunicación y la sociedad*. Este avance moderno que, basándose en simulación digital y desarrollo de modelos computacionales altamente precisos, usa información de sensores, dispositivos y de datos en tiempo real, para reflejar y pronosticar el comportamiento de un par físico (el mundo real). (White, Zink, Codec´a, Clarke,2021).

Acudimos al concepto presentado por POWERBIM una *Plataforma DigitalTwin* que como ellos mismos definen *vincula modelos digitales de edificios e infraestructuras con bases de datos estáticas y dinámicas para gestionar el ciclo de vida de los activos, desde la fase de diseño y construcción hasta la fase de uso y operación* y que con una representación interactiva nos muestra

las posibilidades que esta tecnología ofrece. Ver e interactuar con el sitio web: [POWERBIM: DIGITAL TWIN \(digital-twin-concept-bim6d.herokuapp.com\)](https://POWERBIM: DIGITAL TWIN (digital-twin-concept-bim6d.herokuapp.com))

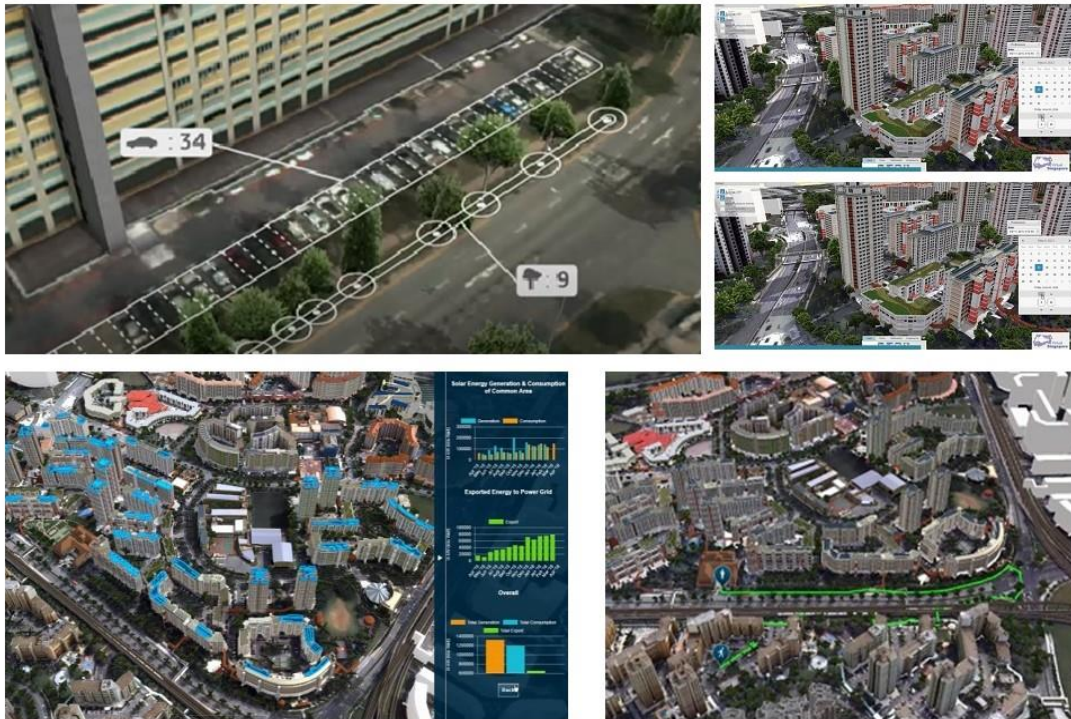
Un ejemplo es el proyecto *Virtual Singapore* que en cabeza del National Research Foundation – NRF-, trabaja en la generación de un modelo dinámico tridimensional (3D) y una plataforma colaborativa, que incluye los mapas 3D de Singapore. Esta actualmente en construcción y será usada como la plataforma digital 3D autorizada destinada para ser usada por sectores públicos, privados, de personas y de investigación permitiéndoles el desarrollo de sofisticadas herramientas y aplicaciones para conceptos y servicios de prueba, planificación, toma de decisiones e investigación sobre tecnologías para resolver desafíos emergentes y complejos para Singapore. Los posibles usos que la NRF- propone están dirigidos a proyectos colaborativos y enfocados en la toma de decisiones, al contener datos oficiales, abiertos y dinámicos de todo tipo, accesibles en tiempo real y desde dispositivos del internet de las cosas (IoT); aspectos como la comunicación y la visualización (3D), aportan gran valor, como en el caso del sitio de prueba del estado *Yuhua* para la iniciativa *Greenprint* de la *Junta de Vivienda y Desarrollo*, que presenta un amplio análisis de las características ecológicas y sostenibles que brindan la instalación de paneles solares, luces LED, las mejoras por el sistema neumático de transporte de desechos, las posibilidades con la construcción de redes peatonales mejoradas y redes de ciclo rutas extendidas. Accesibilidad mejorada es otro importante uso que ofrece ya que, al ser una representación precisa del paisaje físico, *Virtual Singapore* se puede utilizar para identificar y mostrar rutas sin barreras para discapacitados y ancianos, planificar rutas ciclísticas y peatonales ofreciendo la ruta más accesible y conveniente, e incluso caminos protegidos, hacia la parada de autobús o la estación del tren.

Los planificadores urbanos pueden visualizar los efectos de la construcción de nuevos edificios o instalaciones, por ejemplo, de nuevo aquellos que se generan con la construcción de techos verdes en el estado Yuhua, y lo que esto causa sobre la temperatura y la intensidad de la energía en el estado. Medir el potencial de producción de energía solar de los techos de las edificaciones es posible gracias a la disposición que hace Virtual Singapore de información precisa acerca de altura, superficie y la cantidad de luz solar que reciben durante el día y el modelado de los pronósticos de tiempo para un día típico, facilitando usar datos históricos del clima y proyecciones (NRF, 2021).

Virtual Singapore es un programa de I+D iniciado por la NRF- a un costo de 73 millones de dólares, esta replica en 3D construida a partir de datos topográficos y dinámicos en tiempo real permitirá análisis y pruebas virtuales de nuevas soluciones a problemas de planificación urbana.

Figura 13

Galería Possible Uses of Virtual Singapore (Galería de posibles usos de Virtual Singapore)



Nota. En la imagen se revisan ejercicios de medición del espacio público y disponibilidad de infraestructura vial y dotacional, simulación de nuevas construcciones, análisis de tejados para paneles de energía solar y planes urbanísticos. www.nrf.gov.sg y <https://www.sla.gov.sg/geospatial/gw/virtual-singapore>

Se presenta en la figura 14 otro ejemplo de un gemelo digital aplicado: es el caso del Gemelo Digital del Sistema de Buses de la Ciudad de Nueva York:

Este ejemplo disponible en <https://livemaps360.com/DigitalTwin/NYCBuses/> usa una representación 3D de la ciudad y la simula en términos de su comportamiento para la información de transporte en bus, a partir de datos abiertos, dispuestos por la *Metropolitan Transportation Authority* (Autoridad de Transporte Metropolitano), y por la *WEJO* (empresa para la explosión de datos de vehículos autónomos, eléctricos y conectados).

Figura 14

Digital Twin New York City Buses (Gemelo Digital de Buses de Nueva York)



Nota. En la vista superior la Línea M1 y en la inferior el histórico de datos de accidentes de buses con el lugar de mayor presencia de incidentes y las estadísticas y graficas asociadas. Tomado de <https://livemaps360.com/>.

Un Gemelo Digital Urbano (e incluso rural) para el objeto de esta investigación, permitiría para la medición del déficit habitacional con elementos del entorno de las viviendas una herramienta de evaluación y simulación muy importante, sin embargo, sería una herramienta subutilizada y compleja de alcanzar en un ejercicio demostrativo de medición, además de su elevado costo de implementación.

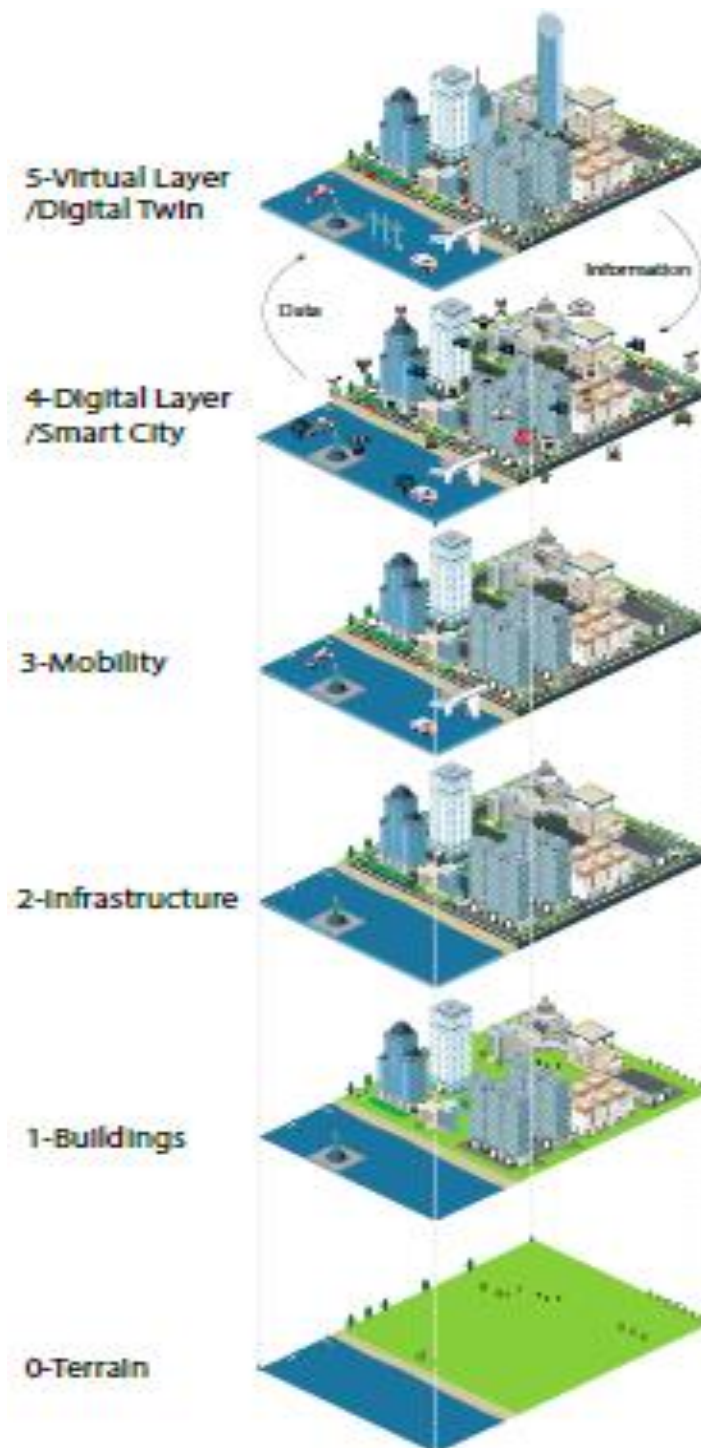
A partir de esta información y la forma en que se emplea en el caso de los gemelos digitales, definitivamente se puede considerar como una señal positiva y que demuestra amplias posibilidades del uso de TIC asistidas por herramientas 4.0 en una metodología de medición, al brindar luces sobre dispositivos o tecnologías que se usaron, que tratamientos de datos se llevaron a cabo o son necesarios y que se podrán proponer para asociar en la tarea de medir los elementos propuestos del entorno de las viviendas y su participación en el déficit habitacional urbano.

Un modelo o método basado en TIC- deberá usar los datos digitales que se generan en el marco de estas tecnologías, entonces y asociando la necesidad de crear capas con información que responda a cada nuevo elemento que se considerara, se revisan propuestas de cómo obtener y procesar los datos necesarios para crear dichas capas de datos e información urbana para la medición.

En la Figura 15 se pueden apreciar las capas a desarrollar para la creación del Gemelo Digital de una Ciudad Inteligente:

Figura 15

Layers Required to Develop a Digital Twin Smart City (capas requeridas para desarrollar un gemelo digita de ciudad inteligente)



Nota. Las primeras 5 capas se construyen una encima de otra y agregan más información de la ciudad que se usara en el gemelo digital para simulaciones de movilidad, urbanismo, planeación energética, entre otros. Tomado de: *A Digital Twin Smart City for Citizen Feedback* (White, Zink, Codec'a, Clarke, 2021).

3.5.2 Imágenes Ópticas Panorámicas:

Son *imágenes* con el elemento añadido de la interactividad (que sólo puede existir en el mundo digital). Una imagen panorámica de esta clase se obtiene al crear un mosaico a partir de una serie de imágenes simples, tomadas simultáneamente, en diferentes direcciones esféricas, que posteriormente podremos *georreferenciar* al conocer las coordenadas del punto central y los detalles de la captura. El término *georreferenciar* se usa para referir a la alineación de los datos obtenidos en la imagen panorámica a un *sistema geodésico en coordenadas de latitud y longitud*. Las imágenes ópticas panorámicas se obtienen actualmente mediante diferentes *Sistemas de Mapeo Móvil – Mobile Mapping Systems – MMS-* ofrecidos por diferentes empresas tecnológicas, cada una con diferentes opciones de precisión, tiempos de captura y procesamiento, calidad de la imagen obtenida y por supuesto todo esto en relación al costo.

Figura 16

Imagen Óptica Panorámica



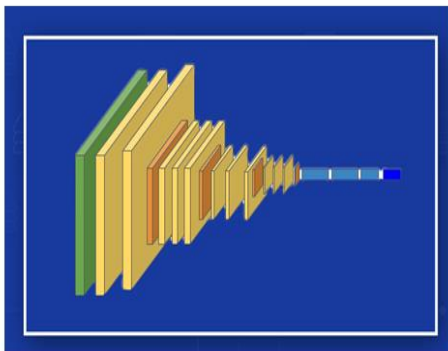
Nota. Imagen óptica panorámica adquirida con sensor fotográfico de 180°. Las imágenes ópticas panorámicas son un insumo importante para realizar una captura de datos del entorno a través de la interpretación y procesamiento que las técnicas como el Deep Learning ofrece, para nuestro caso será posible la generación de modelos avanzados que describen los atributos de cada objeto en el lugar donde se encuentra la vivienda.

Figura 17

Simulación de Clasificación por método de redes convolucionales muy profundas para el reconocimiento de imágenes a gran escala (VGG-16) de una Imagen Óptica Panorámica.

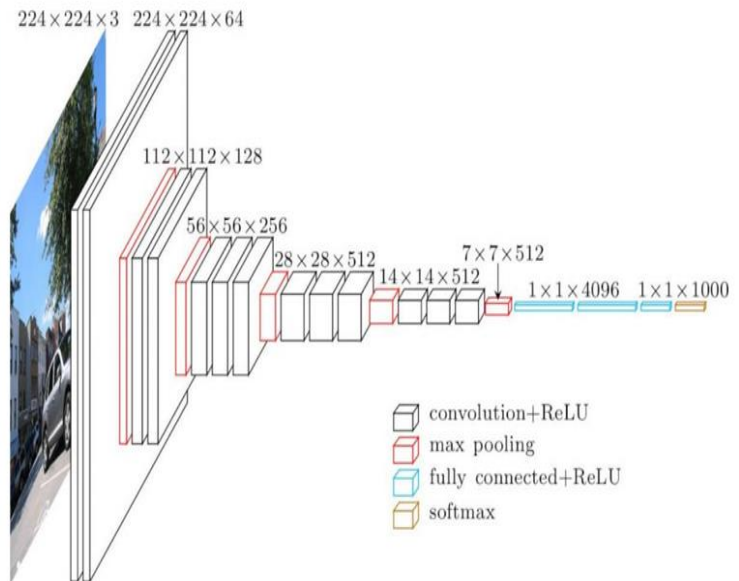


IMAGE CLASSIFICATION



Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition(VGG-16)

Redes convolucionales muy profundas para el reconocimiento de imágenes a gran escala (VGG-16)



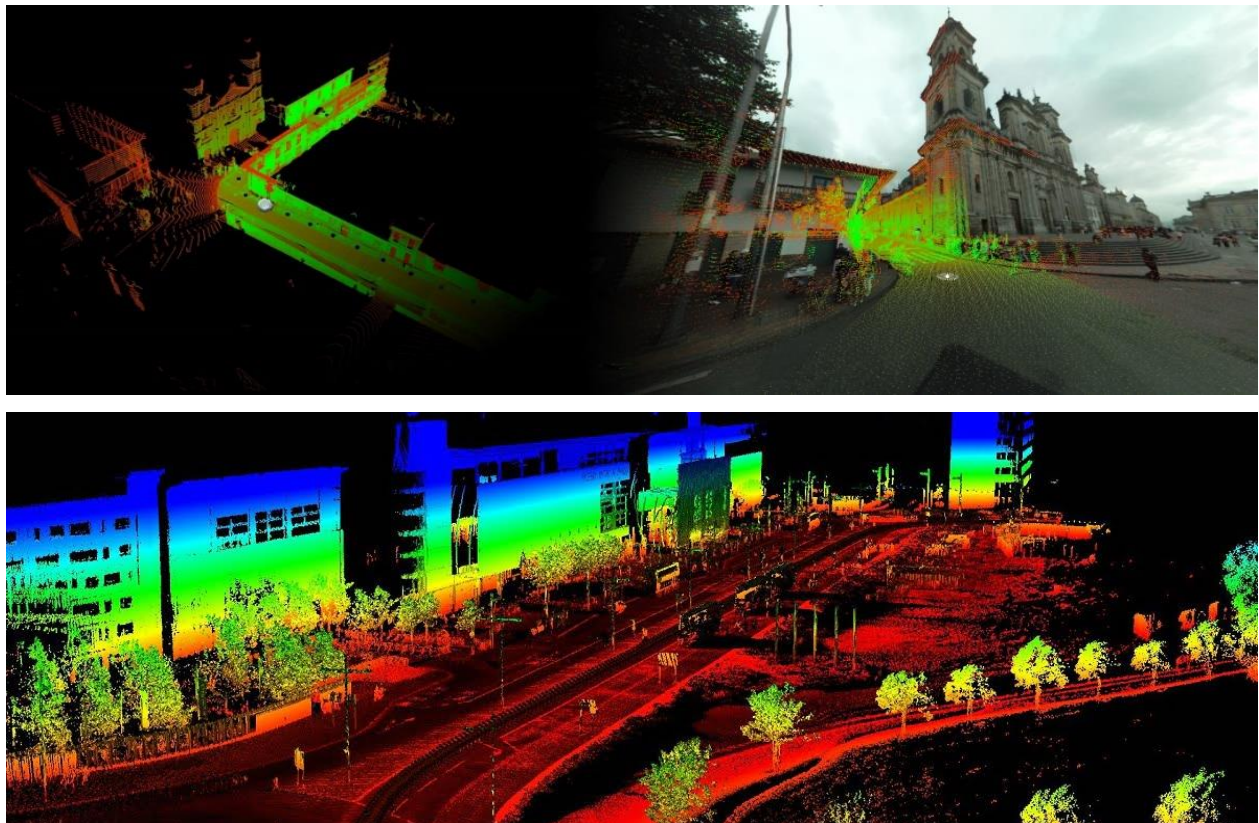
Nota. Desarrollado en el Visual Graphics Group de la Universidad de Oxford, VGG-16 es un modelo ampliamente usado por investigadores y la industria para sus tareas de clasificación de imágenes. Tomado de <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/08/top-4-pre-trained-models-for-image-classification-with-python-code/>

3.5.3 LiDAR 3D Mobile Mapping System:

Un servicio de teledetección móvil óptico que a partir de la luz láser obtiene medidas de posicionamiento georreferenciado mediante modelos digitales tridimensionales de alta precisión, combinado con imágenes ópticas panorámicas de 360 grados. Los datos obtenidos por el sistema a bordo de un vehículo o un dron en movimiento, en forma de nubes de millones de puntos e imágenes ópticas, permiten obtener de manera detallada la superficie lateral, superior e inferior del suelo, determinando las formas y localizaciones tridimensionales de todos los elementos tales como vías, árboles, edificios, infraestructura de servicios y mucho más. Adicionalmente y dado que se tiene la imagen fotográfica de 360 grados de manera integrada, es posible observar elementos descriptivos y visuales tales como avisos, nomenclatura y estados de deterioro o conservación de los mismos.

Figura 18

Ejemplo de teledetección móvil con LiDAR 3D Mobile Mapping System



Nota. Nube de puntos obtenida y su visualización por atributos. Tomado de <https://www.routescene.com/lidar-mapping-systems/vehicle-mobile-mapping-system/>

3.6 Propuesta de formulación de la metodología de medición del déficit habitacional con entorno.

Hemos revisado ya cuales elementos del entorno de las viviendas son susceptibles de ser medidos, los diferentes componentes, las variables e indicadores propuestos y que serían posiblemente empleados; también como las TIC asistidas por las herramientas denominadas 4.0 o de cuarta revolución industrial ofrecen enormes posibilidades para la obtención de datos, procesamiento, análisis y almacenamiento de información a fin de ayudar y aportar en la medición de estos componentes. Los indicadores propuestos se medirán conforme a las posibilidades de datos y recursos tecnológicos disponibles, lo que puede representar una gama baja de la medición, en comparación con las oportunidades que ofrece el tener todos los datos y herramientas que potencialmente pudiesen ser utilizados. En el caso del planificador territorial el esperado es que pueda contar con todas las posibilidades de acceso y uso sin limitantes administrativas, políticas o financieras, en lo que puede idealizarse como una gama media o alta de la medición de los elementos del entorno de las viviendas que influyen en el déficit habitacional.

3.6.1 Indicadores del déficit de entorno

Para la formulación metodológica de medición del déficit habitacional con entorno, se propone medir el déficit de entorno, para lo cual se calculará cada elemento del entorno propuesto mediante la evaluación de su respectivo indicador, permitiendo entender para cada variable y con base en una categorización que ayude a calificarla, cuál es su relevancia o impacto en el entorno de las viviendas.

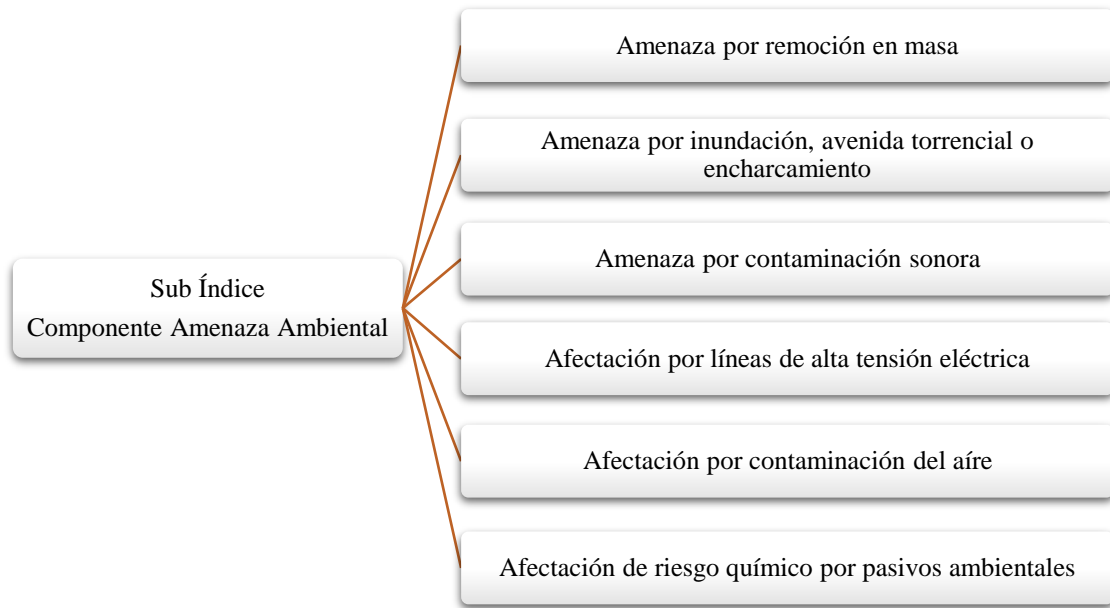
Este indicador a su vez ingresará a conformar junto con los demás indicadores de cada componente propuesto, un subíndice, el cual será el indicador sintético para cada componente. Esto para poder ir agrupando y además simplificando el entendimiento y la evaluación del componente. Se presenta en la figura 19 a manera de ejemplo para el caso del *Componente Amenaza Ambiental* los indicadores propuestos para cada variable que lo componen y que ayudaran a generar el subíndice, en el contexto de cada componente permitirá entender como este aporta al déficit de entorno.

A su vez se conformará el índice del déficit de entorno, como se aprecia propuesto en la figura 20, con el cálculo agregado de los diferentes subíndices de cada componente, siendo este a su vez el indicador sintético que permita simplificar y evaluar de forma categorizada y resumida, pero no

por esto menos precisa, cual es el impacto de las variables del entorno propuestas en la vivienda y por consiguiente en el déficit habitacional.

Figura 19

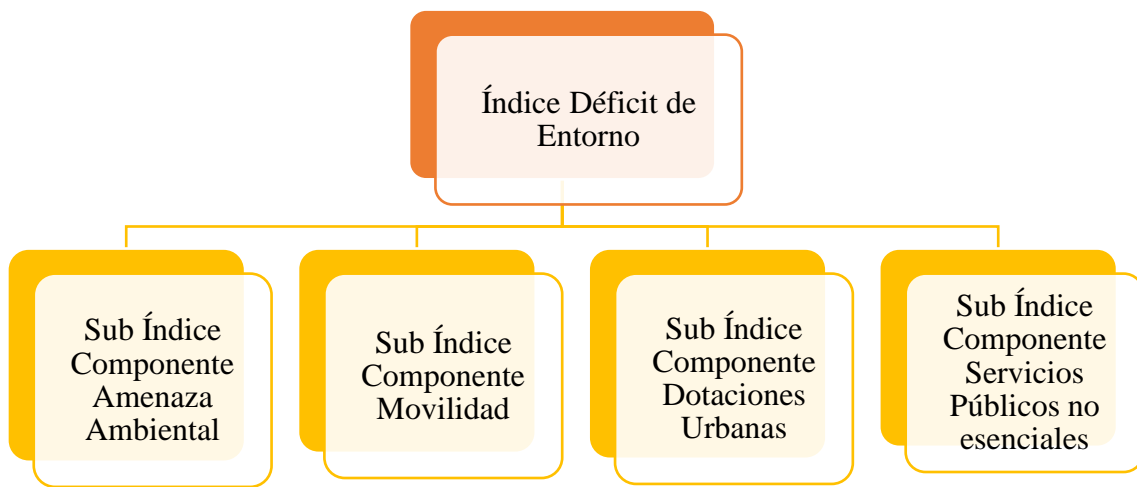
Indicadores del subíndice componente Amenaza Ambiental.



Nota. Se muestra el ejemplo de la propuesta de Indicadores del subíndice componente Amenaza Ambiental.

Figura 20

Elementos del Índice de Entorno propuesto



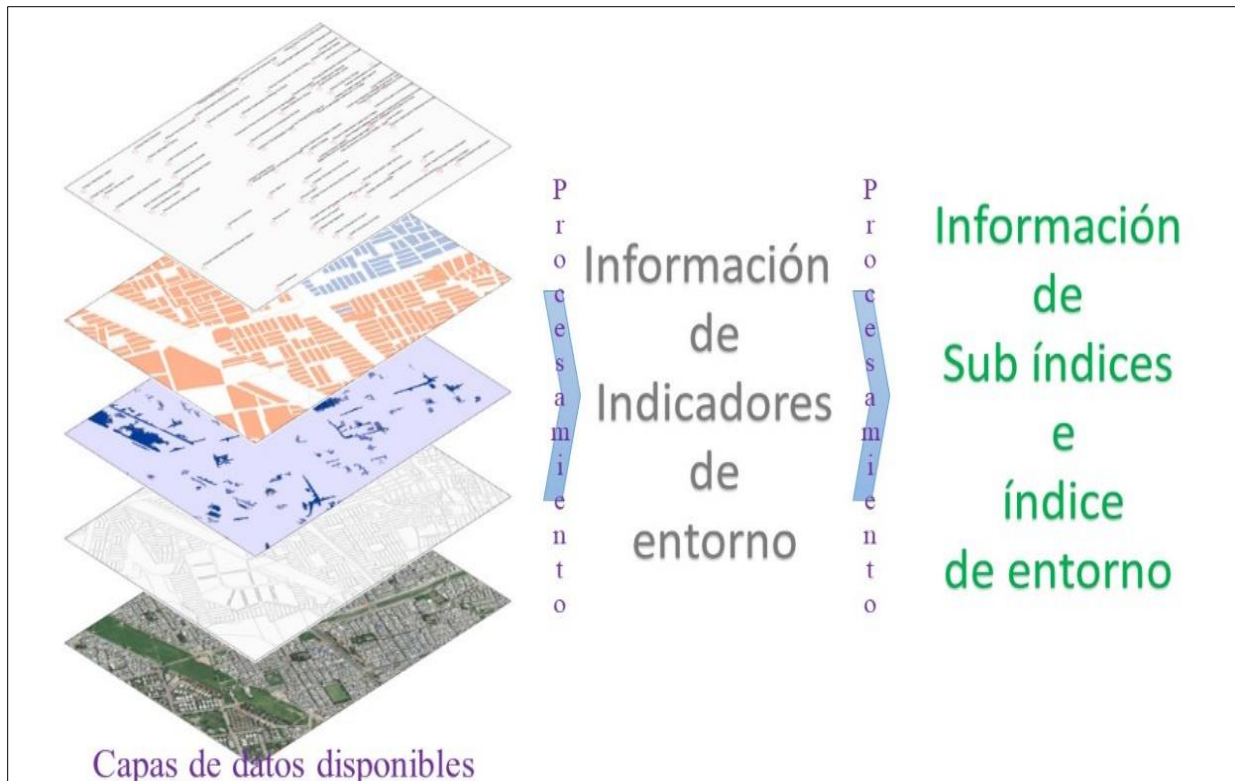
Nota. Se muestran los cuatro elementos del índice de Entorno propuesto en esta investigación.

3.6.2 Fuentes de datos para el cálculo de los indicadores del déficit de entorno

Aprovechando la experiencia profesional del investigador en el descubrimiento, uso y explotación de datos geospaciales, especialmente los que involucran atributos geográficos relacionados a los predios y las viviendas, o los temas referentes a la planificación urbana, se presenta en la figura 21 los datos y la forma en la que serán usados a fin de atender la medición del déficit habitacional con entorno a partir del cálculo de los indicadores del déficit de entorno. La exploración de diferentes niveles de información y su integración y procesamiento permitirán atender los parámetros de medición de cada variable respecto de su relación con la vivienda y su entorno. En la figura 21 se presenta la propuesta de empleabilidad de las capas que se obtengan y como a partir de estas se construirán los indicadores, sub índices e índice de entorno que medirá el déficit de entorno asociado a la vivienda.

Figura 21

Datos y su integración para la medición del déficit habitacional con entorno



Nota. Las fuentes de datos identificadas han usado las TIC y herramientas 4.0 para capturarlos o producirlos, al igual que para analizarlos y procesarlos.

Destaca por demás la posibilidad de contar con la información geográfica y alfanumérica publicada en sitios oficiales:

- ✓ Déficit habitacional DANE. (2023). *Geoportal de Déficit Habitacional*. Recuperado de [<https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/deficit-habitacional/>] cuenta con atributos como el número de viviendas, número de hogares, déficit cuantitativo, cualitativo y habitacional con sus proporciones a nivel manzana.
- ✓ Datos urbanos de referencia, catastrales y socioeconómicos. Infraestructura de datos espaciales IDECA. (2023) *Sitio Web de la IDECA*. Recuperado de [<https://www.ideca.gov.co/>].
- ✓ Datos sobre dotaciones urbanas y movilidad. Portal de datos abiertos de Bogotá Alcaldía Mayor. (2023). *Portal de Datos Abiertos de Bogotá*. Recuperado de [<https://datosabiertos.bogota.gov.co/>].
- ✓ Plan de Ordenamiento Territorial. Alcaldía Mayor de Bogotá. (2023). *Decreto 555 2021 Galería Mapas POT*. Recuperado de [<https://experience.arcgis.com/experience/d06aa2e880d54a2c934e4bb9eba18dfe/>].

También se utilizó información propietaria como imágenes y mapas base de Esri© *Plataforma GIS*. [<https://esri.com>].

4. EJERCICIO DEMOSTRATIVO DE MEDICIÓN

A continuación, se presenta de manera concisa el desarrollo del ejercicio demostrativo de la medición del *Déficit Habitacional con Entorno*, siguiendo la estructura de indicadores propuestos a partir de las variables identificadas y de acuerdo con los datos y herramientas tecnológicas disponibles para el investigador.

4.1. Ámbito del ejercicio demostrativo de medición: localidad 11 Suba – Bogotá D. C. – Colombia.

Dadas las características identificadas en la zona urbana de la localidad once (11) Suba, en la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia, se propone como ámbito para realizar el ejercicio demostrativo de medición del déficit de entorno y mediante el cálculo de los indicadores propuestos evaluar su aporte al déficit habitacional urbano, dada su pertinencia y oportunidad en cuanto a aspectos y datos en materia económica, social, cultural y ambiental, al contar por ejemplo, con viviendas distribuidas en todos los estratos socioeconómicos, que presentan diferentes condiciones de acceso a servicios públicos y asentadas en un territorio con aspectos medio ambientales conocidos en cuanto a amenaza y riesgo. Además, es fácilmente accesible la información sobre normativa urbanística, infraestructura urbana, dotaciones de movilidad, transporte, salud, cultura, educación y recreación. Estas condiciones de configuración que permiten asociar a municipios de nuestro país con un desarrollo administrativo aceptable permiten proponerlo como escenario para esta simulación. Así a través de sus características y de los datos variados con los que se puede contar y que han sido obtenidos mediante el uso de herramientas como las presentadas en esta investigación y que están accesibles gracias a las políticas de datos abiertos que se han aplicado en nuestro país, poder proponer la medición de los indicadores planteados.

Los cálculos y resultados que se ofrecerán a continuación usarán mapas elaborados con pertrechos y técnicas de procesamiento disponibles para el investigador y que se fundamentan en el marco de las TIC- y las herramientas 4.0.

Los datos en su mayoría obtenidos de plataformas abiertas o fuentes propietarias serán presentados a nivel de geografía manzana en la localidad 11 de Suba, esto se debe específicamente a que en

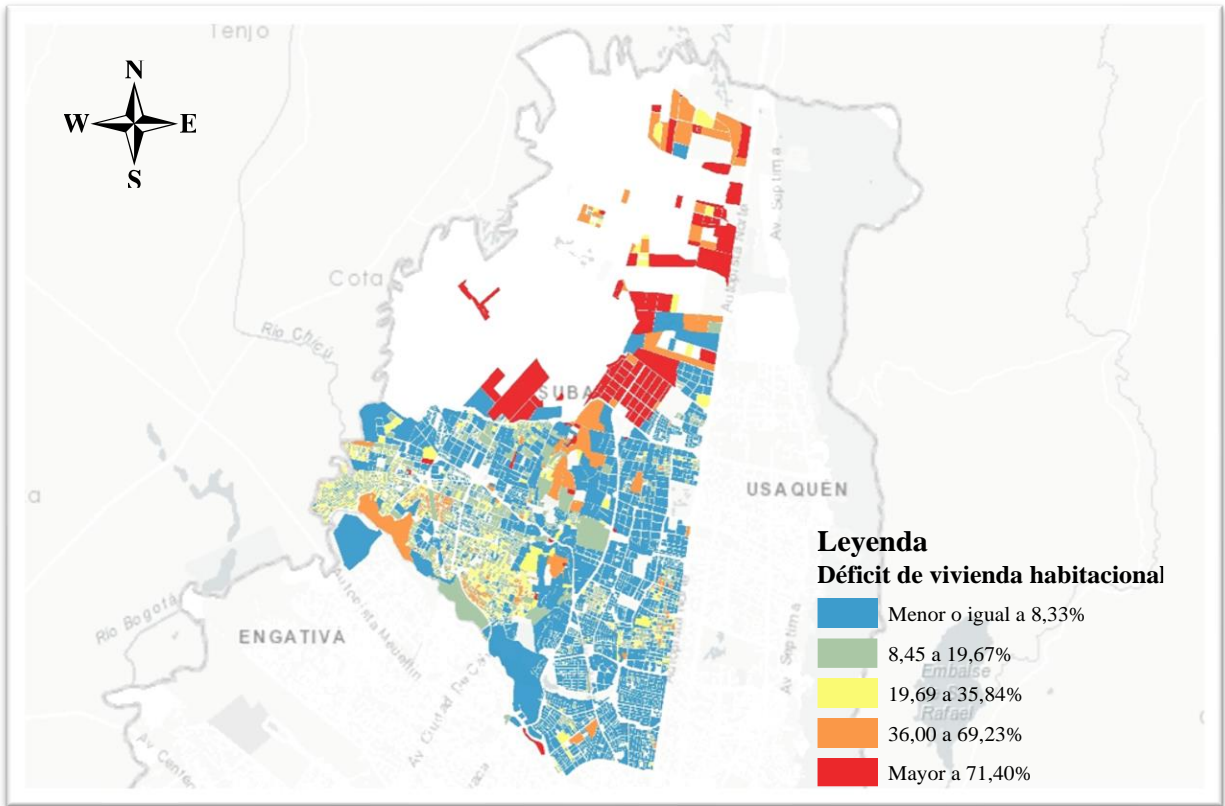
esta escala se encuentran disponibles los datos referentes al Déficit Habitacional para Colombia DANE (2018) y que serán el referente no solo de presentación sino también de comparación y asociación.

En la figura 22 se presenta el mapa con la información acerca del cálculo del déficit habitacional urbano a nivel manzana en la localidad 11 Suba, presentado a partir de los datos del DANE- con información obtenida del Censo Nacional de Población – CNP- 2018. El déficit habitacional (presentado en porcentaje total por manzana), cuyos valores se representan mediante la técnica estadística de *clasificación natural*, da cuenta de que en la zona de estudio del ejercicio demostrativo se censaron y evaluaron por parte del DANE- en la localidad de Suba 4417 manzanas censales identificadas en el año 2018; estos bloques urbanos contenían **402.486 viviendas** que albergaban a su vez a **388.936 hogares**. La población estimada para la localidad de Suba en el año 2018, fue de 1'114.997 habitantes (DANE- con base en CNP- de 2018), lo que representa el 15,15% de la población total de la ciudad de Bogotá. Suba es la localidad más poblada de la ciudad y según la medición presentada por el DANE- el 10.96% de sus hogares (42.627), se identificaron en déficit habitacional durante el 2018.

El análisis espacial de este déficit y su distribución geográfica comienzan a mostrarnos las primeras luces de como la medición actual que, aunque se concentra en aspectos puntuales e intrínsecos a la vivienda, desconociendo la mirada de su entorno y los elementos que este contiene y le afectan, si permite revelar el agrupamiento y configuración en diferentes sectores, especialmente las denominadas periferias urbanas o en algunos casos los lugares cuyos entornos presentan factores de impacto o están ligados a fenómenos urbanos como acceso a servicios e infraestructuras como las que se proponen medir en los indicadores del entorno.

Figura 22

Mapa Déficit habitacional DANE 2018 localidad 11 Suba a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba a nivel de manzanas urbanas que muestra en cinco rangos la distribución natural del *déficit de habitacional*. Tomado de: DANE (2020). *Estadísticas por Tema*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>

En la tabla 10 se pueden apreciar de manera resumida los datos de hogares y viviendas según estrato y cuantos de esos hogares se encuentran en déficit habitacional, también los valores separados e identificados por *déficit cuantitativo* y *déficit cualitativo* que al final se suman para determinar el déficit habitacional.

Tabla 10

Déficit habitacional por estrato Localidad 11 Suba

Estrato	Hogares	Viviendas	Déficit habitacional	Déficit de vivienda cuantitativo	Déficit de vivienda cualitativo	Déficit habitacional %
1	914	432	280	110	170	30,63%
2	148.082	81.994	27.835	7.323	20.512	18,80%
3	124.423	133.260	9.232	1.380	7.852	7,42%
4	62.785	95.788	1.720	110	1.610	2,74%
5	43.834	77.578	2.164	73	2.091	4,94%
6	6.400	10.328	567	18	549	8,86%
N.A.	2498	3106	842	49	793	33,71%
Total	388.936	402.486	42.640	9.063	33.577	

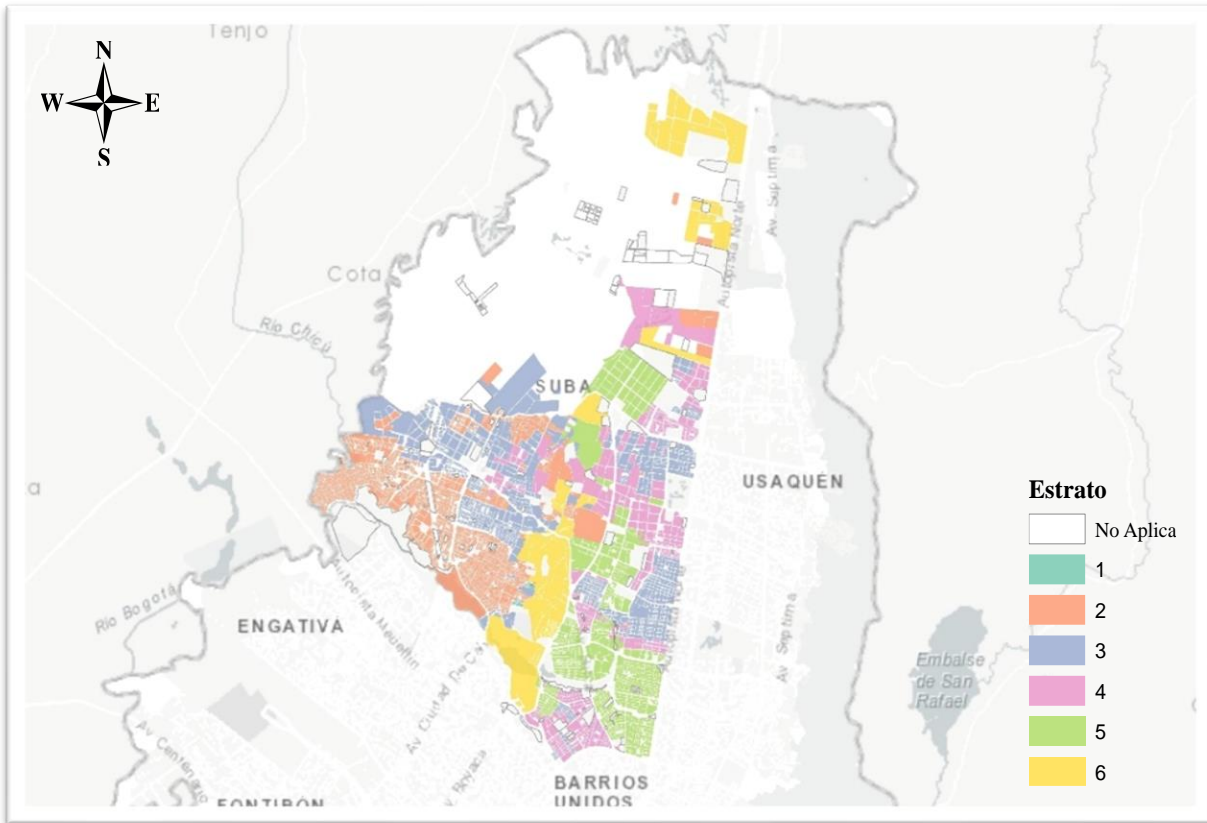
Nota. Según los datos del DANE recogidos en la tabla 10 se aprecia que para el estrato 1 más del 30% de los hogares presentan déficit habitacional seguido por el estrato 2 con casi 19% de sus hogares.

Para comenzar a dar un contexto de la relevancia del entorno en las viviendas y la relación que estas le contienen, se presenta el mapa ofrecido en la figura 23, donde se representa la estratificación socioeconómica a nivel manzana para la localidad 11 de Suba. La estratificación socioeconómica es una clasificación de las viviendas (inmuebles residenciales), que permite no solo *cobrar de manera diferencial los servicios públicos, sino que también permite asignar subsidios y cobrar contribuciones* (DANE, 2020), de esta manera se puede tener una mirada sobre las condiciones socioeconómicas de las viviendas de la localidad y conocer las capacidades monetarias de los hogares que las habitan.

Este mapa fue generado a partir de la información consignada en los recursos geográficos del Mapa de Referencia de Bogotá versión 1218 (diciembre de 2018), dispuestos en el portal de Datos Abiertos de Bogotá (<https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/mapa-de-referencia>), usando la asociación a nivel manzana de la tabla relacional ESoc dispuesta en la base de datos formato geodatabase y que permite asociar a las manzanas de nuestro ámbito un estrato. También se puede acceder a la estratificación por manzana directamente, sin embargo no de forma histórica si no a la versión más reciente actualizada.

Figura 23

Mapa de Estratificación a nivel manzana Localidad 11 Suba.



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba a nivel manzana. Muestra la distribución de los estratos. Tomado de: Datos Abiertos (2023). *Estratificación* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/estratificacion-para-bogota>.

Se aprecia gracias a esta representación de la estratificación socioeconómica que, a nivel de las 4417 manzanas urbanas del área de estudio, 21 pertenecen al estrato 1, 2022 pertenecen al estrato 2, 1124 al estrato 3, 450 al estrato 4, 540 al estrato 5 y 121 calificadas como de estrato 6; igualmente hay 139 manzanas identificadas como no aplica estrato por no ser de uso residencial predominante. Esto denota que el ámbito elegido para nuestro ejercicio demostrativo de medición se ofrece diversidad en los aspectos sociales y económicos de las viviendas y los hogares que las habitan, pudiendo así al evaluar su entorno identificar, comparar y plantear objetivos frente a la medición del impacto del entorno en las viviendas y por consiguiente en el déficit habitacional.

4.2. Componentes, variables e indicadores a medir en el ejercicio demostrativo conforme a los datos disponibles.

En el apartado 3.3. de este documento se hizo referencia a los componentes del entorno que podían ser medidos basando su propuesta en el estudio del estado del arte y la recopilación de diferentes metodologías y mediciones realizadas. Sin embargo, para el ejercicio demostrativo de medición y dadas las posibilidades frente a datos y herramientas disponibles, centraremos la evaluación para cada componente de acuerdo a los indicadores y las variables presentados en la tabla 11, estos serán los elementos propuestos para esta investigación y su desarrollo en el ejercicio demostrativo de medición.

Se presentan los indicadores con el alcance y cumplimiento de los parámetros para la metodología planteada en la evaluación del índice del déficit de entorno y como este se correlaciona con en el déficit habitacional a partir de la formulación de indicadores que evalúan cada componente planteado y se integran en un indicador sintético que permita simplificar y resumir el impacto del entorno en las viviendas y plantear la discusión sobre si estos elementos le aportan o no al *déficit habitacional*.

Tabla 11

Matriz de componentes, variables e indicadores propuestos con su descripción y los parámetros definidos para su evaluación.

Componente	Variable	Indicador	Descripción	Parámetro de evaluación
Amenaza Ambiental	Amenaza por remoción en masa	Nivel de amenaza por remoción en masa.	Indicador que categoriza el grado de amenaza de remoción en masa al que están sometidos las viviendas por el lugar en que se emplazan.	Las viviendas no deben encontrarse en zonas de alto riesgo.
	Amenaza por encharcamiento	Nivel de amenaza por encharcamiento	Indicador que categoriza el grado de amenaza de encharcamiento al que están sometidos las viviendas por el lugar en que se emplazan.	Las viviendas no deben encontrarse en zonas de alto riesgo.

Tabla 11. (Continuación)

Componente	Variable	Indicador	Descripción	Parámetro de evaluación
Amenaza Ambiental	Afectación por contaminación sonora	Nivel de afectación por contaminación sonora	Indicador que categoriza el grado de afectación por contaminación sonora al que están sometidos las viviendas por el lugar en que se emplazan.	Las viviendas no deben encontrarse en zonas que superen los 70 decibeles día y 60 noche.
Movilidad	Proximidad a estación de Transmilenio SITP	Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio	Medición de distancia y tiempo de desplazamiento promedio caminando desde la vivienda a la estación o portal de Transmilenio más cercano.	Cantidad de tiempo empleado y distancia a recorrer en el desplazamiento desde las viviendas al transporte público.
	Proximidad a estación de transporte público Zonal SITP	Distancia y Tiempo estimado a estación Zonal	Medición de distancia y tiempo de desplazamiento promedio caminando desde la vivienda a la estación del Zonal más cercana.	Cantidad de tiempo empleado y distancia a recorrer en el desplazamiento desde las viviendas al transporte público.
	Tipo de vías	Proximidad a malla vial arterial e intermedia	Medición del tipo de vía sobre el cual tiene acceso directo la vivienda de acuerdo con la tipología de vías urbanas.	Características del tipo de vías que se encuentran en el entorno de las viviendas.
	Estado de la vía	Estado de la superficie de la vía frente a la vivienda	Medición del estado de la superficie de la vía urbana sobre la cual tienen acceso directo la vivienda.	Características del estado de las vías que se encuentran en el entorno de las viviendas.
	Andén	Material del andén	Medición de la existencia y el material del andén que tiene en el acceso directo las viviendas.	Características constructivas del entorno de acceso directo a las viviendas.

Tabla 11. (Continuación)

Componente	Variable	Indicador	Descripción	Parámetro de evaluación
Movilidad	Acceso a red ciclovía	Presencia de infraestructura ciclovía	Medición de la presencia y acceso a la red ciclovía que se tiene desde la vivienda.	Infraestructura de la red ciclovía instalada en el entorno de las viviendas.
Dotaciones Urbanas	Alumbrado público	Densidad de luminarias	Indicador que permite conocer la presencia de luminarias del alumbrado público en el lugar donde se emplazan las viviendas.	Infraestructura instalada del alumbrado público en el entorno de las viviendas.
	Proximidad a parques	Tiempo de desplazamiento a espacio público parques	Indicador que mide la cercanía de las viviendas y el acceso directo a espacio público parques.	Cantidad de tiempo empleado y distancia a recorrer en el desplazamiento desde las viviendas al espacio público de parques.
	Proximidad a bibliotecas	Tiempo de desplazamiento a bibliotecas	Indicador que mide la cercanía de las viviendas y el acceso directo a bibliotecas públicas.	Cantidad de tiempo empleado y distancia a recorrer en el desplazamiento desde las viviendas a infraestructura cultural.

Nota. La tabla describe para cada componente propuesto, las variables a medir, conforme a cada indicador para cada una describiéndolo y acompañándolo de su parámetro de medición, conforman la batería de indicadores.

4.3. Indicadores de entorno calculados para la localidad 11 Suba con los datos y herramientas disponibles

Conforme a las variables propuestas para cada componente de medición en la metodología propuesta, se realizó la recopilación de los datos y, apoyado en el uso de herramientas para su procesamiento, se obtuvieron y generaron los siguientes indicadores que se presentan agrupados por cada sub índice y que se desarrollan brevemente a continuación:

4.3.1. Sub Índice Componente Amenaza Ambiental

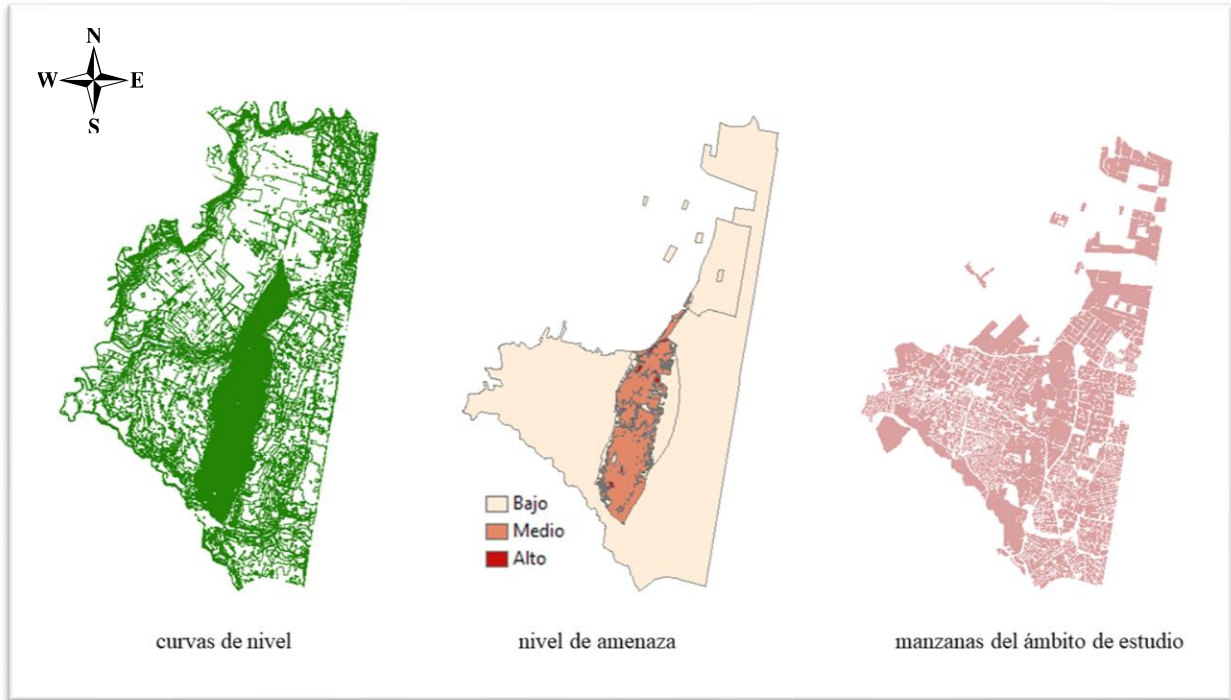
4.3.1.a Indicador Nivel de amenaza por remoción en masa:

Para determinar el riesgo que las viviendas tienen al momento de una posible remoción en masa (caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujos), proceso natural que evalúa el territorio y su configuración geomorfológica, usaremos la información consignada en el Plan de Ordenamiento Territorial y también dispuesta en el portal de Datos Abiertos de Bogotá, que fue el resultado de la aplicación de diferentes tecnologías TIC y herramientas 4.0, como el uso de sensores, procesamiento de datos y digital de imágenes, herramientas de modelamiento, de estadística y de probabilidad que corren gracias al poder computacional en la nube o las aplicaciones e instancias que esta ofrece.

En la figura 24 podemos apreciar en combinación con la topografía (visible gracias a las curvas de nivel resultado del procesamiento indicado), como gracias a que es posible mapear o clasificar el territorio según el nivel de riesgo, en las categorías de amenaza baja, media o alta, y que, al realizar una unión espacial con las manzanas del ámbito de estudio, usando algoritmos geoestadísticos, permite determinar una clasificación donde se muestra como en la localidad de Suba para cada unidad geográfica de análisis se determina la categoría de la amenaza.

Figura 24

Fuentes para obtener el cálculo del indicador de amenaza por remoción en masa

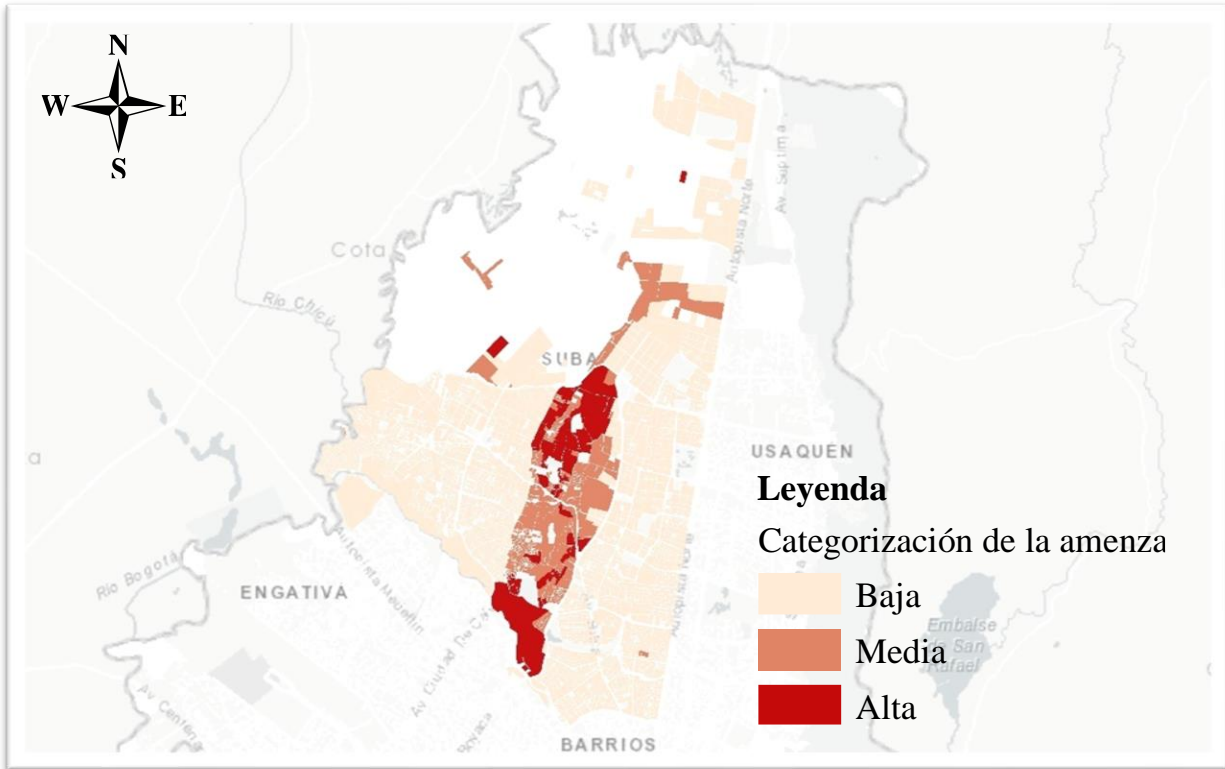


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de: Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/amenaza-por-movimiento-en-masa-en-suelo-urbano-y-de-expansion-bogota-d-c>.

Con esto se presenta el resultado del indicador en la figura 25, muestra el resultado del procesamiento basado en la relación espacial y su análisis, que en Suba la amenaza alta se concentra en las manzanas ubicadas sobre la zona montañosa de la localidad, pero en general el nivel de amenaza es bajo para el resto de las manzanas, permitiendo al planificador territorial no solo conocer el resultado de la evaluación del riesgo, si no también tener un contexto geográfico de su comportamiento en las viviendas y hogares, tanto para la evaluación del aporte que este tiene al déficit de entorno propuesto, como también proporcionando información importante para su entendimiento y poder centrar los esfuerzos y acciones con base en los datos entregados en diferentes espacios y aspectos de la administración del territorio.

Figura 25

Mapa Amenaza por remoción en masa a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas frente al riesgo por remoción en masa. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

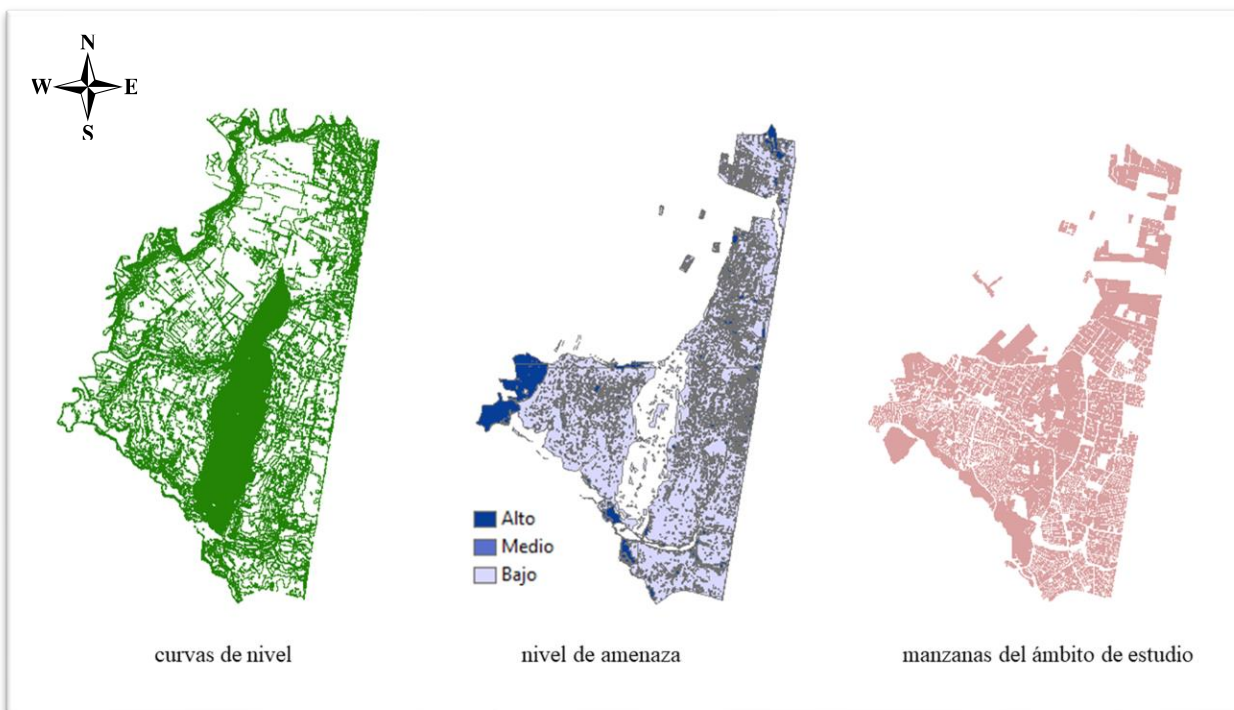
4.3.1.b Indicador Nivel de amenaza por encharcamiento:

El segundo indicador propuesto evalúa la afectación que tienen las viviendas del ámbito de estudio, respecto al riesgo por amenaza de inundación por encharcamiento, entendido como un exceso de agua en las zonas donde en condiciones normales esta seco y que puede deberse o ser el resultado de diversas causas (lluvias frecuentes e intensas, taponamiento de causas, rompimiento de jarillones, presas o tuberías, inexistencia o falta de capacidad hidráulica de redes de alcantarillado, taponamiento de sumideros o tuberías), lo que al final se convierte en una afectación importante para las viviendas y sus hogares. Los datos fuente para el área de estudio están disponibles y fueron tomados del portal de Datos Abiertos de Bogotá. Este recurso requirió para su elaboración tecnologías similares a las mencionadas en el indicador previo. Igualmente se realizó un

procesamiento usando recursos que permitan obtener un mapeo de este riesgo y que se muestra en la figura 26.

Figura 26

Fuentes para obtener el cálculo del indicador de amenaza por encharcamiento

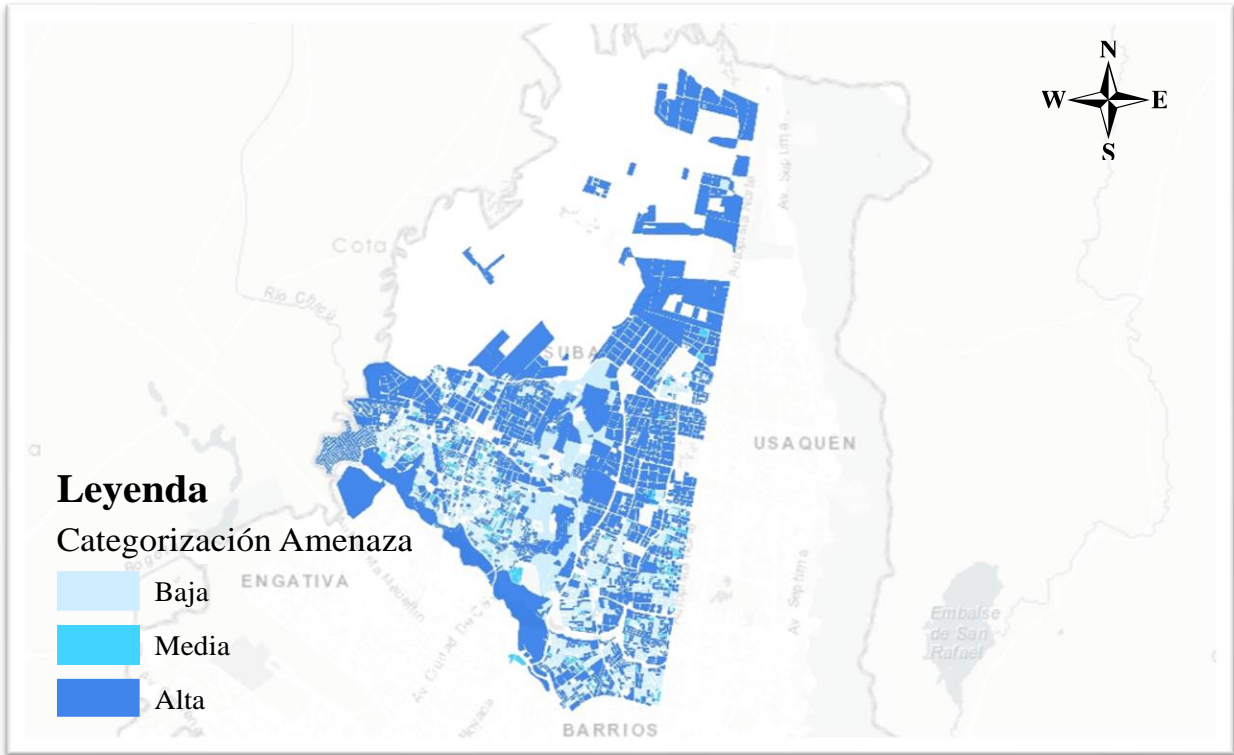


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/amenaza-por-encharcamiento-bogota-d-c>.

El procesamiento espacial permite afirmar como se muestra en la figura 27 que, con una mayor presencia de manzanas en nivel de amenaza alta, se da la distribución de estas en varias ubicaciones de la localidad de Suba. En este caso las manzanas en los sectores de montaña incluso presentan niveles de amenaza medio. Esta medición en el entorno de las viviendas reconoce un aspecto natural a que están sometidas, pudiéndose considerar con otros datos o fuentes, sus causas o efectos, como lo pueda ser la ausencia de infraestructura como redes o de acumulación de residuos sólidos e inclusive de ambos.

Figura 27

Mapa Amenaza por encharcamiento a nivel manzana



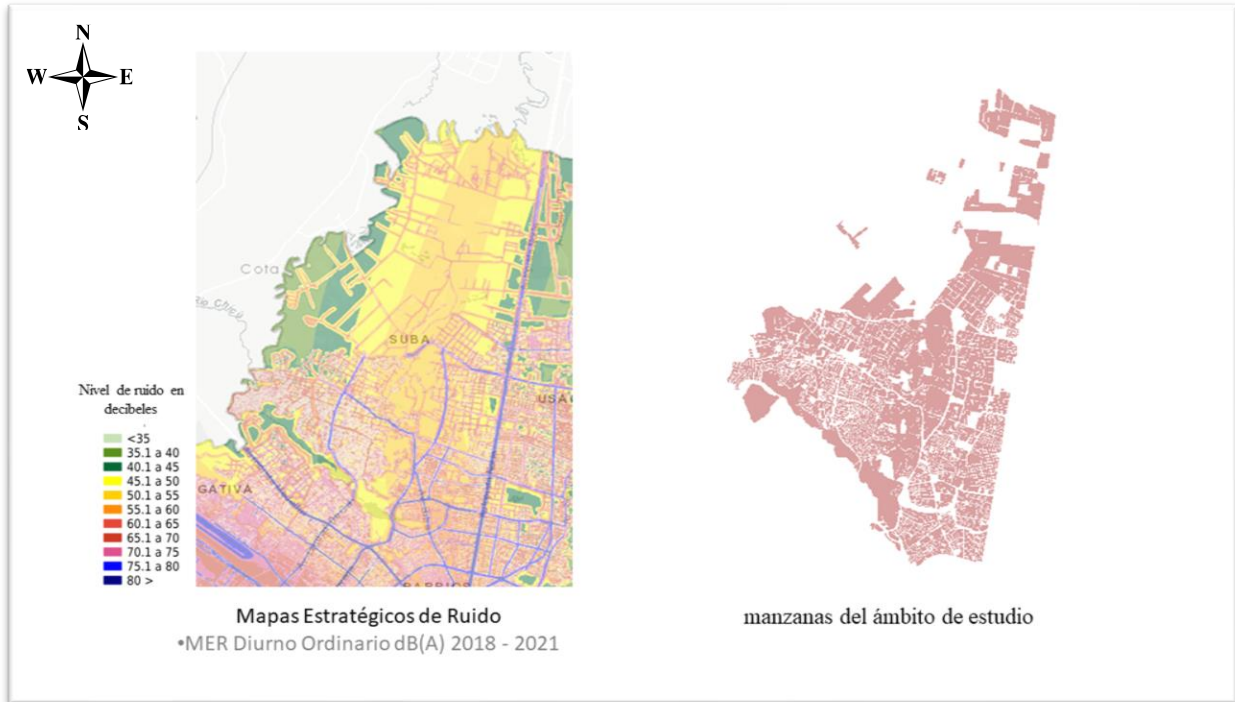
Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas frente al riesgo por encharcamiento. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>

4.3.1.c. Indicador Nivel de afectación por contaminación sonora:

En el caso de este indicador que permite la comprensión del panorama sonoro frente al impacto del ruido en las viviendas y que se convierte en contaminación sonora cuando este es excesivo o afecta la salud de las personas, podemos a partir de los datos disponibles en los mapas estratégicos de ruido elaborados por la Secretaría Distrital de Ambiente y disponibles en su visor geográfico ambiental, que como la misma secretaria detalla son elaborados con el uso de sensores y técnicas de modelación acústica que permiten establecer la contribución de diferentes fuentes de ruido (tráfico aéreo, tráfico vehicular, industria y actividades comerciales), durante periodos definidos a la contaminación sonora. En la figura 28 se describen las fuentes utilizadas.

Figura 28

Fuentes para obtener el cálculo del indicador de afectación por contaminación sonora

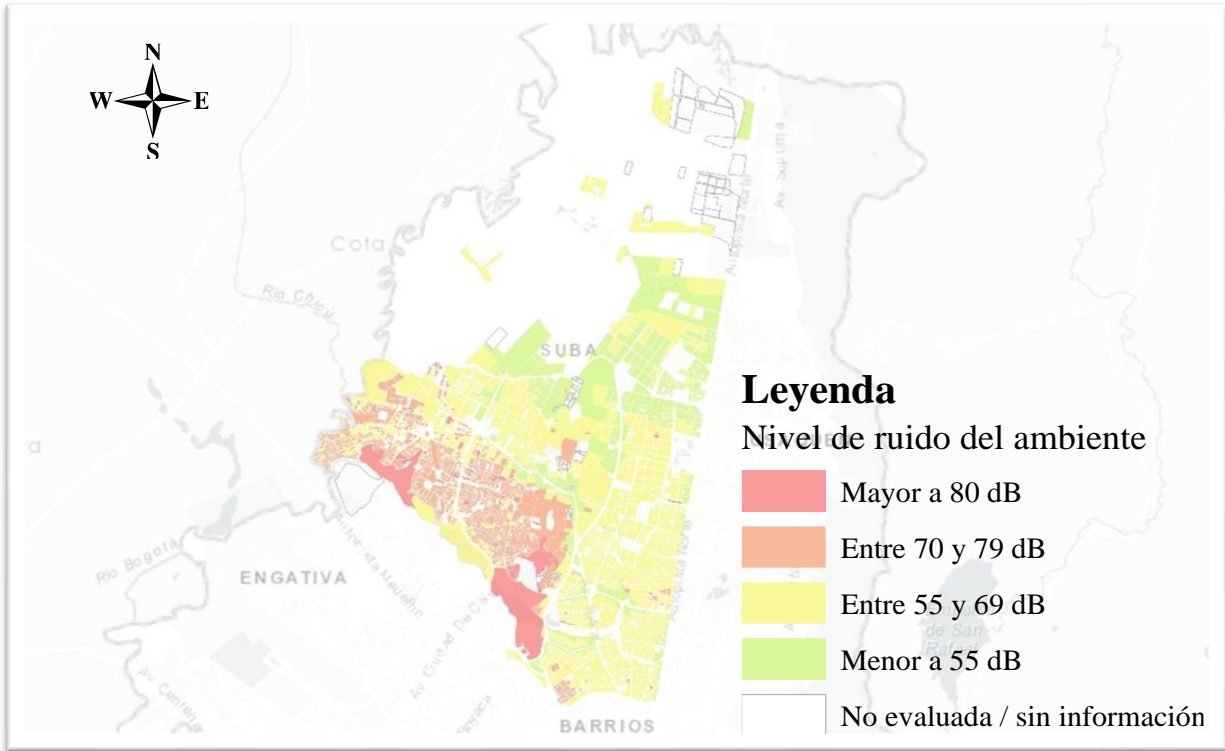


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Secretaria de Ambiente Distrital (2023). *Ruido*. <https://oab.ambientebogota.gov.co/mapas-de-ruido-ambiental-de-bogota/>.

En la figura 29 y a partir del procesamiento espacial que permite la combinación y categorización de los datos, se aprecia como la mayoría de manzanas de la localidad de Suba tienen un nivel de ruido del ambiente superior a 55 decibeles (dB) y casi la mitad superior a 70 dB, lo que corresponde a una afectación alta si se considera lo establecido por el Ministerio de Salud y Prosperidad Social en Colombia que indica máximo permitido durante las horas del día en las zonas residenciales es de 65 decibeles (dB); en zonas comerciales e industriales hasta 70 y en zonas de tranquilidad hasta 45 dB.

Figura 29

Mapa de afectación por contaminación sonora a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según el nivel de ruido del ambiente. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>

4.3.2. Sub Índice Componente Movilidad

4.3.2.a. Indicador Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio:

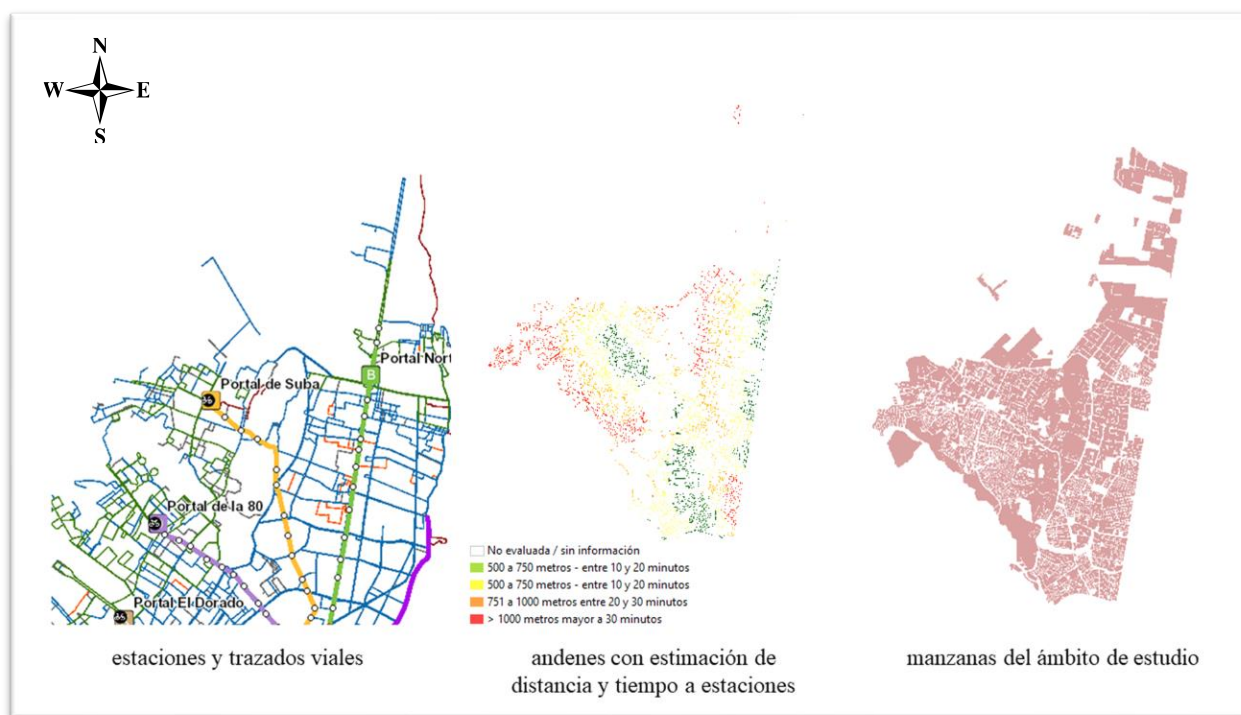
Este indicador que permite conocer aspectos de ubicación de las viviendas respecto de su accesibilidad a infraestructura de transporte público (sistema Transmilenio), usa diferentes datos disponibles en Datos Abiertos Bogotá, como ubicación de estaciones y portales del sistema, los trazados viales que son exclusivos del sistema, la infraestructura de andenes y a partir del uso de tecnologías para el ruteo en viajes caminando (a pie) que mediante algoritmos de Machine Learning que miden los tiempos de desplazamiento. En la figura 30 se describen las fuentes utilizadas, aclarando que los datos de ruteo y tiempos caminando se obtuvieron de los datos ya

procesados procedentes del Índice de Caminabilidad para Bogotá del DADEP- a nivel de andén y que son accedidos por el investigador debido a la participación en el cálculo de este índice.

Los tiempos de desplazamiento caminando desde las viviendas a las estaciones o portales de Transmilenio idealmente deberían ser de hasta 10 minutos, o por lo menos ese es el planteamiento que se propuso para este índice y que se acogerá para la categorización del ejercicio demostrativo de medición.

Figura 30

Fuentes para obtener el cálculo del indicador Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio

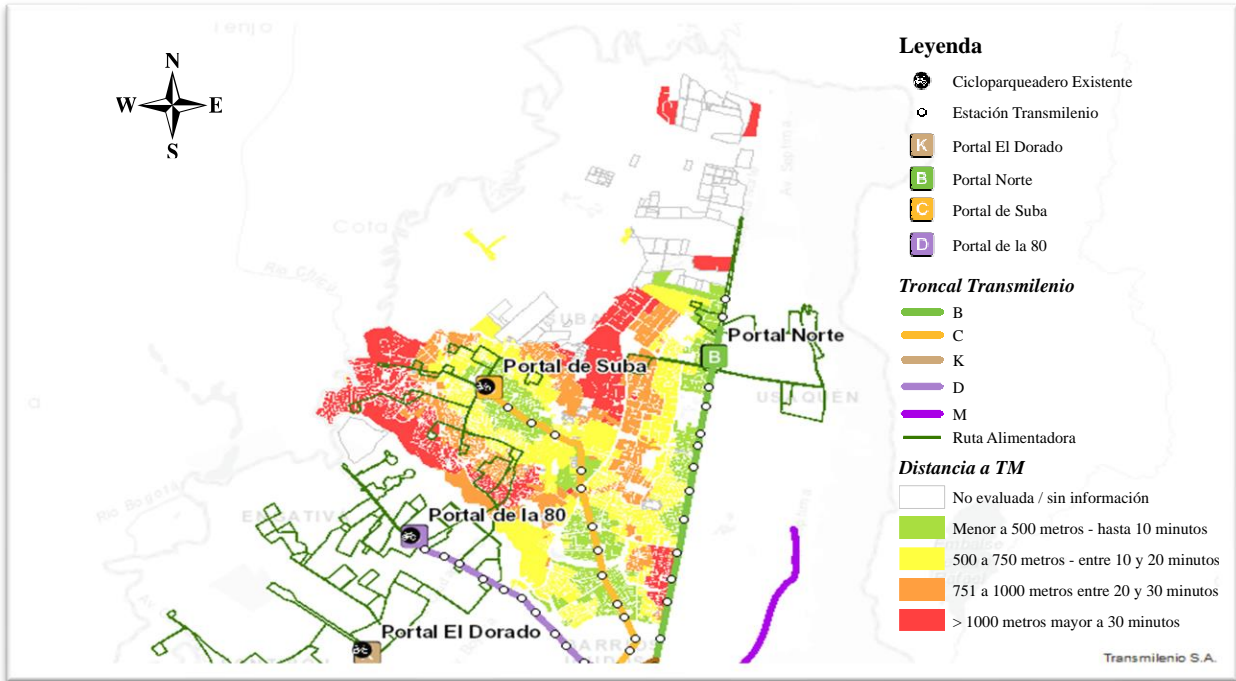


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/corredores-troncales-de-transmilenio> y <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/anden-bogota-d-c>.

Por esto en la figura 31 y resultado de asociar a cada manzana el valor del tiempo de desplazamiento estimado desde los andenes que le rodean, apreciamos como en la localidad de Suba vastas zonas tienen dificultades por lo largo del recorrido y el tiempo a emplear para acceder

a ese servicio público de transporte. Las rutas alimentadoras muestran precisamente la intención que se tiene de integrar esas zonas al sistema disminuyendo de esa forma el tiempo acceso.

Figura 31
Mapa Proximidad a estación de Transmilenio SITP



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la distancia y el tiempo de desplazamiento al sistema de transporte público Transmilenio. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

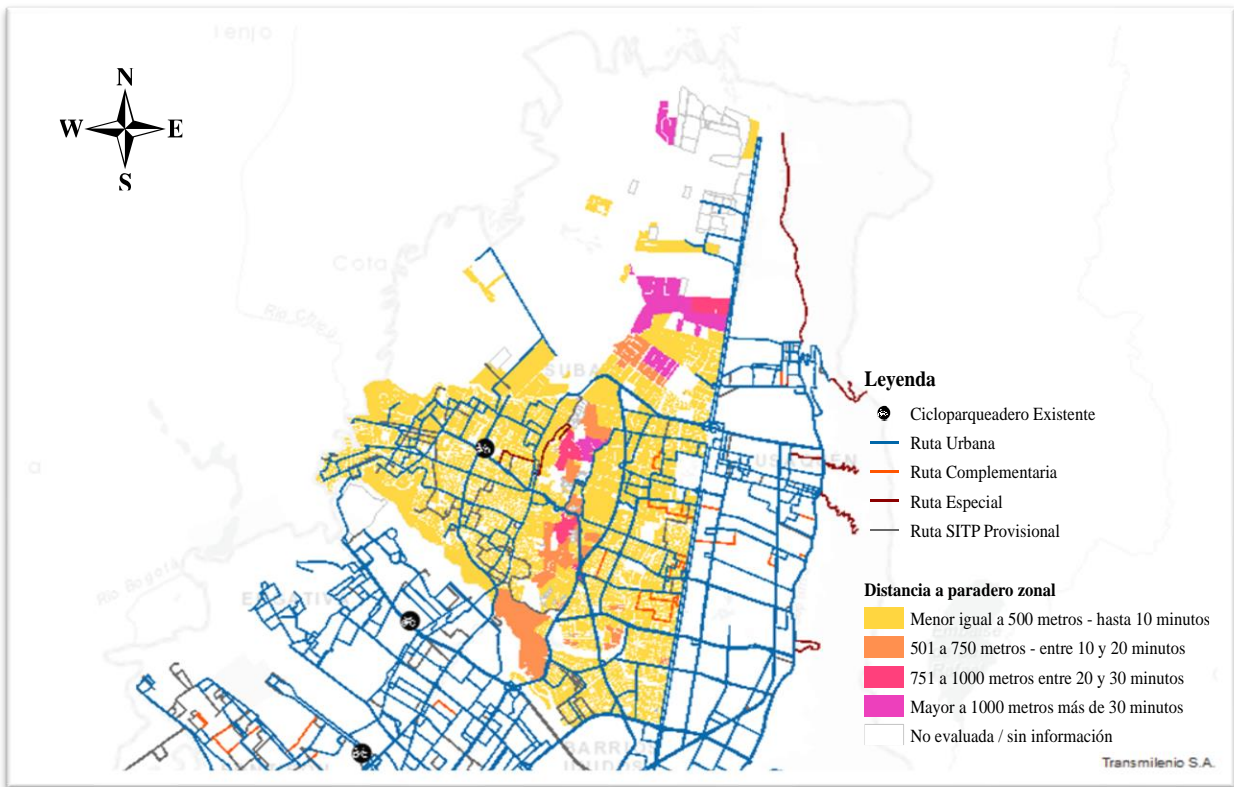
4.3.2.b Indicador Distancia y Tiempo estimado a estación Zonal SITP:

Este indicador que en fuentes de datos, configuración y tecnologías hace referencia a los mismos empleados en el anterior indicador propuesto y presentado previamente (... a estación de Transmilenio), salvo que los datos principales de referencia son las estaciones del sistema zonal SITP de transporte público disponibles en Datos Abiertos Bogotá correspondientes a paraderos zonales que se ubican sobre andenes y las rutas de este sistema.

Aplica de igual manera el criterio para los tiempos de desplazamiento caminando desde las viviendas a los paraderos del transporte público zonal pues bajo el mismo principio se espera como aceptable y oportuno el tiempo de recorrido inferior a los 10 minutos. En la figura 32 que presenta

para la localidad de Suba el mapa de proximidad a estación de transporte público Zonal SITP, se observa un importante cubrimiento de rutas de este servicio de transporte público y en la mayoría de las zonas el tiempo a emplear para acceder a este se encuentra debajo o en este rango. Las manzanas que presentan tiempos de desplazamientos superiores a los 10 minutos se ubican en zonas de estratos altos (entiéndase estrato 5 y 6), para gran parte de estos casos observados este resultado se puede asociar a restricciones de acceso de los buses por cierres en las vías (conjuntos cerrados) o también a la baja demanda del servicio que hace que la planeación de su recorrido utilice o priorice vías diferentes y por consiguiente no se localicen sobre sus andenes o perímetros estaciones (paraderos) de este sistema de transporte público.

Figura 32
 Mapa Proximidad a estación de transporte público Zonal SITP



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la distancia y el tiempo de desplazamiento al sistema de transporte público zonal SITP. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/paraderos-zonales-del-sitp> , <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/ru>, <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y <https://www.dane.gov.co/> .

4.3.2.c. Indicador Estado de la superficie de la vía frente a la vivienda:

La evaluación de las características del estado de las vías en el entorno de las viviendas se aborda con la medición de este indicador y permite no solo identificar condiciones de la infraestructura vial urbana en el contorno inmediato de las viviendas (esto es las vías que delimitan las manzanas o que las rodean en algunos casos en su totalidad o al menos por uno de sus vértices), por consiguiente considera si le afectan directamente por su estado, y también podría permitirle al planificador territorial hacer consideraciones o evaluaciones sobre aspectos como el acceso de las viviendas a la malla vial, capacidad de transporte y circulación, entre otras muchas variables de análisis frente a estos elementos de la ciudad o del territorio.

Para esta medición se usaron los datos fuente disponibles en Datos Abiertos Bogotá objeto Calzada y a partir de la unión espacial de las manzanas de la zona de estudio con los elementos viales que las circundan, acoger para cada una de ellas el atributo estado de la superficie, para clasificar y categorizar este indicador.

La figura 33 muestra las fuentes de datos usadas para asignar a cada manzana de la localidad de Suba mediante una unión espacial y ponderación del estado predominante, el atributo para categorizar el indicador.

Figura 33

Fuentes para obtener el cálculo del indicador estado de la superficie de la vía

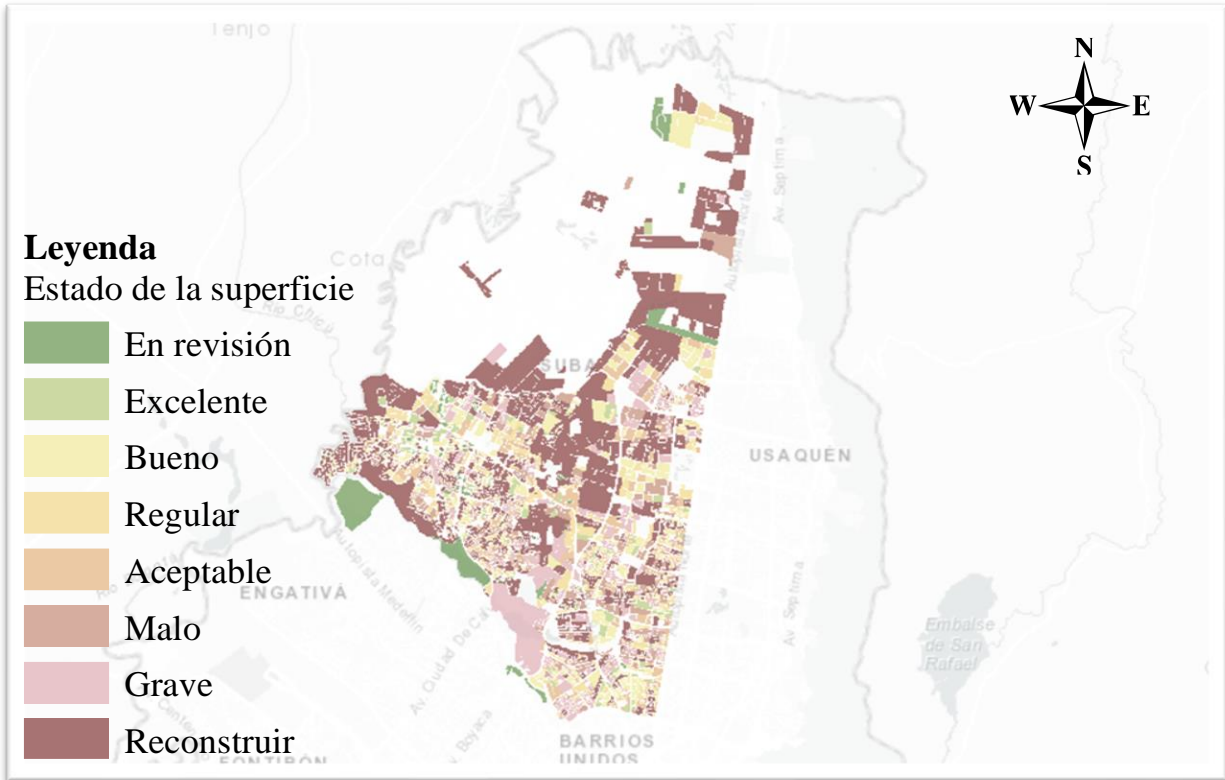


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0 Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/calzada-bogota-d-c>.

En la figura 34 se aprecia como en su gran mayoría las manzanas arrojan estar en un entorno donde la superficie de las vías se encuentra en regular o aceptable estado, encontrando también muchas manzanas cuyas vías de contorno se encuentran en estado superficial malo, grave o deben ser reconstruidas.

Figura 34

Mapa Estado de la superficie de la vía a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según el estado de la superficie de la o las vías de su contorno. Para la categorización del indicador el mayor valor del indicador lo tendrá el excelente y el peor el de reconstrucción, siendo un valor intermedio el estado en revisión. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

4.3.2.d. Indicador Material del andén:

Este indicador propuesto para el componente Movilidad es una de las variables del entorno de las viviendas, que incluso fue revisado por el DANE- en la actualización del Déficit Habitacional de mayo de 2022, donde a partir de datos de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida – ECV- 2021, en el aparte Resultados Déficit Habitacional, presenta un capítulo denominado Indicadores Complementarios en el cual proponen “*Presencia de Andenes: hogares según disponibilidad de andén en la edificación donde se ubica la vivienda*”. Al proponerlo en esta metodología se espera frente a la evaluación del entorno, aportar con una manera de medir como lo es el caso

infraestructuras de acceso directo a las viviendas, donde inicialmente se considera la revisión de la existencia del andén y una vez determinado esto, se evalúa el material de su construcción, clasificándolo de tal manera que se valoran en mayor medida aquellos andenes cuyos materiales están hechos para perdurar y que hacen del entorno de la vivienda un espacio con infraestructura amigable que, aunque hace parte del perfil vial, se considera especialmente relevante para el peatón. Sin embargo, es necesario aclarar que no se consideran aspectos de adaptación para discapacidades, continuidad, entre otros, relevantes a la hora de evaluar estas infraestructuras, pero esto puede llegar a realizarse al recopilar mejor y más detallada información y datos que permitan realizar evaluaciones de mayor profundidad técnica.

La definición que aporta el IDU para el objeto andén es:

Zona o franja paralela a la vía de uso vehicular, destinada a la permanencia o tránsito de peatones. Su superficie debe ser dura para su circulación, no obstante, dependiendo de la tipología que se defina, pueden generarse composiciones con superficies blandas (zonas verdes). Generalmente el andén se encuentra a un nivel superior al de la calzada para proteger al peatón del tráfico de la escorrentía superficial. El andén puede estar constituido por franjas que delimitan usos específicos.

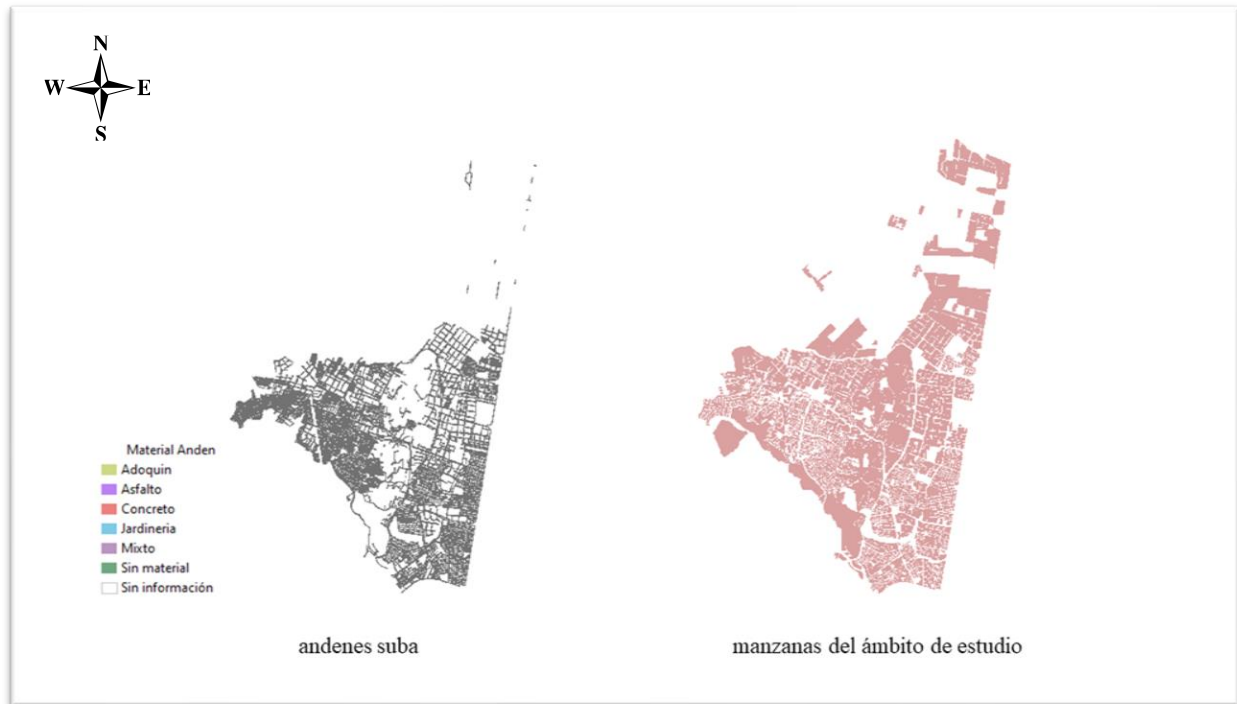
Precisamente aprovechando la disponibilidad de este objeto geográfico en Datos Abiertos Bogotá, se usa como un dato fuente para asociar de este el atributo material del andén (clasifica en que está construido) a las manzanas del ámbito de este ejercicio demostrativo, para poder clasificarlas de acuerdo a la existencia del andén en el entorno de las viviendas en primer medida y de manera complementaria a si esto es afirmativo al tipo de material.

La figura 35 muestra las fuentes utilizadas para este indicador, que a través de unión espacial permite determinar la existencia o no de un andén o varios asociados a la manzana y en un proceso de ponderación estadística definir cuál es el material de construcción predominante y que se le asignara a la manzana para su clasificación. Este indicador puede ser ampliamente mejorado si en lugar de realizar la evaluación a nivel manzana del andén se realizara a nivel de vivienda, sin embargo, las posibilidades de los datos para este ejercicio no están a esa geografía, que

seguramente si serán accesibles para el planificador territorial o la entidad gubernamental que este represente.

Figura 35

Fuentes para obtener el cálculo del indicador Anden a nivel manzana

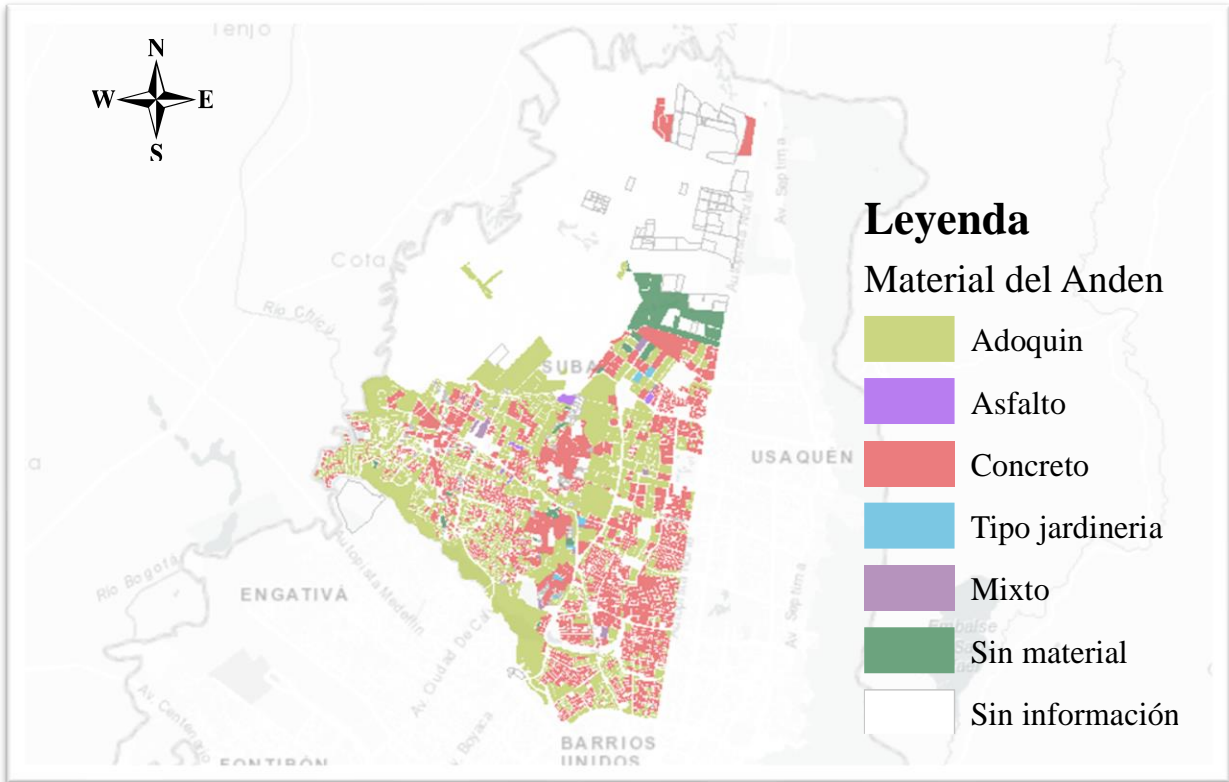


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/anden-bogota-d-c>.

La figura 36 nos permite apreciar las manzanas clasificadas de acuerdo a la existencia y al material del andén, en los casos que se cuenta con existencia y material adoquín, asfalto, concreto, jardinería o mixto, se consideran mejores condiciones o mayor valor del indicador que donde se encuentra el andén, pero sin material (o en estado natural del suelo), y la peor calificación se da donde no existe andén o no se cuenta con información.

Figura 36

Mapa material del andén a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la existencia y el material del andén Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

4.3.2.e. Indicador Presencia de infraestructura ciclovía:

Para este indicador se presenta una medición que involucra la infraestructura vial destinada inicialmente para el tránsito de bicicletas, también usada por su versión moderna impulsada o apoyada en baterías eléctricas y el más reciente, pero en auge medio, las patinetas eléctricas. Según IDU- es: “calzada destinada de manera permanente a la circulación de bicicletas, ubicada en el andén, el separador o segregada de la calzada vehicular o en otros lugares autorizados, debidamente señalizada y delimitada”. Su existencia y densidad en el entorno de las viviendas denota facilidades o disponibilidad para moverse mediante estos medios de transporte personales y ecológicos, aportando a la movilidad de los integrantes de los hogares y por

consiguiente genera un impacto la presencia o cercanía de estas infraestructuras a las viviendas, esto es un aspecto del entorno de las viviendas que aporta a mejorar en la calidad de vida de sus habitantes.

La ciudad de Bogotá es pionera no solo en Colombia sino en ALC- en el impulso de esta modalidad de transporte y por consiguiente cuenta con una red de ciclorrutas que hacen parte importante de la infraestructura y el sistema de transporte de la ciudad. Esto tiende a generalizarse en la mayoría de municipios de nuestro país y aunque será de mayor predominancia en los grandes o más desarrollados, no se debe descartar la medición de este elemento del entorno, como una posible variable que aporte en el índice del entorno. La figura 37 muestra las fuentes usadas.

Figura 37
Fuentes para obtener el cálculo del indicador Acceso a red ciclovía



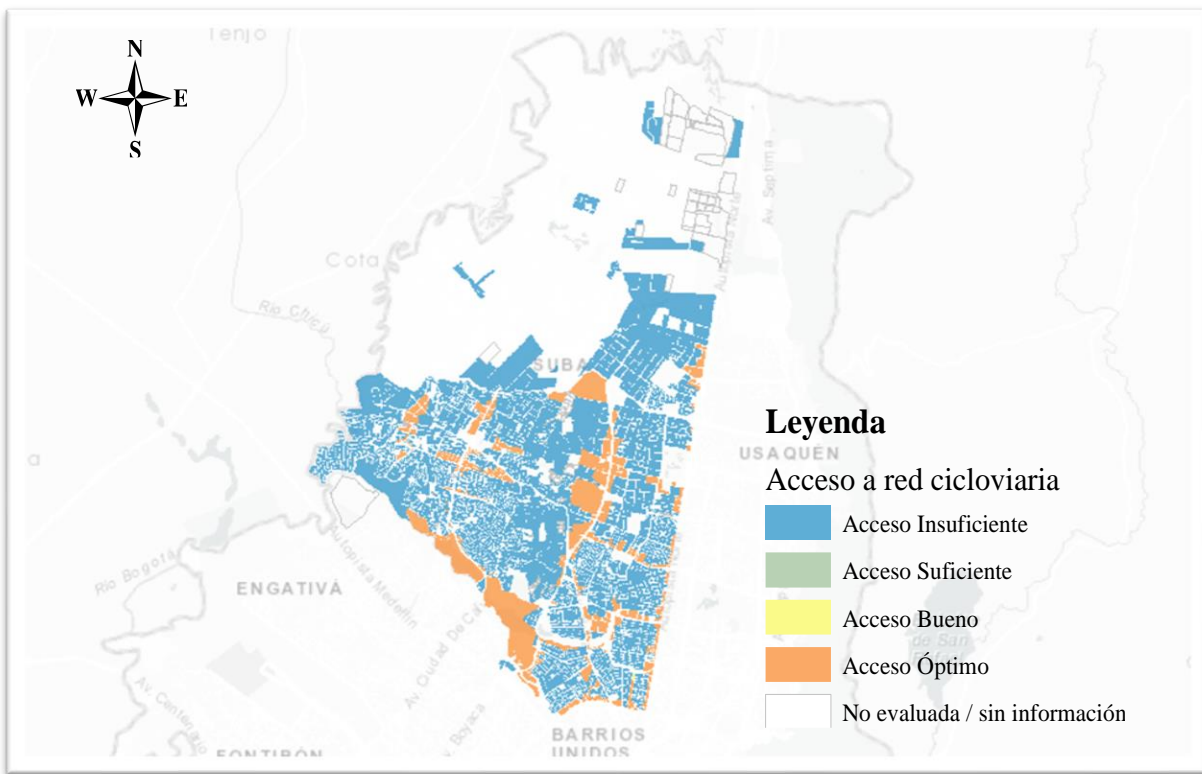
Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/cicloruta-bogota-d-c>.

A partir del nivel de información Ciclorruta disponible en Datos Abiertos Bogotá y con su asociación a las manzanas mediante la creación de zonas de influencia según diferentes distancias,

se propone para este indicador poder determinar qué tan cercanas o no se encuentran las viviendas a esta infraestructura y por consiguiente que tan accesibles son para el uso de los hogares que las habitan.

La figura 38 muestra el resultado de la medición que busca conocer la cercanía y presencia de infraestructura ciclovía y por tanto la accesibilidad a esta infraestructura de transporte, el resultado deja ver la insuficiente infraestructura ciclovía en la mayoría de las manzanas de la localidad de Suba.

Figura 38
Mapa Acceso a red ciclovía a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas de acuerdo a la distancia a la red ciclovía. Para la categorización de esta variable se consideraron distancias de 50, 200 y 500 metros, para acceso óptimo, bueno y suficiente, por encima de estas distancias se considera acceso insuficiente. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

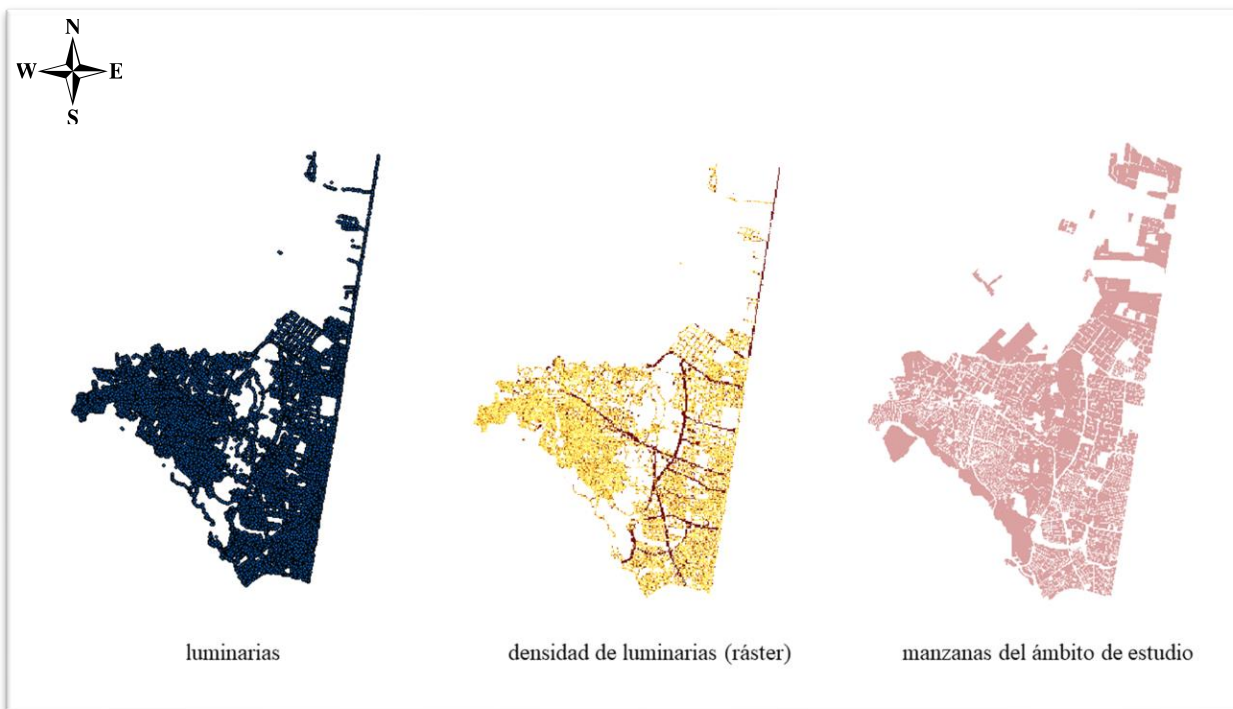
4.3.3. Sub Índice Componente Dotaciones Urbanas

4.3.3.a Indicador Densidad de luminarias:

El primer indicador propuesto para este componente busca evaluar en el entorno de las viviendas la presencia de infraestructura instalada de alumbrado público, una variable cuya relación con las viviendas conlleva diferentes consideraciones atribuibles al impacto que genera sobre estas y los hogares que las habitan. Un ejemplo claro es la percepción de seguridad de los lugares en relación con la presencia de alumbrado público, otro puede ser la relación con la facilidad de desplazamientos nocturnos y un tercero el embellecimiento y ornato de los barrios que agrupan las viviendas. En la figura 39 se muestran la fuente de datos usada y los resultados del procesamiento geoespacial que permite determinar las densidades de forma matricial y al realizar la unión con los contornos de las manzanas, entregar para cada una, estadísticas como la media, mayoría, minoría, mediana y percentil, para categorizar de acuerdo a los datos el resultado.

Figura 39

Fuentes para obtener el cálculo del indicador densidad de luminarias

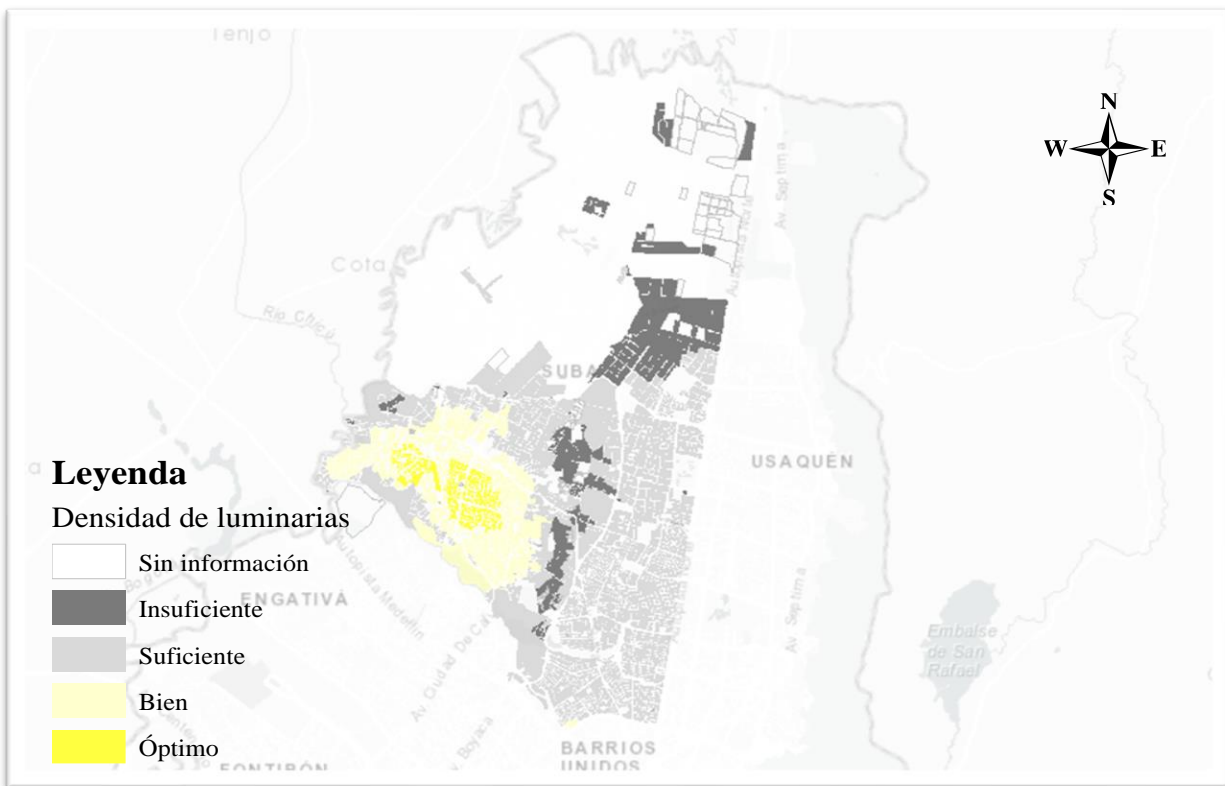


Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/luminarias_upz-bogota-d-c

Esta variable que según su consignatario en Datos Abiertos Bogotá, la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP-, se define como: “Servicio público no domiciliario de iluminación, inherente al servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades”. Se propuso mediante el cálculo de la densidad de las luminarias en el entorno de las manzanas, determinando con estadísticas zonales por unidad de área, una clasificación que permita definir si la cantidad de luminarias es óptima, buena, suficiente o insuficiente.

Figura 40

Mapa de Densidad de Luminarias (alumbrado público) a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la densidad de luminarias en cuatro categorías resultado de la clasificación estadística del valor arrojado en su media. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

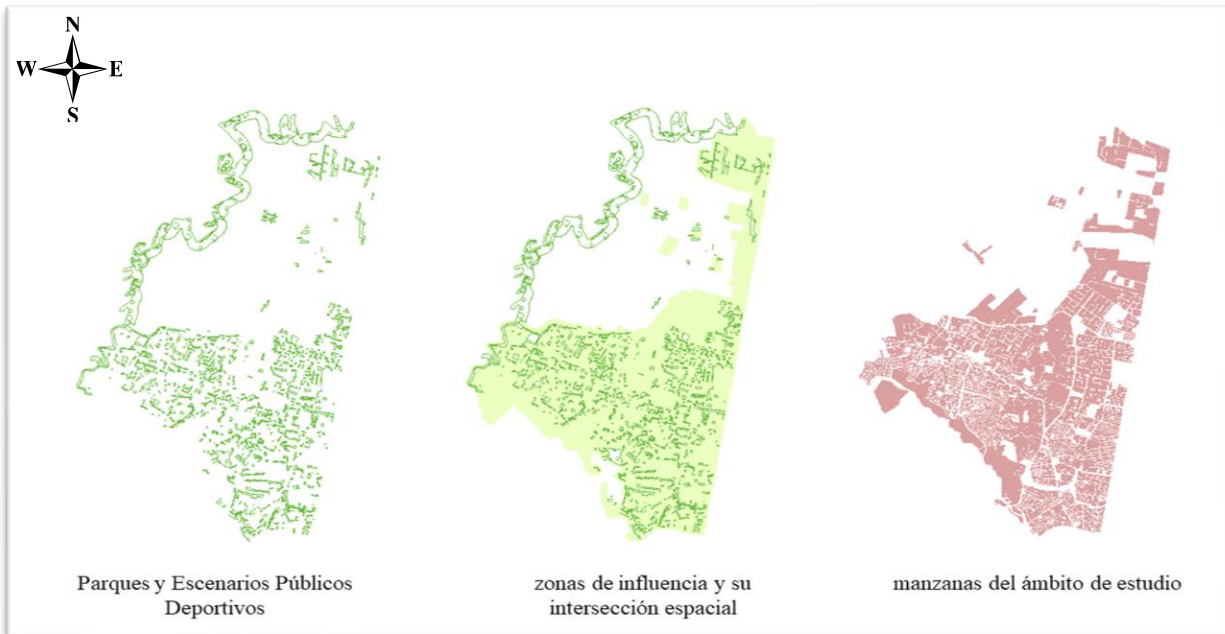
La figura 40 permite apreciar la infraestructura instalada en el entorno de las manzanas y como en las zonas periféricas o del límite urbano junto con algunos sectores montañosos de la localidad de Suba, la densidad de luminarias es notoriamente insuficiente.

4.3.3.b. Indicador Tiempo de desplazamiento a espacio público parques:

Este indicador que propone conocer para el entorno de las viviendas la existencia y accesibilidad a estas zonas de la ciudad, a fin de entender como la presencia de estas dotaciones urbanas en el entorno garantiza el acceso a un bien público. A partir de los datos disponibles en Datos Abiertos Bogotá y cuya fuente es el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD), que los define como: “Espacios verdes de uso colectivo que actúan como reguladores del equilibrio ambiental, son elementos representativos del patrimonio natural y garantizan el espacio libre destinado a la recreación, contemplación y ocio para todos los habitantes de la ciudad”. Se evalúa con relación a las viviendas la cercanía de estas zonas.

Figura 41

Fuentes para obtener el cálculo del indicador tiempo de desplazamiento a espacio público parques a nivel manzana



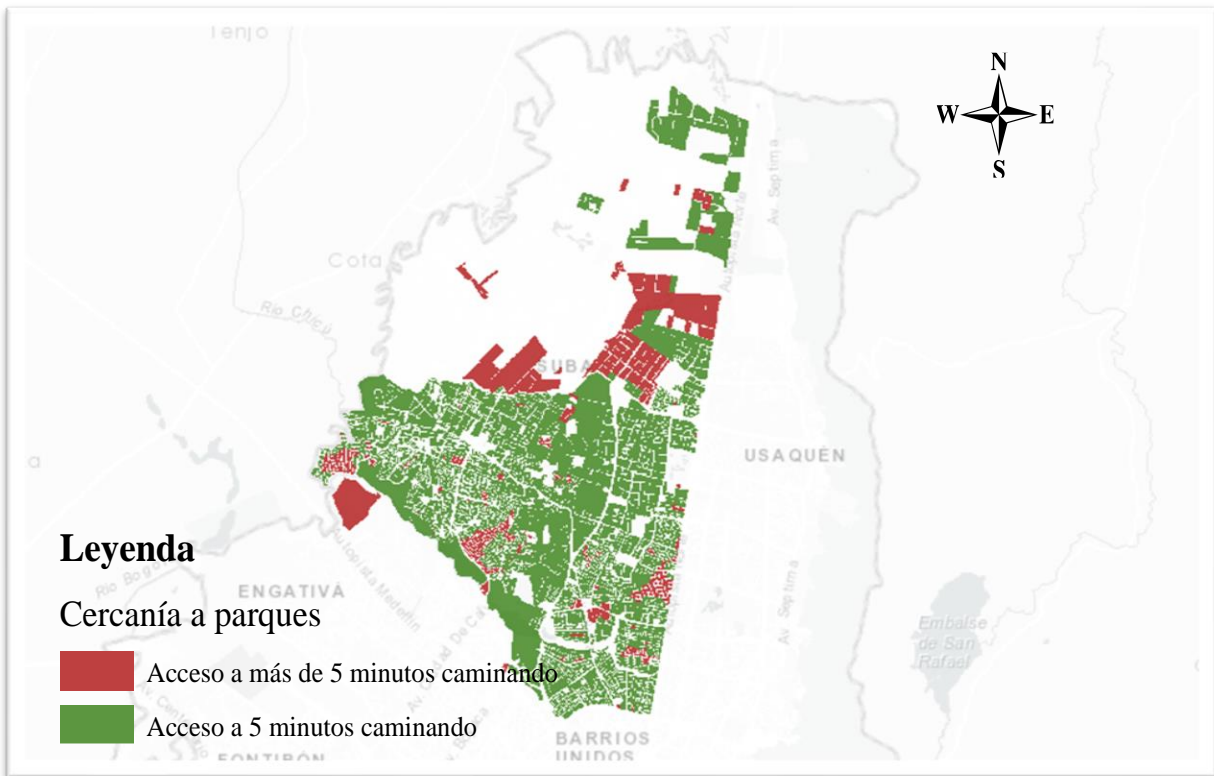
Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/sistema-distrital-de-parques-y-escenarios-publicos-deportivos>.

En la figura 41 se muestran los datos fuente y a través de la determinación de zonas de influencia para 250 metros alrededor de cada manzana, se determina su accesibilidad caminando, como un estimado de desplazamiento de cinco minutos.

En la figura 42 se aprecia en general para las manzanas de la localidad de Suba (esto es las viviendas que se contienen en cada una), que una vez determinadas las zonas de influencia y su intersección espacial, el tiempo de desplazamiento es corto para la gran mayoría de estas respecto a la ubicación de uno o varios espacios públicos destinados o clasificados como parque, ósea esta en un rango de cinco minutos caminando al momento de acceder a estos. Un espacio público parque (incluye zonas verdes, pueda ser con dotaciones deportivas, al igual que las plazas y plazoletas).

Figura 42

Mapa de cercanía a parques a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la cercanía a uno o varios parques en un rango de 5 minutos caminando. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

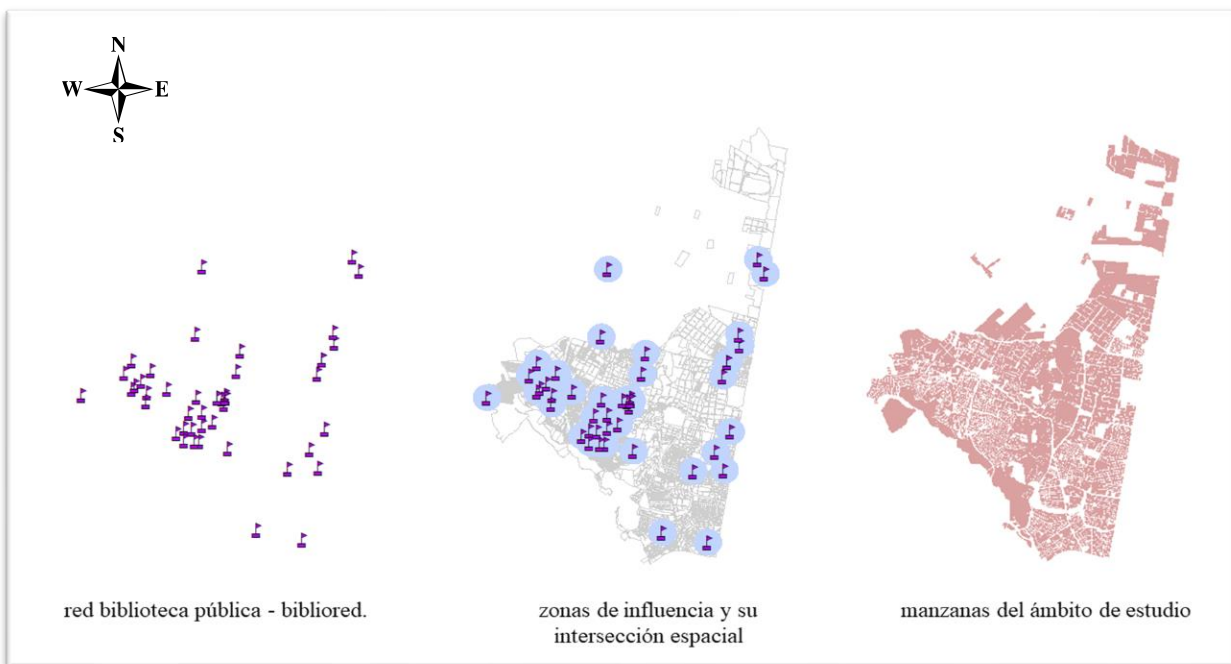
4.3.3.c. Indicador Tiempo de desplazamiento a bibliotecas:

La propuesta de esta medición como la del indicador previo, busca evaluar la existencia y accesibilidad desde las viviendas caminando a estos equipamientos de la dotación urbana que ofrecen un servicio relacionado con la educación y la cultura, además de ser la puerta a muchos otros aspectos de la vida social de las personas, al facilitarse como escenarios de exposiciones culturales, musicales, entre otros.

Con el uso del nivel de información geográfica disponible en Datos Abiertos Bogotá publicado por la Secretaria Distrital de Cultura, Recreación y Deporte, y la estimación de zonas de influencia para un rango de 500 metros lo que corresponde a 10 minutos caminando, se propone una clasificación de las manzanas que se encuentran en la intersección de estas o por fuera mediante la intersección espacial, pudiendo así calificarlas en el rango de cercanía. La figura 43 muestra la fuente empleada y el procesamiento realizado.

Figura 43

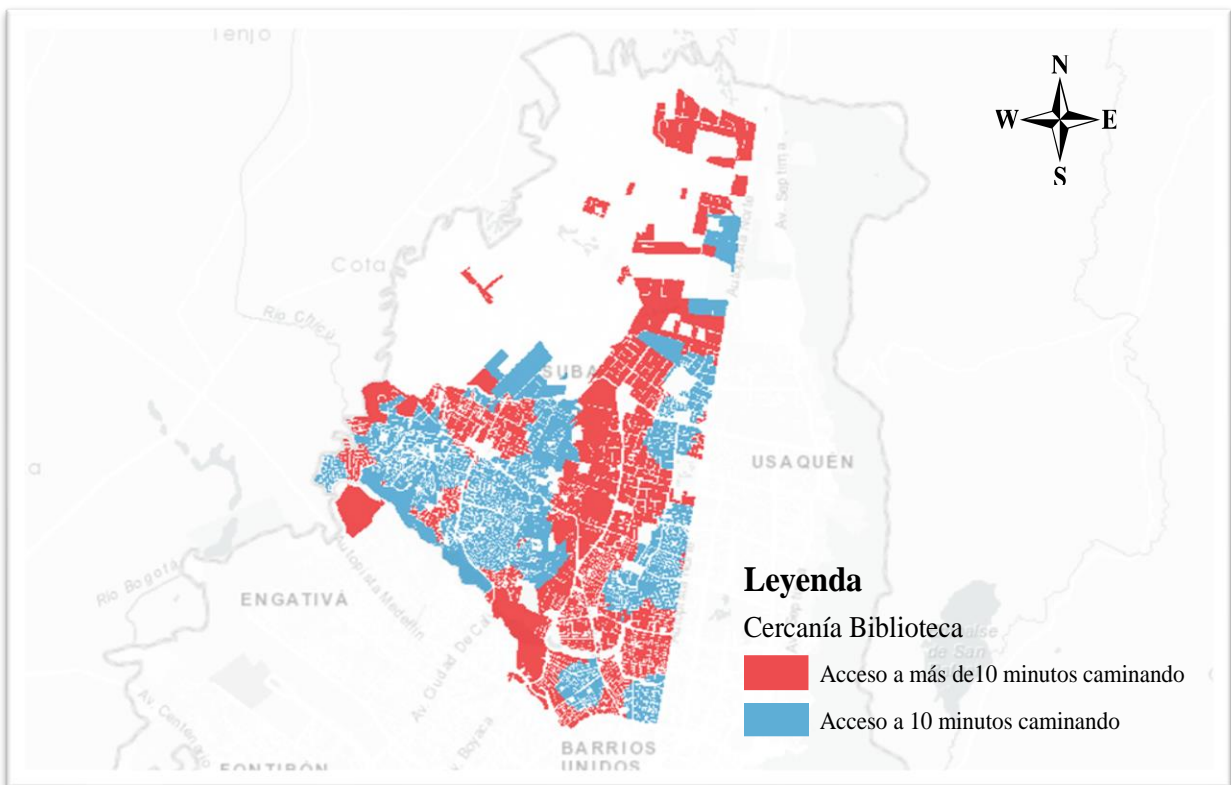
Fuentes para obtener el cálculo del indicador Tiempo de desplazamiento a bibliotecas



Nota. Coberturas obtenidas mediante y con procesamiento gracias a las TIC- asistidas por herramientas 4.0 Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/red-biblioteca-publica-bibliored-bogota-d-c>

El resultado se presenta en la figura 44 donde se aprecian las manzanas clasificadas de acuerdo a los tiempos de acceso caminando a una biblioteca de cualquier nivel en la localidad de Suba (el nivel hace alusión al tipo de colecciones, libros y servicios que oferta al público), permitiendo así evaluar esta variable y su aporte para el subíndice de este componente en la configuración del índice de entorno.

Figura 44
Mapa tiempo de desplazamiento a bibliotecas a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según la cercanía a una o varias bibliotecas en un rango de 10 minutos caminando. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

4.4. Cálculo de Subíndices de Entorno

Con los indicadores generados gracias al tratamiento de los datos disponibles y las herramientas empleadas (en especial las de procesamiento y análisis espacial), se obtuvo una calificación para cada una de las variables entre 0 y 1, de forma que esta normalización o escalado, permita la evaluación de cada manzana y la comparación entre variables de una manera más efectiva. Esto no solo es una manera de prevenir que una característica domine a las demás, pues si una variable tiene valores significativamente mayores que otras, puede dominar el modelo y afectar negativamente el rendimiento; sino que ayuda a equilibrar las contribuciones de todas las variables. Así también algunos algoritmos, como la regresión logística, las redes neuronales y el k-vecinos más cercanos (k-NN), pueden tener un mejor rendimiento y converger más rápido cuando las variables están normalizadas.

En la tabla 12 se presentan los criterios de calificación empleados para cada uno de los indicadores propuestos y calculados en el ejercicio demostrativo de medición. Se considero que la calificación más alta se le asignara al peor resultado del indicador (esto es 1 o cercano a 1), y la más baja se le asigna al mejor resultado (esto es 0 o cercano a 0). Por ejemplo, para el indicador *Tiempo de desplazamiento a espacio público parques* cuando el acceso a un parque esta hasta a 5 minutos caminando se califica como 0,1 pero si supera los 5 minutos caminando se califica como 1.

Tabla 12

Criterios de calificación de los indicadores propuestos.

<i>Criterios de calificación</i>		
<i>Indicador</i>	<i>Categoría</i>	<i>Valor</i>
Nivel de amenaza por remoción en masa.	Alta	1
	Media	0,5
	Baja	0,25
Nivel de amenaza por encharcamiento	Alta	1
	Media	0,5
	Baja	0,25
Nivel de afectación por contaminación sonora	Mayor a 80 dB	1
	Entre 70 y 79 dB	0,75
	Entre 55 y 69 dB	0,5
	Menor a 55 dB	0,25
	No evaluada / sin información	0

Tabla 12. (Continuación)

<i>Criterios de calificación</i>		
<i>Indicador</i>	<i>Categoría</i>	<i>Valor</i>
Distancia y Tiempo estimado a estación de Transmilenio	Mayor a 1000 metros más de 30 minutos	1
	751 a 1000 metros entre 20 y 30 minutos	0,75
	500 a 750 metros - entre 10 y 20 minutos	0,5
	Menor igual a 500 metros - hasta 10 minutos	0,25
	No evaluada / sin información	0
Distancia y Tiempo estimado a estación Zonal SITP	Mayor a 1000 metros más de 30 minutos	1
	751 a 1000 metros entre 20 y 30 minutos	0,75
	500 a 750 metros - entre 10 y 20 minutos	0,5
	Menor igual a 500 metros - hasta 10 minutos	0,25
	No evaluada / sin información	0
Estado de la superficie de la vía frente a la vivienda	Reconstruir	1
	Grave	0,9
	Malo	0,8
	Aceptable	0,65
	Regular	0,5
	Bueno	0,25
	Excelente	0,1
	En revisión	0
Material del andén	Sin material	1
	Tipo Jardinería	0,75
	Mixto	0,5
	Asfalto	0,25
	Concreto	0,25
	Adoquín	0,15
	Sin información	0
Presencia de infraestructura cicloviaria	Acceso Insuficiente	1
	Acceso Suficiente	0,75
	Acceso Bueno	0,5
	Acceso Óptimo	0,25
	No evaluada / sin información	0
Densidad de luminarias	Insuficiente	1
	Suficiente	0,75
	Bien	0,5
	Óptimo	0,25
	Sin información	0
Tiempo de desplazamiento a espacio público parques	Acceso a más de 5 minutos caminando	1
	Acceso hasta 5 minutos caminando	0,1
Tiempo de desplazamiento a bibliotecas	Acceso a más de 10 minutos caminando	1
	Acceso hasta 10 minutos caminando	0,1

Nota. Los criterios para la calificación se determinan con apoyo en los atributos disponibles para evaluar.

Con los datos obtenidos de la calificación en cada indicador y tomando cada manzana del ámbito de estudio y sus respectivos valores asignados para categorizar cada variable, se realizó un posterior análisis que comprende y está basado en estadística espacial, donde se realiza la propuesta de elaborar un índice compuesto para generar los respectivos *sub índice* de cada componente.

Se realizó este cálculo con la herramienta *Calcular índice compuesto* suministrada en la suite de ARC-GIS, que es un *sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica* y que ha venido siendo usado para todo el procesamiento y análisis espacial.

La herramienta admite los tres pasos principales del proceso de creación de índices: i) estandarizar las variables de entrada a una escala común (preprocesamiento que para el caso de cada indicador fue realizado a criterio del investigador y no automáticamente como también lo ofrece la herramienta), ii) combinar variables en una sola variable de índice (combinación) y iii) escalar y clasificar el índice resultante en valores significativos (posprocesamiento) (Esri, 2023).

Figura 45

Calcular índice compuesto (Estadística espacial)

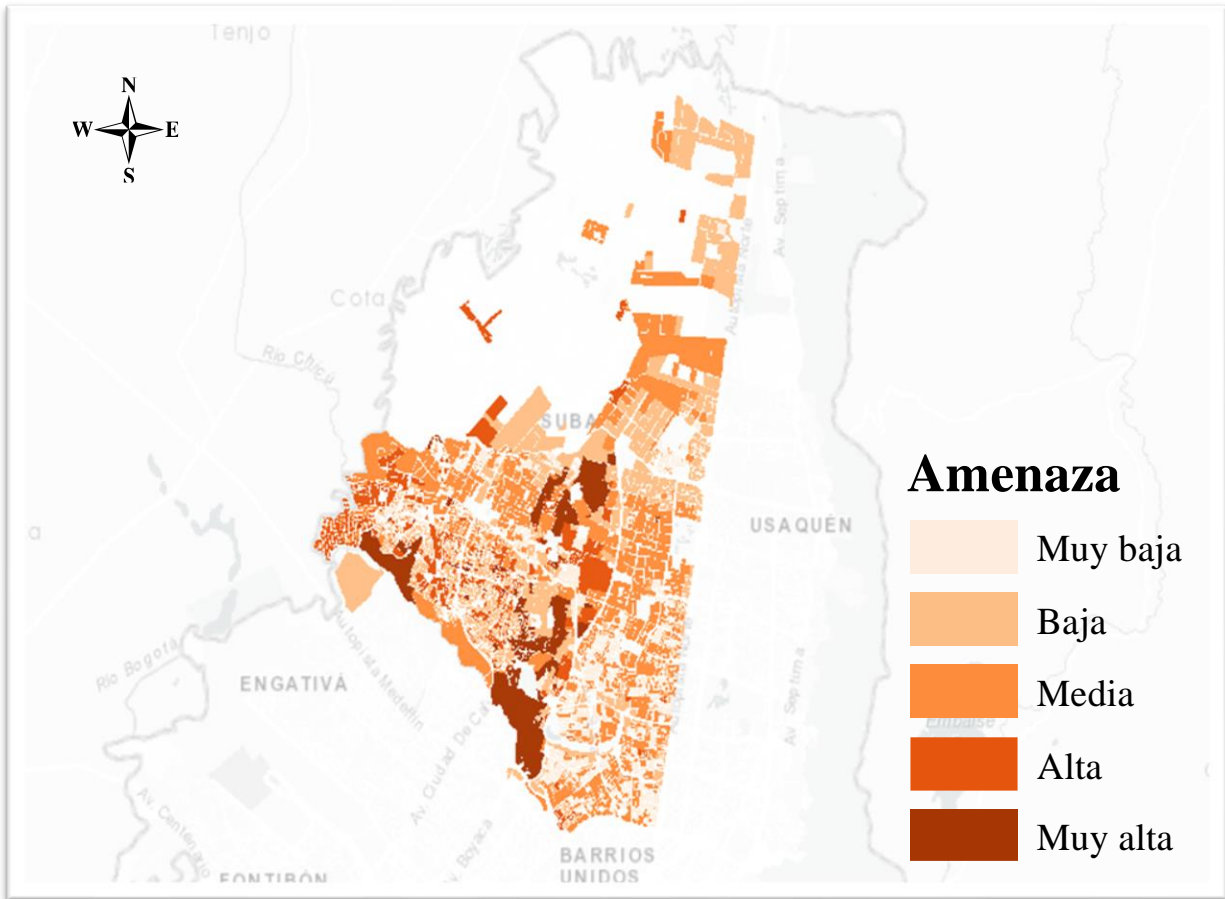


Nota. Tomado de Esri (2023). *Calculate a Composite Index*. ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/calculate-composite-index.htm>.

La figura 45 se toma como referencia para ilustración de lo que permite hacer este procesamiento espacial *Calcular índice compuesto* (Esri,2023); se muestra a manera de ejemplo como la herramienta permite realizar un cálculo combinando de las calificaciones para cada manzana de acuerdo a las variables evaluadas y calculadas mediante cada indicador, arrojando como resultado un *índice*.

Las capas resultantes para cada sub índice y requeridas a su vez para la medición del *Índice de Entorno* propuesto, se presentan en las figuras 46 a 48 que muestran su comportamiento en las manzanas de localidad de Suba.

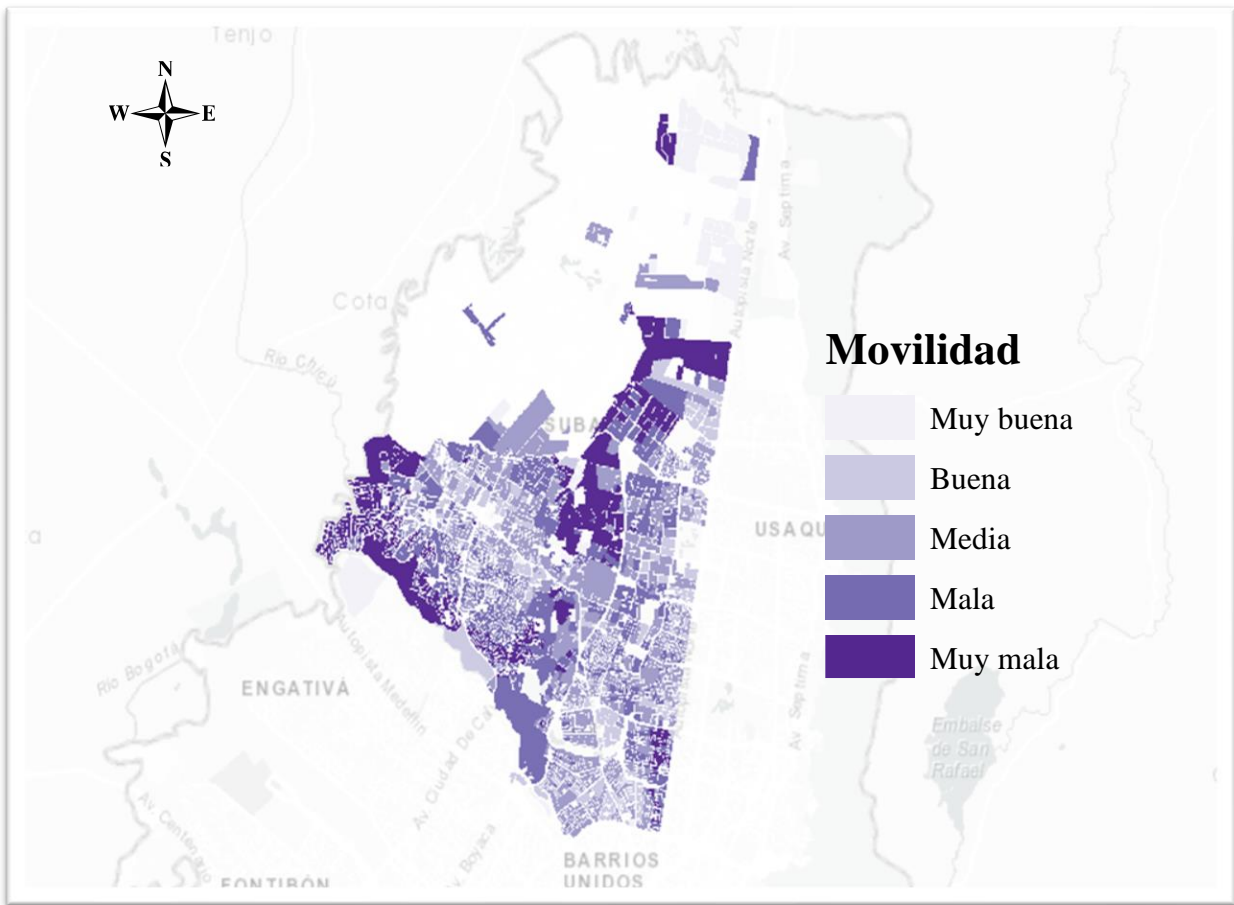
Figura 46
Mapa sub índice Amenaza Ambiental a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas con riesgo por amenaza ambiental. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos*. <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

El primer *sub índice Amenaza Ambiental* que se entrega a nivel manzana, combina los tres indicadores calculados: Nivel de amenaza por remoción en masa, Nivel de amenaza por encharcamiento y Nivel de afectación por contaminación sonora, permitiendo determinar las manzanas que para este componente presentan en general un nivel de amenaza clasificado en 5 categorías de riesgo. El segundo *sub índice Movilidad* entregado a nivel manzana y que se presenta en la figura 47, utilizó muchas más variables y contempló más aspectos relacionados al componente propuesto y desde diferentes perspectivas de las infraestructuras en el entorno de las viviendas.

Figura 47
Mapa sub índice movilidad a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas del componente movilidad. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

Por esto posiblemente su resultado es más heterogéneo espacialmente y atiende a características de cada manzana según su ubicación y las variables observadas en la localidad que puedan incluso trascender al impacto no solo al interior de esta, si no en la ciudad misma.

En una lectura de los resultados de este sub índice se puede interpretar que la combinación de los indicadores de este componente arroja como por ejemplo para el caso de las manzanas donde el resultado es *Muy Buena*, esta cuenta con facilidad de acceso a infraestructura de transporte público, estaciones de Transmilenio o paraderos del transporte público Zonal (ambos conforman el sistema integrado de transporte - SITP), la superficie de las vías del entorno de la manzana están en buenas condiciones, cuentan con andenes en materiales duraderos o bien configurados, y presenta fácil acceso a la red ciclovía.

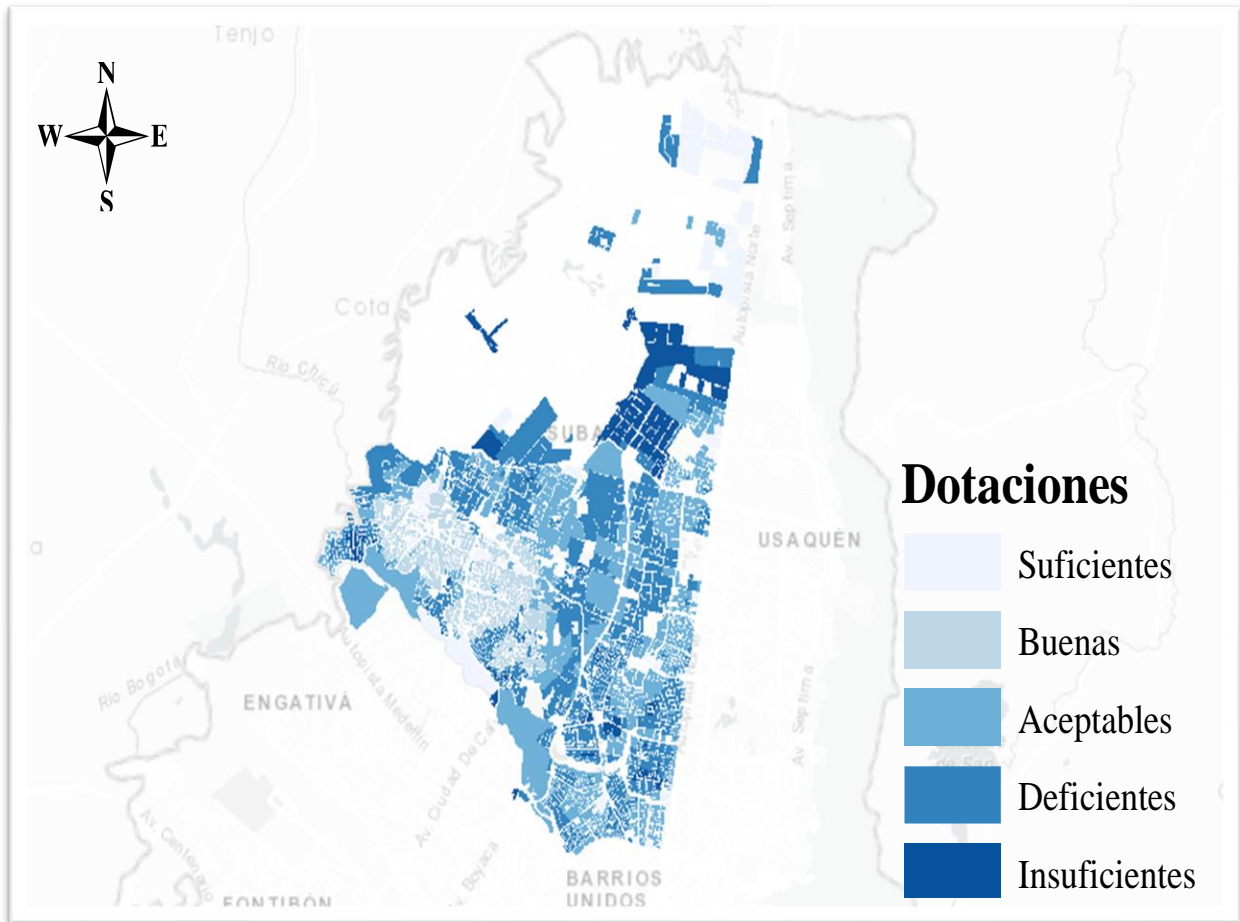
Por ultimo y a pesar de contar con pocos indicadores para el *sub índice de Dotaciones Urbanas*, en contraste con la cantidad de variables propuestas y que se podrán proponer en una gama alta del ejercicio, no es menor el alcance de éste, pues por ejemplo en el caso del *indicador Densidad de Luminarias*, este individualmente arroja información reveladora que permite tener un contexto que tiene que ver con el servicio de alumbrado público. Así pues, este indicador que en combinación con los dos restantes del componente y que evalúan el acceso a parques o a bibliotecas públicas, como lo muestra en la figura 48 permite identificar o señalar las zonas con dotaciones urbanas insuficientes, que están especialmente presente en las áreas más aisladas y perimetrales de la localidad de Suba, donde se concentran gran parte de las deficiencias de entorno evaluadas para las viviendas.

La interpretación de la combinación de los indicadores y el resultado en este sub índice, es que para las manzanas cuyas Dotaciones son insuficientes, se debe a la baja densidad de luminarias del alumbrado público, con un acceso a la red de parque y escenarios deportivos que implica más de 5 minutos de desplazamiento al igual que más de 10 minutos para el acceso a la red de bibliotecas públicas de la ciudad.

Tanto este como los demás sub índices estarán sujetos a mejorar su evaluación en la medida que se puedan usar otras variables, sea porque no se hayan podido medir con las capacidades de esta investigación o porque no se incluyeron en la propuesta.

Figura 48

Mapa sub índice Dotaciones Urbanas a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas del componente dotaciones urbanas que contempla presencia de luminarias, parques y bibliotecas en el entorno de las viviendas de las manzanas del ámbito de la investigación. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

4.5. Cálculo del Índice de Entorno

Con los sub índices generados y aplicando la misma noción estadística espacial de índice compuesto, se obtuvo el *índice de entorno* propuesto. En la figura 49 se muestran los sub índices usados para este ejercicio demostrativo de medición, con los que se pudo proponer una combinación para este índice.

Figura 49
Elementos del Índice de Entorno propuesto.



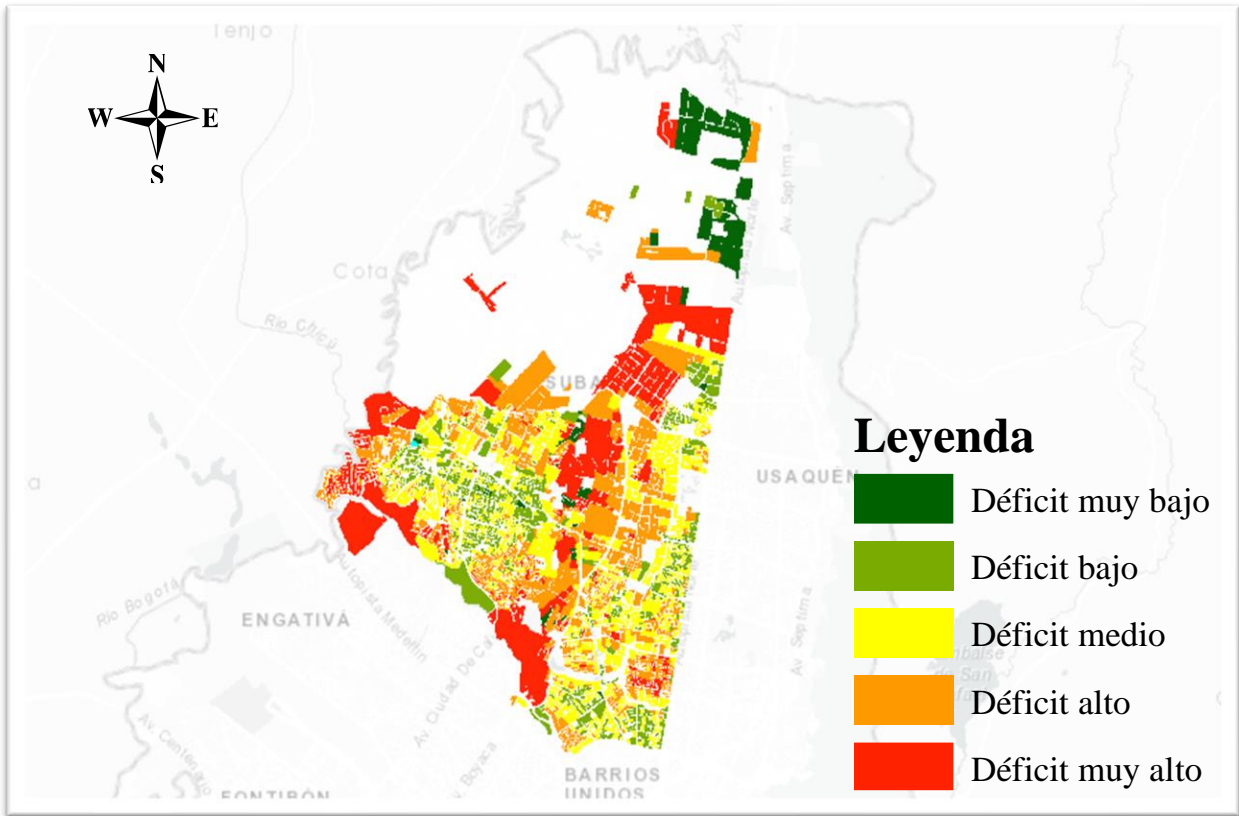
Nota. Componentes propuestos para medir el déficit habitacional con entorno con los datos disponibles para este ejercicio demostrativo. Elaboración propia.

La capa final con *la medición del Índice de Entorno* para el ámbito de estudio se presenta en la figura 50 a nivel manzana. La evaluación permite definir las manzanas cuyo déficit es muy alto o aquellas en el que es muy bajo a partir de la combinación de los resultados de los índices de cada componente y sus variables medidas con los indicadores propuestos. De esta forma se puede categorizar y calificar cual es el impacto que tiene el entorno basado en la metodología de medición

y evaluación de los componentes medidos para las manzanas (compuestas por agrupaciones de viviendas), y de esta manera poder calificar un *déficit* que al asociar el indicador de entorno a él indicador tradicional medido (déficit cuantitativo + déficit cualitativo) incluya todos los elementos planteados para la completa medición del *déficit habitacional*.

Figura 50

Mapa con la medición del Índice de Entorno a nivel manzana



Nota. Mapa a escala 1:125.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba con la clasificación de las manzanas según índice de entorno propuesto. Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

Los datos resultados de este ejercicio se presentan de forma resumida en la tabla 13. Allí se muestran los hogares según estrato de acuerdo al resultado de la calificación del déficit de entorno. Conocer la cantidad de hogares impactados por los elementos del entorno, permite demostrar la importancia de considerar y de involucrar esos elementos a la medición del déficit habitacional. Según los resultados agrupados en la tabla el 16.08% de los hogares se encuentra en déficit de

entorno muy alto, el 23,53% en déficit alto, el 22.40% en déficit medio, el 25.55% en déficit bajo y el 16.44% en déficit muy bajo. Al agrupar los déficits evaluados por arriba de medio suman el 62.01% de los hogares con déficit de entorno lo que se puede interpretar como carencias o deficiencias en aspectos ligados al territorio y que deterioran la calidad de vida de los hogares que habitan las viviendas allí emplazadas.

Tabla 13
Déficit de Entorno Hogares Localidad de Suba

Estrato	Hogares	Déficit de Entorno				
		Hogares en Déficit muy alto	Hogares en Déficit alto	Hogares en Déficit medio	Hogares en Déficit bajo	Hogares en Déficit muy bajo
1	914	728	143	43	0	0
2	148.082	37.204	36.264	27.766	26.331	20.517
3	124.423	7.262	24.598	32.064	32.126	28.373
4	62.785	3.774	15.041	17.627	15.334	11.009
5	43.834	9.305	12.985	9.072	9.322	3.150
6	6.400	3.665	1.324	387	242	782
N/A	2498	599	1.166	157	478	98
Total	388.936	62.537	91.521	87.116	83.833	63.929

Nota. Hogares por estrato socioeconómico de la localidad Suba y su distribución en cada una de las categorías del déficit de entorno. Elaboración propia.

Con las cifras a partir de los datos de hogares por manzana DANE 2018, nos permiten concluir que en el estrato 1 de la localidad de Suba, alrededor del 80% de los hogares presenta déficit de entorno muy alto y el 16% déficit de entorno alto, esto es 96% de los hogares pertenecientes a este estrato según los indicadores medidos presentan un déficit de entorno para sus viviendas. Para el estrato 2 el 50% de los hogares se encuentran en déficit de entorno muy alto o alto, casi en igual cantidad cada uno. Ya para los estratos 3, 4 y 5 entre la cuarta y quinta parte de los hogares presentan déficit de entorno alto. En el caso del estrato 6 más del 50% de los hogares registra déficit de entorno muy alto, esto es un caso atípico, presentado porque en la localidad

de Suba existen barrios estrato 6 como San José de Bavaria que no cuentan con infraestructura urbana dispuesta por la administración pública, debido a la forma en que se dieron estos desarrollos, por ejemplo, es el caso de no contar con servicio público de alcantarillado ni entrega oficial de vías y zonas de cesión para espacio público al municipio, lo que por normativa impide la inversión en infraestructuras o servicios como alumbrado público por parte de las autoridades o responsables territoriales competentes. Del total de los hogares que habitan en la localidad de Suba el 39.84% arroja déficit de entorno alto o muy alto.

Al contar con la información resultado del cálculo del déficit de entorno propuesto, de los sub índices que lo componen e incluso de los indicadores mismos planteados para cada variable y los componentes que los agrupan, el planificador territorial cuenta con la oportunidad de realizar una toma de decisiones más fundamentada en la realidad del territorio, y de esta manera podrá proponer mejores soluciones en materia de política pública para atender el déficit habitacional; las cuales no solo se deban proponerse como se hace mayoritariamente, esto es las de sumar nuevas unidades al inventario de viviendas disponibles, sino que podrá proponer acciones de mejoras en las viviendas existentes y en especial en sus entornos, que por ejemplo favorezcan realmente los desarrollos en altura o mejoras, acondicionamientos y modificaciones de las viviendas existentes.

4.6. Cálculo del Grado de Asociación entre el Déficit habitacional tradicional (cuantitativo + cualitativo) y el Déficit de Entorno propuesto

Una vez obtenida la medición del índice de entorno y con la intención de que este pueda aportar y complementar la medición del déficit habitacional, se propone con los elementos tradicionales evaluados actualmente (déficit cuantitativo + déficit cualitativo) realizar no una suma a los resultados de este, sino más bien una *asociación* que permita determinar cómo estas mediciones se pueden relacionar y unir o juntar para poder presentar un **Déficit habitacional con variables de Entorno**. Para esto y valiéndose de otra herramienta de procesamiento estadístico espacial denominada *Spatial Association Between Zones* (asociación espacial entre zonas), que permite conocer el grado de asociación espacial entre las variables medidas en cada déficit (el déficit

habitacional y el déficit de entorno), y busca establecer cuál es el grado de vinculación entre los dos resultados calculados. Esto deberá permitir conocer si la asociación entre las variables medidas es alta (esto es que los déficits están correlacionados) o si la asociación es baja (sin correlación entre las mediciones arrojadas para cada variable).

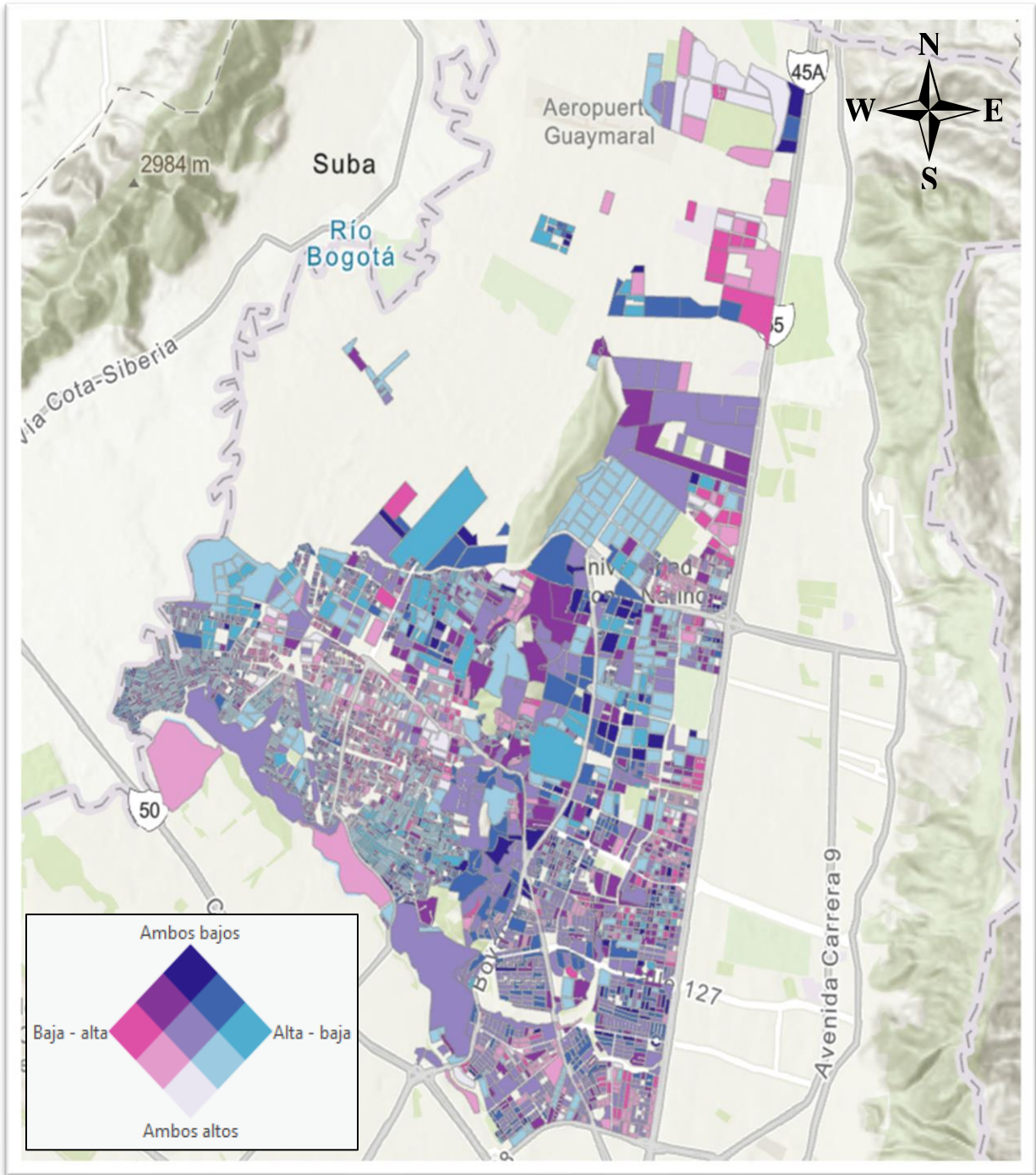
El mapa resultado de este procesamiento se aprecia en la figura 51, en él se observa en colores tonos azules la correspondencia del déficit habitacional tradicional frente al déficit de entorno propuesto; en colores tonos rojos la correspondencia a la inversa; el proceso es una combinación específica entre los valores arrojados en cada déficit a nivel manzana donde la mayor correlación entre déficits se aprecia en colores claros y la menor correlación en colores oscuros. Esta asociación se plantea para preguntarle a los valores arrojados en la medición para cada manzana si el déficit habitacional (que fue normalizado) y su evolución en la medición relacionando los resultados del déficit de entorno, asocia altas o bajas posibilidades de incrementar el déficit habitacional inicialmente medido en cada manzana.

Cabe señalar las precisiones y detalles técnicos que se deban ajustar para la materia misma de la medición estadística, dado que la asociación es meramente un cruce espacial de los resultados. Detalles que podrán ser mejorados en una medición más profunda y apoyada en más y mejores recursos interdisciplinarios y tecnológicos.

El comportamiento del déficit de entorno y la identificación de valores altos y medios del déficit convencional que se ven estrechamente relacionados, por ejemplo, en manzanas de estratos bajos, arroja importantes señales en la tarea de realizar una medición cada vez más aproximada del déficit habitacional.

Figura 51

Mapa Grado de Asociación entre el déficit habitacional tradicional y el déficit de Entorno propuesto



Nota. La comparación de las variables de cada déficit se realiza a nivel manzana modificada y adaptado como resultado del procesamiento. Procesado con la herramienta ArcGIS Pro Spatial Association Between Zones. (Esri,2023). Mapa a escala 1:130.000, zona Norte de Bogotá D.C. Localidad 11 Suba. Tomado de: Tomado de Datos Abiertos (2023). *Conjuntos de datos.* <https://datosabiertos.bogota.gov.co/> y DANE (2020) <https://www.dane.gov.co/>.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de esta propuesta metodológica para la determinación de los componentes del entorno de las viviendas y asociarlos a la medición del déficit habitacional, permite gracias al logro de los objetivos específicos, primero: ofrecer un estudio detallado del estado de la técnica, existencia y avance de las metodologías para el déficit habitacional en ALC, como Colombia afronta este importante reto, pero sobre todo conocer dónde y cómo contemplan elementos o variables del entorno de las viviendas; segundo, presentar como las herramientas que soportan actualmente las tecnologías de la información y las comunicaciones en la era denominada 4ª revolución industrial, ofrecen el escenario para obtener, procesar y analizar datos e información pertinente y necesaria para el planificador territorial en variados aspectos urbanos y como su implementación es la base de las llamadas ciudades y territorios inteligentes; tercero, se expone una propuesta metodológica para identificar y medir los componentes a ser medidos junto con sus variables e indicadores, al igual que la manera de usar o apoyarse en el uso de TIC asistidas por herramientas 4.0. para hacerlo; cuarto, se implementó un ejercicio demostrativo de medición, basado en las condiciones de recursos tecnológicos e información disponible, y quinto esto permite al investigador presentar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La vivienda es indudablemente un elemento que influye en la calidad, dignidad de vida y el desarrollo de los seres humanos, derecho fundamental que debe ser garantizado, para esto en su materialización involucra la evaluación de los componentes del entorno a considerar como parte de los elementos de la vivienda adecuada. Esto se ha ratificado y reforzado incluso según las sentencias de la Honorable Corte Constitucional, instancia que ha estudiado y atendido este tema señalando la importancia que la vivienda tiene en los procesos sociales y de planeación del desarrollo. Más aún para los hogares de ALC se ha identificado la necesidad de atender las múltiples deficiencias que existen o están relacionadas, asociadas o vinculadas a la vivienda, desde su carencia más simple hasta su ausencia total (saldo negativo en inventario de viviendas frente a hogares de un país). Así el cálculo del déficit habitacional o déficit de vivienda ha sido tema de importancia en las agendas gubernamentales de los países, a fin de poder actuar frente a éste, en casi todos los casos mediante la formulación de política pública que conlleve a su eliminación, esto es, garantizar una vivienda para cada hogar. Sin embargo, la solución no se enmarca únicamente en construir unidades nuevas, si no en poder determinar los generadores

del déficit para atacarlos efectivamente. Las fuentes estudiadas expertas en el tema, también coinciden en que la vivienda debe ser vista como parte del lugar en que se emplaza o ubica, como parte del territorio en el que se encuentra. Por esto si se analizan variables o elementos del déficit habitacional es necesario incluir atributos del entorno, que midan los aspectos que el entorno le aporta a la generación del déficit.

- En los países de ALC se miden diversos y autóctonos componentes para determinar el déficit habitacional, pero no se incluyen en la mayoría de ellos componentes del entorno de las viviendas, salvo los casos de Argentina con los componentes asociados al entorno de la vivienda (alumbrado público, pavimento, transporte y telefonía pública) y el de Brasil que revisa aspectos de suelo inadecuado e insuficiencias de infraestructura urbana, esto muy a pesar de ser uno de los aspectos más relevantes señalados por diferentes autoridades en la materia, lo que hace necesario proponer aportar metodológicamente en la determinación y medición de los componentes del entorno que permitan ampliar y complementar la medición.
- Con la revisión del estado del arte, el marco de referencia y las metodologías desarrolladas en ALC, fue posible demostrar la pertinencia y así también proponer los componentes, variables e indicadores para evaluar el entorno de las viviendas y su posible asociación o aporte al déficit habitacional.
- La posibilidad de usar TIC asistidas por herramientas 4.0 para adelantar la medición de los elementos del entorno de la vivienda a partir de los datos disponibles para el ejemplo del ejercicio demostrativo de medición, obteniendo el cálculo de un déficit de entorno y su asociación al déficit habitacional tradicional, no es únicamente una conclusión positiva, sino tal vez de lo más destacable de esta propuesta. A tal punto que, con datos obtenidos, procesados y almacenados con el uso de la adecuada tecnología, teniendo las posibilidades de máximos recursos y el acceso a los insumos necesarios (debiera ser el caso del planificador territorial), en una gama alta del ejercicio y con los ajustes de aportes multidisciplinarios, debería ser posible el cálculo de todos los componentes, variables e indicadores medidos actualmente por ejemplo en Colombia. Se presenta un resumen de las posibilidades identificadas por el investigador en la tabla 14 donde a partir del uso de TIC asistidas por herramientas 4.0 se

proponen para cada variable actual su posible uso en levantamiento, medición, evaluación y/o análisis.

Actualmente existen datos y recursos disponibles gracias al marco de las TIC- que pueden servir para iniciar la exploración de este fin, por ejemplo, los modelos en 3 dimensiones que se generan para representar el territorio y poder realizar mejores y más profundos análisis, en la figura 52 se cita para el caso de la ciudad de Bogotá D.C. como la IDECA- dispone plataformas y servicios abiertos donde se puede hacer uso de esta tecnología y llevarla a los diferentes ámbitos y ejercicios de aplicación. Igualmente, en la figura 53 se hace alusión a las imágenes y datos recopiladas mediante diferentes sensores y que con el uso de herramientas y marcos tecnológicos permiten no solo describir el territorio si no también conocerlo, inventariarlo, diferenciarlo, clasificarlo e innumerables actividades para apoyar su entendimiento, estudio y planificación.

- Las denominadas ciudades o territorios inteligentes se conforman y consolidan al interrelacionarse con la tecnología para resolver sus problemáticas y planificar su territorio. El conocer y entender las herramientas permite usarlas adecuadamente, como en el caso de esta propuesta investigativa avanzar en la solución innovadora de un problema arraigado y de difícil abordaje.
- El gran avance que se tiene en materia del cálculo del déficit habitacional en Colombia y el poder identificar y medir los componentes del entorno que le aportan al déficit, permitirá evaluarlo de forma más precisa y concreta; esta propuesta de medición del déficit con entorno permite al planificador gubernamental contar con información tanto para: *i*) dimensionar el verdadero déficit agregado de vivienda y de entorno, *ii*) territorializar y diferenciar los factores generadores de déficit habitacional con entorno y *iii*) focalizar y priorizar acciones a desarrollar para superar o mitigar la condición de déficit. Y esto tal vez se ayude a una mejor formulación de política pública en materia de vivienda con la toma de decisiones basadas en datos e información más detallada y precisa.

Tabla 14 Propuesta de posibilidad de medir componentes actuales de la metodología de Colombia con TIC asistidas por herramientas 4.0

	Elementos de medición			TIC y 4.0		
	Componente	Variables	Indicador	Levantamiento	Procesamiento	
d é f i c i t c u a n t i t a t i v o	Tipo de Vivienda	Casa	Identificación y conteo de viviendas tipo CASA.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)	
		Apartamento	Identificación y conteo de viviendas tipo APARTAMENTO.			
		Tipo cuarto	Identificación y conteo de viviendas tipo Cuarto	Uso de base de datos Censal Estadística Uso de base de datos Catastral Uso de cartografía base y de referencia	Seguimiento línea base censal Nube - Big Data IA - Deep learning (algoritmos de aprendizaje mediante grandes volúmenes de datos)	
		Tipo étnica	Identificación y conteo de viviendas tipo Vivienda tradicional Indígena			
		Tipo Otro	Identificación y conteo de viviendas tipo Otro			
d é f i c i t c u a n t i t a t i v o	Material de las paredes externas	MaterialParedes	Identificación para viviendas tipo CASA del material de las paredes. Opcional: Identificación para construcciones el material de las paredes y/o estructura.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)	
	Cohabitación	HogaresVivienda	Conteo de hogares por vivienda	App web o móvil de registro Uso de base de datos Censal Estadística Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data	
	Hacinamiento no mitigable	PersonasCuarto5+	Conteo de personas por cuarto / mas de 5	App web o móvil de registro Uso de base de datos Censal Estadística Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data	
d é f i c i t c u a n t i t a t i v o	Hacinamiento mitigable	PersonasCuarto	Conteo de personas por cuarto / igual a 3 y 4	App web o móvil de registro Uso de base de datos Censal Estadística Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data	
	Material de los pisos	MaterialPisos	Identificación del material del piso de la vivienda	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)	
	Cocina	CuartoCocina	Identificación de la existencia de un cuarto o espacio físico dedicado a cocina en cada hogar.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos Catastral	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)	
	servicios públicos esenciales		ConexiónAcueducto	Identificación de la existencia de una conexión a Acueducto.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos ESPD	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)
			ConexiónAlcantarillado	Identificación de la existencia de una conexión a Alcantarillado.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos ESPD	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)
			ConexiónEnergía	Identificación de la existencia de una conexión a Energía.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas LiDAR Uso de base de datos ESPD	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)
			RecolecciónBasuras	Identificación de la prestación del servicio de Recolección de basuras.	Uso de imágenes 360° georreferenciadas Uso de base de datos ESPD	Nube - Big Data IA - Machine learning (algoritmos de reconocimiento mediante imágenes)

Nota. Se presentan diversas posibilidades para los componentes y variables que actualmente usa el DANE-

Figura 52
Modelo 3D



Nota. La imagen muestra la proyección de las áreas construidas en volumen con 3D.
Tomado de IDECA (2023), <https://mapas.bogota.gov.co/3d/>

Figura 53 *Imágenes 360 o 2D georreferenciadas*



Nota. La imagen 360 ofrece posibilidades amplias de extracción de información y datos. Tomado de Google Street View (2022) <https://www.google.com/intl/es/streetview/>.

El desarrollo de esta investigación y los alcances logrados en la misma permiten concluir que en Colombia se puede avanzar en el camino de la planeación del desarrollo y el ordenamiento territorial con el uso de los datos y la información que gestionan las instituciones gubernamentales, e inclusive los privados y la ciudadanía si se involucran en los diferentes procesos de gobierno; así apoyándose en este principio de los actores de la gobernanza será posible la solución de problemas que atañen a todos de forma directa o indirecta. Los resultados del ejercicio permiten proponer alternativas a las autoridades nacionales, territoriales o municipales, independientemente del alcance con que cuentan respecto a recursos instalados, capacidades económicas, logísticas o inclusive tecnológicas y de gestión del conocimiento, pues aunque se pueda pensar que solo aquellos que cuentan con entidades como infraestructuras de datos y altos presupuestos podrían lograr la realización de tareas como las acá propuestas, es en gran medida esa la tarea de los planificadores territoriales al dilucidar los posibles escenarios, proponer la vinculación de todos los actores y articular planes que permitan a los territorios hacer uso de recursos como tecnología y conocimiento, gestionando y tramitando de la mano con los gobernantes alianzas y recursos para que los municipios inclusive los más pequeños y recónditos puedan evolucionar y encontrar los caminos para alcanzar el bienestar de sus habitantes mediante la solución de problemas apoyados en herramientas contemporáneas en esta era de la cuarta revolución industrial y el constate desarrollo de la humanidad.

Al iniciar esta investigación y con el planteamiento del problema se anhelaba realizar un piloto de medición que cubriera un área extensa y representativa, en ese momento la Región Metropolitana de Bogotá y Cundinamarca arrojaba sus primeras luces y en el anteproyecto se propuso como caso de estudio Bogotá Distrito Capital centro político económico y cultural de Colombia y los 29 municipios que conforman su área de influencia extendida: Bojacá, Cajicá, Cáqueza, Chía, Cogua, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Fusagasugá, Gachancipá, Granada, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sesquilé, Sibaté, Silvania, Soacha, Sopó, Subachoque, Sutatausa, Tabio, Tausa, Tenjo, Tocancipá, Zipacón y Zipaquirá. Región Metropolitana Bogotá Cundinamarca 30 (RMBC-30). Finalmente, al avanzar en la investigación, revisar constantemente las capacidades en cuanto a tiempo, datos, recursos tecnológicos y por supuesto recursos económicos del investigador, se logra proponer un planteamiento más básico, pero igualmente demostrativo, en un ámbito de menor escala, y aunque local pueda ser representativo y dar luces a los planeadores y

ejecutores del territorio. A esos niveles mucho mayores o inclusive en escenarios más complejos por las carencias que presentan muchos territorios, es que se espera poder motivar el desarrollo de proyectos de investigación inspirados o basados en esta tesis y, además, como reto adicional, señalar la importancia de poder profundizar en investigaciones que permitan formular cálculos para las zonas rurales, ya que Colombia y muchos países de ALC cuentan con gran parte de estos territorios donde por ejemplo para el caso del déficit habitacional las cifras son muy altas y poco el avance en su estimación y la identificación de variables que permitan formular una mejor o más contundente política pública en este y otros temas que atañen a la planeación territorial.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2023). *Decreto 555 2021 Galería Mapas POT* [Datos geoespaciales]. <https://experience.arcgis.com/experience/d06aa2e880d54a2c934e4bb9eba18dfe/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2023). *Mapa de referencia para Bogotá D.C.* [Datos geoespaciales]. <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/mapa-de-referencia>
- Analytics Vidhya. (2023). Página de inicio. <https://www.analyticsvidhya.com/>
- Appio, Francesco Paolo, Lima, Marcos y Paroutis, Sotirios (2019). *Understanding smart cities: innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. Technological Forecasting and Social Change.* <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.018>.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *El problema de la vivienda: una perspectiva regional. Ciudades Sostenibles.* <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/problema-de-vivienda>.
- Bouillon, C. P. (Ed.). (2012). *Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe.* Desarrollo en las Américas. ISBN 978-1-59782-154-4. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Un-espacio-para-el-desarrollo-Los-mercados-de-la-vivienda-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Resumen.pdf>.
- Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional (CENAC). (2006). *Evolución del déficit habitacional en Colombia. 1993-2005.* <http://www.cenac.org.co>.
- Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente. (2015). *Perfil Metropolitano 2015: Escenarios de Crecimiento y de Capacidad de Carga Urbana de 59 zonas metropolitanas.* México, D.F.: Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente. <https://centromariomolina.org/ciudades-sustentables/perfil-metropolitano-escenarios-de-crecimiento-y-capacidad-de-carga-urbana/>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat) y Foro de los Ministros y Máximas Autoridades del sector de la Vivienda y el Urbanismo de América Latina y el Caribe (MINURVI). (2017). *Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva*

- Agenda Urbana World Cities Report 2020*. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>.
- Corte Constitucional de Colombia. (2023). Sentencia C-936/03. *Búsqueda por Relatoría*. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
- Corte Constitucional de Colombia. (2023). Sentencia T-585/06. *Búsqueda por Relatoría*. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
- Corte Constitucional de Colombia. (2023). Sentencia T-530/11. *Búsqueda por Relatoría*. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
- Corte Constitucional de Colombia. (2023). Sentencia T-409/13. *Búsqueda por Relatoría*. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
- Corte Constitucional de Colombia. (2023). Sentencia T-024/15. *Búsqueda por Relatoría*. Recuperado de <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
- Da Silva Bezerra, R. M., Nascimento, F. M. S. y Martins, J. S. B. (2018). *On Computational Infrastructure Requirements to Smart and Autonomic Cities framework*. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1318246>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2020). *Base de Datos Geográfica de Déficit Habitacional Manzana*. [Datos geoespaciales]. <https://www.dane.gov.co/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2020). *Nota metodológica Déficit Habitacional CNPV 2018*, abril de 2020. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional#2020>
- Defensoría del Espacio Público – DADEP-. (2022). *Base de Datos Geográfica Indicador de Caminabilidad – ICAM*. [Datos geoespaciales]. *Observatorio del Espacio Público de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Defensoría del Espacio Público – DADEP-. (2022). *Reporte Técnico de Indicadores de Espacio Público*. *Observatorio del Espacio Público de Bogotá*. Bogotá, Colombia. https://observatorio.dadep.gov.co/sites/default/files/2022/reporte_tecnico_de_indicadores_de_espacio_publico_2022_final_03052023.pdf
- Departamento Nacional de Planeación – DNP-. (2007). *Las condiciones habitacionales de los hogares y su relación con la pobreza*. [https://www.cenac.org.co/apc-aa-files/0ade36208dd78addf4cf67a52e84dba8/Las condiciones habitacionales de los hogares y su relación con la pobreza MERPD.pdf](https://www.cenac.org.co/apc-aa-files/0ade36208dd78addf4cf67a52e84dba8/Las%20condiciones%20habitacionales%20de%20los%20hogares%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20pobreza%20MERPD.pdf)

- Departamento Nacional de Planeación - DNP-. (2014). *MISIÓN SISTEMA DE CIUDADES: UNA POLÍTICA NACIONAL PARA EL SISTEMA DE CIUDADES COLOMBIANO CON VISIÓN A LARGO PLAZO*. Bogotá, Colombia. https://osc.dnp.gov.co/administrator/components/com_publicaciones/uploads/Misin_Sistema_de_Ciudades.pdf.
- Esri. (2023). *Creating Composite Indices Using ArcGIS: Best Practices*. Redlands, CA: Esri. <https://esri.com>
- Fique Pinto, L. F. (2008). La política pública de vivienda en Colombia: Conflicto de objetivos [Public Policies for Housing in Colombia: Aim Conflicts]. *Bitácora*, 13, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/8227/7754>
- Fundação João Pinheiro. (2021). *Metodologia do déficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016-2019*. Belo Horizonte: FJP. <https://fjp.mg.gov.br/metodologia-do-deficit-habitacional-e-inadeguacao-de-domicilios-no-brasil-2016-2019/>.
- Gobierno de República Dominicana. (2018). *Metodología para la medición del Déficit Habitacional en República Dominicana, 2018*. Santo Domingo, República Dominicana: Gobierno de República Dominicana. <https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/Publicaciones/Metodologia%20medici%C3%B3n%20Deficit%20habitacional%202018.pdf>.
- Greco, I. y Cresta, A. (2015). *A Smart Planning for Smart City: The concept of smart city as an opportunity to re-think the planning models of the contemporary city*. En *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 563-576). https://doi.org/10.1007/978-3-319-21407-8_40.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. y Palaniswami, M. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hurwitz, J. y Kirsch, D. (2018). *Machine Learning For Dummies®, IBM Limited Edition*. John Wiley & Sons, Inc. <https://www.wiley.com>
- Iberdrola. (2023). *Innovación*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/cuarta-revolucion-industrial>
- Informal Economy. (2023, febrero 13), Housing Overcrowding (%) (hacinamiento habitacional porcentual) <https://twitter.com/EconomyInformal/status/1625207315216404501>, Jalali,

- R., El-Khatib, K. y McGregor, C. (2015). *Smart city architecture for community level services through the internet of things*. 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. <https://doi.org/10.1109/icin.2015.7073815>
- Jin, Jiong & Gubbi, Jayavardhana & Marusic, Slaven y Palaniswami, Marimuthu. (2014). *An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things*. *Internet of Things Journal*, IEEE. 1. 112-121. <https://doi.org/10.1109/jiot.2013.2296516>.
- Lago, F. (2016). *Estimación de la evolución del déficit habitacional en la Argentina* (1^a ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: FODECO. [https://biblioteca.camarco.org.ar/PDFS/Serie%2026%20Libros%20Completos/03%20-%20Estimacio%CC%81n%20de%20la%20evolucio%CC%81n%20del%20De%CC%81f%20H.%20Arg%20\(dig\).pdf](https://biblioteca.camarco.org.ar/PDFS/Serie%2026%20Libros%20Completos/03%20-%20Estimacio%CC%81n%20de%20la%20evolucio%CC%81n%20del%20De%CC%81f%20H.%20Arg%20(dig).pdf).
- Lince Marino, M., Vera, F. y Peciña-Lopez, D. (2022, 27 de octubre). *Tres estrategias para reducir el déficit de vivienda en América Latina y el Caribe*. *Ciudades Sostenibles*. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/estrategias-reducir-deficit-vivienda-america-latina-caribe/>
- LiveMaps360. (2023). *Página de inicio*. <https://livemaps360.com/>
- Manimuthu, A., Dharshini, V., Zografopoulos, I., Kumar, P. M. y Konstantinou, C. (2021b). *Contactless technologies for smart cities: big data, IoT, and cloud infrastructures*. *SN Computer Science*, 2(4). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00719-0>
- Marcos, M., Di Virgilio, M. M. y Mera, G. (2018). *El déficit habitacional en Argentina. Una propuesta de medición para establecer magnitudes, tipos y urgencias de intervención intra-urbana*. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 8(1), e037. <https://doi.org/10.24215/18537863e037>.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (s.f.). *Ruido excesivo en entornos: una de las principales causas para pérdida auditiva*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Ruido-excesivo-en-entornos-una-de-las-principales-causas-para-perdida-auditiva.aspx>
- National Research Foundation. (2023). *Página de inicio*. <https://www.nrf.gov.sg>

- ONU-Hábitat (2015). *Déficit Habitacional En América Latina Y El Caribe: Una Herramienta Para El Diagnóstico Y El Desarrollo De Políticas Efectivas En Vivienda Y Hábitat*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) 2015, P.O. Box 30030, GPO Nairobi 00100, Kenia. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/D%C3%A9ficit%20habitacional.pdf>.
- ONU-Habitat México. (2019). *Elementos de una vivienda adecuada*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>
- ONU-Habitat México. (2024). *Página principal*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/home>
- Oracle. (2022). *The Evolution of Big Data and the Future of the Data Lakehouse*. Copyright © 2022, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved. <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/big-data/big-data-evolution.pdf>.
- Programa Espacios, Políticas y Sociedades. (2016). *Actas de (IN)JUSTICIAS ESPACIALES EN ARGENTINA: CONFLICTOS, EXPERIENCIAS, TERRITORIOS, BUENOS AIRES, 8 Y 9 DE SEPTIEMBRE 2016*. Repositorio Academia. https://www.academia.edu/27938308/JORNADAS_IN_JUSTICIAS_ESPACIALES_EN_ARGENTINA_CCC_CABA_8_y_9_de_septiembre_2016.
- Routescene. (2023). *LiDAR Mapping Systems*. <https://www.routescene.com/lidar-mapping-systems/>
- Russell, S. y Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.)*. Pearson Education, Inc., Publishing as Prentice Hall. https://people.engr.tamu.edu/guni/csce421/files/AI_Russell_Norvig.pdf
- Saied, Y., Rodionovskaya, I., Nassour, M. y Husen, R. (2019). *The role of smart city applications in the development of IDP areas in war countries*. IFAC-PapersOnLine. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.490>.
- Sánchez Castro, R. y Saldaña Narro, J. B. (2022). *DÉFICIT HABITACIONAL EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, CUADERNO N° 270, Enero – Marzo 2022*. Lima, Perú: Unión Interamericana para la Vivienda. <https://mail.uniapravi.org/objetos/publicacion/MjI2/23012019082112.pdf>.

- Secretaría Distrital del Hábitat. (2017). *Nueva Metodología de Déficit Habitacional Urbano para Bogotá*. Bogotá: Secretaría Distrital del Hábitat. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/items/577d3898-c0d2-47b2-b5c0-b17c5dad73b6>
- Singapore Land Authority. (2023). *Virtual Singapore*. Página de inicio <https://www.sla.gov.sg/geospatial/gw/virtual-singapore>
- Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV). (2023, noviembre). *Evolución del rezago habitacional por entidad federativa, 2008-2018*. <https://sniiv.sedatu.gob.mx/Reporte/Analisis>
- Souza, E. (2021, 12 de junio). *¿Cómo hacer que las megaciudades del futuro sean además inteligentes? [As megacidades do futuro também podem se tornar inteligentes?]*. ArchDaily Colombia. (Trad. Franco, J. T.). <https://www.archdaily.co/co/962515/como-hacer-que-las-megaciudades-del-futuro-sean-ademas-inteligentes>
- Tan, S. Y. y Taeihagh, A. (2020). *Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review*. *Sustainability volumen 12* (edición 3), 1002 páginas. <https://doi.org/10.3390/su12031002>
- Ther Ríos, F. (2021). *Comentarios en torno a la Planificación del desarrollo local en la Complejidad*. *Revista LIDER*, 11(11), 47-58. <https://revistaliderchile.com/index.php/liderchile/article/view/232> 2 May. 2021.
- Torres Lima, P. A. y Cedeño Valdiviezo, A. (Eds.). (2015). *Ecourbanismo y habitabilidad regional. Contribuciones de América Latina*. Primera edición. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN: 978-607-28-0567-5.
- UN-Habitat (2020). *The New Urban Agenda Illustrated. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat)*. HS Number: HS/035/20E ISBN Number 8 (Volume) 978-92-1-132869-1. P.O. Box 30030, Nairobi, Kenya. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/12/nua_handbook_14dec2020_2.pdf.
- Unión Interamericana para la Vivienda (UNIAPRAVI). (2021). *Informe del Estado del Arte de Vivienda y Hábitat Urbano en América Latina y el Caribe 2017-2020*. Lima, Perú: Autor. <https://www.uniapravi.org/>.
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). *World Cities Report 2020 The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi, Kenya: UN-Habitat. <https://unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization>.

- White, G. y Clarke, S. (2020). *Urban intelligence with deep edges*. IEEE Access, 8, 7518-7530. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2963912>.
- White, G., Zink, A., Codecà, L. y Clarke, S. (2021). *A digital twin smart city for citizen feedback*. *Cities*, 110, 103064. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103064>
- World Bank. (2022). *Notas sectoriales de política: Vivienda, tierras y desarrollo urbano*. Investigación <https://www.worldbank.org/en/research>.