



RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES, MEDIANTE
SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

LUIS ENRIQUE GUZMÁN CONDIA.

HERMES FERNANDO BARROS CERVANTES.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE
NEGOCIOS-ECACEN
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS
BOGOTÁ, 2018



RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES, MEDIANTE
SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

LUIS ENRIQUE GUZMÁN CONDIA.

HERMES FERNANDO BARROS CERVANTES.

Trabajo de grado para optar por el título de especialista en gestión de proyectos

Director

Esp. OSCAR ANDRES BENAVIDES PARRA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES, ECONOMICAS Y DE
NEGOCIOS-ECACEN
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS
BOGOTÁ, 2018



RESUMEN:

En búsqueda de alternativas de aprovechamiento de agua lluvias se ha realizado la siguiente monografía, recopilando investigaciones que se han desarrollado en el tema de recolección de aguas lluvias en Colombia, y así poderle dar un enfoque a la investigación sobre la implementación y aprovechamiento de aguas lluvias en las diferentes regiones del país donde escasea el agua y así poder mitigar su impacto, logrando así tener acceso al recurso hídrico para el abastecimiento doméstico y agrícola.

La captación y el aprovechamiento del agua lluvia para diferentes usos, es una práctica que viene ganando terreno en el mundo ante la escasez y contaminación por parte del hombre, tanto por el tema ambiental como en el económico, ya que la demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por la captación y transporte del agua potable son algunos de los factores por los cuales las zonas rurales colombianas se encuentran directamente afectadas.

En el caso de Bogotá, una ciudad con más de 8 millones de habitantes según el Departamento Nacional de Estadística (DANE, 2015) la captación de aguas lluvias es aún más compleja en tanto, las zonas verdes son escasas, y entre una de ellas se puede nombrar los parques del sistema distrital administrado por el Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte (IDRD), es por ello importante tener un documento que sirve para orientar a las diferentes administraciones de los parques de la ciudad, para realizar un adecuado proceso de



captación y aprovechamiento de las aguas lluvias y residuales, para que lo promuevan y se convierta en una práctica del cuidado del medio ambiente como parte del aprovechamiento de las aguas lluvias para hidratación, lavado, manutención e higiene de la infraestructura de las diferentes sedes en los parques de la ciudad.

Esta condición también sirve para prevenir, mitigar y gestionar con eficacia las inundaciones pluviales urbanas, es por ello necesario modelar y predecir con precisión la distribución espacial y temporal de la lluvia, para ello se deben aplicar varias técnicas diferentes de modelado y recolección, ya que la provisión de servicios pluviales urbanos las previsiones de inundaciones, sin embargo, siguen siendo un problema desafiante y se prevé que una combinación de varias técnicas puede ser necesario, dependiendo del tamaño de la cuenca y el pronóstico requerido precisión y tiempo de entrega.

PALABRAS CLAVES: Sistemas de recolección, aguas lluvias, sostenibilidad, tanques de almacenamiento, captación.



ABSTRACT:

In search of alternatives for the use of rainwater, the following article has been made, on research that has been developed on the subject in Colombia, and thus be able to make an approach to an investigation that serves to implement the use of rainwater in the different regions. of the country where water is scarce and can mitigate and have the water resource for domestic, agricultural supply.

The collection and use of rainwater for different uses, is an interesting practice, both in the environmental and economic issues, taking into account the high demand of the resource on watersheds, the high degree of contamination of the sources superficial and high costs for the consumption of drinking water are some of the factors by which the fields of the Colombian territory are directly affected because they do not have easy accessibility of the water resource.

The study presented below contributes to the development and materialization of the follow-up to guide the different administrations of the parks of the district system, to carry out an adequate process of capture and use of the waters, so that they learn and promote the care of the environment and a new option for the use of rainwater for hydration, washing, maintenance and hygiene of the infrastructure of the different venues in the parks of the city.

KEYS WORDS: Collection systems, rainy waters, sustainability, storage tanks, catchment.



TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	- 8 -
2.	Planteamiento del Problema.	- 11 -
	2.1. Origen inquietudes iniciales	- 14 -
	2.2. Formulación del problema.	- 18 -
3.	Objetivos	- 24 -
3.1.	General	- 24 -
3.2.	Específicos	- 24 -
4.	MARCO TEÓRICO.....	- 25 -
	4.1. Arquitectura y Estructura del Proyecto de Recolección de Aguas Lluvias.....	- 25 -
5.	MARCO CONCEPTUAL	- 39 -
6.	EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD	- 42 -
	5.1. Generalidades	- 45 -
6.2.	Construcción sostenible y parámetros que evaluar	- 47 -
	5.2.3. Parámetros Ambientales y análisis de ciclo de vida.....	- 53 -
	5.2.3. Parámetros Económicos	- 55 -
	5.2.4. Parámetros Sociales.....	- 56 -
	5.2.5. Parámetros Funcionales.....	- 56 -
	5.3. Evaluación de la sostenibilidad. Modelo MIVES.	- 57 -
	5.3.1. Ciclo de Vida	- 59 -
7.	Planificación Del Sistema	- 60 -
8.	Marco jurídico y de legislación.....	- 66 -
9.	Conclusiones	- 68 -
10.	Opinión	- 73 -
11.	Bibliografía	- 76 -



Lista de figuras

Figura 1. Comparación oferta-demanda	- 12 -
Figura 2. Distribución del agua en el planeta	- 19 -
Figura 3. Nivel de lluvias en la ciudad de Bogotá en los últimos 16 años.	- 23 -
Figura 4. Ronjinson.....	- 33 -
Figura 5. Esquema de funcionamiento de “Healthy House”.	- 36 -
Figura 6. Etapas del ciclo de vida de un edificio	- 55 -
Figura 7. Planos de requerimientos.....	- 59 -
Figura 8. Fases y procesos del ciclo de vida.....	- 60 -
Figura 9. Relación en el proceso de gestión integral	- 64 -



1. Introducción

En el desarrollo de esta monografía se mostrará la realización de un análisis respecto a los alcances y las limitaciones de los proyectos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para los espacios administrados por el sistema distrital de parques del Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte (IDRD), ya que en la actualidad el tema ambiental ha tomado gran importancia y parte de esta problemática está relacionada con el agua, su aprovechamiento, conservación y reutilización con fines de minimizar el impacto de la huella ambiental que tiene la humanidad sobre este recurso.

Por ello el saneamiento y escasez de este recurso es una problemática que va creciendo cada día más a nivel global, además se busca que sirva como fuente de investigación y como una propuesta para el abastecimiento parcial de agua en zonas donde el recurso es escaso y para realizar un adecuado proceso de captación y aprovechamiento de las aguas en algunos de los parques administrados por el IDRD.

El aprovechamiento de aguas lluvias se realizó como una respuesta a la reducción de la oferta hídrica en muchas ciudades no solo de nuestro país, sino del mundo entero, todo esto debido a la contaminación de las aguas superficiales y el proceso de degradación que sufren las cuencas. En el desarrollo de este documento se mostrarán y organizarán los datos acerca de la temática de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias más empleados en diferentes clases de edificaciones, así mismo se identificarán los elementos más importantes de este tipo de sistemas como lo son el dimensionamiento del tanque de almacenamiento tanto de



aguas lluvias, como de agua tratada, para así buscar alternativas a esta problemática que crece día a día y también de tomar conciencia y responsabilidad, ya que si se implementan sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias se podría mitigar el impacto producido por la escases del recurso en algunas zonas del país y estas alternativas ayudarían para abastecerse de agua para los diferentes usos doméstico, agrícola y consumo humano.

De esta manera promover el uso de la infraestructura verde en los parques de la ciudad de Bogotá como parte de una infraestructura que puede ayudar a optimizar los beneficios ambientales, económicos y sociales de estos para la salud, la recreación y el orden en la urbe.

Al construir elementos sólidos, las agencias pueden mejorar la acción en los parques y acceso a parques, mejor gestión de aguas pluviales, aumentar la resiliencia de la comunidad a los cambios patrones climáticos y proporcionar fondos para implementar y mantener las mejoras del parque que benefician a la comunidad.

Es por ello por lo que se ofrece información sobre por qué las asociaciones entre los administradores de aguas pluviales y los administradores de parques pueden ser beneficiosas como parte de una visión general de la infraestructura verde y describe prácticas que pueden ser utilizadas para gestionar las aguas pluviales en los parques, además, de encontrarse información sobre los factores que influyen en la selección de prácticas apropiadas de infraestructura verde como requisitos de mantenimiento.

Por ello resulta importante resaltar la metodología utilizada la cual de tipo cualitativo, es decir basada en la reflexión sobre la recopilación de la información, para así dar la idea sobre el



enfoque para construir relaciones con potenciales socios, en donde se pueda incluir información sobre cómo identificar e involucrar a los administradores de parques, para construir relaciones duraderas en beneficio de la vida, involucrando a la comunidad, aprovechando las recomendaciones sobre los tipos de proyectos que con mayor probabilidad atraerá la atención y financiamiento estatal, y que proporcionan una amplia gama de beneficios.

Resulta muy importante tener en cuenta que este tipo de iniciativas son claves para disminuir el impacto de la huella ambiental de los seres humanos sobre el planeta como parte de una noción de la responsabilidad que tiene cada individuo con conservar las condiciones del planeta, así como se desarrolla la preocupación de entidades distritales al respecto, se convierte de esta manera el estudio en un avance sobre el manejo que se le debe dar a las aguas residuales en los parques de la ciudad de Bogotá, así como de la participación de la ciudadanía en una iniciativa de este estilo.

De ahí que dentro de la importancia que reviste este estudio resulta ser beneficiosos tanto para el medio ambiente y la conservación de un recurso importante como el hídrico, así como lograr que otros investigadores en sus iniciativas de trabajo puedan generar aplicaciones de construcción de infraestructura verde en los parques distritales para generar un menor consumo, así como la reutilización del mismo con fines de disminuir la huella ecológica que tienen estos lugares en la ciudad, el país y el mundo, con fines de tener menos efectos que conlleven al aumento de la temperatura global y la disminución y pérdida de este recurso vital para la humanidad.



Se incluyen estudios de casos para ilustrar los enfoques presentados en la monografía, estos ejemplos de la vida real retratan cómo las uniones entre las aguas pluviales municipales, agencias y departamentos de parques pueden mejorar los recursos recreativos en la comunidad, mejorando la protección del medio ambiente y riesgos reducidos.

2. Planteamiento del Problema.

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017) “2,1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura”, esta condición lleva a una fuerte reflexión sobre el uso que se le da a esta situación en el caso colombiano, donde en muchas ocasiones se desperdicia y se la da según el enfoque del sistema capitalista de producción un valor económico, según el (Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Análisis 11, 1997)” el agua se ha convertido en un producto industrial con preocupantes signos de escasez: en muchos casos ésta no resulta apta para el consumo humano. Por tanto, el agua debe reflejar un valor de escasez o un valor de mercado”.

Estas situaciones conllevan a desarrollar una serie de elementos de análisis sobre su uso, disponibilidad y cobertura en diferentes regiones de Colombia, sin embargo en el caso de la ciudad de Bogotá, la situación es superlativa con respecto al resto del país, esto debido a que hay una preocupación desde anteriores administraciones con respecto al posible desabastecimiento al cual se vería abocada la ciudad si no se trata el tema de forma adecuada, es por ello que en la

medida en que crece la población de la ciudad el impacto sobre la demanda del recurso aumenta y presiona hacia una posible escasez, esto se ve en la figura 1.

Figura 1. Comparación oferta-demanda



Fuente: derecho de petición en respuesta del Acueducto de Bogotá a Diego Laserna (2018)

“El gráfico, además está basado en una proyección de crecimiento poblacional inferior al que tiene la Secretaría de Planeación Distrital, según la cual en 2019 en Bogotá habría 8.281.030 de habitantes” (Dinero, 2018), esta condición de ser una ciudad relativamente abundante en el recurso hídrico, pero con un aumento demográfico exponencial, ya que según las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2015), Bogotá hacia el año 2000, contaba con 7.000.000 de habitantes en sus 20 localidades, contrastando con el aumento de esta



en hasta 8.000.000 millones, y haciendo la proyección hacia el 2020 de 10.000.000 , lo cual si se proyecta por quinquenios haría que la ciudad tuviese para 2025 aproximadamente 12.000.000 de habitantes, este aumento exponencial es el que pone en riesgo el abastecimiento de agua en la ciudad, ya que cada día será menor la cantidad de metros cúbicos disponibles por habitante, hasta llegar a un probable racionamiento.

La preocupación por un posible desabastecimiento y posterior racionamiento de agua fue una de las principales preocupaciones que terminan plasmadas al interior de la monografía, ya que no es un problema que en este momento sea de primer orden para el gobierno nacional, así como para la administración distrital, ya sea por cuestiones de apropiación presupuestal, así como por ser parte de la planeación de las acciones y recursos de la administración, pero que en el futuro próximo cobrarán vigencia alrededor de los temas de sostenibilidad y cobertura de acueductos para las ciudades que cada vez más aumentan su población.

Tampoco se ve una iniciativa a la vista que redunde en el manejo del recurso hídrico en la ciudad, es por ello que resulta importante preguntarse acerca de fuentes alternativas de recolección de aguas lluvias en los parques de la ciudad como parte de una solución gestionada y administrada desde un ente estatal, ya que el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, así como la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos.

También se puede decir que hace parte de la adaptación al cambio climático, siendo parte de la adaptación a nuevas condiciones de estos en el mundo, es por ello que se debe tratar de



buscar nuevas formas de acceso a este líquido y en donde más sino en los espacios verdes de la ciudad, para hacer la recolección y aprovechamiento de aguas pluviales (lluvias), mediante sistemas de recolección.

2.1. Origen inquietudes iniciales

La escasez del recurso hídrico en varias regiones del país y la problemática por el abastecimiento debido principalmente al continuo crecimiento de la población y a su desplazamiento de entornos rurales a urbanos, el aumento de la demanda de la seguridad alimentaria y del bienestar económico, el incremento de la cantidad de usuarios, así como de los usos que se le da al agua, esta llevando a evidenciar la contaminación de las fuentes hídricas tradicionales, por ello necesariamente desde la experiencia, se debe lograr determinar los grados y clases de contaminación desde; su origen industrial, municipal y agrícola, han hecho que varias poblaciones de Colombia hallan demostrado un especial interés por los problemas ambientales, económicos, sociales, culturales y políticos de las comunidades y regiones, en especial las problemáticas del consumo y mala utilización del recurso hídrico, además la amenaza que se cierne sobre nuestro hábitat como consecuencia de la acción depredadora del consumo y la producción irresponsable.

Queda claro que la cantidad de recursos hídricos en la región se han vistos disminuidos por efectos relacionados con la deforestación, es por ello por lo que, en concordancia con lo anterior, existe un referente sobre lo expuesto:

Desde hace varios años, en países de América latina incluyendo Colombia han propuesto

e implementado manuales y guías metodológicas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias con el fin de generar estrategias para mitigar las problemáticas de abastecimiento del recurso hídrico que se ha identificado en los sectores rurales más inhóspitos. (Moreno, 2016)

La aplicación de diferentes índices expuestos para el caso de Bogotá cataloga la ciudad en situación de alta vulnerabilidad al desabastecimiento de agua, bien en condiciones hídricas de año medio, o bien de año seco, y sus efectos en las posibilidades futuras para abastecerse de agua en cantidades suficientes. La situación de alarma por las expectativas de disponibilidad de agua en el futuro, como se aprecia en los pronunciamientos de las autoridades y en noticias que aparecen a diario, no solo competen a Colombia y Bogotá en particular, sino que también es un llamado de atención para todo el mundo. De ahí que se requiera buscar soluciones efectivas que alivien la situación de déficit en la disponibilidad del agua para satisfacer las necesidades de la población actual y futura. (Betancourt, 2016)

Al plantear la posibilidad de desarrollar un sistema para aprovechar las aguas lluvias como una alternativa, se debe tener en cuenta que se vería el beneficio en dos factores importantes: el ahorro de agua potable y el ahorro de dinero por parte de la comunidad no solo de la ciudad de Bogotá sino del país.

Al realizar dichos sistemas en algunos de los parques del sistema distrital de parques, la administración distrital se vería beneficiada en la medida que podrían disminuir los pagos por



este servicio público, pudiéndose utilizar este dinero en otras obras o en otros proyectos que beneficien a la ciudad.

Esto debido a la cantidad de población que visita los parques de la ciudad y que utilizan los servicios públicos, en este caso el agua, el cual resulta costoso, pudiéndose economizar y ahorrar recursos públicos vitales para otros rubros, como por ejemplo infraestructura o seguridad al interior de las instalaciones como parte de una atención integral al ciudadano.

Esta iniciativa que en principio resulta ser atractiva para la administración distrital, tiene que ver con la legislación en la cual hay un vacío sobre los elementos que se pueden desarrollar alrededor del aprovechamiento de las aguas lluvias para potabilizar y hacerla apta para el consumo humano, además de este primer factor no se tiene la infraestructura física para el desarrollo de sistemas para el aprovechamiento de las mismas y difícilmente se podrán tener en el corto plazo por temas como el presupuesto o las iniciativas del concejo distrital.

Ahora bien, el problema del acceso al agua cada día tiene una mayor prevalencia por factores como la contaminación, la disminución de reservas de bosques y prácticas como el fracking que silenciosamente pone en riesgo tanto su consumo como disponibilidad de entrega domiciliaria, esta condición se da especialmente en los campos y afecta a los campesinos, quienes históricamente han aprovechado este recurso para la agricultura especialmente.

Es de esta manera que se hace necesario generar alianzas entre entidades distritales encargadas de los parques y agencias de aguas pluviales para promover el uso de la infraestructura verde en el parque, así como el cuidado de la tierra, de esta manera la



infraestructura verde puede ayudar a optimizar el beneficio ambiental, económico y social de los parques.

Al construir elementos sólidos, las entidades distritales pueden mejorar el acceso a los parques y así mejorar la gestión de recolección de aguas pluviales en los parques de la ciudad, aumentando la resiliencia de la comunidad a los cambios climáticos y proporcionar los fondos para implementar y mantener las mejoras del parque que benefician a la comunidad.

En el caso de los administradores de programas de recolección de aguas pluviales y los administradores de parques, pueden existir estrategias beneficiosas en cuanto a una visión general de la infraestructura verde, describiendo prácticas que pueden ser utilizadas para gestionar las aguas pluviales en los parques, encontrando la información sobre los factores que influyen en la selección de las prácticas apropiadas de infraestructura verde, como requisitos de mantenimiento.

Se intenta proporcionar un paso a paso, válido con un enfoque para construir relaciones con socios potenciales, e incluir información sobre cómo identificar e involucrar a las entidades distritales en la construcción de las relaciones que involucren a la comunidad y aprovechar las oportunidades de financiación para identificar oportunidades de infraestructura verde. Se incluyen las recomendaciones sobre los tipos de proyectos que tienen una mayor prevalencia y que probablemente atraerán la atención y el financiamiento necesario para la iniciativa.

Esta cuestión llevará a que se proporcione una amplia gama de beneficios, mejorando los enfoques de las administraciones municipales, las entidades distritales y las administraciones de



parques para mejorar los recursos recreativos en la comunidad y brindarle una mayor protección al medio ambiente.

2.2. Formulación del problema.

Debido a los periodos largos de sequía que se presentan en varias regiones de Colombia y a la falta de suministro de agua potable por parte del estado, como lo ilustra el Fondo de cooperación para agua y saneamiento, (2016).

Se estima que casi la mitad de los habitantes de las zonas rurales no tienen cobertura de agua potable y saneamiento, la calidad del agua sigue siendo deficitaria en la mayoría de los sistemas pequeños y medianos y los ríos y las quebradas sufren de altos niveles de contaminación. (2016)

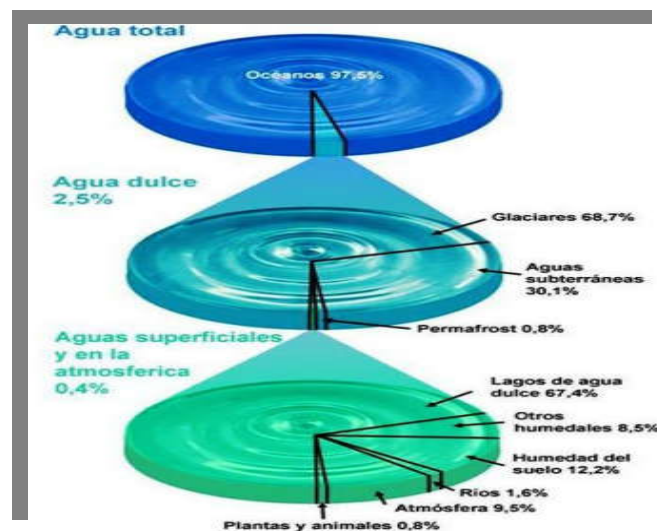
En esta misma línea el ministerio de vivienda del país manifiesta que 90 municipios presentan desabastecimiento de agua potable, de los cuales los departamentos más impactados son: Valle del cauca con 16 municipios, Bolívar con 14 municipios, Magdalena con 13 municipios, Boyacá con 10 municipios y la Guajira con 8 municipios, mostrando que son las zonas áridas del país y que el fenómeno del niño ahonda aún más los problemas de agua potable que existen en dichas regiones. (Minvivienda, 2015)

Por lo anterior se ha visto la necesidad de hacer estudios e implementarlos para poder aprovechar el apreciado recurso natural de aguas lluvias, para los tiempos de escases y así poder mitigar y cubrir las necesidades básicas de las comunidades afectadas.

Acorde a lo mencionado es necesaria la revisión bibliográfica sobre el agua y aprovechamiento de agua lluvias, como se entrelazan dando la posibilidad de elaborar un estudio sobre este mismo permitiendo conocer alternativas de aprovechamiento del recurso.

Las tres cuartas partes de la tierra y más están constituidas por agua. Sin embargo, no toda esta cantidad es para el consumo humano, animal y cosechas pues la gran parte es salada, así lo demuestra (IDEAM, 2005) “En el planeta, cerca del 97 % del agua se halla en los mares en forma de agua salada y tan sólo el 3 % restante se localiza como agua dulce en acuíferos, hielo, nieve, lagos, ríos y lluvia.”

Figura 2. Distribución del agua en el planeta



Fuente: Shiklomanov y Rodda, 2003. UNESCO. The United Nations World Water Development Report

Colombia que se caracteriza por ser uno de los países con gran cantidad de agua apta para el consumo, empieza a padecer el desabastecimiento de esta debido a varios factores como: la

explosión demográfica, el uso inadecuado del agua tanto en lo doméstico, la agricultura y la industria pues no hay conciencia de que este es un recurso natural no renovable que si no se cuida generara grandes problemas de suministro de este preciado líquido. El (IDEAM, 2014) en el estudio realizado determina la huella hídrica del agua superficial o de escorrentía con color azul y el agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación en secano y se mantiene en el suelo y recarga las fuentes de agua superficial o subterránea con color verde que representa 6 veces el promedio mundial de agua colocando al país en una posición muy privilegiada (p.59)

A nivel mundial el aprovechamiento del agua lluvia se ha convertido en todo un incentivo de gestión y uso eficiente del agua, en los casos en que la oferta del recurso hídrico representa un problema vital y en las zonas donde siendo suficiente, su suministro o potabilización representa costos socioeconómicos inalcanzables (Perdomo & Zapata, 2010, pág. 21)

Indicando con esto que el aprovechamiento del agua lluvia cada día se convierte en una herramienta vital de supervivencia, cuidado del mismo recurso y aprovechamiento que permite mejorar la calidad de vida de las personas.

En Colombia se ha aprovechado el agua lluvia para el uso agrícola y no se le ha dado un uso correcto en las ciudades, pues lo que se hace es canalizarla para sacarla fuera de ellas. “Además la escases de fuentes apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro a hecho de este un problema aun mayor” (García, 2013, p.19) ya que las diferentes regiones del país tienen características ambientales y geográficas desiguales. De ahí que se haya hecho una



revisión de documentos científicos, citando información de gran relevancia de acuerdo con las investigaciones que se han realizado en Colombia, respecto del aprovechamiento de aguas lluvias.

De acuerdo a lo mencionado por Perdomo & Zapata, (2010) Frente a los problemas de sobrepresión y escasez hídrica como consecuencia del consumo insostenible, la contaminación y el cambio climático, el aprovechamiento de las aguas lluvias puede convertirse en una práctica de mitigación muy interesante desde el punto de vista económico y ambiental. Así mismo, podría mitigar los problemas relacionados con la acumulación de caudales pico durante periodos de altas precipitaciones, como en el caso de la Pontificia Universidad Javeriana, en donde se demostró la factibilidad para transformar este problema en una oportunidad de aprovechamiento, utilizando el agua lluvia como alternativa de suministro para diversos usos, generando un nuevo concepto de campus sostenible.

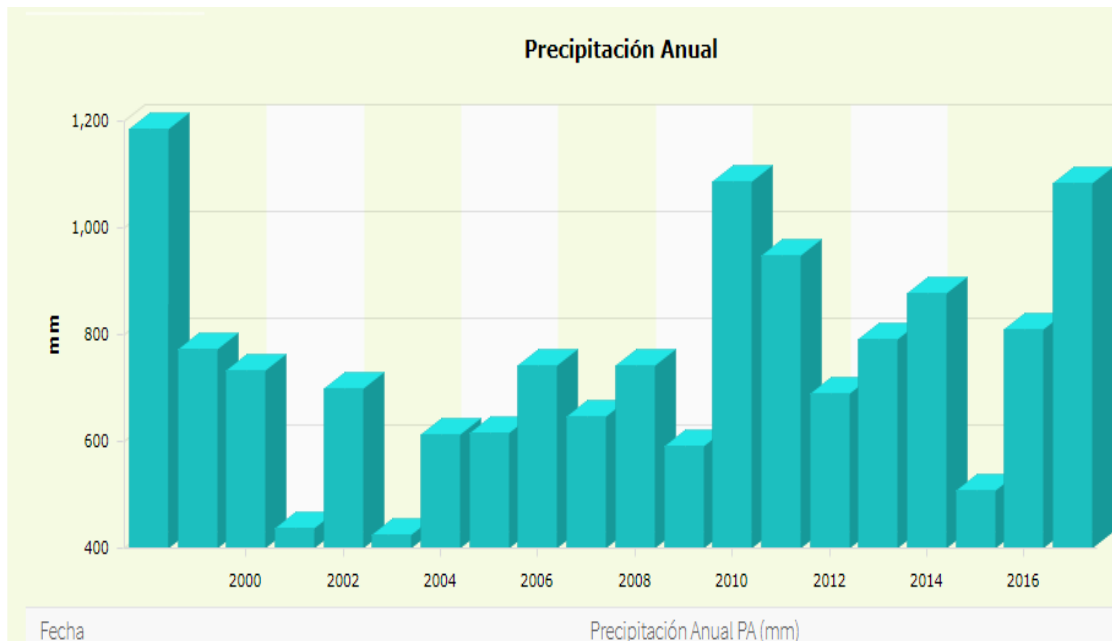
Para Castañeda, (2010) el aprovechamiento del agua lluvia para diferentes usos, es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable en una institución educativa.

Para el caso de la ciudad de Bogotá las precipitaciones se han mantenido constantes según se verifica con la secretaría distrital del medio ambiente (2016)

Existen varios tipos de precipitación dependiendo de la cantidad o forma en que caen las partículas, el diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm, (1 mm de precipitación es la lámina que alcanzaría un litro de agua sobre una superficie de un metro cuadrado, sin que se evapore o percole), y caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan existen distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa), etc. Los valores a partir del año 2011 corresponden al promedio acumulado anual, calculado con base en el criterio de representatividad temporal de al menos el 75% de los datos, establecido por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial en el año 2010. Visite la Red de Monitoreo de Calidad del Aire. (Secretaría Distrital del Medio Ambiente, 2016)

A continuación en la figura 3, se puede identificar la cantidad de lluvias que caen sobre la ciudad de Bogotá anualmente, en los últimos 16 años como parte del ejercicio de entender la dinámica de las precipitaciones en Bogotá de manera constante y que conllevan a generar un ambiente optimista en torno a su aporte dentro de la reducción de la utilización del recurso hídrico de sectores aledaños a la ciudad como el caso del Sumapaz, el paramo más grande del mundo y que le aporta a la ciudad el 60% del suministro del agua según la empresa de acueduto y alcantarillado de Bogotá (2015).

Figura 3. Nivel de lluvias en la ciudad de Bogotá en los últimos 16 años.



Fuente: Tomado de la secretaria distrital del medio ambiente (2016)

Si bien es cierto en la figura 3, se observan las cantidades de precipitaciones que caen la ciudad, queda claro que, si bien es cierto los picos más bajos, dados en el 2000 y 2002, se evidencia que para el año 2014 se repiten dentro de una curva que venía en alza, pero que sin embargo conlleva a tener en cuenta que este recurso no es inacabable y que se deben formular iniciativas como la acá descrita para generar nuevas maneras de reutilizar el recurso, reduciendo la huella ecológica.



3. Objetivos

3.1. General

Identificar alternativas a la problemática de escasez de agua mediante sistemas de recolección. Identificar alternativas para resolver la problemática de escasez de agua, mediante sistemas de recolección

3.2. Específicos

- Reconocer los sistemas existentes a nivel internacional y nacional en el campo del aprovechamiento de agua pluvial para tener un punto de referencia de las aportaciones y mejoras que pueden hacerse en torno a la nueva metodología.
- Homogenizar criterios y metodologías de evaluación existentes en el sector constructivo desde la perspectiva de la sostenibilidad.
- Determinar los requerimientos, componentes y los diversos procesos que forman el ciclo de vida para el sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Arquitectura y Estructura del Proyecto de Recolección de Aguas Lluvias

Desde el principio, las primeras civilizaciones han aprovechado el agua superficial, construyendo las primeras poblaciones en los valles de los ríos y aprendiendo a utilizarla para la producción de cultivos, además como vía de transporte. De la misma forma empezaron su aprendizaje en la aplicación del agua lluvia, aunque en ese momento no dependían de ésta para sobrevivir.

No hay una fuente de agua de mayor calidad disponible para los seres humanos que el recurso hídrico de la lluvia, ésta a diferencia del agua capturada en presas que requiere un proceso de tratamiento extensivo para garantizar una calidad apta para el consumo humano, se puede recolectar en los techos y almacenar en tanques adecuadamente para llegar a representar una fuente de agua sostenible ideal para usar dentro y fuera del hogar.

Según, Figueroa & Guaraglia (2014) al usar agua de lluvia para el lavado del inodoro, la ropa y el uso del jardín, se puede reducir hasta en un 70% el consumo de la red de un hogar tradicional de las ciudades, si los sistemas de agua caliente se suministran con agua de lluvia, esta reducción puede llegar al 85%, una familia de tipo de 4 personas consume aproximadamente 15 m³ al mes (130 litros/día por persona), lo cual conlleva a un costo promedios de entre \$40.000 y \$ 50.000 bimensuales, más un cargo fijo de instalación mensual si se parte de la hipótesis de utilizar agua pluvial para abastecer la cisterna de inodoros se obtiene un ahorro global del 30% en agua potable, reduciendo el costo mensual en agua de red hasta en \$12.000.



De hecho, varias autoridades gubernamentales en Colombia se vienen sumando para alentar un uso más generalizado del agua de lluvia en el hogar. Algunas jurisdicciones ya se han movido para exigir la construcción de nuevas viviendas que incluyan tanques de recolección de agua de lluvia para suministrar agua para el lavado de inodoros, lavandería y usos externos.

Hay proyectos en las ciudades capitales de Cundinamarca y Antioquía para otorgar reembolsos a los propietarios que instalan sistemas de recolección de agua lluvia en viviendas nuevas o existentes, este es el caso de almacenes como: Alkosto en Colombia que tiene un sistema de arquitectura verde que soporta hasta el 100% de las precipitaciones que caen sobre estos en las diferentes ciudades del país, pasando por ejemplo como el de Guanajuato México, donde en los edificios públicos se busca recolectar la mayor cantidad de aguas lluvias por estar en una zona desértica, hasta el caso de los Estados Unidos de América (EUA), donde se busca la reutilización del agua lluvia para actividades como la jardinería o el lavado de vehículos.

Las oportunidades para la recolección y el uso del agua de lluvia varían según la ubicación, ya que los hogares urbanos generalmente tienen una conexión a un suministro de agua reticulada, tratada (red) pero pueden reducir significativamente el uso de agua de red instalando un sistema de recolección de agua lluvia, así mismo ocurre en lugares como las universidades, empresas y demás.

Por otro lado, la mayoría de los hogares rurales tienen que aprovisionar toda su agua en sus propiedades, y el agua de lluvia a menudo proporciona un suministro doméstico de mejor calidad que el agua del río, del pozo o de la presa, mucho más en un país donde los servicios de

acueducto y alcantarillado son escasos para estas zonas.

Como indica Castañeda (2010) en su estudio de utilización de aguas lluvias en una escuela, evidenció que el uso de agua de lluvia puede reducir las facturas de agua, proporcionar un suministro alternativo durante las restricciones de agua y ayudar a mantener un jardín verde y saludable. Dependiendo del tamaño del tanque y el clima, el uso del agua de red puede reducirse hasta en un 100%.

En la actualidad, los sistemas para el aprovechamiento de aguas lluvias, se utilizan para emplear el agua de la precipitación que cae sobre la cubierta, la cual en casi todos los casos es conducida por canales y tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para luego ser utilizada en uno o varios usos, ya sea para riego, lavado, en sanitarios y orinales o incluso para el consumo humano, que se complementan con procesos de tratamiento (primario o secundario) para el mejoramiento de la calidad del agua. (Reyes & Rubio, 2014)

Los tanques de agua de lluvia pueden afectar negativamente a la salud humana de dos maneras principales: indirectamente, proporcionando un lugar de cría para mosquitos portadores de enfermedades, directamente, si el agua de lluvia es consumida por el hogar, u otros si regresa a un suministro municipal de agua reticulada. Agentes patógenos como *Cryptosporidium* y *Giardia* pueden estar presentes en el agua de lluvia, y en las áreas urbanas, el plomo y otros compuestos presentan un riesgo de contaminación química, la ausencia de flúor en el agua de lluvia también se debe considerar para los niños en el hogar.



Es por ello importante evitar la cría de mosquitos en el tanque para evitar la creación de un hábitat de cría de mosquitos, asegurarse de que las entradas y los desbordamientos del tanque estén adecuadamente seleccionados para excluir a los mosquitos, ya que el agua de lluvia puede reutilizarse para el consumo humano, el sistema debe diseñarse, operarse y mantenerse para garantizar que la calidad del agua sea adecuada, la desinfección del agua antes del consumo aún se debe considerar para aquellos cuyo sistema inmune está comprometido.

Sin embargo, es posible decir que se debe prevenir el reflujo, esto se da por cuanto que en muchas ocasiones el agua de lluvia y el agua de la red están interconectadas (por ejemplo, para el respaldo), el agua de red debe aislarse del sistema de agua de lluvia con un dispositivo de prevención de reflujo o un espacio de aire visible que no permitan que estas se devuelvan, por medio de la instalación de canaletas y tuberías suficientes para acopiar las precipitaciones, así como taques de llenado y reserva que permitan disponer de ellas posteriormente. La mayoría de los dispositivos de conmutación de red ya incorporan prevención de reflujo adecuado para su uso con un tanque sobre el suelo, ya que, si el agua de red está interconectada con el agua de lluvia de un tanque subterráneo, se debe instalar un dispositivo de prevención de reflujo comprobable en el suministro de agua a la casa. Por lo general, debe ser probado anualmente.

Es importante tener una lista de verificación del sistema de recolección de agua de lluvia, para eso es importante usar estas para guiar el diseño de un sistema de agua de lluvia adecuado para cada propiedad ya sea de tipo individual, o institucional y los usos de agua de lluvia de

manera planificada, por medio de un sistema de recolección de agua de lluvia que tenga los siguientes componentes:

- a. techo y canales
- b. sistema de recolección, incluidos los cabezales de lluvia que vierten las hojas y los primeros desviadores de descarga
- c. tanque
- d. sistema de suministro, posiblemente incluyendo bomba y filtros.

Según (Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J.,2008), “La captación de agua de lluvia es la Captación, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes y de tiendas, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines.” (p.4).

Existen una gran variedad de configuraciones de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia de cubierta los cuales pueden ser sencillos y económicos a complejos y costosos de acuerdo con los requerimientos propios del proyecto. En un sistema de aprovechamiento básico,

el agua es llevada a través de la gravedad a los puntos bajos de la edificación para ser almacenada o aprovechada directamente, mientras los sistemas más complejos están diseñados para captar, tratar, almacenar y distribuir el agua para ser aprovechada en la mayoría de las necesidades de los habitantes de la edificación, para ello el sistema cuenta con un interceptor de las primeras aguas que elimina el agua del lavado de la cubierta, filtros y procesos de desinfección también para mejorar la calidad del agua, hidroneumáticos y sistemas de bombeo que distribuyen el agua a los diferentes puntos hidráulicos, y dispositivos de control como: sensores de flujo, de nivel y de presión. (REYES & RUBIO , 2014)

En la arquitectura sostenible, se deben incluir elementos como los cuartos técnicos, tanques de almacenamiento y ductos para tuberías que afectan el proyecto. Éstas áreas, al no ser comercializables, son difíciles de conciliar, ya que en componentes como el tanque, las obras requieren una gran área y muchas veces se necesitan elementos estructurales especiales que afectan los costos implícitos dentro del proyecto, razón por la cual el diseño del tanque debe ser ajustado de la mejor forma, evitando volúmenes sobredimensionados que no sean eficientes desde el punto de vista del ahorro y uso eficiente del agua, o volúmenes subdimensionados que no permitan aprovechar al máximo la oferta de agua lluvia.

Es importante destacar que el uso del agua en los parques públicos de la ciudad y su entorno tienden a aumentar, de ahí que la recolección de aguas de lluvia se pueda hacer de diferentes maneras, estas serán enunciadas a continuación:

- a. Techo y canaletas

El agua de lluvia se puede recoger de la mayoría de los tipos de techos, dependiendo de la calidad del agua de lluvia requerida, este sirve para hacer la recolección, aprovisionamiento y almacenamiento de las aguas lluvias

b. Para el riego de jardines o césped:

Recoger de cualquier material de techo, excepto el asbesto sin sellar hay que asegurar que todas las canaletas caigan hacia las salidas preferiblemente ajuste una pantalla de hoja efectiva a las canaletas y use salidas de canaletas que se ajusten a la parte inferior de la canaleta, con fin de mantener el césped verde, el suelo hidratado, para ello se requiere de tanques de aprovisionamiento y bombas de riego, junto con los aspersores.

c. Para todos los demás usos, también:

Evitar que la vegetación sobresalga del techo, limpiar el techo y las canaletas antes de instalar el sistema coloque una pantalla de hojas de buena calidad en las canaletas o use una canaleta de hojas sueltas.

Para agua potable, también evite recolectar agua de lluvia:

Dentro de las secciones de techos que contengan plomo destellante o láminas de asbesto, y de techos pintados con pintura anterior a 1980 - si no pueden evitarse, se debe sellar adecuadamente al preparar la superficie y pinte con un sellador de techo de calidad potable adecuado, y no recolecte agua de lluvia de los primeros pocos eventos de lluvia después del sellado en áreas donde las toxinas en el aire están presentes en las actividades cercanas, como la eliminación de polvo y el procesamiento químico. (Ipcorp, 2014)

Según Ipcorp (2014), resulta ser útil tener un protocolo que permita utilizar adecuadamente los revestimientos y techos en los hogares para lograr cumplir el objetivo de mantener condiciones de inocuidad del recurso hídrico que hace sobre ellos, es decir tener materiales que no incidan con partículas contaminantes o que conlleven a perder el esfuerzo de recolección por estar contaminada con elementos como plomo o químicos de alto impacto para la salud humana, ya que de nada serviría recolectar el agua lluvia si posteriormente causa enfermedades o lesiones.

Un elemento a tener en cuenta para la instalación de tanques para la recolección de aguas lluvias es atenuar el pico de descarga de aguas lluvias al alcantarillado pluvial de la edificación en lluvias de gran intensidad.

Algunos ejemplos de aprovechamiento de agua lluvia en el mundo:

- Debido a la escasez de agua en Japón, en Tokio se promueve el aprovechamiento de agua pluvial. A través de este método también previenen inundaciones y aseguran agua para eventuales casos de emergencia. Por este motivo se implementan las llamadas “**Ronjinson**” que como se observa en la figura No. 3 se conforman de una bomba manual y un tubo de la caída del agua desde el techo. Tokio, Japón, las cuales reciben el agua del techo de la casa. Allí se almacena en un pozo subterráneo y se extrae utilizando una bomba manual (Figura No. 4). Posteriormente el agua se utiliza para riego (REYES &

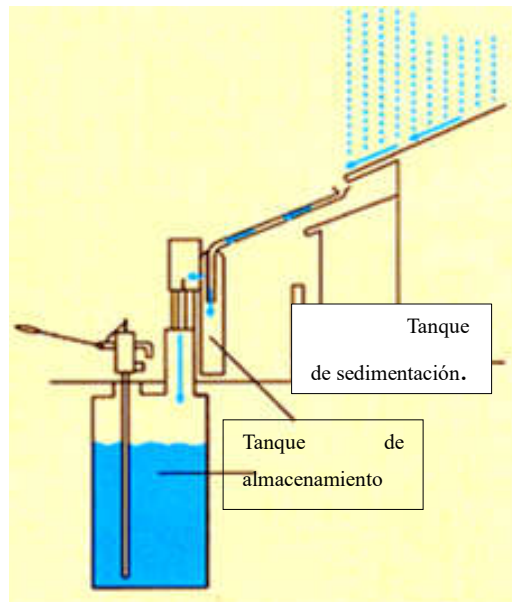
RUBIO , 2014).

Figura 4. Ronjinson



Fuente: Historia De Los Sistemas De Aprovechamiento De Agua Lluvia, (2006)

Figura 4. Esquema de funcionamiento del “Ronjinson”



Fuente: Historia De Los Sistemas De Aprovechamiento De Agua Lluvia, (2006)

- En **Tailandia** se utilizan vasijas de arcilla. El volumen más utilizado es el de 2.000 litros, aunque realmente la capacidad de dichos recipientes oscila entre 1.000 y 3.000 litros y constan de tapa, grifo y un dispositivo de drenaje. El sistema funciona recolectando agua lluvia de las cubiertas de las casas. (Altable, 2013)

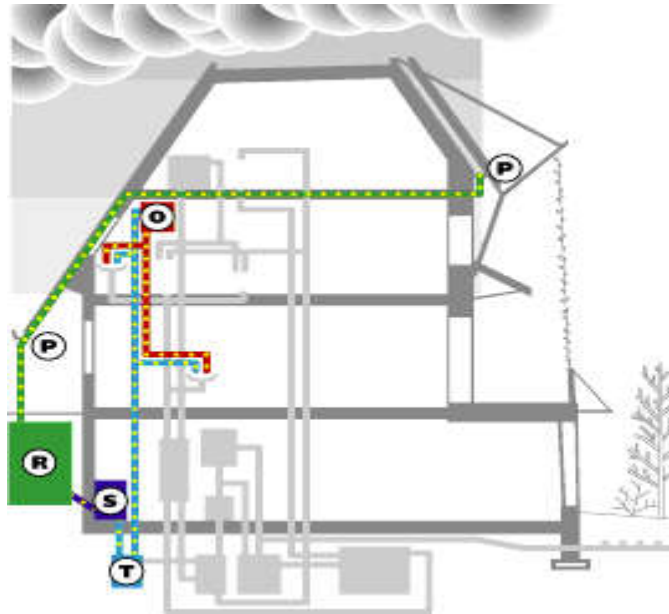
Esto permitió en su momento disminuir los consumos de agua de las fuentes tradicionales de las redes, con fines de experimentar las cualidades del agua lluvia, así como de los tratamientos y manejo adecuado para potabilización en términos reales.

- En Latinoamérica, **Brasil** ha tenido una importante inversión entre el gobierno y una

ONG para construir tanques de almacenamiento de hormigón prefabricado. El objetivo es abastecer a 5 millones de personas en el noroeste de Brasil con 1 millón de tanques. (FAO, 2015)

- **México**, por su parte, en el Estado de Guanajuato, que se encuentra a 2.140 m.s.n.m., tiene un clima seco, medio desértico. Esto representa un gran problema para la captación de agua lluvia, puesto que se tienen épocas de hasta dos meses sin lluvias. En 1.996 construyeron una cisterna con capacidad de almacenamiento de 500.000 litros de agua, cuya área de captación estaba cubierta con piedra laja. Posteriormente se hizo una nueva obra con el fin de recoger 285.000 litros más. Ésta la ubicaron a las afueras del municipio y consistía en dos cubiertas, con pendiente, que se unían en un canal. Aparte de las intervenciones ya mencionadas, en jardines y otras edificaciones institucionales existen sistemas de aprovechamiento de agua pluvial destinada al riego, al aseo de suelos y descarga de sanitarios. (Cuentame, s.f.)
- Más al norte, en los Estados Unidos de América, hay más de 50 compañías especializadas en el diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales, en su mayoría, aprovechando las grandes áreas de las cubiertas. En Canadá, como parte de un programa de conservación de agua, el gobierno entrega un subsidio para la compra de barriles plásticos para recolectar lluvia.

Figura 5. Esquema de funcionamiento de “Healthy House”.



Fuente de elaboración: Propia

De acuerdo con la figura No. 5 en el esquema de funcionamiento de Healthy House, **O** es la caldera, **P** son los tragantes a través de los cuales pasa el agua lluvia, **R** es el tanque de almacenamiento, **S** es el filtro combinado y **T** es el tanque de agua tratada desde el cual se bombea a los puntos de salida.¹

En **Colombia**, la mayor parte de la población se abastece de estas fuentes superficiales de agua. Además, hay embalses, lagos y quebradas que a través de los años han sido las típicas fuentes y debido a su facilidad de acceso, han generado un importante atraso en el desarrollo de otras alternativas para el suministro de agua, como es la posibilidad del aprovechamiento de agua pluvial.

¹ Ídem

Las afectaciones para la hidrografía son más importantes en los meses diciembre, enero y febrero, cuando se presenta El Niño y para septiembre, octubre y noviembre, cuando el evento es La Niña. Con los resultados del Estudio Nacional Ambiental (ENA), se ve que las zonas más afectadas durante estos fenómenos son la región Caribe y la Andina, por su cercanía al Pacífico y por el complicado relieve que hay, en donde se encuentran áreas de drenaje relativamente pequeñas. Estudio Nacional del Agua -ENA, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, (2010).

En algunas zonas del país, como en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, ubicado en el Mar Caribe, ha sido necesaria la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, aunque poco tecnificados. Otros casos aislados, pero similares se presentan en el puerto de Buenaventura (Océano Pacífico), Puerto Carreño (Capital del Departamento de Vichada), en los llanos orientales, o en algunos barrios aislados en Cartagena de Indias.

Otro caso que destacar y que a continuación se relaciona es el de las Empresas Públicas Municipales (EPM), una empresa colombiana que viene haciendo la desalinización de las aguas del océano atlántico, y en plena implementación en la guajira, para ello tomaron una iniciativa hecha en Chile, esta se describe a continuación.

Desde 2015, el Grupo EPM adquirió la concesión para suministrar el agua potable en la ciudad chilena de Antofagasta, ubicada en el desierto de Atacama, considerado el más

árido del mundo. La operación incluye una planta desalinizadora que desde 2003 abastece el 65 por ciento del agua potable de la ciudad convirtiendo el agua salada en una apta para el consumo humano. Aguas Antofagasta (Adasa), filial de EPM, invirtió 21 millones de dólares para ampliar dicha planta que pasará de producir 650 a 850 litros por segundo, lo que les permitirá abastecer, para fin de año, al 80 por ciento de los clientes de la ciudad con agua de mar desalada. (El Tiempo, 2016)

Hay otros casos aislados, normalmente en edificios institucionales o comerciales, en los que se ha optado por implementar sistemas de aprovechamiento de agua pluvial intentando cubrir la totalidad o, por los menos, gran parte de la demanda. Algunos de estos edificios son:

- El edificio del hipermercado Alkosto, en el barrio Venecia al sur de Bogotá. Allí se aprovechan 6000 m² de cubierta para captar unos 4800 m³ de lluvia anual. De esta forma se alcanza a satisfacer el 75% de la demanda de agua potable de la edificación.
- El edificio del hipermercado Alkosto, en Villavicencio capital del Departamento del Meta. Allí se aprovecha una cubierta de 1061 m² con la que se recoge el agua lluvia. Ésta se almacena en un tanque de 150 m³ para ser posteriormente tratada en una planta de tratamiento a través de procesos de floculación, filtrado y cloración. Este sistema proporciona suficiente agua potable para satisfacer la demanda del almacén durante todo el año.

- El Edificio de Posgrados de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Bogotá, cuenta con un sistema en la cubierta, la cual es protegida con grava, que capta el agua pluvial y la lleva a un tanque subterráneo. Desde allí se bombea agua para descargar los sanitarios y alimentar las fuentes y los espejos de agua del edificio.

5. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se hará una descripción de los conceptos utilizados de manera recurrente en la investigación, así como su significado para entender su pertinencia en la misma

Abastecimiento: Maneras en las cuales se proporciona agua, ya de aguas residuales o potabilizada.

Agua pluvial: esta se refiere a las precipitaciones que caen a la tierra en forma de aguas lluvias.

Agua potable: Tipo de recurso hídrico que se distribuye por medio de una red de acueducto, generalmente potabilizada por medio de cloro, según la norma establecida para tal fin.

Agua subterránea: Esta procede de la caída de precipitaciones en la tierra, que llega a ríos, lagos y riachuelos para luego infiltrarse en el subsuelo donde se forman los depósitos.

Agua: Líquido incoloro, cristalino que procede de las lluvias, se deposita en ríos, mares, lagunas entre otros, formado por hidrogeno y oxigeno que sirve para distintas actividades humanas como la agricultura, el baño, la industria entre otros.

Canaleta: Elemento producido por el hombre por materiales como el plástico, los metales con un cauce que guía de manera direccionada por medio de las bajantes hacia los depósitos de aguas lluvias que serán reaprovechadas.



Captación: Superficie que se ha destinado para para hacer el proceso de la recolección de las aguas lluvias con fines de aprovechamiento y almacenamiento dentro de los parques administrados por el IDRD en Bogotá.

Depósitos de acumulación: Recipientes que se utilizan con fines de acopio y posterior reaprovechamiento de las aguas pluviales con fines de mantenimiento de infraestructura verde.

Contaminación: introducción de elementos externos a los compuestos químicos del agua que cambian sus cualidades naturales y la convierten en un peligro para el consumo humano.

Decantación: Proceso de purificación del agua de partículas por medio de un recipiente que a bajas revoluciones gire hasta que por medio de los efectos de la gravedad deja en el fondo recogidas todos aquellos elementos solidos que pueden causar daños a la salud humana o generar problemas de contaminación en ella.

Desagüe: Elemento natural o artificial que sirve para evacuar aguas, ya sea para la red de alcantarillado o como se propone en esta investigación para reaprovechamiento de aguas pluviales.

Distribución: Manera en la cual se hace la conducción de las aguas por medio de una red de acueducto o entendida para efectos de la investigación como llevar el agua lluvia desde diferentes elementos de captación hacia depósitos de recolección de aguas lluvias para ser reaprovechadas en el mantenimiento de los parques de la ciudad de Bogotá.

Ecosistema: Conjunto de elementos naturales que tienen una organización y maneras de lograr que interactúen por un lado el ambiente físico y por el otro los seres vivos.

Grados de filtración: Hace referencia al tamaño de las partículas que pueden estar presentes en el agua después de las precipitaciones, estas se pueden clasificar por el tamaño; en grandes, medianas y pequeñas.

Infraestructura verde: Construcción hecha por mano de obra del hombre con fines de reaprovechamiento de recursos como el agua lluvia, así como la búsqueda de la sustentabilidad y sostenibilidad de huella ecológica del hombre.

Pluviosidad: Cantidad de aguas lluvias que caen una zona geográfica, dentro de un



tiempo determinado.

Potabilización: Proceso mediante el cual se logra que las aguas lluvias puedan ser reaprovechadas para labores como jardinería o mantenimiento de los parques de la ciudad de Bogotá.

Recolección: Elementos que sirven para generar la captación en las partes bajas del recolector las aguas lluvias con fines de reaprovechamiento para conducirla al tanque de almacenamiento.

Reaprovechamiento: Condición en la cual se utilizan las aguas lluvias con fines de utilizarla en tareas que no requieran de potabilización para consumo humano.

Saneamiento: Se refiere al conjunto de técnicas y elementos que se utilizan para lograr condiciones higiénicas y de potabilización del agua para fines de consumo humano o de inocuidad.

Sostenibilidad: Se refiere al mantenimiento de las condiciones de un ecosistema o medio ambiente en donde se deja de lado la huella ecológica, se hace un trabajo armonioso entre el gasto del recurso y la búsqueda de su conservación para que pueda continuar existiendo en condiciones de aprovechamiento responsable para generaciones futuras.

6. EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

Queda claro que los elementos que hacen posible la recolección del agua se hacen dentro de unos análisis de la demanda del líquido, por un lado, así como el uso que se le da y las condiciones en las cuales se obtiene, ya sea por medio de elementos artificiales o por medio de la recolección de aguas lluvias, que es el fin de esta monografía, por ello cabe preguntarse ¿Están listos los parques de la ciudad de Bogotá para la recolección de aguas lluvias durante el año? ¿Alguna vez se ha escuchado sobre la recolección de agua de lluvia o sobre las aguas pluviales en los parques distritales?, estas preguntas conllevan a revisar los datos sobre el promedio de recolección de aguas de este tipo en los parques de la ciudad que según datos del Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte (IDRD, 2009), en promedio, un parque con una extensión promedio de 5000 m^2 tendrá 47,500 galones de agua en el suelo, los sumideros y zonas de recolección de aguas pluviales. Esto representa que en promedio se podrán recolectar hasta 130 galones por día, siendo ¡mucho agua!, aún puede llover más en extensiones de tierra más grandes.

De ahí que se piense que recolectar el agua de lluvia en los parques de la ciudad, se convierte en una gran manera de ahorrar agua para los meses más secos en el verano y ahorrar dinero en las facturas de agua, para ello resulta ser necesario a lo largo del tiempo tener una instalación simple para salvar el medio ambiente y utilizar la lluvia como una forma de regar el jardín, el césped y el paisaje se vea más amable.

Hay otras alternativas de aguas pluviales que ayudan al medio ambiente y mantienen el

agua limpia, algunas alternativas ayudan a conservar los recursos hídricos y a reducir las inundaciones en los parques y zonas aledañas, estas alternativas de aguas pluviales pueden reducir la erosión del suelo y proteger la calidad del agua.

Una cosa que se debe considerar antes de instalar sistemas de recolección de agua de lluvia o alternativas de aguas pluviales es la cantidad de agua que corre por la superficie del parque, ya que esto determinará qué método de aguas pluviales funciona mejor en este tipo de infraestructura distrital.

Por ello se debe entender por sostenibilidad como parte de la solución de un problema que se viene presentando en los parques de la ciudad, que se relaciona con el concepto de sostenibilidad y aprovechamiento de las aguas pluviales con fines de conservación de los ecosistemas que se encuentran alrededor de ellos.

De esta manera este documento resume los procedimientos llevados a cabo y los datos utilizados para la planificación y el diseño del sistema específico de recolección de aguas lluvias, así como una visión general de la experiencia hasta su construcción como parte del equipamiento urbano de los parques de la ciudad, que se conviertan en ejemplo para otras entidades.

Es así como en la búsqueda de la viabilidad del proyecto resulta clave entender que de acuerdo con las campañas de calidad, se requiere mejorar, por un lado la recolección de aguas lluvias, así como los procesos que se han venido implementando a nivel global y por supuesto en Colombia, específicamente en el distrito capital con relación a lo hecho por el distrito capital, dentro de las opciones de tratamiento de bajo costo, para que ayuden en el proceso de la

conservación del recurso hídrico, así como en la disminución de la manutención de la infraestructura de parques en la ciudad de Bogotá.

De esta manera se proponen una serie de escenarios de RWH, y el mejor escenario fue elegido de acuerdo con una herramienta de MCDA especialmente desarrollada para este propósito (usos no potables, como el riego del césped, para recolección, almacenamiento y tratamiento), esto como parte del escenario de transformación ecológica que se ha escogido, por medio de un reservorio construido siguiendo un método simplificado especialmente desarrollado para el tanque de almacenamiento. Este método tiene en cuenta la probabilidad de falla del sistema (la probabilidad de no tener agua), considera todos los años de resolución de los datos hidrológicos y los efectos del cambio climático (los últimos 10 y 5 años, y el último año), en lugar de diseños SUDS convencionales que consideran eventos extremos. Además, esta probabilidad de falla será un valor de referencia para evaluar el rendimiento del método de diseño propuesto.

La implicación de tener un reservorio construido hará que se pueda estudiar el rendimiento (su atenuación hidráulica y el rendimiento de la calidad) a una escala real, facilitando los primeros resultados que muestran que tanto el reservorio de agua pluvial como el sistema de recolección, cumple su propósito en términos de atenuación de la escorrentía máxima y volumétrica. La siguiente fase de monitoreo consistirá en la instalación de sensores de calidad (turbidez en línea y sensores de pH).

Además, el sistema puede verse como un laboratorio a gran escala para estudiar la



biodiversidad y los impactos ecológicos dentro de los procesos hidrológicos e hidráulicos que se presentan en los parques de la ciudad, se espera que este sistema sea un ejemplo para futuros proyectos de recolección de aguas lluvias y una herramienta para futuros investigadores.

5.1. Generalidades

El concepto de sostenibilidad es hoy en día conocido y aplicado en la actividad de la construcción intentando que cualquier producto o proceso se realice con el mínimo impacto negativo sobre todo lo que lo rodea y, además, que éste se prolongue en el tiempo de forma indefinida. Se puede decir que el “Desarrollo Sostenible”, abarca facetas que incluyen la industria y el transporte, así como muchas otras de la actividad humana y se debe encaminar hacia eliminar la desigualdad existente entre países desarrollados y los que están en vía de desarrollo, mejorando procesos y resultados.

La sostenibilidad es una disciplina amplia que brinda a estudiantes y graduados conocimientos sobre la mayoría de los aspectos del mundo humano, desde las empresas hasta la tecnología, el medio ambiente y las ciencias sociales. Las habilidades básicas con las que los egresados abandonan la universidad son muy buscadas, especialmente en un mundo moderno que busca reducir drásticamente las emisiones de carbono y descubrir y desarrollar las tecnologías del futuro.

Al respecto se puede decir que:

La sostenibilidad se basa en la política, la economía y la filosofía y otras ciencias sociales, así como en las ciencias duras. Las habilidades de sostenibilidad y la conciencia ambiental son una prioridad en muchos trabajos corporativos a nivel de posgrado y más a medida que las empresas buscan adherirse a la nueva legislación. (Responsabilidad social, s.f.)

Por lo tanto, los graduados en sostenibilidad entrarán en muchos campos, pero más comúnmente planificación cívica, consultoría ambiental (entorno natural y construido), agricultura, sin fines de lucro, estrategias corporativas, evaluación y planificación de la salud, e incluso en el campo jurídico, teniendo incidencia directa en la toma de decisiones, haciendo posible esperar una mejor cualificación, así como tener mayores opciones y oportunidades tanto desde lo laboral, así como de cuidado del medio ambiente.

La sostenibilidad es uno de los temas más nuevos que intenta vincular las ciencias sociales con la ingeniería cívica y la ciencia ambiental con la tecnología del futuro, cuando se escucha la palabra "sostenibilidad" se tiende a pensar en fuentes de combustibles renovables, reduciendo las emisiones de carbono, protegiendo los entornos y una forma de mantener en equilibrio los delicados ecosistemas de nuestro planeta. En resumen, la sostenibilidad busca proteger nuestro medio ambiente natural, la salud humana y ecológica, a la vez que impulsa la innovación y no compromete nuestra forma de vida.

Para sintetizar se puede decir que la sostenibilidad abarca una gran cantidad de acepciones, pero que para el presente estudio se dirá está referida al estudio de las condiciones en

las cuales las prácticas humanas no tengan una huella ambiental prominente sobre el planeta y sus recursos como parte del respeto por el entorno, específicamente en cuanto a la reutilización del recurso hídrico con fines de manutención de la infraestructura verde, así como los parques de Bogotá.

6.2. Construcción sostenible y parámetros que evaluar

En el mundo se hacen ingentes esfuerzos por lograr disminuir la huella ecológica que produce el uso de materiales de construcción con fines de elaboración de edificaciones y en general infraestructura, buscando que cada vez más sean sostenibles en el tiempo, máxima duración y un factor muy importante que sería el del respeto con el medio ambiente, esta cuestión es la que se aborda a continuación como parte de una preocupación propia alrededor de cuáles son los elementos que deben hacer parte de un uso responsable y mesurado de materiales de construcción en el caso de los parques de la ciudad de Bogotá, así como en su infraestructura para mitigar los efectos de estos en el medio ambiente, es por ello que se formuló el “documento Técnico Soporte De La Política Pública De Construcción Sostenible Para Bogotá D.C.” de la (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2012), con el fin de lograr una posición por parte del estado frente al tema.

La administración distrital se encuentra entonces ante la posibilidad de producir un aporte de gran envergadura al desarrollo sostenible y a una manera correcta de formular el

urbanismo y la arquitectura. Esto mediante la formulación de una serie de acciones técnicas que reconocen la realidad ambiental, socio-cultural y económica del lugar sin copiar referentes extranjeros, y que permita orientar el ordenamiento del territorio y el mejoramiento de la calidad de vida de la población con criterios de equidad. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2012)

Es esa preocupación frente al cambio climático, relacionado con la perspectiva del desarrollo sostenible, que determina la acción de la administración distrital como parte de estrategias que vinculen el tema de la construcción sostenible dentro del ámbito distrital que permita lograr convertir a la ciudad en pionera de estos procesos en América Latina.

Esta cuestión se ve reforzada con un problema asociado y es el referido a las zonas verdes y de parques con las que cuenta la ciudad, las cuales son deficitarias en tanto no están dentro del estándar internacional, es por ello que a continuación se hace la comparación entre lo que existe en la ciudad y lo que se puede desarrollar.

La OMS recomienda que las ciudades dispongan, como mínimo, entre 10 y 15 m² de área verde por habitante, y de 1 árbol por cada 3 habitantes, distribuidos equitativamente en relación con la densidad de población. Este es un indicador ambiental urbano usual a nivel mundial que permite hacer comparaciones. Bogotá cuenta con apenas 0,16 árboles por habitante, mientras que ciudades como Madrid, Santiago de Chile y Ciudad de México tienen 14, 10 y 3.5 árboles por habitante respectivamente. Adicionalmente, se observa que la distribución de arborización en el área urbana es sectorizada y desigual.

No solo se ven localidades casi desprovistas de árboles, sino que es evidente que éstos se plantan preferiblemente sobre andenes en las grandes vías. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2012)

Esta condición deficitaria en la ciudad con respecto a otras capitales del mundo, hace que el uso de infraestructura verde se pueda desarrollar más fácilmente que en otras regiones del país, pero al mismo tiempo se convierte en una situación problemática en tanto genera la disminución de espacios aptos para desarrollar un trabajo sustentable, sostenible que pueda generar a futuro una mayor apropiación del espacio por parte de los ciudadanos en la medida que se pueda lograr ampliar la oferta de parques y zonas verdes en donde se pueda hacer la recolección de aguas pluviales acordes a la necesidad de la protección del patrimonio verde de la ciudad.

Ahora bien, esta cuestión se debe desarrollar desde la visión del respeto y compromiso con el medio ambiente, esto implica el uso sostenible de recursos, prestando especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y buscando la minimización del consumo de energía en la utilización de los edificios durante su vida útil.

Se puede dar un enfoque a este tema con base en unos pilares específicos como son el económico, el social, el medio ambiental y el funcional. Éstos, que a la vez serán los parámetros que evaluar para determinar la sostenibilidad de una edificación, serán descritos a continuación:

Los indicadores de sostenibilidad del sector de construcción e inmobiliario brindan información sobre la influencia de la industria como un todo, y sobre los impactos que tiene esta



en la operación de edificios y otros activos construidos. Existen diferentes enfoques para los indicadores debido a las diferencias entre, sociedades, tradiciones industriales, medio ambiente y geografía.

Los indicadores de sostenibilidad para un proyecto de construcción se pueden seleccionar de varias listas preparadas a nivel del gobierno, el sector y la comunidad, por ello en el caso del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los objetivos del milenio establecen que el marco de referencia de las áreas temáticas deben basarse en la suposición de que un enfoque de construcción sostenible incluye todos los factores que puede afectar el ambiente natural o la salud humana.

Para un contratista o administrador de la instalación, es importante diferenciar entre los criterios y las herramientas utilizadas para evaluar la tecnología en el genérico o nivel global, y el enfoque utilizado en la aplicación específica del sitio o nivel local, ya que a pesar de algunos elementos que evidencian las diferencias entre las listas de indicadores, la mayoría de ellos trata directa o indirectamente sobre las siguientes cuestiones:

Cuestiones clave: consumo de recursos, presión ambiental, eficiencia energética y del agua, aire interior calidad, comodidad y costos del ciclo de vida, uno de los indicadores se expresa mediante un valor derivado de una combinación de diferentes parámetros medibles (variables), estos deben definirse de forma clara, transparente, inequívoca y correcta, incluso antes de abordar la preocupación de si se relacionan y evalúan varios parámetros. Los indicadores generalmente se agrupan (agregados, categorizados), y varios indicadores

adicionales pueden crear subgrupos en un sistema jerárquico.

Gestionar y evaluar la sostenibilidad del edificio, por medio de los métodos de Building Sustainability Assessment (BSA), esta es solo es una variable de análisis que ayuda a la comprensión de las alternativas propuestas pero que se pueden orientar a diferentes escalas de análisis: por ejemplo; el material de construcción, producto de construcción, elemento de construcción, zona independiente, construcción y barrio. Mediante el análisis de los alcances del soporte y evaluación de sostenibilidad más importante sistemas y herramientas, es posible distinguir tres tipos de métodos de evaluación:

- Sistemas para gestionar el rendimiento del edificio (diseño basado en el rendimiento);
- Sistemas de evaluación del ciclo de vida (LCA);
- Sistemas de calificación y certificación de edificios sostenibles

En la actualidad, el área donde está localizada Bogotá presenta un calentamiento del orden de $0,1^{\circ}\text{C}$; de la misma manera la región presenta una tendencia hacia la disminución de la precipitación. En la escala regional, la interacción de la orografía con la circulación atmosférica: los alisios y la circulación valle-montaña generados por el río Magdalena generan una señal particular del calentamiento y de los cambios de la precipitación en la Sabana de Bogotá (disminución) y en la vertiente oriental de la cordillera oriental – piedemonte y sector Chingaza (aumento). Los procesos de urbanización sobre la Sabana de Bogotá han generado cambios en la superficie terrestre debido al endurecimiento de dicha superficie a través de la construcción de edificios,

vías, y demás infraestructura urbana, trayendo como consecuencia un mayor calentamiento en el casco urbano conocido como “efecto isla de calor”. Los factores mencionados anteriormente han ocasionado que la temperatura media del aire está aumentando a razón de 0.2-0, 3° C/decenio; en la Sabana de Bogotá la precipitación está disminuyendo a un ritmo de 3% del volumen anual/decenio, mientras que en el sector de Chingaza la precipitación está aumentando (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012)

Es por ello importante entender que se debe manejar un método simplificado para evaluar la sostenibilidad del edificio (MSESE) y en general de la infraestructura verde, para poderlo desarrollar se requiere una base en la cual se puedan construir evaluaciones de sostenibilidad para poder parametrizar las Herramientas que sirvan para ayudar a los arquitectos en los proyectos de construcción de infraestructura verde, en la cual se puedan definir una serie de fases de planificación.

De esta manera resulta importante tener una herramienta de cálculo como Excel que permite hacer una evaluación temprana y rápida en la medida en que se cumplan las demandas de la construcción sostenible que está destinado principalmente para poder planificar el proyecto para tener una visión general del cumplimiento de las demandas de sostenibilidad, especialmente en los parques y zonas verdes de la ciudad.

Ya en las primeras etapas de planificación, sobre la base de los resultados adquiridos, es posible optimizar el proyecto en búsqueda de irlo mejorando, mientras todavía está en la etapa de

planificación temprana cuando esto es más efectivo.

Desde ahí cuando el arquitecto evalúa el proyecto de acuerdo a los criterios, que tienen una ponderación de prioridad, basado en el juicio realizado por expertos en el campo de la construcción sostenible, esto junto a la descripción básica permite una preparación para poder hacer la explicación detallada de las demandas para todos los criterios, por ejemplo; materiales, terrenos, fuentes hídricas propias, impacto de la presencia humana en el lugar, estas se basan en las demandas existentes, que fueron extraídas, resumidas y ajustadas para una evaluación simplificada de la construcción, con esta herramienta. Las explicaciones detalladas de los criterios forman la base para determinar en qué medida se cumplen los criterios individuales, los criterios se evalúan en la escala en función de la cantidad de demandas que cumplen: proyecto: 0% no cumple, 20% cumple parcialmente; 40% -partly cumple; 60% cumple en su mayoría; El 80% cumple casi por completo y el 100% cumple totalmente, de ahí que se pueda decir entonces que la relación entre construcción de infraestructura en su capítulo verde tenga una relación entre la visión institucional, así como de logros entre los diferentes actores que intervienen, autoridades distritales, locales y empresas de ingeniería y arquitectura que actúan como contratistas de la ciudad dentro de ese ámbito de acción. (Secretaría distrital de planeación, 2017)

5.2.3. Parámetros Ambientales y análisis de ciclo de vida.

Aquí se tienen en cuenta todos los aspectos que afectan de alguna forma la tierra, en

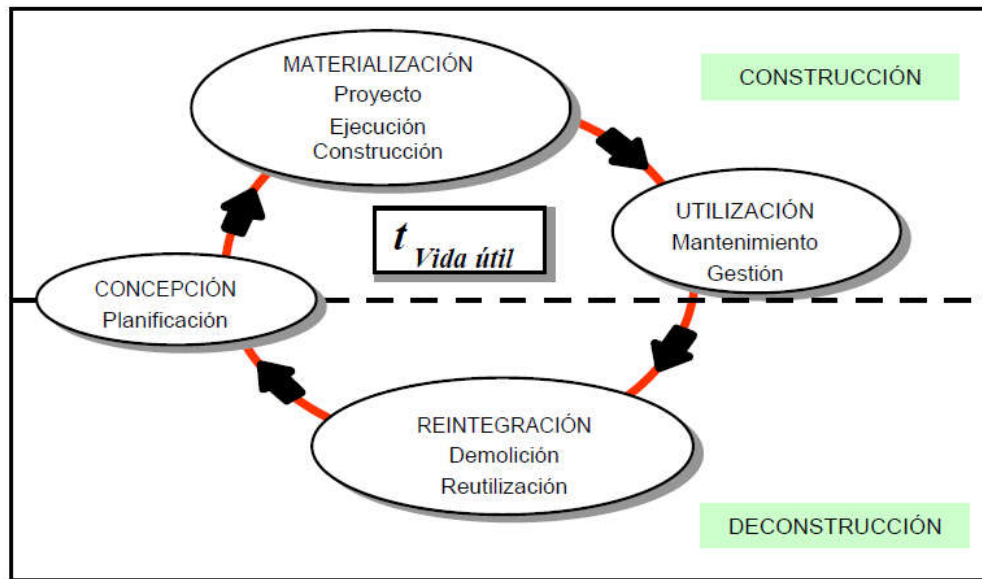
general. Se procura principalmente lo siguiente:

- Reducir al mínimo la cantidad de energía, agua y materiales que se utilicen en la construcción y durante cada etapa del ciclo de vida.
- Maximizar el reciclaje y la reutilización de recursos en las obras en ejecución.
- Incrementar el uso de materiales renovables y hacerlo mucho mayor que el de no renovables, haciendo énfasis en los materiales y la energía que se utilicen en las construcciones.
- Minimizar la contaminación de aire, agua y tierra a través de la aplicación de políticas ambientales que se tengan a nivel local y global. (UICN, 2011)

Para la evaluación de los parámetros ambientales es de gran importancia hacer un análisis del ciclo de vida de la edificación. Ésta consta de todas las etapas por las que pasa el edificio, desde el diseño hasta su demolición.

Resulta de gran importancia definir las diferentes etapas del ciclo de vida de una edificación con el fin de poderla evaluar en el ámbito de la sostenibilidad. Cada una de estas etapas tendrá diferentes valores para los indicadores de gestión propuestos, por ejemplo con la cantidad de agua lluvia recolectada o la pertinencia de un tipo de infraestructura verde de acuerdo a los ciclos del agua que se aprecian en la figura 6.

Figura 6. Etapas del ciclo de vida de un edificio



Fuente: Diagrama del ciclo de vida (Aguado & Casanova, 1997).

5.2.3. Parámetros Económicos

La importancia de los parámetros económicos en la evaluación de la edificación radica en que siempre se pretende obtener un determinado rendimiento a partir de una inversión, que siempre es lo más reducida posible.

En este aspecto se busca lo siguiente:

- Mejorar la competitividad en el mercado con políticas aplicadas de avances en sostenibilidad.
- Escoger responsablemente proveedores e industriales que sean capaces de realizar su trabajo respetando el medio ambiente.

- Invertir en el uso de recursos renovables pensando en las futuras generaciones.

5.2.4. Parámetros Sociales

Estos se basan en la equidad y justicia social, es decir, en que el servicio sea para todos por igual.

Las características que se buscan en el ámbito social son las siguientes:

- Mejorar la calidad de vida de la gente, con mayor confort e intentando satisfacer al máximo las necesidades básicas. Por lo menos hasta donde el clima y el entorno lo permitan.
- Proteger la salud humana con adecuadas planeaciones de proyectos. Se deben reducir los riesgos de accidentes a través de planes de seguridad industrial, que incluyan, además, una reducción en el uso de sustancias tóxicas. En resumen, se debe reducir notablemente el riesgo de accidentes.

5.2.5. Parámetros Funcionales

Se busca la simplicidad en la mayor parte de los aspectos de la construcción y que mejorarán el funcionamiento en cada una de las etapas del ciclo de vida. Por lo tanto, se busca lo siguiente:

- Una construcción durable, confiable y funcional, a través de la elección de adecuados procesos constructivos. En lo posible, se busca la simplicidad de éstos.
- La elección de materiales adecuados para posteriores modificaciones o para el

desmontaje total de la edificación. Lo ideal es no afectar mucho el entorno y, además, poder reutilizar la mayor cantidad de material sin haberlo dañado.

- Una adecuada elección del diseño, con fácil accesibilidad a sitios con posibles daños para así reducir los tiempos de mantenimiento y no afectar a la gente que utiliza este servicio.

5.3. Evaluación de la sostenibilidad. Modelo MIVES.

Para realizar la evaluación de sostenibilidad, se utilizará el modelo MIVES (Modelo Integrado de Valor para Edificios Sostenibles). Éste propone articular el proceso en 4 etapas: análisis, creatividad, evaluación y control.

La evaluación de la sostenibilidad (ES) es un método complejo de evaluación. Se lleva a cabo para apoyar la toma de decisiones y las políticas en un amplio contexto ambiental, económico y social, y trasciende una evaluación puramente técnica / científica. Este documento se centra en la sistematización del conocimiento sobre la evaluación de la sostenibilidad técnica / científica, abordando elementos críticos de toma de decisiones centrados en expertos de dominio. Hacemos una distinción entre evaluación integrada y Sostenibilidad Ambiental, SA. Nuestro enfoque sistémico describe cómo pasar de una evaluación integrada a una SA. Las diferencias fundamentales involucradas se refieren a tres niveles: ontológico, metodológico y epistemológico. Presentamos un nuevo marco metodológico para SA, basado en una meta-revisión de la literatura de metodologías, modelos e indicadores de evaluación multi-escala y multi-propósito. SA es esencialmente un procedimiento estructurado que abarca diferentes

métodos y modelos analíticos específicos de campo, para aplicaciones específicas y contextos de decisión. Las aportaciones externas a la metodología son los "valores" considerados en el análisis y los límites definidos, incluido el marco de sostenibilidad pertinente. Los elementos metodológicos internos comprenden el enfoque que se debe adoptar (por ejemplo, "qué pasa si" frente a "qué hacer"), el diseño de escenarios y los modelos analíticos e indicadores mensurables para un análisis operacional. Los métodos para cuantificar la incertidumbre son ingredientes clave del marco de evaluación.

Según Núñez (2005), se debe revisar el documento desde la relevancia y los desafíos de política para el desarrollo de SA, con la debida atención a la aplicabilidad en contextos de decisión del mundo real.

En esta etapa se define el alcance de la evaluación. Para esto se definen tres ejes principales, dentro de los que están los planos de requerimiento, los componentes y el ciclo de vida de la edificación.

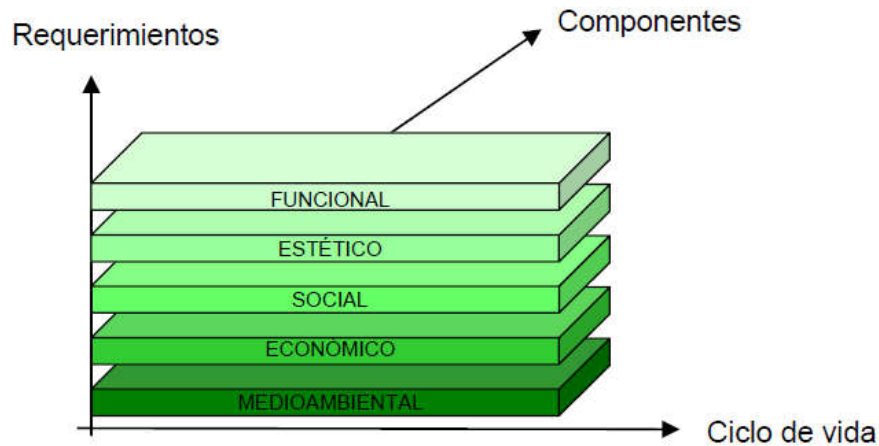
- El eje de requerimiento identifica lo que define la sostenibilidad del edificio. Cualquier tipo puede ser incluido. Como ejemplos de estos requerimientos se pueden poner: Plano funcional, plano social, plano económico y plano medioambiental.
- El plano funcional contempla el desempeño material del proyecto, dentro de lo que se incluye la eficacia de su operación, la facilidad de mantenimiento, etc.
- El plano social tiene en cuenta la aceptación del proyecto de parte de la sociedad, que incluye el grado de satisfacción de ésta, así como el valor cultural, político o religioso de

la obra.

- El plano económico incluye todo lo referente a costos, como la financiación del mismo, el precio por unidad de construcción, etc.
- El plano medioambiental valora los posibles impactos ambientales que se puedan generar durante la ejecución y la vida útil del proyecto. (Núñez, 2005)

Con lo anterior, el eje de requerimientos quedaría definido así:

Figura 7. Planos de requerimientos



Fuente: Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles, Tesis Doctoral UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (2006).

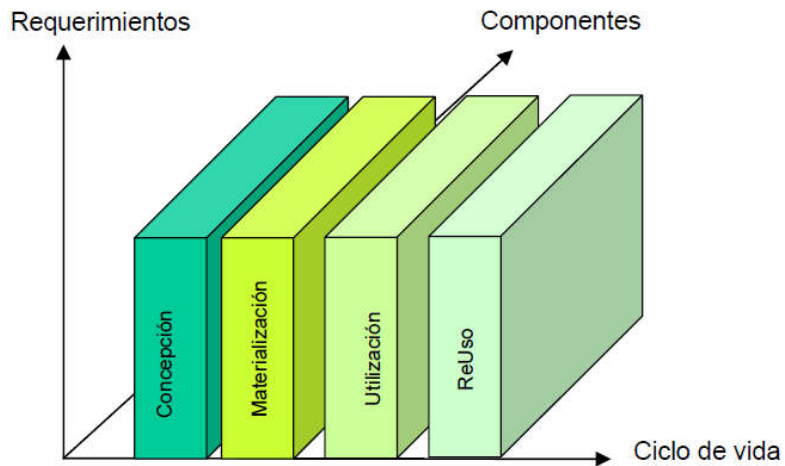
5.3.1. Ciclo de Vida

El último eje es el del ciclo de vida. Éste corresponde al análisis temporal del proyecto enlazando procesos o actividades. De esta manera es posible modelar y racionalizar de algún

modo el ciclo de vida.

A continuación, se muestra el ejemplo de las fases del ciclo de vida de un edificio industrial, que puede ser aplicado a otras obras:

Figura 8. Fases y procesos del ciclo de vida



Fuente: Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles, Tesis Doctoral UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (2006).

7. Planificación Del Sistema

La implementación de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, significa el uso de mano de obra, maquinarias, compra de materiales, es decir genera un costo

adicional al determinado para un proyecto típico, por lo que es importante establecer si realmente es necesaria esta obra, y si se obtienen los beneficios ambientales y económicos que justifiquen dicha inversión.

La manera de determinar esto es mediante el análisis de la precipitación efectiva y el uso consuntivo del agua recolectada, definiendo a los mismos como:

- Precipitación efectiva: Es aquella que está disponible para el uso, en otras palabras, es el agua que no se ha perdido por evaporación, percolación profunda o escorrentía.
- Uso consuntivo: Es el requerimiento de agua de una edificación, ya sea para usos domésticos, industriales, de lavado, de riego, o cualquier otro uso que pueda y necesite darse dentro del proyecto.

En función de estos dos valores, se debe determinar si existe o no un déficit hídrico, es decir determinar si el uso consuntivo del proyecto es mayor que la precipitación efectiva y de ser así en que porcentaje se podrá utilizar ésta última para suplir, si no toda, parte de la demanda de agua. También es importante definir la escorrentía, puesto que en este sistema se debe favorecer la misma para captar el agua de manera más rápida y en mejores condiciones, de esta forma, se define como la proporción de lluvia que fluye superficialmente sobre el terreno o las cubiertas y zonas duras del proyecto. Depende entre otros factores, de la pendiente, del tipo de suelo, de la cubierta, de la humedad del suelo y el ambiente previo a la lluvia, así como de la intensidad y duración de la lluvia. Cabe destacar que es de vital

importancia que la intensidad y la duración sean suficientes para producir la escorrentía. (Perdomo & Zapata, 2010)

Consta básicamente de tres partes:

- Área de captación
- Tanque de almacenamiento
- Área de aprovechamiento o demanda de agua, las cuales dependen del uso de la edificación, situación socioeconómica en la zona del proyecto y características climáticas e hidrológicas de la zona. (Reyes & Rubio , 2014, pág. 25)

En ese sentido como lo reconoce Reyes & Rubio (2014), es claro que el aprovechamiento de agua debe ser una manera de lograr entender las relaciones entre el conocimiento y la aplicación de nuevas formas de conservación y apoyo del cambio climático, dentro del contexto de la zona de intervención, esta condición es acorde a las necesidades de adaptación al cambio climático.

Ahora bien si se tiene en cuenta que la infraestructura construida dentro de los parques de la ciudad no correspondía a términos de lograr una labor de acceso al agua lluvia como parte de un consumo responsable y el aprovechamiento de los recursos naturales, en este caso el agua, es por ello que se relaciona la manera en que se planifica la construcción, así como el manejo de los recursos de manera tal que se pueda construir adecuadamente y con una visión de reutilización y disminución de costos en los parques del distrito capital.

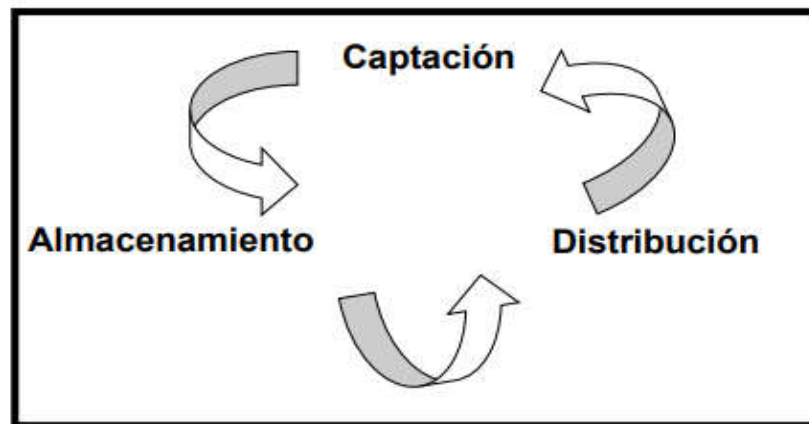
Por otro lado es claro que en la medida que se requieren ampliar los elementos de recolección de aguas pluviales en los parques públicos de la ciudad, esta debe corresponder a que:

Se encontró que las condiciones climáticas con las que cuenta la zona de estudio de ésta investigación ofrecen resultados óptimos con los cuales se puede generar un proyecto constructivo con el fin de poder almacenar agua pluvial suficiente para usarla en lo público – doméstico y de esta manera generar un impacto social para el beneficio de toda la comunidad (Coronado, 2014)

Es decir, si se toman las medidas necesarias dentro de la planificación de la recolección de aguas lluvias, no solamente se ve la disminución de los costos de manutención del servicio de acueducto en los parques públicos de la ciudad, sino que este redunda en beneficio de la comunidad, por un lado, en la utilización del parque, así como en ambientes más sanos y sostenibles con fines de disminuir la huella ecológica que los seres humanos generan en los ecosistemas con los cuales interactúa.

Es así por lo que se puede decir que según Coronado (2014), los elementos de recolección de aguas pluviales deben observar los ciclos lógicos del agua, como se muestra a continuación en la figura 9, la gestión integral dentro del proceso de planificación de la recolección de las aguas pluviales es necesario integrarlas de manera cíclica para que se pueda entender cuál va a ser su uso, así como el ciclo lógico que debe cumplir.

Figura 9. Relación en el proceso de gestión integral



Fuente: Coronado (2014)

En ese sentido el ciclo se puede organizar por medio de un ciclo básico elemental, en donde hay un momento de entrada, que genera la recolección del líquido en las condiciones que llega a la superficie, pasando por un proceso de almacenamiento que sea acorde a los momentos de purificación y tratamiento en donde se logre entregar finalmente en el proceso de distribución para que sea aprovechado por parte de la comunidad que visita los parques de la ciudad.

Estas tres condiciones son necesarias para lograr que el objetivo que inicialmente se plantean frente a la recolección de aguas lluvia logre de alguna manera satisfacer por un lado la demandada dentro de los parques, pero así mismo logre considerar cuales son los beneficios que pueden lograrse con el.

Ahora bien no tendría sentido desarrollar una apropiación de las fuentes de agua pluviales dentro del contexto de los parques de la ciudad si no hay antes una relación entre los factores



primarios de recolección y su almacenamiento en recipientes de acuerdo con la inocuidad que se debe generar, de otra parte es claro que en la medida que la recolección de aguas se pueda hacer al interior de los parques será un logro para el distrito y la ciudadanía en general, de lograr la preservación del recurso hídrico.

En ese sentido existen preocupaciones sobre el agua, tanto en los hogares como en sitios públicos, como los parques de la ciudad, en donde se podría hacer la recolección de agua de lluvia que es una técnica antiquísima, pero que cobra valor en estos tiempos frente a la crisis y que ayuda a proporcionar agua a los seres humanos, esta se ha utilizado a través del planeta desde el comienzo de los tiempos.

Las generaciones recientes han venido a tomar la lluvia para su beneficio, su objetivo principal es tratar las aguas lluvias como una manera de lograr aprovecharla y reutilizarla, esto se hace como parte de del ciclo general del agua y observar los efectos de la recolección de agua de lluvia en el medio ambiente nos ayuda a entender cómo puede ser uno de los métodos para proporcionar agua para la creciente demanda del líquido y la presión sobre el recurso debido al aumento exponencial de la población.

El uso del agua de lluvia permite entender sus usos diversos así como el impacto de la misma; hoy en día el agua se puede conservar por más tiempo, la mayoría de las personas instalan sistemas RWH como un lujo o para aumentar su capacidad existente del suministro de agua en el futuro, sin embargo, muchos residentes de la ciudad, se verán necesariamente abocados a recolectar las precipitaciones para satisfacer sus necesidades básicas de agua potable



y de cocina, por cuanto el aumento de la población el suministro de agua dulce se prevé que disminuya, dentro de la revisión de los usos obvios y menos obvios de la lluvia capturada son beneficiosos para el planificador de RWH.

El agua de lluvia recolectada se puede usar para regar el paisaje, los jardines y proporcionar agua para mascotas, vida silvestre y ganado. Además, el agua de lluvia se puede filtrar, desinfectar y usar para usos de agua potable y no potable en hogares y negocios en lugar de otras fuentes de agua. El proceso es simple y, a menudo, menos costoso que perforar un pozo.

El proceso de instalación y la respuesta de emergencia son temas que deben discutirse con cada usuario, en cada espacio como parte de los posibles riesgos a los cuales se encuentra expuesto ya que la planificación no incluye únicamente factores positivos, sino que debe ser visto el aspecto negativo al cual se encuentra expuesto, el planificador puede estar expuesto en el lugar de trabajo; cada sitio es único. Se sugiere dentro de los mecanismos de seguridad y el análisis de riesgos debe realizarse antes de cada instalación, ya sea en los parques o en los hogares.

8. Marco jurídico y de legislación

En Colombia, en materia de legislación y normatividad respecto al uso del agua se tienen gran cantidad de leyes, decretos y normas que regulan el uso del agua como servicio público y como bien público, en materia ambiental existen otro tanto de regulaciones para el uso adecuado, racional y eficiente del agua; sin embargo, en materia de lineamientos y aprovechamiento de

aguas lluvias, es poco lo que se ha destacado. A continuación, se enumeran algunos documentos de referencia:

- *Ley 373 de 1997, en la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua y que dicta lo siguiente: “Artículo 2o.- Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua”; “Artículo 5. Reúso obligatorio del agua.*
- *Ley 142 de 1994, que regula la prestación de servicios públicos incluyendo el de acueducto y alcantarillado*
- *Decreto 302 de 2000, por el cual se reglamenta la ley citada anteriormente y en la cual se dictan normas que regulan las relaciones que se generan entre las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios.*
- *Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta la Ley 9 de 1979, y el Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, confiriendo a las autoridades ambientales el control y regulación en materia de vertimientos y menciona el agua lluvia como vertimiento y restringe la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas lluvias.*



9. Conclusiones

En la medida que se puede reconocer que hay métodos de recolección de aguas lluvias ya funcionando es claro que por medio de la revisión de la literatura, así como de los elementos que se utilizan en estos es viable desarrollar un sistema de recolección de aguas lluvias en los parques del IDRD en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta los sistemas existentes a nivel internacional y nacional en el campo del aprovechamiento de agua pluvial, estos servirán como puntos de referencia para para saber sobre los aportes y mejoras que pueden hacerse en torno a la nueva metodología, así como las aplicaciones en los parques de la ciudad.

Para ello se debe tener en cuenta que deben existir por un lado las apropiaciones presupuestales por parte del distrito, surtiendo los tramites gubernamentales para que esto sea posible, así como las licitaciones que se requieran en su momento, la contratación de la interventoría y asignación del contratista con una amplia experiencia en este tipo de construcción, desde lo arquitectónico, lo ambiental y lo operativo para que tenga una amplia recordación y aplicación en el tiempo como solución al problema de la recolección de estas.

Se puede decir que el agua y el saneamiento están dentro de un ciclo no dissociable, por lo tanto, el ahorro de agua conecta los servicios de distribución y saneamiento, lo que ha llevado a la creación de pequeños ciclos del agua: muchos experimentos en todo el mundo están probando

oportunidades de reciclaje de aguas residuales y lluvias.

El agua recuperada es tan limpia que se embotella y se puede vender, sin embargo, hay una barrera psicológica que se considera tan importante que, por ahora, las existencias se vacían regularmente. El mercado no está listo. Según Silva (2008), Hay una aversión psicológica a la reutilización de las aguas residuales: acá se habla del valor ¡hablamos de "factor asqueroso"! no está justificado, pero es comprensible. Los bucles están cerrados y lo que ocurre a gran escala podría ser a menor escala, y quizás a un costo menor, hasta el 80-90% del consumo de agua.

En la medida que se pueda hablar de homogenizar criterios, así como de las metodologías de evaluación existentes en el sector constructivo desde la perspectiva de la sostenibilidad, uno de ellos es el sistema "Haussmaniano" de redes colectivas en donde las estructuras de las tuberías subterráneas en forma de araña tienen en cada nodo principal pequeñas "bombas", ajustables a distancia, que inyectan dosis regulares de cloro. estas dosis aumentan automáticamente, las tuberías a menudo son defectuosas: el agua se pierde, por cuanto cada orificio o grieta está abierto en ambas direcciones, es muy común esta situación, se pierde agua, pero las bacterias y otros micro contaminantes pueden ingresar al sistema y convertirse en elementos patógenos que afecten la salud humana.

Hoy no hay alternativa al uso del cloro para el agua limpia en las grandes ciudades, y el uso de fuentes de agua lluvia, podría ser una alternativa viable, hay países, incluso en Europa, donde el nivel de cloro es tan alto que el agua del grifo ya no tiene la calidad del agua potable.



La situación en Colombia se ha vuelto comparable a la de varios países, en Sudamérica, centro y Norteamérica y el 70% de los países del planeta. El agua tiene el olor y el sabor del cloro. El agua del grifo es reemplazada por agua embotellada.

Así mismo, en la medida que se pueda determinar cuáles son los requerimientos, así como los componentes que hacen parte de los diversos procesos que forman el ciclo de vida para el sistema de aprovechamiento de agua pluvial, ya que el agua es un bien sensible y debe considerarse como un sistema cerrado, un sistema de bucle, adoptando el principio de subsidiariedad e intentar administrar suministros de manera local no es una panacea, pero como el caso de la sangre contaminada se ha ilustrado en Colombia, una acción pública más local que ayudaría en los parques metropolitanos tener una estrategia que reduciría el riesgo de efectos catastróficos a largo plazo por la disminución de fuentes hídricas potables, mientras que probablemente aumentaría el empoderamiento de los habitantes de los ciudadanos con respecto a sus parques como al agua lluvia como fuente sustitutiva del agua de tubería.

La puesta en marcha de infraestructura verde ayudaría a la recolección de aguas lluvias de manera acorde a la capacidad instalada en los parques metropolitanos de la ciudad para lograr instalar y mantener un sistema de suministro de agua por medio de la recolección de aguas lluvias, almacenándola en tanques de agua de lluvia, sin embargo es importante pensar en una reorganización del uso de los servicios públicos en parques metropolitanos, al menos en la periferia de las ciudades y en el campo, combinando los recursos de las tecnologías autónomas con las redes públicas tradicionales, aunque solo sea para hacer una infraestructura colectiva más



sostenible.

En la ciudad de Bogotá se cuenta con 6 tanques sépticos distribuidos en parques públicos, y no desaparecerán, esto servirá como inspiración para la gestión en los servicios de gestión pública semi-colectivos para tanques de recolección de aguas lluvias que se han puesto en marcha, en las zonas periféricas estos constituirían parte de la solución para lograr tener suministro de agua a precios razonables y como parte de un progreso considerable con menos costos que las redes actuales.

Para el agua de la llave, es lo mismo: todavía hay muchas poblaciones no relacionadas, desde la Guajira en el norte, pasando por el Chocó que es una de las zonas más lluviosas del mundo, pero que no tiene la inversión suficiente por parte del estado, esta cuestión choca con la ideología ecológica de los activistas que buscan convertirse en una solución económica y de salud creíble dentro del contexto descrito.

Este es el desafío del concepto de crecimiento verde tal como se desarrolló en Alemania o los Estados Unidos, el informe "Wasser 2050" encargado por el gobierno alemán a investigadores y representantes de la industria del agua. El informe menciona la cifra de 480 mil millones de euros para las necesidades de gestión descentralizada del agua (World Water Management) en el mundo para 2050.

Sea como sea, para el 70% de la población mundial, los sistemas de redes colectivas de Haussman son inaplicables o simplemente una opción entre otras. Según "Wasser 2050", solo un esfuerzo muy grande implementado inmediatamente podría facilitar una infraestructura verde

con fines de recolección de aguas lluvias con fines de abastecimiento inicialmente para los parques metropolitanos y posteriormente para ponerlo en conexión con las redes tradicionales de tubería y satisfacer la demanda en los barrios.

En la medida que se pueden identificar las alternativas de solución a las problemáticas de escasez de agua mediante sistemas de recolección, se pueden determinar las acciones que se deben emprender en los parques de la ciudad para lograr una mejor comprensión del tema, su planificación y la planeación de las actividades a desarrollar como parte de una respuesta interinstitucional entre el nivel central, y el local.

Al poderse reconocer los sistemas existentes a nivel internacional y nacional en el campo del aprovechamiento de agua pluvial nos ayuda a tener un punto de referencia de las aportaciones y mejoras que pueden hacerse en torno a la nueva metodología, esto es posible de manera tal que se logre una realización amplia de labores construcción de infraestructura verde en los parques de la ciudad con fines de reutilización de aguas pluviales.

Poder lograr homogenizar criterios y metodologías de evaluación existentes en el sector constructivo desde la perspectiva de la sostenibilidad, permitirá lograr una visión verde frente al tema para lograr disminuir la huella ecológica con fines de protección del medio ambiente, así como de los recursos con los que cuenta la ciudad frente a la adaptación al cambio climático, para lograr generar una mentalidad de apertura, acorde a los nuevos tiempos.

En la medida que se logre determinar cuáles son los requerimientos, componentes y los diversos procesos que forman el ciclo de vida para el sistema de aprovechamiento de agua

pluvial, esta condición es la que hace posible tener una implementación de infraestructura verde que conlleve a generar espacios de trabajo acordes a los espacios de parques y zonas verdes de la ciudad de Bogotá.

10.Opinión

La aplicabilidad de estos sistemas, teniendo en cuenta su perfil como futuro especialista en proyectos, como desde su especialidad define estrategias y planes para lograr la adaptación de los mejores sistemas, recuerde que usted debe generar aportes sobre toda la indagación realizada, en este sentido la monografía está encaminada a generar nuevo conocimiento.

La práctica de recuperación y uso del agua de lluvia en la ciudad se debe desarrollar en los próximos años en Colombia, específicamente en los parques metropolitanos de la ciudad de Bogotá, los impactos en la gestión del ciclo urbano del agua pueden parecer, a primera vista, relativamente modestos en comparación con otras tendencias que caracterizan la evolución de los sistemas socio-técnicos de agua y saneamiento, especialmente la fuerte tendencia de disminución del consumo, reconocido por los profesionales del agua.

Sea cual sea el horizonte previsto, parece inevitable que encaje en su lugar, al igual que el uso de infraestructura verde en el área del alcantarillado, un Servicio Público de agua de lluvia en la trama para llevar a cabo las tareas control y mantenimiento de técnicas y dispositivos alternativos para la recuperación y el uso del agua de lluvia instalada en parcelas de viviendas. De hecho, un servicio a usuarios con tanques que contienen agua de lluvia (ya sea para uso, retención, doble función) es una pista operacional seria tanto para el rendimiento de los



dispositivos domésticos como para el funcionamiento del sistema en su conjunto, lo que requiere un mejor mantenimiento de las técnicas alternativas.

Sin embargo, en el largo plazo, el desarrollo de esta práctica contribuye, además de y junto con el uso de otros recursos existentes - como pozos y perforaciones en ocasiones importantes en algunas regiones o como el reciclaje de aguas grises, cuestionando el aspecto del "suministro de agua" del modelo convencional de gestión del ciclo del agua en áreas urbanas, caracterizado por grandes sistemas técnicos centralizados, este modelo ya está empujado al componente de saneamiento.

La evolución de la percepción de los ciudadanos de su capacidad para actuar a su nivel para participar en el desarrollo sostenible de su entorno, por ejemplo, difícilmente puede anticiparse, en esta área, la racionalidad económica no tendrá mucha voz, por otro lado, ideas como la recuperación y uso del agua de lluvia valora lo económico como parte de una realidad cambiante podrían ser preponderantes, desde ahí los desarrollos regulatorios, es decir, las interacciones de las políticas públicas involucradas, así como la mayor o menor adaptabilidad de las empresas proveedoras de servicios, también podrían ser elementos clave.

Finalmente, aún más prospectivamente, en términos de la transición del modelo, surgen dos estrategias según la forma en que el patrimonio de las redes existentes se gestionará a largo plazo. El primero, que describiremos como algo puramente económico y financiero, consiste en considerar que, dado que las redes han sido totalmente depreciadas, sería concebible restaurar completamente la elección técnica y construir un modelo diferente de gestión del ciclo urbano



agua. La segunda estrategia, que puede describirse como patrimonio y medio ambiente, supone que no es posible abandonar incluso las redes amortizadas, aunque solo sea por el costo ambiental generado por el abandono de dichos activos, en esta segunda hipótesis, la transición modelo conducirá a un modelo híbrido de coexistencia sostenible de sistemas centralizados y descentralizados.

11. Bibliografía

- Abdulla, F.A. and AlShareef, A., 2006. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. Springer. pp. 291 300.
- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. (2008). Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos. México: PNUMA/ International Renewable Resources Institute.
- Alarcón Núñez, B. (2005). Modelo Integrado de Valor Para Estructuras Sostenibles – Tesis Doctoral-. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2012). *DOCUMENTO TECNICO SOPORTE DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE CONSTRUCCIÓN*. Bogotá D.C.: Secretaría distrital de planeación.
- Altable, I. (27 de Julio de 2013). Una vasija que da agua pura. *El Diario*, págs. 1-56.
- Altable, I. (27 de Julio de 2013). Una vasija que da agua pura. *El Diario*, págs. 1-56.
- ARÉVALO, Ana. GUZMÁN, Constanza Anabel. MONASTERIO, Diego. OYOLA, Luis. Cosecha de agua (en línea). (citado 20 mayo de 2014). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos96/cosechaagua/cosecha-agua.shtml#ixzz3BZGlmTOq>
- Ballén, J.; Galarza, M.; Ortiz R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Universidad Nacional de Colombia.
- Betancuour, G. S. (2016). Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. Bogotá,



Colombia.

BRILLO INSTITUCIONAL. Tanques de almacenamiento de agua residencial, (en línea) (citado septiembre de 2014).

Castañeda, N. P. (Agosto de 2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquía. *Gestión y ambiente*, 13(2), 25-41. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/27534/1/25392-89359-1-PB.pdf>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

CORONADO, D. A. (Julio de 2014). GESTIÓN DEL AGUA PLUVIAL PARA USO DOMÉSTICO EN MATEHUALA. S.L.P. *Tesis de maestría*. San Luis Potosi, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosi.

Cuentame. (s.f.). Cuentame. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/clima.aspx?tema=me&e=11>

DANE. (2015). *Proyecciones demográficas en Colombia*. Bogotá: DANE.

Dinero. (12 de enero de 2018). ¿Qué pasa con el abastecimiento de agua en Bogotá? *Revista Dinero*, 1-62. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de <https://www.dinero.com/pais/articulo/abastecimiento-de-agua-de-bogota/254732>

El Tiempo. (21 de Octubre de 2016). Convertir el agua de mar en potable sí es posible. *El Tiempo*, págs. 1-50. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de

<http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/tecnologia-para-convertir-el-agua-de-mar-en-potable-32667>

- Figueroa, N., & Guaraglia, M. (2014). MECANISMOS DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS. IMPLEMENTACIÓN EN EL CONTEXTO LOCAL. *Tesis de pregrado en Arquitectura*. (E. B. Wittenberger., Ed.) Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.
- FAO. (2015). Uso de aguas lluvias en Brasil. *Técnicas de desarrollo*. Sao Paulo, Colombia: UN Press.
- FAO. (2015). Uso de aguas lluvias en Brasil. *Técnicas de desarrollo*. Sao Paulo, Colombia: UN Press.
- Hernández M., s.f. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. *Manual de capacitación para la participación comunitaria*. 24 P. En prensa.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM. (Mayo de 2005). *Estudios pluviométricos*. Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (mayo de 2005). *Estudios pluviométricos*. Bogotá, Colombia.
- IDRD. (2009). *Estudios de aguas lluvias en los parques distritales*. Bogotá: Imprenta distrital.
- Recuperado el 10 de Agosto de 2018
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Colombia.
- Ipcorp. (2014). *Ipcorp.com*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de

<https://lpcorp.com/resources/product-literature/installation-instructions/lp-smartside-cedar-shake-application-instructions-spanish/>

Ley 373 de 1997. Diario Oficial de la República de Colombia. 11 de junio de 1997.

Melguizo B., S. 1977. Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones.

Primera parte. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia. 320 P.

Minvivienda. (18 de septiembre de 2015). *Minvivienda*. Obtenido de Minvivienda:

<http://www.minvivienda.gov.co>

Morales-Pinzón, T; Rieradevall, J; M. Gasol, C & Gabarrell, X. (2011). PluGriSost. Modelo dinámica de flujos de agua para uso doméstico, con énfasis en aprovechamiento de fuentes no convencionales (pluviales, grises). Grupo de Investigación en Sostenibilidad y Prevención Ambiental (Sostenipra), Universidad Autónoma de Barcelona (España) y Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial (GAT), Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia).

Moreno, A. L. (2016). GUIA METODOLOGICA PARA LA CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS EN SECTORES RURALES. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

Naciones Unidas. 2006. El agua, una responsabilidad compartida. 2do Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del Mundo. Confluencia Revista Hispánica de Cultura y Literatura. Disponible en: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/index_es.shtml



NÚÑEZ, D. B. (diciembre de 2005). MODELO INTEGRADO DE VALOR PARA ESTRUCTURAS SOSTENIBLES. Tesis de doctorado. Barcelona, España: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

ONU. (2017). Agua. Desafíos del agua. New York, Estados Unidos de América: UN Press.

Perdomo, J. L., & Zapata, H. (2010). Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento. Bogotá: Universidad Javeriana.

Responsabilidad social. (s.f.). *Responsabilidad social.MX*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de <http://www.responsabilidadesocial.mx/la-sustentabilidad-y-el-consumo-responsable/>

Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Análisis (1997). Bogotá: Comisión reguladora del agua. Recuperado de http://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=documentos-nacionales&alias=1392-analisis-sectorial-de-agua-y-saneamiento-en-colombia&Itemid=688

Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Análisis (1997). Bogotá: Comisión reguladora del agua. Recuperado de http://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=documentos-nacionales&alias=1392-analisis-sectorial-de-agua-y-saneamiento-en-colombia&Itemid=688

REYES, M. C., & RUBIO, J. J. (2014). DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE



RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS. Tesis de especialización. Bogotá, Colombia: Universidad Católica.

Secretaria distrital de planeación. (2017). Infraestructura verde en Bogotá. *Informes institucionales*. Bogotá, Colombia: Subdirección de infraestructura y dotaciones.

Secretaría Distrital del Medio Ambiente. (2016). Observatorio ambiental de Bogotá. Recuperado el 2 de diciembre de 2018, de <http://oab.ambientebogota.gov.co/esm/indicadores?id=156&v=1>

UICN. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. Operativo y logístico, Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe, San José, Costa Rica.