



CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD COMO BASE PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

**Facultad de Arquitectura
Universidad Pontificia Bolivariana**

**Laboratorio de Estudios y Experimentación Técnica en
Arquitectura (LEET)**

**Santiago Molina Escobar
ID 000172668
santiago.molinae@upb.edu.co**

Esta investigación se desarrolló como monografía de grado durante dos semestres académicos, en los cursos de proyecto de titulación 2 y proyecto de titulación 3, a partir de esta investigación se desarrollaron dos artículos investigativos que se encuentran anexos a la monografía.

1. (Materialidad sostenible como estrategia de mitigación del cambio climático en Colombia.) 2. (Criterios de sostenibilidad para la planeación urbana)

Contenido

Resumen

1 Introducción

2 Marco Conceptual

3 Marco Contextual

4 Metodología

5 Resultados

6 Conclusiones

7 Anexos (artículos publicados)

Bibliografía

Resumen

Las condiciones ambientales, físicas, culturales y sociales de un lugar son únicas. Por lo tanto, estrategias de intervención o planificación urbana de una región debe necesariamente responder a las condiciones existentes en el sitio. La comprensión de estos hechos ambientales preexistentes se convierte en una fundación importante para establecer los conceptos de diseño urbano crucial contextualmente relevantes y responsable a sus condiciones locales.

El Área Metropolitana Valle de Aburrá (AMVA), una institución de gobierno en el área metropolitana de Medellín, Colombia y Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), desarrollado conjuntamente una política pública para fomentar la construcción sostenible en la región. La política incluye directrices específicas para la construcción sostenible que fomenta la colaboración profesional con la finalidad de implementar estrategias de arquitectura nueva y eficaz.

Este trabajo muestra la aplicación de algunos aspectos de estas directrices para un proceso de regeneración urbana en el barrio de Sevilla, situado en la ciudad de Medellín, como una ubicación estratégica para el desarrollo de un distrito de la innovación y progreso tecnológico en la región. Se pretende determinar el potencial de reducción de los impactos ambientales relacionados con el proceso de construcción de un plan urbano.

Como resultado de la aplicación de criterios de sostenibilidad en una planificación urbana, es posible obtener indicadores de desarrollo urbano de la zona, para determinar la viabilidad ambiental de las intervenciones urbanas con criterios de sostenibilidad en el contexto local, para calcular el impacto generado por los planes urbanísticos en el entorno construido y la cuantificación de índices de ecoeficiencia del plan de ciudad, con el fin de adoptar de los fundamentos de la sostenibilidad urbana, es posible también establecer las posibles reducciones en los impactos ambientales y los impactos económicos y causado por el desarrollo urbano, comparando los nuevos sistemas constructivos y de gestión que desarrollan el plan de manera industrializada y los sistemas de construcción convencionales.

Palabras clave: Planificación urbana sostenible, Sistemas constructivos sostenibles, pre-existencias ambientales.

Introducción

Las metrópolis de los países en vías de desarrollo ubicados en Asia, África, Oriente medio y América latina, crecen aceleradamente y se enfrentan a altos niveles de inequidad, desigualdad económica y de pobreza multidimensional, con deficiencias en el acceso a vivienda digna con servicios públicos, al control de los residuos, a los servicios de salud y a la seguridad. La densificación acelerada de las ciudades, causa además de problemáticas sociales, afectaciones al territorio, al medio ambiente y a su ecosistema.

A medida que las ciudades crecen, tienden a incrementar su demanda de energía, agua y materias primas, lo cual genera altos consumos de recursos y dependencia de áreas circundantes, que abastecen el conglomerado urbano. Del mismo modo, bajo un modelo de metabolismo lineal, estas ciudades contaminan en grandes proporciones, produciendo emisiones de gases contaminantes, vertimientos y residuos sólidos sin ninguna gestión. Es por esto que se ha acrecentado la necesidad de un modelo de ciudad bajo un ciclo cerrado, un metabolismo circular que minimice consumos, al tiempo que reutiliza recursos y reduce la necesidad de materias primas nuevas. (Rogers & Philip 2015)

En este contexto, un país como Colombia, en proceso de crecimiento económico, localizado en el trópico, con grandes fuentes de recursos naturales que no han sido correctamente gestionados, en medio de crisis energética, y ante la imperante necesidad de construir un modelo de ciudad sostenible, plantea una nueva normativa de construcción sostenible. El objeto de esta norma nacional es mejorar la calidad de vida de las personas y promover actuaciones con responsabilidad ambiental y social desde la construcción, acorde al interés global por reducción de impactos ambientales. Al mismo tiempo, las dos principales ciudades del país, Bogotá y Medellín, han puesto en marcha Políticas Públicas de Construcción Sostenible con el objetivo de establecer lineamientos y criterios que contribuyan con la sostenibilidad de las regiones, a escala de planeación, diseño, construcción y operación del ambiente construido (AMVA & UPB 2015).

A nivel de gestión urbana, debe resaltarse la pertinencia de estas estrategias, dado que, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en Colombia cerca del 79% de la población del país vive en ciudades, porcentaje que crece año tras año (DANE 2008). Las regiones metropolitanas deben responder a su propio crecimiento, pero también a la migración poblacional proveniente del campo, resultado de la falta de oportunidades en el medio rural y las condiciones de violencia. Esta condición representa un reto para la planeación urbana de las ciudades, en términos de la densificación urbana y las implicaciones que tiene en el medio ambiente, el incremento acelerado del desarrollo inmobiliario.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una conurbación compuesta por 10 municipios entre los cuales se encuentra el municipio de Medellín, segunda ciudad en importancia en Colombia. Cuenta con aproximadamente 3.8 millones de habitantes, concentrados en 170 km² de zona urbana, ubicados en un estrecho valle, casi construido por completo, donde quedan pocas zonas de expansión urbana (Area Metropolitana Del Valle De Aburra 2007)

La situación del Valle de Aburrá en cuanto al déficit de vivienda e infraestructura, ha obligado además a generar planes de ordenamiento territorial que posibiliten la densificación en altura, el redesarrollo de las zonas ya consolidadas de los núcleos urbanos y la renovación urbana, acompañando estos planes de normativas urbanísticas, ambientales y de carácter social. (Alcaldía De Medellín 2014). El modelo de ciudad compacta y densificada, implica además de oportunidades sociales, mayores ventajas ecológicas, puesto que una planificación integrada puede aumentar la eficiencia energética, consumir menos recursos, producir menos polución y controlar su expansión. (Rogers & Philip 2015)

De este modo, en medio de ciudades en crecimiento, la construcción, tanto de edificaciones nuevas como de intervenciones a existentes, genera un aumento en la demanda de los materiales de construcción. En la región metropolitana del Valle de Aburrá, el 77% de las edificaciones son construidas en mampostería confinada, el 14.9% utilizan un sistema constructivo industrializado principalmente muros vaciados en concreto o prefabricados, y el 6.4% se desarrollan con mampostería estructural (AMVA & UPB 2015).

A pesar de que el sector de la construcción es una de las grandes industrias de la región, muchos de sus procesos de ejecución aún pueden considerarse artesanales, lejos de poder ser clasificados como industrializados, ya que generan grandes desperdicios de materiales, por tratarse de trabajos ejecutados por mano de obra no calificada.

Si bien el sistema constructivo seleccionado puede tener un efecto significativo sobre la sostenibilidad en una edificación, ajustar el impacto a un nivel urbano permite dimensionar a gran escala, la carga ambiental de toneladas de residuos provenientes de sistemas y ejecuciones ineficientes, con que se construyen las ciudades colombianas hoy en día.

Considerando este contexto, y teniendo en cuenta la estrategia de crecimiento para la ciudad, así como la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, que incluye una guía sobre planeación urbanística (AMVA & UPB 2015), este paper tiene como objetivo determinar el potencial de reducción de impactos ambientales relacionados con los materiales, entre un sistema constructivo industrializado y uno tradicional, aplicados en una intervención urbana de gran escala.

Marco Conceptual

La ciudad es considerada por la RAE como “el conjunto de edificios y calles, regidos por un ayuntamiento, cuya población densa y numerosa se dedica por lo común a actividades no agrícolas”, esta debe ser entendida en términos de la sostenibilidad y medio ambiente como la interacción entre este contexto físico y sus habitantes, quienes lo producen, lo condicionan y lo habitan. El ámbito ambiental deriva por lo tanto de los procesos tanto físicos (relieve, clima, agua, aire, vegetación y suelo), como también económicos, políticos y sociales que no pueden ser analizados de manera aislada.

Aunque el desarrollo sostenible es un concepto que debe ser abordado por todas las dimensiones de la sociedad, se considera que la responsabilidad de la industria de la construcción representa más del 50% del consumo energético a nivel global, por lo tanto debe ser considerada como un actor estratégico en el cambio o la transformación para el futuro desarrollo del planeta.

La planificación urbana ha sido entendida a lo largo del tiempo como los instrumentos técnicos y legales que regulan los usos del suelo en los ámbitos urbanos. Condicionan su desarrollo, o su conservación de ser el caso. Este ámbito de estudio relaciona de manera multidisciplinar la geografía, la arquitectura, el urbanismo y la ingeniería civil, teniendo como condición establecer planes que integren la infraestructura y los sistemas urbanos.

Como consecuencia del desarrollo apresurado de las ciudades latinoamericanas la planificación urbana se ha visto afectada por fenómenos de sobrepoblación y déficit en la infraestructura y la vivienda, podemos decir que ha sido insuficiente en la mayor parte de las ciudades de la región, y su aplicación ha sido tardía, generando problemáticas de invasión de territorios, de apropiaciones ilegales, conflictos sociales, diferencias sociales y económicas y problemáticas ambientales y de salubridad.

La ausencia de planeación es perceptible en muchas de las conurbaciones latinoamericanas y es expresión de gran parte de las metrópolis, salvo raras excepciones. El incremento demográfico y la necesidad de tierras han llevado a ocupar zonas urbanas que se consideran de alto riesgo. Ante la incapacidad de las autoridades para el control del territorio y la planificación y ordenación urbana. (Boville, Belén; Sánchez-González, Diego, 2007, p. 465).

El urbanismo sostenible se basa principalmente en tres temas que deben considerarse igual de importantes, y cuya interacción es la única posibilidad de equilibrar las condiciones urbanas de un territorio. En primer lugar se establece el concepto de la sostenibilidad medioambiental, el urbanismo bajo este principio se debe caracterizar por consumir la menor cantidad posible de recursos y energía, y generar la menor cantidad de residuos y emisiones contaminantes a la atmósfera.

La sostenibilidad económica, establece que el desarrollo urbano debe cumplir también con la condición de ser viable económicamente, los planes de desarrollo no deben comprometer una mayor cantidad de recursos que los estrictamente necesarios, generando así un mayor

superávit económico, mejores condiciones de empleo y competitividad para la ciudad. Además, el desarrollo urbano debe incorporar las tecnologías sustentables en sus construcciones y en el campo inmobiliario, permitiendo el desarrollo de las instituciones públicas y al mismo tiempo del sector privado.

Un proyecto urbano debe considerar como factor fundamental los intereses de la sociedad y los habitantes del territorio, la sostenibilidad social comprende mejorar las condiciones de vida de la población y asegura la participación ciudadana directa e indirecta en las intervenciones urbanas.

La integración de estos factores que configuran la planificación urbana debe ser de manera holística, debe considerar las variables ambientales, económicas y sociales, debe entender

que las condiciones para mejorar la calidad de vida en la ciudad se basan en los determinantes físicos del medio ambiente, y en el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad por lo que se requiere un progreso económico y un desarrollo social.

Es además imprescindible para garantizar que estas condiciones urbanas se den, que el estado y los entes del gobierno establezcan normativas que regulen las condiciones de relación entre el desarrollo económico, social y ambiental de los planes urbanos de las ciudad. La estrategia del urbanismo sostenible tiene por objeto mejorar la calidad del medio ambiente urbano, convirtiendo las ciudades en lugares de vida, trabajo e inversión más atractivos y sanos, y reduciendo el impacto medioambiental negativo de las aglomeraciones. (Comisión de las Comunidades Europeas, 2004)

El reto del urbanismo contemporáneo sustentable, es encontrar soluciones de estructuración de espacios físicos para la expansión urbana, de asignación de actividades sociales y económicas y de nuevas ideas de diseño y de construcción, que faciliten la compatibilidad entre servicios ambientales de la ciudad con las acciones humanas propias de una zona urbana, con la intención de minimizar los impactos negativos de éstas en el entorno y potenciar el desarrollo social y económico.

Marco Contextual

La ciudad de Medellín fue fundada el 2 de noviembre de 1675 bajo el nombre de Villa de nuestra señora de la Candelaria de Medellín, solo hasta 1826 fue designada como la capital de del departamento de Antioquia, cuando contaba aproximadamente con 40.000 habitantes, hasta el año 1918 su crecimiento fue moderado llegando en ese año a los 79.200 habitantes. A partir de mitad del siglo 20 ya tenía una población de 358.000 habitantes y en los siguientes 65 años ha crecido exponencialmente llegando hoy aproximadamente a 3.8 millones de personas, contando el total de la población del área metropolitana.

Esta situación de crecimiento acelerado ha generado problemáticas tanto sociales, como económicas y ambientales, ya que la falta de planificación urbana y las condiciones de pobreza multidireccional han llevado a ocupar un gran numero de territorios no aptos para la construcción, sin servicios públicos, sin infraestructura ni los servicios sociales necesarios

como la salud y la educación. También la fuerte demanda inmobiliaria y el creciente desarrollo urbano han causado graves problemas ambientales, alterando los ecosistemas, el ciclo hidrológico y potencializando los fenómenos de cambio climático como el llamado “ isla de calor “.

Todos los aspectos del deterioro ambiental generados por el desarrollo urbano insostenible afectan la salud pública, generan sobrecostos en la producción de bienes y servicios, incrementan la vulnerabilidad ante amenazas naturales; y, por lo tanto, tienen un impacto negativo sobre la productividad económica, lo cual contribuye a exacerbar las condiciones de pobreza y desigualdad, que a su vez constituyen una de las principales causas de esta gran problemática. (Documento técnico de soporte, Convenio 459 de 2014)

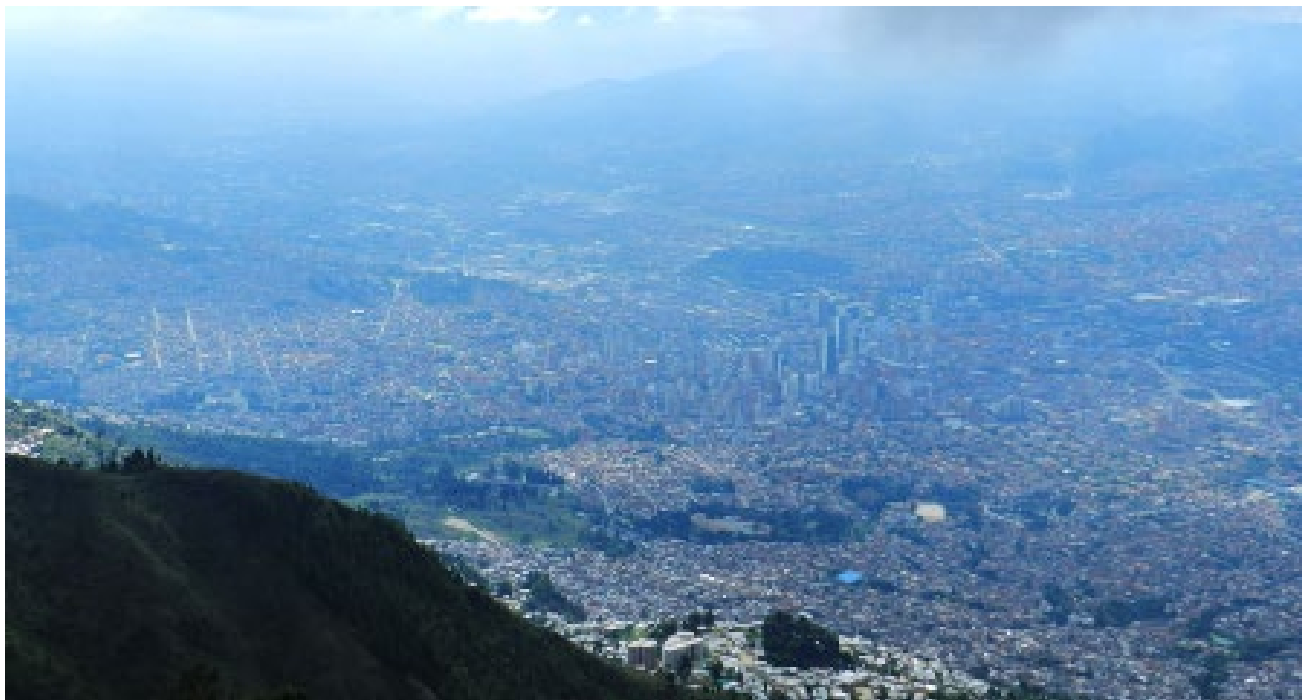


Ilustración 1 Fotografía de Medellín, Desarrollo urbano en las laderas sin planificación

Este crecimiento acelerado ha generado grandes problemáticas en la planificación de la ciudad, todos los planes maestros y de ordenamiento del territorio diseñados en el siglo XX fueron sobrepasados por el crecimiento poblacional o no fueron ejecutados en totalidad, por esta razón la planificación urbana contemporánea tiene el reto de responder a las situaciones de conflicto déficit y falta de planificación del pasado mientras se prepara para los fenómenos del futuro de la ciudad.

A partir del año 1997 se estableció la ley 388 de carácter nacional, que establece la necesidad de garantizar el planeamiento urbano de los municipios colombianos con mas de 200.000 habitantes, teniendo continuidad en las actuaciones urbanas por medio de los planes de ordenamiento territorial (POT). (Ley 388 de 1997).

Los planes de ordenamiento territorial para la ciudad de Medellín, aunque han sufrido modificaciones en las últimas décadas, mantienen los conceptos generales de desarrollo, que establecen que la ciudad debe dejar de expandirse hacia las laderas del valle y debe reconfigurar el centro potencializando la re densificación de las zonas planas y protegiendo las áreas de recursos naturales y protección ecológica.

Una de las estrategias urbanas que se han desarrollado en la ciudad, con el fin de garantizar el desarrollo en la zona central del valle y acoger los lineamientos que dicta el POT, es el instrumento de gestión denominado plan parcial, instrumento que busca definir los elementos fundamentales de la organización urbana, regular los usos del suelo, los niveles de intensidad, los índices de construcción, las alturas y demás características urbanas de los proyectos situados en esa porción del territorio. Son los instrumentos mediante los cuales se desarrollan y complementan las disposiciones de los planes de ordenamiento. (Ley 388 de 1997, art. 19)

En la ciudad de Medellín se han establecido zonas de renovación urbana que solamente pueden ser construidas por medio de un plan parcial. Situación que obliga a que sea desarrollen organizadamente, considerando las sesiones urbanas en parques y equipamientos necesarias. Algunos de los planes parciales ya construidos o en ejecución son el plan parcial de Ciudad del Río y el plan parcial de Naranjal, ambos proyectos con un porcentaje alto de vivienda pero considerando siempre la mezcla de usos y los espacio públicos con equipamientos útiles para toda la ciudad y la comunidad que habita directamente el espacio.

Además bajo la configuración urbana y el alto índice de desarrollo y construcción en el área metropolitana, y a pesar de que los criterios de sostenibilidad deben estar implícitos en el correcto desarrollo urbano, las organizaciones gubernamentales de Colombia y particularmente las de los municipios ubicados en el Valle de Aburrá, han comenzado a desarrollar programas de normalización en referencia al desarrollo sostenible, a preocuparse por la contaminación atmosférica, la regulación de tratamiento de residuos y el desperdicio de materia prima y energía de la industria de la construcción, uno de esas iniciativas para regular la construcción con esquemas de sostenibilidad es la Política pública de construcción sostenible para el Valle de Aburrá, Desarrollada en convenio por la Universidad Pontificia Bolivariana y el área metropolitana del Valle de Aburrá.

Por Política Pública se entiende un conjunto de elementos y procesos que, con el curso activo o voluntariamente inactivo de alguna institución gubernamental o autoridad, se articulan racionalmente entre sí con el propósito de lograr el mantenimiento o la modificación de algún aspecto del orden social. (Roth-Deubel, 2010). La política pública no es una normativa, es por lo tanto una herramienta de transformación cuyo resultado dependerá de la creación de mecanismos legales y de participación para todos los grupos de interés. “Las políticas públicas se componen de las actividades políticas y administrativas realizadas por las autoridades y los actores políticos y sociales, en el diseño, ejecución y evaluación de las mismas” (Roth-Deubel, 2010).

El proceso de elaboración y aplicación de esta política pública para la construcción sostenible se basa fundamentalmente en un ciclo formado por cuatro procesos; en primer lugar es

necesario definir la problemática, A continuación se definen los instrumentos a partir de los cuáles se promoverá la política y los mecanismos de evaluación, teniendo ya identificadas las estrategias y las herramientas, se procede a su aplicación. No obstante a medida que el proceso de aplicación se lleva a cabo, es posible que se requieran ajustes de la problemática en cuestión y por lo tanto, un rediseño de la política. En este sentido una política pública es un proceso cíclico, que reconoce en la acción gubernamental un ejercicio de adaptación a una realidad cambiante (CEPAL, 2010).

La política se divide principalmente en cuatro etapas o capítulos: En primer lugar esta la conformación de una línea base, donde se estudian las características físicas y bióticas del territorios, se identifican las condiciones climáticas, los ecosistemas, la biodiversidad y los riesgos, la vulnerabilidad o amenazas al medio ambiente y a la población en general.

En segundas instancia se desarrolla una caracterización y descripción del desarrollo del metabolismo urbano, haciendo énfasis en los temas de la oferta y la demanda de los recursos y la energía, la demanda de materiales para la construcción, las emisiones contaminantes a la atmósfera, la generación de residuos y la dependencia ecológica del Valle de Aburrá.

En tercer lugar se habla de la habitabilidad, donde las condiciones de factores humanos, espacio público y las problemáticas de ruido urbano y calidad de aire, contemplan la relación entre el desarrollo urbano no planificado, las condiciones de salubridad y seguridad con la población en general y sus problemáticas sociales y de hábitat.

Por último se establecen los indicadores y las herramientas que resultarán útiles en el diseño y la aplicación de las políticas públicas. A partir de esta definición de políticas y para procurar el desarrollo de las mismas, el convenio desarrollado entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana, creó además una serie de guías de construcción sostenible que establecen diferenciadas por temáticas los instrumentos o pasos a seguir para garantizar un desarrollo urbano responsable con el medio ambiente, eficiente en cuanto al consumo de recursos y energía y con buenas condiciones de habitabilidad para la población.

El conjunto de guías para la construcción sostenible está dividido en 5; en la primera guía están consignadas las herramientas y lineamientos para desarrollar la caracterización del lugar, como insumo para las fases de diseño y planeación, en la segunda guía se dan las herramientas para desarrollar un proyecto de planificación urbana, en la tercera para desarrollar una intervención de espacio público, en la cuarta para llevar a cabo un proyecto arquitectónico, es decir un edificio y por último en la quinta guía se establecen los lineamientos para desarrollar un proyecto de rehabilitación de edificaciones existentes.

Para el desarrollo de esta investigación se tendrán en cuenta los lineamientos, herramientas y metodologías de caracterización del lugar que se deben considerar para el correcto desarrollo de un plan urbano o una propuesta de planificación, documentos que se encuentran en la guía de caracterización del lugar.

Partiendo de este hecho, es claro que ninguna edificación o proyecto urbano puede ser igual a otro de programa idéntico, que esté localizado en otro lugar. Las condiciones físicas, culturales, temporales, y por ende ambientales del otro proyecto serán diferentes y por consiguiente, este ameritará respuestas de intervención diferentes. Así mismo, proyectos de programas diferentes en lugares similares, no podrán ser iguales pues sus necesidades espaciales y funcionales serán diferentes. (Guía de caracterización del lugar, Convenio 459 de 2014).

Metodología

Para desarrollar esta investigación se adoptaron metodologías cuantitativas, que permiten el análisis de los indicadores de impacto ambiental, producidos por la fabricación de los materiales de construcción y por el proceso constructivo de un plan de renovación urbana, tomado como caso de estudio.

Se tomaron como referencia dos sistemas constructivos, uno tradicional (Conventional masonry), que responde a las estrategias del modelo de ciudad y gestión actual; y uno industrializado, más eficiente y menos contaminante. La investigación se planteó en dos partes que permitieron determinar el potencial de reducción de impactos mencionado: 1) Cuantificación de las emisiones de los sistemas y su aplicación en el caso de estudio; 2) Cuantificación de los residuos de demolición y construcción en el caso de estudio.

Para llevar a cabo la cuantificación de las emisiones, se consideró como herramienta el cálculo de huella de carbono, que permite la medición del impacto de un producto sobre el planeta, en término de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que son liberadas a la atmósfera debido a los procesos industriales necesarios para su fabricación. Este análisis abarca todas las actividades del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de las materias primas hasta su gestión como residuo.

Las emisiones atmosféricas deben ser contempladas desde dos puntos de vista, las emisiones contaminantes con impacto directo sobre la calidad del aire a nivel local, generados específicamente en la fase de construcción; y las emisiones de gases de efecto invernadero GEI que se producen a lo largo del ciclo de vida del proyecto y sus materiales, contribuyendo así al fenómeno del cambio climático global.

Considerando lo anterior, se toman como referencia los factores de emisión de gases contaminantes a la atmósfera, en relación a los procesos físicos y químicos que son necesarios para la fabricación de cada uno de los materiales utilizados en ambos sistemas constructivos. La Table 1 presenta las emisiones en CO₂-e totales por cada Kg del material indicado. Se presentan únicamente los materiales principales de los sistemas tradicional e industrializado, que corresponden a más del 99% de su composición.

Material	CO₂ emissions Total [ton CO₂-e/kg]
Fine aggregate	0,000021
Sand	0,000010
Wet cement	0,001185
Base	0,000013
Tiles	0,000830
Steel	0,002705

Factores de emisión de GEI de los materiales de construcción empleados en Colombia Fuente: (UPME et al. 2012)

Considerando que cada sistema constructivo tiene una composición diferente en cuanto a la cantidad de los materiales que requiere, es necesario conocer la composición detallada de cada sistema y su peso por m². La Table 2 desglosa los materiales más usados por los sistemas y presenta su aporte en peso (t/m²) y porcentual a la configuración del sistema.



Ilustración 2 Fotografía del Barrio Sevilla, En el centro norte de la ciudad.

Fotografía tomada por Dimota's Bucket, Fotografías de Medellín

	Construction system			
	Conventional masonry		Industrialized	
Materials	t/m ²	%	t/m ²	%
Fine aggregate	0,625	26%	0,5422	42,70%
Sand	0,734	30,50%	0,44521	35,10%
Wet cement	0,306	12,70%	0,15674	12,40%
Base	0,373	15,00%	0,0466	3,70%
Tiles	0,358	14,90%	0,03998	3,20%
Steel	0,009	0,40%	0,0267	2,10%
Total	2,405	99,5%	1,23073	99,20%

Materiales más utilizados en los sistemas constructivos en Colombia. Fuente: (UPME et al. 2012)

Para llevar a cabo la cuantificación de la generación de residuos, se tomó como referencia la Línea Base para la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, que indica que los sistemas tradicionales de construcción producen altos niveles de residuos que son generados por los desperdicios de material causados por la falta de coordinación dimensional en el diseño. Se calcula que por cada metro cuadrado construido se generan 1.35 m³ de residuos, de los cuales, en promedio 0.35 m³ corresponden a desperdicio de materiales, el equivalente en peso a 0.50 t/m² construido, la mayor parte reciclable. El resto de los residuos están conformados principalmente por tierra de excavación (Quintero et al. 2006)

El plan parcial de Sevilla, plan de renovación urbana formulado recientemente por la empresa de desarrollo urbano (EDU) de la Alcaldía de Medellín, es tomado como caso de estudio. El instrumento de planeación urbana pretende desarrollar un sector de gran importancia para la ciudad, estratégico en su ubicación, dentro de la zona denominada como corredor metropolitano de servicios y con un carácter definido como distrito de la innovación y la tecnología para la ciudad. Este plan urbano tiene como fin intervenir una zona que en la actualidad está ocupada por viviendas de baja densidad, talleres mecánicos y comercio a baja escala.

El total del área de intervención que contempla el plan es de 155.934 m², distribuidos entre 81.665 m² construidos actualmente y 74.270 m² de espacio público, entre calles, andenes y un parque de gran impacto cultural e histórico para el sector.

De acuerdo a lo establecido por el documento técnico de soporte para el plan parcial de Sevilla, el área neta total a construir, sumando cada una de las 20 unidades de actuación (Block) que componen el polígono es de 77.372 m², área a la que se le define un aprovechamiento en m² construibles en altura, según la distribución de usos en cada una de las unidades, como puede observarse en la Table 3.

m ² for building						
Block	Housing	Large scale trade	Medium-scale trade	Petty trade	Services	For block
1	5.534	-	1.230	615	4.919	12.298
2	8.070	-	1.793	897	7.174	17.934
3	8.984	-	1.996	998	7.985	19.964
4	13.032	1.448	1.448	1.448	11.584	28.960
5	13.871	1.541	1.541	1.541	12.330	30.824
6	11.530	-	1.153	1.153	9.224	23.060
7	14.031	-	877	877	1.754	17.539
8	10.207	-	638	638	1.276	12.758
9	6.152	-	384	384	769	7.690
10	2.842	-	237	474	1.184	4.736
11	-	-	676	676	5.411	6.764
12	4.692	521	521	521	4.171	10.428
13	3.713	-	309	307	1.856	6.188
14	8.738	-	546	546	1.092	10.922
15	8.905	-	557	557	1.113	11.131
16	10.292	-	640	640	1.280	12.796
17	5.180	576	576	576	4.604	11.511
18	-	18.003	-	-	3.251	16.254
19	18.292	2.415	2.415	2.415	10.975	36.584
20	10.647	-	665	665	1.331	13.309
Total	164.656	19.504	18.203	15.930	93.284	311.650

Índices de aprovechamiento en m² para las unidades de actuación. Fuente: (Empresa de Desarrollo Urbano 2010)

Teniendo como base esta información correspondiente a los m² totales a construir, 311.650 m² en el plan parcial, es posible aplicar los factores de emisión de CO₂ y GEI producidos por la fabricación, el transporte y la extracción de la materia prima de los materiales necesarios para su construcción, teniendo en cuenta los dos sistemas constructivos analizados, además de la producción de residuos o escombros que se generan en la etapa de construcción.

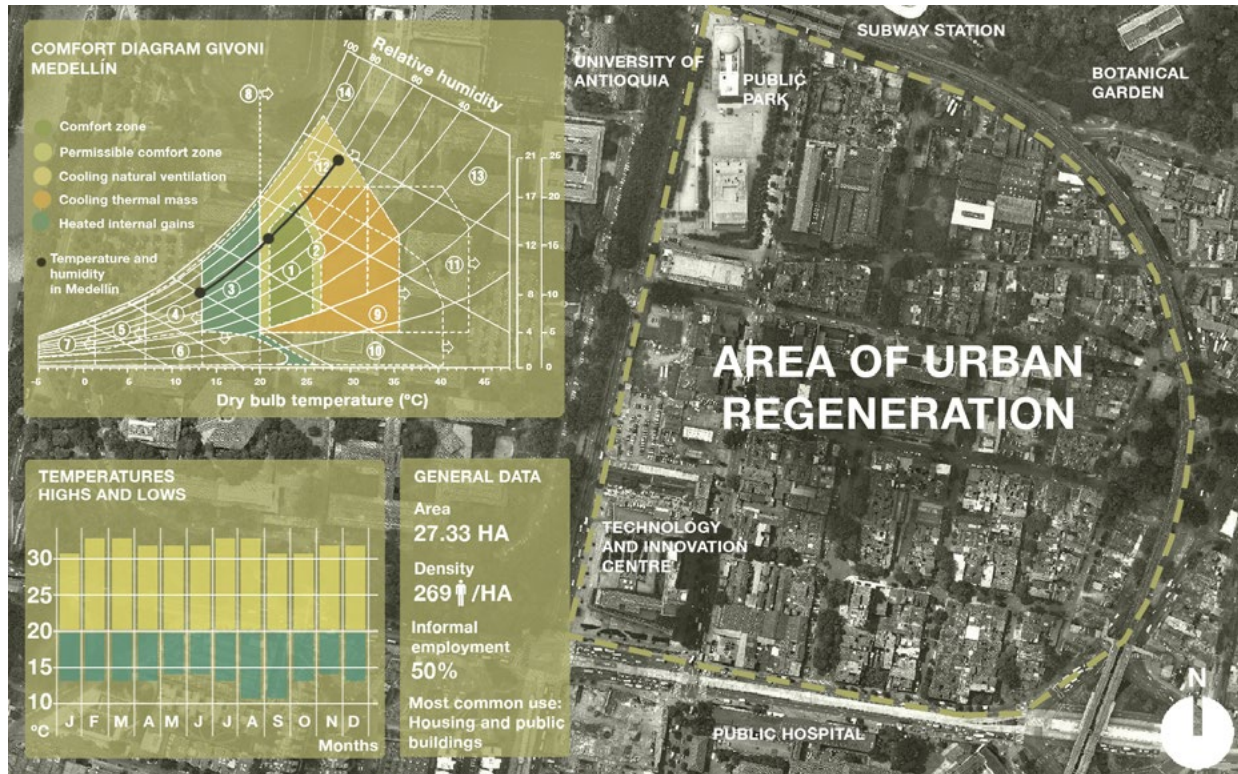


Imagen de caracterización e información general del lugar.

Resultados

Como se aprecia en la Figure 1 cada uno de los dos sistemas constructivos analizados, consume una cantidad diferente de materiales en su composición. Comparando la cantidad de materiales utilizados en los dos sistemas analizados, se establece en relación al peso de las edificaciones que cada m² construido con un sistema de mampostería confinada, pesa en promedio 2.4 t/m², frente a 1.3 t/m² que pesa cada m² construido con un sistema industrializado, es decir un 47% menos.

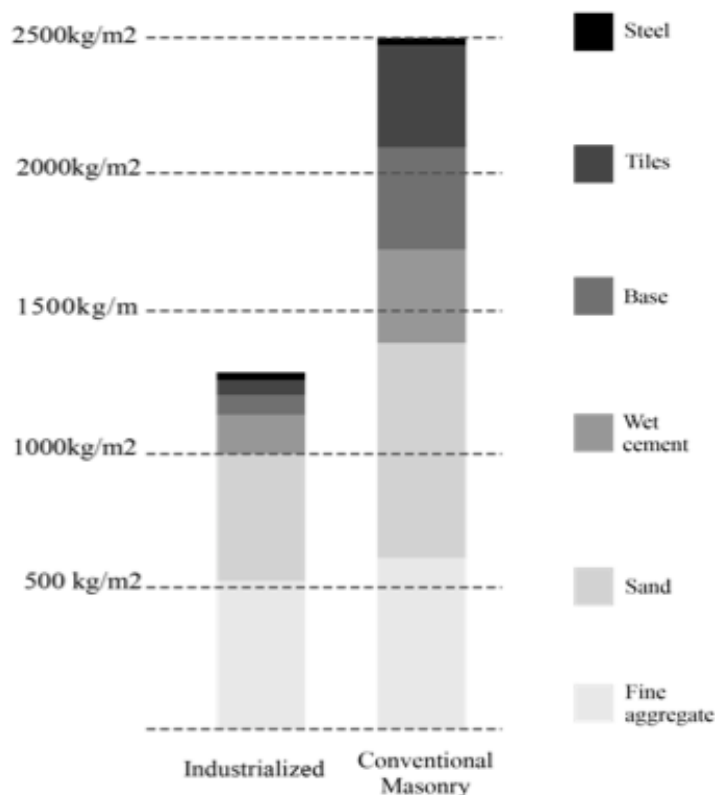


Imagen de caracterización e información general del lugar.

El consumo de energía capital representa un ítem importante en el estudio de los materiales y la eficiencia de los procesos constructivos, en términos de emisiones atmosféricas y transporte en el metabolismo urbano. Estos determinantes presentan consideraciones ambientales, orientadas a la disminución de los impactos de la construcción y la posibilidad de plantear estrategias de mitigación o compensación, que pueden ser integrados como factores de diseño sostenible. (UPME et al. 2012)

Cuantificación de las emisiones de los sistemas y su aplicación en el caso de estudio

Los factores de emisión generados por la fabricación de cada uno de los materiales que compone los sistemas constructivos, fueron aplicados de acuerdo a la equivalencia en peso de cada uno dentro del sistema, calculando las emisiones totales por material y definir así, la huella de carbono por m² de cada sistema constructivo.

Para el caso del sistema constructivo tradicional, se cuantifican emisiones totales de 0.51 t CO₂-e/m², de acuerdo a la Table 4.

CO₂ emissions with conventional masonry construction				
System composition			CO₂ emissions	CO₂ emissions
Materials	t/m²	%	[t CO₂-e/t]	Total [t CO₂-e/m²]
Fine aggregate	0,625	26%	0,02	0,0131
Sand	0,734	30,50%	0,01	0,0073
Wet cement	0,306	12,70%	1,19	0,3628
Base	0,373	15,00%	0,01	0,0048
Tiles	0,358	14,90%	0,83	0,2972
Steel	0,009	0,40%	2,71	0,0255
Total	2,405	99,5%	4,76	0,5100

Table 4: Factores de emisión de GEI de los materiales de construcción por m² y en total, contruidos con mampostería confinada.

Entretanto, en el sistema constructivo industrializado (muros vaciados en concreto o prefabricados), se obtiene que este sistema genera unas emisiones correspondientes a 0.31 t CO₂-e/m², como se muestra en la Table 5.

CO₂ emissions with industrialized construction				
System composition			CO₂ emissions	CO₂ emissions
Materials	t/m²	%	[t CO₂-e/t]	Total [t CO₂-e/m²]
Fine aggregate	0,542	42,7%	0,02	0,01
Sand	0,445	35,1%	0,01	0,01
Wet cement	0,157	12,4%	1,19	0,19
Base	0,047	3,7%	0,01	0,00
Tiles	0,040	3,2%	0,83	0,03
Steel	0,027	2,1%	2,71	0,07
Total	1,231	99,2%	4,76	0,31

Table 5: Factores de emisión de GEI de los materiales de construcción por m² y en total, contruidos con un sistema industrializado.

Por el contrario, en el caso del sistema industrializado, la emisión de GEI corresponde a un total de 93.495t CO₂-e por el total del plan urbano, un 41,2% menos que las emisiones producidas por el sistema tradicional de mampostería confinada. Es importante aclarar que estos datos consideran únicamente la producción de los materiales, por lo tanto, no se ha cuantificado la disminución de las emisiones producidas por el transporte, la disposición de residuos de construcción, la operación de maquinaria en obra y la adecuación del suelo.

Según el expediente del Archivo Ambiental del AMVA, en el Valle de Aburrá existen más de 300 empresas que generan descargas contaminantes a la atmósfera, estas se encuentran clasificadas en doce sectores, de los cuales cuatro están directamente relacionadas con el sector de la construcción: la industria productora de vítreos y cerámicas, la industria productora de metal, la industria de elementos derivados del petróleo y la industria de transformación de la madera.

Estos cuatro sectores equivalen al 30% de las industrias del Valle de Aburrá y contribuyen con el 35% de las fuentes de emisión del área metropolitana. Las industrias de cerámicos y vítreos son las que aportan las mayores emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero con respecto a los demás sectores productivos.

Con respecto a las emisiones totales provenientes de las fuentes fijas, las industrias asociadas a la construcción aportan el 27%, 39%, 15%, 5% y 22% de las emisiones de CO, NO_x, SO_x, VOC y PM_{2,5} respectivamente. La industria relacionada con la producción de materiales para la construcción, presenta una baja contribución a las emisiones directas de GEI dentro del Valle de Aburrá, representada en solo el 6% de las emisiones. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2013)

No obstante, la huella de carbono de los materiales de construcción es elevada. El inventario de emisiones directas de GEI que se realiza en la actualidad no tiene en cuenta las emisiones de las actividades de extracción ni las emisiones de la industria manufacturera, relacionada con la producción de materiales de construcción, cuando ésta tiene lugar por fuera del Valle de Aburrá. Cuando se hace un análisis de este aspecto bajo un enfoque de ciclo de vida, la contribución de los materiales de construcción a las emisiones de GEI es muy significativa (AMVA & UPB 2015).

Cuantificación de los residuos de demolición y construcción en el caso de estudio

De acuerdo a los datos de caracterización del lugar, desarrollados en el documento técnico para el plan parcial de Sevilla, deben ser demolidos un total de 108.805m² existentes para dar lugar a las nuevas construcciones. Esto equivale aproximadamente a 129.472 t de escombros, teniendo en cuenta que por cada m² de demolición de una edificación construida en un sistema de construcción tradicional (mampostería confinada) se generan 0.85 m³ de escombros (Morán del Pozo et al. 2011). Por otro lado, los desperdicios de materiales producto de las construcciones nuevas, teniendo en cuenta que por cada m² construido se generan 0,5 t de desperdicios, aportarían 155.825 t de desperdicios adicionales, por los 311.650 m² a construir que plantea el plan.

Bajo el modelo de gestión tradicional de los residuos, estos serían depositados en su totalidad en escombreras, la gran mayoría sin una correcta gestión ambiental.

De acuerdo a la política pública de construcción sostenible para el valle de Aburrá, las pérdidas o desperdicios derivados de la ineficiencia en los procesos de obra y en la falta de diseño modular, en los sistemas de construcción en mampostería confinada, se reducen en por lo menos un 52%, en relación a la cantidad de materiales y el peso total, de cada m² en un sistema industrializado.

Además, se debe considerar que este sistema utiliza elementos vaciados portantes, como muros o pantallas de concreto o módulos prefabricados que no generan la misma cantidad de desperdicios que los muros en mampostería tradicional. Por lo tanto, con un sistema de construcción industrializada en el total de los m² a construir en el plan parcial, es posible proyectar una generación de 74.796 t de residuos, es decir 81.029 t menos de desperdicios en relación al sistema tradicional.

Cabe resaltar que la disposición tradicional de residuos de demolición y construcción significa un gran problema en la ciudad, pues muchas de las escombreras que reciben la totalidad de los residuos, funcionan de manera informal y no se gestionan correctamente, generando grandes afectaciones al medio ambiente. (Ott 2006).

Entonces el alcance del potencial de reducción de emisiones y de generación de residuos, se podría incrementar por medio de la implementación de estrategias de diseño y construcción, que involucran incluso aportes a la eficiencia energética de las edificaciones, como el aprovechamiento de residuos de demolición para producir nuevos materiales o como insumo de procesos constructivos (Ott 2006), que puede significar una reducción adicional del 30% de los residuos generados. Así mismo, la coordinación modular que permite que la etapa de construcción y montaje sea óptima, rápida y económica, integrando diferentes materiales ((ICONTEC) 2013). Finalmente, una correcta selección de los materiales, considerando sus propiedades físicas, desde parámetros bioclimáticos, permite la generación de ambientes térmicos, lumínicos y acústicos satisfactorios para los usuarios, y evita que deba hacerse uso excesivo de sistemas de acondicionamiento artificial, consumiendo grandes cantidades de energía y produciendo emisiones contaminantes a la atmósfera.

Conclusiones

Los planes normativos de gestión del territorio y de desarrollo urbano en términos de planificación, como los planes parciales adoptados por la regulación de Planes de Ordenamiento Territorial como estrategia de planeación, deben incluir estrategias de construcción sostenible, que evalúen la posibilidad de utilizar nuevos sistemas constructivos y modelos de gestión menos contaminantes.

De acuerdo a las condiciones de crecimiento poblacional y de desarrollo urbano en el área metropolitana del Valle de Aburrá, y en general en todas las ciudades del país, son necesarios sistemas y procesos de medición que permitan conocer los impactos ambientales y las emisiones atmosféricas, causadas por la actividad constructiva y la fabricación o procesamiento de los elementos y materiales.

Es posible determinar a partir de la relación de datos existentes y descritos en este trabajo, un potencial de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera desde la elección del sistema constructivo, la materialidad sostenible, la utilización de los residuos de demolición y la coordinación modular en el diseño.

Según los resultados obtenidos, el sistema industrializado genera 39% menos emisiones de CO₂, y 52% menos residuos derivados de los desperdicios de la construcción que un sistema tradicional. Llevando a escala urbana estos datos, aplicándolos en el plan parcial de Sevilla, que contempla un área total de 155.934m² y que pretende edificar en altura un total de 311.650m², esto significa una reducción de las emisiones de 65.446 t CO₂-e, que corresponden a lo producido por 1965 automóviles circulando por el área metropolitana diariamente durante un año; así como 81.029 t de residuos menos, lo que aportarían a un modelo sostenible, con una gestión eficiente de recursos y minimización de impactos ambientales en la ciudad de Medellín.

Si bien los efectos del modelo actual de la industria de la construcción pueden evidenciarse a la escala de una edificación particular, una escala mayor, de carácter urbano, genera la posibilidad de obtener indicadores de mayor relevancia y escalables a otros desarrollos urbanos en la ciudad o en cualquier plan urbanístico del país.

Bibliografía

(ICONTEC), I.C. de N.T. y C., 2013. NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 45. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), pp.1689–1699.

Alcaldía De Medellín, 2014. Acuerdo 48 de 2014. Gazeta Oficial, 4267, pp.1–877.

AMVA & UPB, 2015. Línea Base para la Formulación de una Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá Primera ed., Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2013. Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá. , (243), p.33.

Area Metropolitana Del Valle De Aburra, 2007. Plan Metropoli 2008-2020: Hacia la integración regional sostenible. , p.280.

DANE, 2008. Estadística las principales variables demográficas y socioeconómicas del Censo 2005 Informe final.

Empresa de Desarrollo Urbano, 2010. Plan parcial de redesarrollo de Sevilla. , pp.44–51. Available at: [http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal del Ciudadano/Planeaci%C3%B3n Municipal/Secciones/Informaci%C3%B3n General/Documentos/POT/Plan_Parcial_Sevilla_Documento_Tecnico_Soporte.pdf](http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeaci%C3%B3n%20Municipal/Secciones/Informaci%C3%B3n%20General/Documentos/POT/Plan_Parcial_Sevilla_Documento_Tecnico_Soporte.pdf).

Morán del Pozo, J.M. et al., 2011. Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. Informes de la Construcción, 63(521), pp.89–95. Available at: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1231/1316>.

Ott, D., 2006. Oferta y Demanda de Recursos Minerales Secundarios en Medellín , Colombia.

Quintero, R.A.S. et al., 2006. “ Formulación Del Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos Regional Del Valle De Aburrá – Pgirs Regional ” Diagnóstico Marzo 2006 Universidad De Antioquia. , (325).

Rogers, R. & Philip, G., 2015. Ciudades para un pequeño planeta Gustavo Gili, ed.,

UPME, UNDP & ECOINGENIERIA, 2012. Determinacion de propiedades físicas y, estimación del consumo energético en la producción, de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones. , p.191.

Bonilla, Martha, Centro de Estudios Urbanos (CEUS) Facultad de Ciencia Política y Gobierno, Universidad del Rosario, Bogotá, 2012.

Ciudad, Real Academia Española, <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=zAQpnSGHvDXX25jP7a3X>

Boville, Belén; Sánchez-González, Diego (2007). Planificación Territorial y Desarrollo Sostenible en México, Perspectiva Comparada, Universidad de Barcelona-Universidad Autónoma de Tamaulipas. p. 465.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2004). Hacia una estrategia temática sobre el medio ambiente urbano. COM(2004)60 final. Bruselas. 2004.

Convenio 459 de 2014, Documento técnico de soporte para la formulación de una Política Pública de Urbanismo y Construcción Sostenible Para el Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana – Área metropolitana del Valle de Aburrá.

Melo, Jorge Orlando. Bogotá, Historia de la población y ocupación del territorio colombiano abril de 2015

Ley 388 de 1997, Congreso de Colombia.

Guía de caracterización del lugar, Convenio 459 de 2014, Universidad Pontificia Bolivariana – Área metropolitana del Valle de Aburrá.

Deubel, André-Nöel, 2010, “¿Política programa o proyecto?”, en: Política Pública Hoy,08, Departamento Nacional de Planeación, p. 6-9

CEPAL, La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010

Dimota's Bucket, Fotografías de Medellín, <http://s559.photobucket.com/user/dimota/media/snbenito.jpg.html?sort=3&o=101>

Convenio 459 de 2014, Guía 1 de caracterización del lugar para una construcción sostenible, Universidad Pontificia Bolivariana – Área metropolitana del Valle de Aburrá.

