MODELO DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIA EN FACHADAS DE EDIFICACIONES

Por: Santiago Gálvez Agudelo

Tutor temático: Edgar Cano Restrepo

Tutor(es) Metodológico(s): Olga Nayive Yepes e Iván Sylva Sánchez

Resumen

El recurso hídrico ha sido imprescindible tanto para el desarrollo de los primeros asentamientos como para los grandes desarrollos del presente, sin embargo, solo en las últimas décadas la sociedad ha tomado consciencia de que se trata de un recurso no renovable, y las generaciones presentes hacen esfuerzos por evitar la contaminación y desperdicio del mismo temiendo que la demanda pueda superar la capacidad auto regeneradora del recurso en el ecosistema. Actualmente son diversas las estrategias planteadas para evitar la crisis por la escasez del agua, y el uso de aguas lluvia será la que ocupe el presente escrito.

La práctica de recolección de aguas lluvia se realiza sobre todo en edificaciones emplazadas en lugares donde las condiciones del entorno hacen difícil el acceso al agua potabilizada y los modelos de captación empleados en la mayoría de los casos no consideran variables técnicas y mucho menos estéticas.

Un modelo técnico y eficaz para la captación de aguas lluvia, debe tener en cuenta las variables climáticas y promedios de pluviosidad del contexto en que se implementa, para lo que se requiere la recolección de datos meteorológicos e investigación del comportamiento del agua en superficies verticales. En cuanto al tema estético es poco lo que se ha indagado, por lo que en el presente trabajo plantea el diseño de un elemento arquitectónico que además de cumplir con la función de recolección de estas aguas, pueda ser adaptado en las fachadas y culatas de las edificaciones, sin alterar sus propiedades arquitectónicas.

Palabras Clave: Captación de aguas lluvia, ahorro, elemento arquitectónico, fachadas

Abstract

The water resources have been essential to the development of the first settlements as of the big cities established until present. However, only in recent decades society has become aware that the current use we give to it make of this a non-renewable resource, present generations make efforts to prevent pollution and wastes due to there is a risk that the demand exceeds the self-regenerating water resource capacity of the ecosystem. Currently there are various strategies to avoid the crisis posed by water scarcity, and the use of rainwater will be occupying this writing.

The practice of the capture rainwater is made especially in buildings located on places where environmental conditions make it difficult to access to drinkable water and catchment models used in most cases not considered much less technical aesthetic variables.

A technical and effective model for rainwater capturing must to takes into account climatic variables and rainfall averages in the context where it is implemented. The data technical and meteorological recollection and water behavior researches on vertical surfaces and its collection are required. As for the aesthetic issue is little research has been done, so in this paper proposes the design of an architectural element that besides fulfilling the function of collecting these waters, can be adapted on the facades and setbacks of the buildings without altering its architectural properties.

Keywords: Capture rainwater, savings, architectural element, facades.

INTRODUCCIÓN:

Se estima que en el mundo existen unos 1 400 millones de km^3 de agua, de los cuales 35 millones (2,5 por ciento) son de agua dulce. El promedio anual de precipitación sobre la tierra alcanza 119 000 km^3, de los cuales alrededor de 74 000 km^3 se evaporan a la atmósfera. Los 45 000 km^3 restantes fluyen hacia lagos, embalses y cursos de agua o se infiltran en el suelo alimentando a los acuíferos. Este volumen de agua se denomina convencionalmente «recursos hídricos». No todos estos recursos son utilizables, ya que parte del agua fluye hacia ríos remotos y otra parte se pierde en durante inundaciones periódicas. Se estima que de 9 000 a 14 000 km^3 son económicamente utilizables por el hombre, nada en comparación con la cantidad total de agua de la tierra. (FAO, Recursos Hídricos Mundiales, 2002)

A enero del año 2012 la tasa de crecimiento de las ciudades se encontraba en 1 096%, este crecimiento poblacional determinó la magnitud de las demandas que se deben satisfacer por la evolución de las necesidades en términos de infraestructura, empleo y recursos como alimento y agua (CIA, 2014, Tasa de crecimiento poblacional mundial). Más del 90% del crecimiento poblacional en países en desarrollo tiene lugar en las ciudades y se estima que para 2030 el 60% de la población mundial vivirá en áreas urbanas (Banco Mundial, 2014). Debido a esto los centros urbanos tienen la responsabilidad de generar alternativas de ahorro y uso sostenible del agua.

Modelo de Gestión del Agua

La gestión del recurso hídrico se realiza por medio de los entes reguladores estatales y las empresas prestadoras de servicios públicos de las ciudades. El modelo de gestión implementado por estas entidades no ha variado en milenios y siempre se ha requerido de una fuente abastecedora del recurso hídrico complementada por la infraestructura de conducción hasta los centros urbanos; luego de su uso el agua se clasifica como residual por los agentes contaminantes que se le han incluido en el proceso normal de habitabilidad de las ciudades; para transportar el agua se necesita una infraestructura de alcantarillado en la que también se vierten las aguas lluvia, imposibilitando el reúso de estas últimas, posteriormente estas aguas son tratadas o vertidas directamente a las fuentes hídricas naturales como ríos y océanos.

Las problemáticas ambientales y de sostenibilidad asociadas a la gestión tradicional del recurso hídrico, se evidencian desde la captación del agua, pues se acumulan grandes

volúmenes que alteran el ecosistema, luego el proceso de potabilización emplea químicos y se invierten altas cantidades de energía en el proceso. La infraestructura de conducción del líquido tiene muchas filtraciones y causa pérdidas considerables, la impermeabilización del suelo genera baja capacidad de infiltración, agotamiento de las aguas subterráneas que abastecen los acuíferos, efectos de isla de calor, incremento en el consumo energético por uso de aires acondicionados y la elevada escorrentía genera inundaciones y contaminación de las fuentes receptoras, entre otras.

Problemática asociada a la impermeabilización del suelo urbano.

La mayor parte del área del suelo de las urbes esta impermeabilizada por superficies de concreto y construcciones, impidiendo el proceso natural de infiltración de las aguas lluvia, incrementado el impacto de las inundaciones y obligando a crear sistemas de drenaje y canalizaciones. Esto genera inestabilidad geológica y cambios en el curso natural de las aguas subterráneas, saturación de los alcantarillados y altas velocidades de caudal con erosión en las zonas de ladera, deslizamientos y sedimentación contribuyendo a la destrucción de los ecosistemas y al aumento de la contaminación.

Aguas Lluvia y Cultura

El agua lluvia por no haber sido sometida a un proceso de potabilización, permanece en el imaginario colectivo como desecho, como agua residual y generalmente es llevada a los drenajes que transportan los desechos de la población urbana. Sin embargo, de acuerdo a documentos técnicos e investigativos como la ponencia de *captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias a través de culatas de edificios en Medellín, Colombia* y el *documento técnico de base para la elaboración de una política pública de construcción sostenible para el Valle de Aburrá*, la recolección y uso de las aguas lluvias tiene el potencial de mitigar gran parte de las problemáticas asociadas a la mala gestión del recurso hídrico en las ciudades.

Se hace necesario un cambio en el imaginario colectivo, y considerar las aguas lluvias como un recurso y no como un residuo. El modelo de gestión del recurso hídrico debe considerar el agua lluvia como recurso y gestor de soluciones de agua para la ciudad de Medellín y sus alrededores (Valle de Aburrá), la ciudad tiene el compromiso de generar consciencia ambiental por medio de la transmisión del conocimiento de la gestión del recurso hídrico, así los habitantes de la ciudad tendrán las herramientas conceptúales para emprender actividades y hábitos de consumo sostenible del agua, ahorro y uso

eficiente del recurso hídrico en el hábitat construido, implementando alternativas arquitectónicas de diseño de edificaciones y dispositivos que posibiliten la captación de aguas lluvia que suplirán la demanda de agua para usos en los que no se requiera la potabilización.

Demanda del recurso hídrico de las edificaciones de vivienda y otros usos

En el año, el sistema de suministro de agua potabilizada para usos domésticos, comerciales e industriales en la zona urbana del Valle de Aburrá, es de aproximadamente 192 millones de metros cúbicos, y según las Empresas Públicas de Medellín este se abastece únicamente en un 5% de aguas captadas en la propia cuenca, mientras que el 90% proviene de cuencas aledañas, ubicadas en los altiplanos que flanquean el Valle.

Por otro lado, para abastecer la ciudad, se realizan grandes inversiones en infraestructura de acueductos y se generan altos costos operativos para potabilizar el agua que luego de usada va directamente al alcantarillado, gran cantidad del agua que transportan las redes de distribución se pierde por fugas y solo un pequeño porcentaje es destinado para el consumo humano. Lo más preocupante es que el consumo de agua potabilizada se hace sin tener en cuenta el alto costo de mantenimiento y operación del sistema

La siguiente tabla expone porcentajes de uso del agua en actividades domésticas:

Tabla 1. Consumo de agua potabilizada por tipo de uso en la zona urbana del Valle de Aburrá.
Fuente: AMVA y IUCMA. 2010, pág. 34.

Tipo de uso	**Consumo anual (m3/año)**
Residencial	149 696 228,00
Comercial	16 135 232,00
Industrial	14 122 756,00
Oficial	8 943 851,00
Otros	3 513 889,00
Total:	**192 411 955,00**

Tabla 2. Tipos de uso de agua en el consumo doméstico por porcentaje.
Fuente: AMVA y IUCMA. 2010, pág. 34.

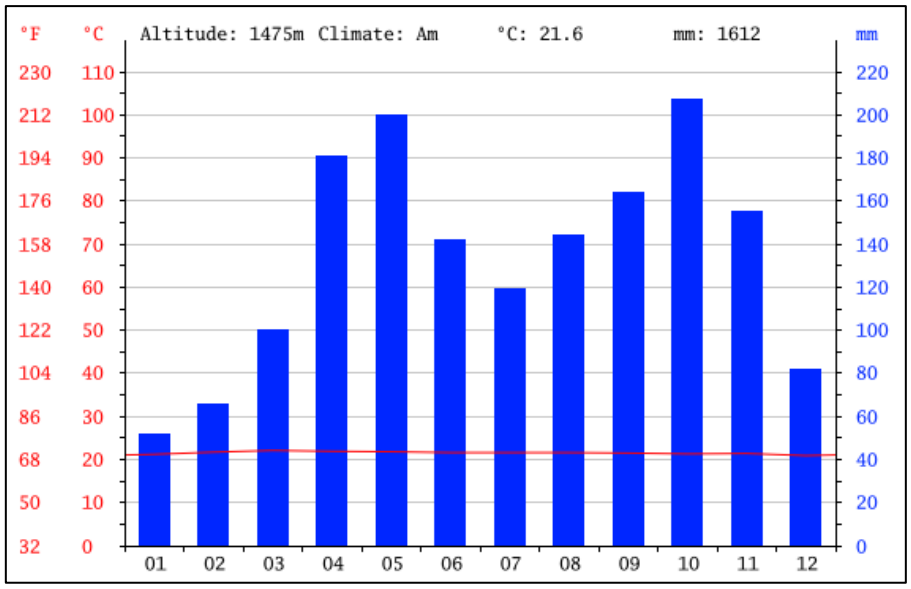
Tipo de uso	**Porcentaje**
Ducha	46.2%
Descarga sanitaria	19.2%
Lavado ropa	11.5%
Lavado vajilla	7.7%
Cocina	7.7%
Otros uso	7.7%
Total	**100.0%**

Agua lluvia como recurso: análisis climatológico del Valle de Aburrá.

El promedio de lluvia para Colombia es de 3 000 mm columna de agua (9 000 mm en la zona pacífica y 800 mm en la Guajira) y para el Valle de Aburrá de 1 612 mm(CLIMATE-DATA.ORG, 2012), siendo superior al promedio de Suramérica; clima que genera nuevas posibilidades de obtención de agua para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, debido a que estas precipitaciones pueden ser captadas, almacenadas y, después de un nivel mínimo de tratamiento, pueden tener numerosos usos que no requieran potabilización, especialmente en el mantenimiento de aparatos sanitarios, limpieza general, riego de vegetación, mantenimiento del interior y exterior del edificio, entre otros (López D; González A; Penagos G., 2009).

Dado que la precipitación media anual en el Valle de Aburrá es de 1 612 mm, cada metro cuadrado construido en esta zona tiene el potencial para colectar 1 612 litros de agua al año, es decir, bastan 6 m^2 construidos para colectar el agua requerida por las descargas sanitarias de una persona al año y esto aplicado a todos los habitantes del Valle de Aburrá significaría un ahorro de 30 millones de m^3 de agua potabilizada al año. Con los 146 millones de metros cuadrados de construcción que se realizaron en Colombia hasta el año de 2010, ya se habría logrado recoger 175 millones de m^3 de agua lluvia anuales, agua que serviría para un día de consumo de 44 millones de personas, esto si se hubiera aplicado en las edificaciones la estrategia planteada desde la expedición de Ley que determina la utilización de aguas lluvias y la reutilización de

agua grises (ley 373 de 1997). Una oportunidad perdida y que sigue aumentando por la no aplicación de la ley (AMVA y IUCMA. 2010).



Gráfica 1. Clima y precipitación en el Valle de Aburrá.
Fuente: Climate-Data.ORG 2012 (Aeropuerto Olaya Herrera 2012)

El mes más seco es enero, con 52 mm 207 mm, en el mes de octubre se presentan las mayores precipitaciones del año.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	52	66	100	181	200	142	119	144	164	207	155	82
°C	21.2	21.7	22.1	21.9	21.8	21.6	21.6	21.6	21.5	21.3	21.4	20.9
°C (min)	14.9	15.4	15.8	16.3	16.3	15.8	15.2	15.4	15.4	15.7	16.0	15.2
°C (max)	27.6	28.1	28.4	27.6	27.3	27.5	28.1	27.9	27.6	26.9	26.9	26.7
°F	70.2	71.1	71.8	71.4	71.2	70.9	70.9	70.9	70.7	70.3	70.5	69.6
°F (min)	58.8	59.7	60.4	61.3	61.3	60.4	59.4	59.7	59.7	60.3	60.8	59.4
°F (max)	81.7	82.6	83.1	81.7	81.1	81.5	82.6	82.2	81.7	80.4	80.4	80.1

Gráfica 2. Tabla Climática.
Fuente: Climate-Data.ORG 2012 (Aeropuerto Olaya Herrera 2012)

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 155 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 1,2 °C.

Según los datos históricos de clima y precipitación en el aeropuerto Olaya Herrera hasta el año 2012, que se muestran en las tablas climáticas referenciadas, la precipitación anual en Medellín es de 1 612 mm, con una dinámica variable entre el primer y segundo

semestre del año con máximos en los meses de mayo y octubre y mínimos en los meses de enero y julio (Ver gráfica 1)

La superficie impermeabilizada del Valle de Aburrá es de 340 Km^2, lo que significa que se tiene un gran potencial de captación pues con la precipitación anual de 1 612 mm, se podrían captar 548 millones de m^3. Según el documento base para la política pública de construcción sostenible para el Valle de Aburrá serían necesarios 6 m^2 de superficie de captación de aguas lluvia para suplir el agua requerida por las descargas sanitarias de una persona al año, esto quiere decir que el área urbana de Medellín tiene el potencial para suplir el agua necesaria para descargas sanitarias si utilizara el 14% del suelo urbano como colector de aguas lluvia. Con un aprovechamiento del 55% del agua lluvia, se supliría el 100% de los requerimientos actuales de agua de la ciudad (López D; González A; Penagos G, 2009).

Superficies verticales y horizontales para captación de aguas lluvia

El potencial de captación de aguas lluvia que tienen las edificaciones construidas en altura en su superficie vertical, es considerablemente mayor que la extensión de superficie de captación horizontal efectiva. No se tienen datos de cuál es la superficie vertical de las fachadas y cerramientos de las edificaciones en Medellín, dado que la ciudad está creciendo en altura y está proyectada en el Plan Director para Medellín y el Valle de Aburrá Bio 2030 como ciudad compacta y diversa, la cual debe crecer densificando centralidades, generando edificios más altos que concentren usos y aporten proximidad y cercanía, mejorando la movilidad y las relaciones internas de la ciudad. Esto se traduce en mayor superficie vertical para ser aprovechada como captadora de aguas lluvia.

Gráfica 3. Proyección de crecimiento urbanístico en el AMVA.
Fuente: plan BIO para el 2030, 2011.

Si bien la captación de aguas lluvia es más efectiva en las cubiertas de las edificaciones por tener una superficie vertical en relación a la lluvia que cae, la superficie vertical construida es mayor en edificaciones que tienen un índice de construcción alto, como en edificios multifamiliares, comerciales y empresariales. Las fachadas, culatas y cerramientos exteriores, hacen parte de la superficie envolvente de las edificaciones, la cual puede ser explotada para beneficio de las edificaciones al aportar el agua requerida para uso de aparatos sanitarios, mantenimiento general y también aportar a la calidad ambiental de la ciudad.

Existen varias tipologías de fachadas y cerramientos de edificaciones, y para maximizar el potencial de captación de aguas lluvia se deben tener en cuenta varios factores, como la disponibilidad de superficie de envolvente del edificio, el emplazamiento de la edificación y las condiciones climáticas, como la de frecuencia de precipitaciones, vientos, altura, cercanía de elementos naturales y artificiales del entorno. En este sentido, se puede decir que la planeación previa juega un papel importante ya que determina el potencial de captación de aguas lluvia de las superficies verticales de la edificación y la pertinencia de los elementos a instalar.

Los cerramientos habitualmente cuentan con un área de ventanería y otra de mampostería, las dos superficies pueden aportar a la captación de aguas lluvia y en este sentido se plantea un elemento arquitectónico que cumpla con la función de captación de agua y se integre al diseño de la edificación, haciendo que los cerramientos arquitectónicos generen una gestión sostenible del recurso hídrico.

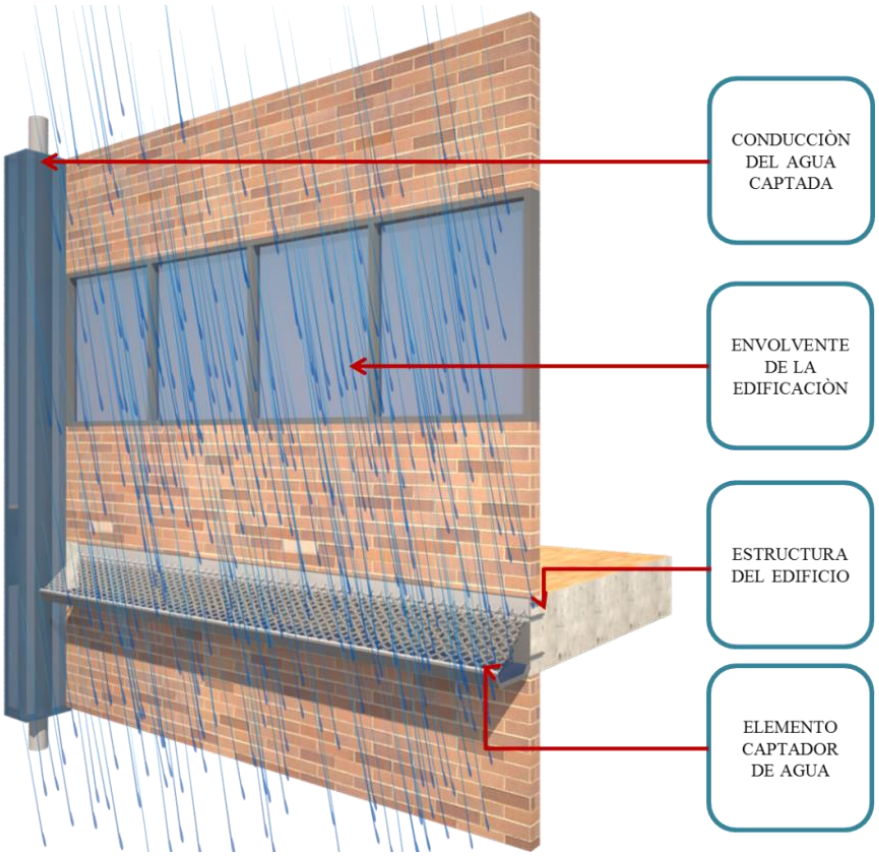
Normalmente las edificaciones que cuentan con un sistema de captación de aguas lluvia en su cubierta no pueden hacer uso del área total de esta superficie, pues se deben reservar áreas para tanques de almacenamiento, cuartos de mantenimiento y equipos. Se puede hacer uso combinado de sistemas de recolección de aguas lluvia, esto ya que el tanque de almacenamiento está planteado ubicarse en los pisos inferiores de las edificaciones y el agua deberá ser bombeada a los tanques de almacenamiento situados en la cubierta para luego distribuir el agua por acción de gravedad por una red hidrosanitaria interna a cada uno de los niveles inferiores de la edificación.

Diseño de dos prototipos para captación de aguas lluvia en fachadas

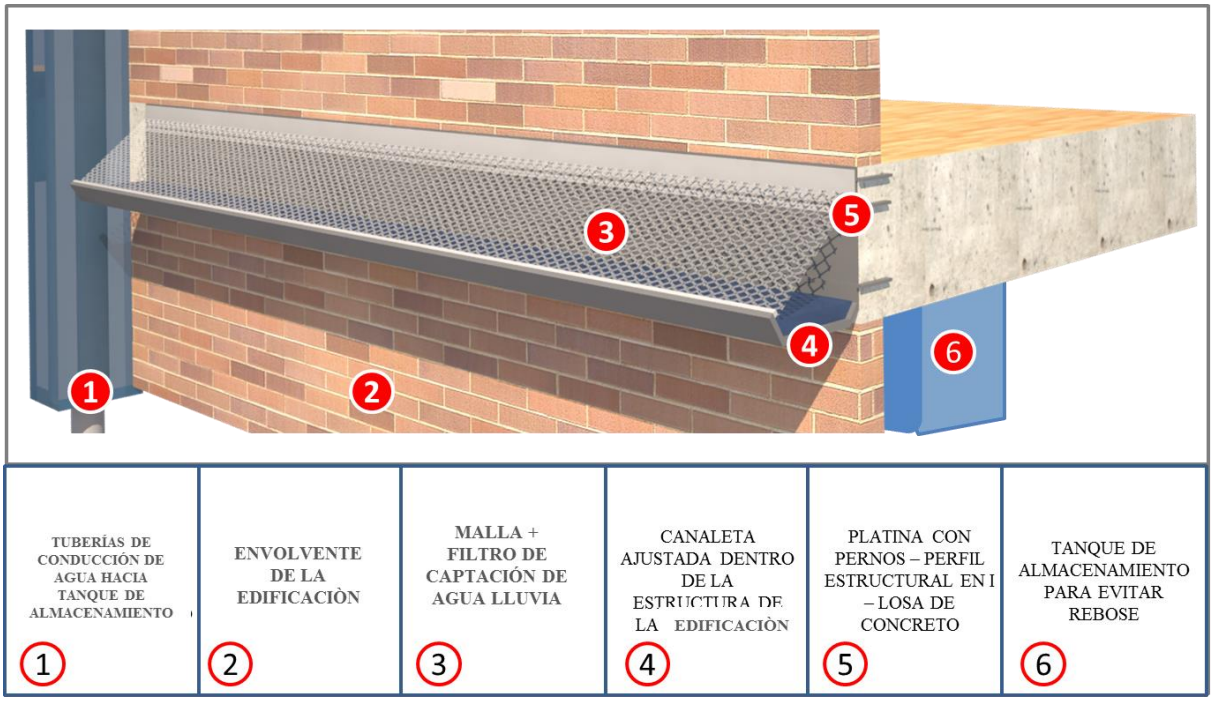
El diseño del elemento arquitectónico consideró la adaptabilidad a las fachadas de mampostería y cerramientos acristalados, en ambos casos el elemento va anclado entre la estructura del entrepiso y la superficie vertical que normalmente se destina para antepechos, este está compuesto por un sistema de anclaje que soporta una canaleta de conducción, y una rejilla que capta el agua de las fachadas que también funciona como filtro. La fabricación de este elemento se plantea de manera tal que los materiales de los que se compone sean asequibles y durables, como policarbonato para las canaletas de conducción de agua y acero inoxidable para la rejilla de captación, filtro y anclajes.

Los prototipos

Prototipo 1. Captación de agua lluvia en fachadas de mampostería y ventanería.



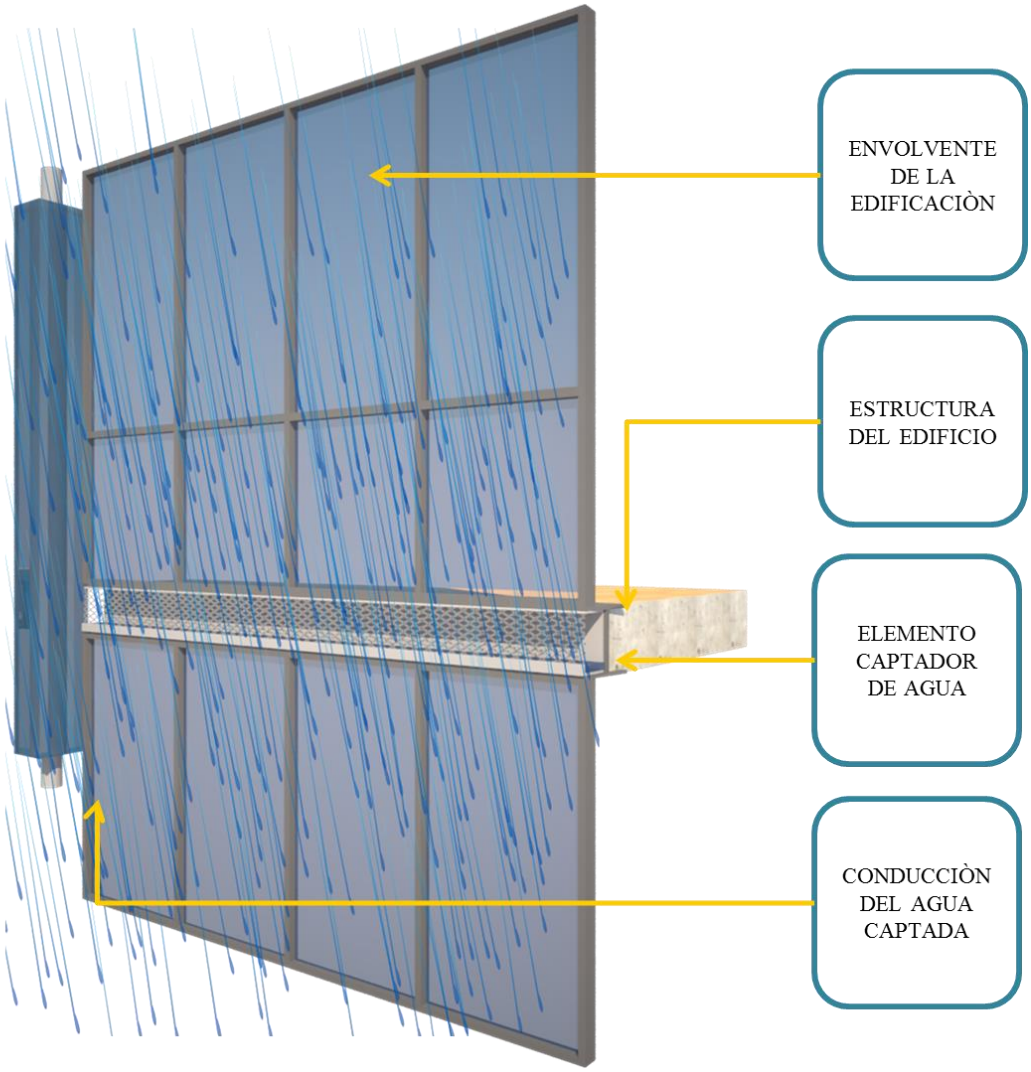
Gráfica 4. Modelo de captación de agua lluvia en fachadas de mampostería y ventanería.
Fuente: Elaboración Propia.



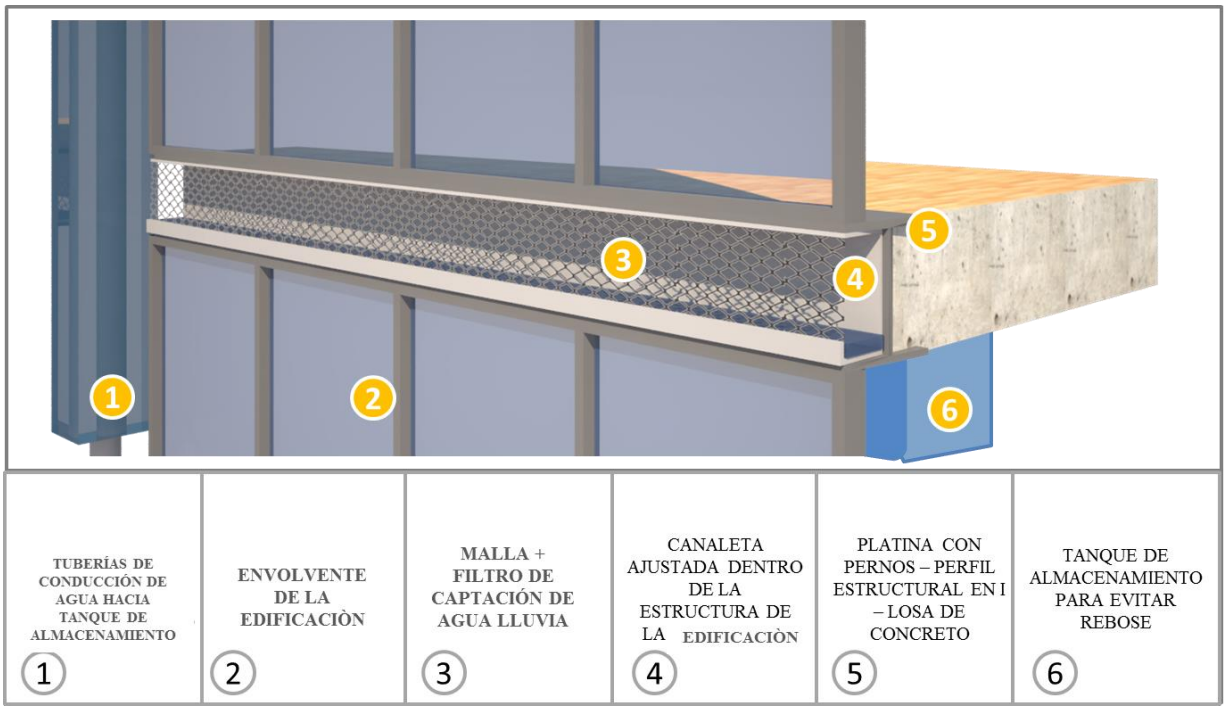
Gráfica 5. Detalle modelo 1
Fuente: Elaboración Propia.

El elemento se dispone en sentido horizontal en cada nivel de la edificación, se plantea esta ubicación para tener un aprovechamiento del 100% del agua que cae en la superficie de la fachada y se desliza hacia la parte inferior de la misma, el prototipo puede tener cualquier extensión en sentido horizontal ya que está compuesto por módulos que se acoplan para formar un solo elemento, en sentido vertical no excede la altura máxima de la estructura de entrepiso.

Prototipo 2. Captación de agua lluvia en fachadas acristaladas con perfiles estructurales.



Gráfica 6. Modelo de captación de agua lluvia en fachadas acristaladas
Fuente: Elaboración Propia.



Gráfica 7. Detalle Modelo 2
Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de resultados

Rendimiento de captación de aguas lluvia para la Ciudad de Medellín.

De acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas con el prototipo de captación de aguas lluvia presentado en la ponencia "*Captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias a través de culatas de edificios en Medellín, Colombia",* se puede establecer que el potencial de funcionamiento del sistema planteado en este documento está por encima del 100% en la captación de agua lluvia y si se establece este sistema en una fachada o culata de una edificación, se tendrá un aprovechamiento del 100% de las precipitaciones estadísticas de la ciudad (López D; González A; Penagos G, 2009).

Evaluación de rendimiento

Para evaluar el rendimiento del sistema se toma como ejemplo un edificio de 15 pisos emplazado en un lote esquinero, este tiene habilitadas 2 fachadas con un área efectiva de captación de 700 m^2, y este edificio se encuentra en un sector de la ciudad estratificado como nivel 5. El edificio tiene 2 apartamentos por piso, en total son 30 apartamentos y en promedio cada apartamento está habitado por 4 personas. Para este

análisis se cuantifican las descargas sanitarias por apartamento con el fin de determinar la eficiencia del sistema de captación de aguas lluvia para suplir la demanda de agua para las descargas sanitarias. En promedio una persona realiza 4 descargas de sanitario al día, considerando que los aparatos sanitarios son nuevos, cada descarga gasta unos 6 litros de agua potabilizada. Tomando en cuenta los datos anteriormente mencionados se puede decir que diariamente se realizan 16 descargas sanitarias por apartamento, en total serian 480 descargas por los 30 apartamentos al día que consumen 2 880 litros de agua potable. De acuerdo a esto se tiene que en un mes se consumen aproximadamente 86 400 litros de agua potable para descargas sanitarias, agua apta para el consumo humano que se desperdicia.

Con base a los resultados de rendimiento del modelo de captación de agua lluvia en fachadas (modelo referenciado en la ponencia de López D; González A; Penagos G, 2009) y cruzándolos con los datos históricos de precipitaciones mensuales en el año 2012 (gráficas 1 y 2), se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Relación de aguas lluvia captadas para aprovechamiento en descargas sanitarias.

DATOS 2012	**Precipitación en mm**	**Área de captación en m^2**	**Total de agua captada x mes (lt)**	**Consumo de descargas x mes (lt)**	**Rendimiento del sistema**
Enero	52	700	36 400	86 400	42,12%
Febrero	66	700	46 200	86 400	53,47%
Marzo	100	700	70 000	86 400	81,01%
Abril	181	700	126 700	86 400	146,64%
Mayo	200	700	140 000	86 400	162,03%
Junio	142	700	99 400	86 400	115,04%
Julio	119	700	47 600	86 400	55,09%
Agosto	144	700	100 800	86 400	116,66%
Septiembre	164	700	114 800	86 400	132,87%
Octubre	207	700	144 900	86 400	167,70%
Noviembre	155	700	108 500	86 400	125,57%
Diciembre	82	700	59 500	86 400	68,86%
TOTAL:	**1612**	**----**	**1 094 800**	**----**	**105,58%**

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al rendimiento del sistema en esta edificación se puede afirmar que con la precipitación actual de la ciudad de Medellín, se podría abastecer más de un 100% del agua requerida para las descargas sanitarias en 7 de los 12 meses del año, en los otros 5 meses se tendría reservas de agua para suplir la demanda anual de agua para descardas sanitarias.

Se tiene un excedente anual del 5,58% los cuales representan 61 m^3 de agua colectada que puede utilizarse en el mantenimiento del edificio, como en riego de la vegetación exterior, lavado de ventanería, entre otros usos.

Sostenibilidad y mercado del sistema de captación de aguas lluvia diseñado

Beneficios ambientales

Al implementar este tipo de sistemas en las edificaciones se reduce el consumo de agua potabilizada y se evita parte del proceso de potabilización, lo que disminuye la cantidad de productos químicos vertidos al agua natural y la energía eléctrica utilizada para el tratamiento. Este sistema de recolección de aguas lluvia es eficiente en ahorro de energía y transporte, también se evitan pérdidas de agua por filtraciones ya que se evita utilizar la infraestructura de conducción de agua potabilizada (acueducto) desde la fuente hasta su destino en la ciudad.

Esta gestión del recurso hídrico disminuye el impacto por escorrentía en el área urbana, y las afectaciones por inundación, ya que el agua lluvia captada es utilizada en un 100%, evitando la erosión de terrenos y disminuyendo el caudal de agua superficial que arrastra sedimentos y contaminación al sistema de alcantarillado y a los ríos.

Rendimiento económico por ahorro de agua potabilizada

Para el sector donde se encuentra ubicado el edificio, aparte del cargo fijo y la contribución que se cobra en la factura del agua, se cobra una tarifa por m^3 de agua consumida de $1 136,49 (Facturación Acueducto EPM, julio de 2014), generando un costo anual de $1 178 313 por el total de m^3 consumidos habitualmente; entonces si se implementa el sistema de captación de aguas lluvia se puede afirmar según la tabla 4, que en este edificio se tiene un ahorro por m^3 de agua potable consumida por un valor de $955 497 anuales. En este sentido se puede decir que en relación a los metros cúbicos consumidos anualmente se tendrá que pagar solo un 18,96% ($222 816) de lo

actual, si se implementa el sistema de captación de aguas lluvia, esto representa un ahorro del 81,04% en el uso de m3 de agua potabilizada.

Para esta misma facturación aparte del cargo fijo y lo que se cobra en la factura del agua, se cobra una tarifa por m^3 de agua vertida al alcantarillado por un valor de $1 701,400 (Facturación Acueducto EPM, julio de 2014), teniendo así un costo por vertimientos al alcantarillado de $1 862 692,72 anuales. Si se implementara además un sistema de tratamiento de aguas grises y estas se reutilizaran en la edificación, el costo por vertimientos disminuiría considerablemente.

Tabla 4. Rendimiento económico asociado al uso de agua lluvia

Mes	**Volumen de agua captada x mes (lt)**	**Consumo promedio**	**Diferencia de volumen (lt)**	**Ahorro x lt consumidos ($)**
Enero	36 400	86 400	50 000	41 368
Febrero	46 200	86 400	40 200	52 506
Marzo	70 000	86 400	16 400	79 554
Abril	126 700	86 400	-40 300	98 193
Mayo	140 000	86 400	-72 400	98 193
Junio	99 400	86 400	-13 000	98 193
Julio	47 600	86 400	38 800	54 097
Agosto	100 800	86 400	-14 400	98 193
Septiembre	114 800	86 400	-28 800	98 193
Octubre	144 900	86 400	-58 500	98 193
Noviembre	108 500	86 400	-22 100	98 193
Diciembre	59 500	86 400	26 900	67 621
TOTAL:	**1 094 800**	**----**	**----**	**955 497**

Fuente: Elaboración Propia.

Conducción, almacenamiento y tratamiento del Agua Lluvia (Fernández, 2009).

Una instalación para aprovechamiento de aguas pluviales consta de una serie de elementos esenciales: una superficie de recogida, un depósito de acumulación (con bomba de presión y rebosadero) y las canalizaciones que conectan la zona de recogida con el depósito y éste con los puntos de consumo.

Los principales factores que pueden alterar la calidad del agua son: la suciedad, la luz (rayos UV) y el exceso de calor. Las soluciones que se aplican habitualmente pasan por la instalación de filtros adecuados, depósitos construidos con materiales opacos y, siempre que sea posible enterrar el depósito, ya que se evita el contacto directo con la luz del sol y el calor.

Red de conductos: Consta de dos tramos, el primero va entre la superficie de captación y el depósito, y el segundo conecta éste con los puntos de consumo (exteriores y/o interiores). Un material óptimo para las tuberías de conducción es el polietileno, ya que es resistente y flexible, ideal para montajes y conducción de agua de lluvia.

Depósito de acumulación: el agua lluvia es conducida hasta tanques de acumulación en los sótanos, habitualmente se dispone un filtro de entrada y/o decantador por gravedad (variará en función del uso que se le quiera dar al agua recogida), una manguera de aspiración con boya (que asegura la máxima calidad del agua al aspirarla a unos 10 cm de la superficie, sin remover posibles residuos que han precipitado y permanecen en el fondo) y un rebosadero conectado a la red de saneamiento.

Gráfica 8. Depósito de hormigón y Depósito de polietileno

Fuente: (Fernández, 2009).

Accesorios: Existe una gran variedad de accesorios para completar un sistema eficiente: depósitos de decantación previa, separadores de hojas, boyas de control de nivel de agua, equipos de bombeo, mangueras de aspiración, bocas de entrada de agua anti-turbulencias, filtros para diferentes tamaños de partículas y superficies de captación marcadores de nivel exterior. Adicional a estos, se instala una unidad de control que gestiona los recursos hídricos disponibles.

Gráfica 9. Accesorios. De izquierda a derecha: manguera flotante, filtros de biomasa e impurezas
Fuente: (Fernández, 2009).

Gráfica 10. Unidad de gestión de aguas pluviales con bomba de aspiración integrada.
Fuente: (Fernández, 2009).

Tratamiento: Para el mantenimiento y funcionamiento de la red hídrica de este sistema para la Ciudad de Medellín, se tiene que el costo por m^3 de agua vertida al alcantarillado por un valor de $1 701,400 (Facturación Acueducto EPM, julio de 2014) en uso residencial, para usos comerciales como el de hotelería el valor por m^3 de agua vertida es de $3 000 (BIO Hotel, 2014), el costo de tratamiento de aguas lluvia y aguas grises al interior de la edificación es de $105 (BIO Hotel, 2014), el esto quiere decir que el edificio residencial tendría un ahorro del 3150% si reutilizara las aguas grises y potabilizara el excedente de aguas lluvia para el consumo humano, en vez de verterlas directamente al sistema de alcantarillado de la ciudad.

Planes y Programas

- Para una buena gestión del agua en las edificaciones se recomienda definir indicadores de consumo de agua para descargas sanitarias, lavado, mantenimiento general y otros consumos que no requieran de agua potabilizada para su uso. Esto con el fin de determinar consumos específicos y definir programas que contribuyan al ahorro y uso correcto del agua.
- Se propone implementar un indicador del costo mensual del servicio de acueducto y m^3 consumidos. Esto con el fin de tener un control de gastos en el uso de agua de las viviendas, oficinas u otro tipo de edificaciones y confrontar estos datos con el potencial de m^3 de agua lluvia captados que reducirían los gastos por m^3 de agua consumida.
- La educación ambiental es de suma importancia para incentivar la implementación de este tipo de sistemas en las edificaciones, por eso se propone realizar campañas de sensibilización de la problemática asociada al uso del recurso hídrico por medio de boletines, afiches, conferencias y capacitación de los usuarios de las edificaciones en cuanto a la adecuada gestión del agua por medio de tecnología y buenos hábitos de consumo.
- Se deben prever mantenimientos periódicos para controlar las fugas y pérdidas de agua en el sistema de tuberías y válvulas del edificio. Esto se traduce en beneficios en consumo de agua y costos por vertimientos.

Mercado

El mercado de productos para la construcción debe desarrollarse hacia tendencias nuevas que consideren el respeto al medioambiente sobre los beneficios económicos. El impulso para el cambio de estrategias en la construcción de edificios debe ser dado desde los usuarios y desde la administración pública, ya que es evidente que si no hay una ley o mandato superior, la industria no tendrá motivos para generar un mercado de productos y tecnologías sostenibles que generen beneficios económicos (eoi.es, 2014).

Hace pocos años la construcción sostenible y la implementación de tecnologías apropiadas en la construcción era una cuestión de conciencia personal, pero poco a poco van apareciendo ordenanzas municipales y decretos que exigen y dirigen al sector de la construcción adoptar medidas que mejoren el comportamiento medioambiental de los edificios e infraestructuras.

La implementación de tecnologías apropiadas en la actividad de la construcción aporta al empresario un posicionamiento en los nuevos contextos de mercados sostenibles, el gremio de la construcción podrá aprovechar este tipo de novedades a su favor y lograr así ventajas competitivas.

La propuesta de captación de aguas lluvia presentada en este documento tiene en cuenta beneficios económicos para el constructor y el usuario como la adecuada relación calidad y precio, durabilidad, mantenimiento y costos sobre beneficios económicos para el usuario.

La implementación de este tipo de tecnologías potencia el desarrollo socioeconómico de la comunidad, la creación de empleo y el desarrollo de la industria local.

La elección productos y sistemas constructivos sostenibles está condicionada por las tendencias arquitectónicas y culturales de cada país, no es sólo el mercado ofrece soluciones sino que es la arquitectura demanda nuevos productos y formatos que se adapten a los proyectos (eoi.es, 2014). En este sentido, se puede inferir que la propuesta presentada en este documento es pertinente en el mercado actual ya que aporta beneficios económicos, sociales y ambientales en la actividad de la construcción y en la habitabilidad de las edificaciones y ciudades.

Estímulos

- La empresa que preste de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo podría implementar una disminución en la tarifa de saneamiento a aquellas construcciones que adopten medidas de gestión integral de sus aguas lluvias por medio de la captación y uso de aguas lluvia, contribuyendo a la disminución de la presión sobre el sistema de alcantarillado.
- Reducir el uso del sistema de alcantarillado por parte de los nuevos proyectos constructivos implicaría una disminución de los costos de inversión, operación y mantenimiento asociados con la expansión de dicho sistema en función del desarrollo urbanístico (AMVA y IUCMA. 2010, Página 149).
- La participación en esta iniciativa tendría reconocimiento por parte del Ministerio de Medio Ambiente a la empresa prestadora como un cumplimiento con la ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa de ahorro y uso eficiente del agua. (AMVA y IUCMA. 2010, Página 149).

- Las empresas prestadoras de servicios públicos que promuevan e incentiven el uso de estas tecnologías apropiadas que aporten positivamente en la gestión del agua fortalecerán su imagen al contribuir a la responsabilidad social empresarial.
- Para las empresas constructoras será un valor agregado implementar tecnologías de captación de aguas lluvia, ya que ofrecerán alternativas ecológicas que repercutirán en ventas, ya que la sostenibilidad y responsabilidad ambiental tienen un papel importante en el mercado actual inmobiliario.

CONCLUSIONES

- Es de total pertinencia implementar las recomendaciones a los lineamientos del *DOCUMENTO TÉCNICO DE BASE PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA PÚBLICA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL VALLE DE ABURRÁ,* en cuanto al uso sostenible del agua al "*Instalar sistemas de agua eficientes en las construcciones, que permitan el ahorro y la conservación del recurso"* involucrando actores en la gestión como: *Municipio, sector productivo (construcción),constructoras, diseñadores, sector educativo.*
- Beneficios Ambientales: 1) Contribuir a la disminución del consumo de agua potabilizada mediante la recolección en fachadas y posterior uso de las aguas lluvias. 2) controlar los excesos de escorrentía que son responsables de inundaciones urbanas, de erosión de cauces, desestabilización de laderas y deslizamientos. 3) mejorar la calidad del agua en los ecosistemas, mediante el control de la contaminación y sedimentación asociadas a la escorrentía urbana no controlada. 4) protección de la biodiversidad.
- Los beneficios económicos para los usuarios estarán en la disminución de las tarifas de servicios públicos, representados una disminución en la tarifa del consumo de agua potable y la tarifa de alcantarillado de aguas lluvia al disminuir el uso de este por disminución de vertimientos al sistema.
- El sistema planteado tiene viabilidad económica, ya que el 81% del dinero que normalmente se destina para pagar los m^3 de agua potabilizada utilizada en descargas sanitarias, puede ser destinado a costear el sistema de recolección de aguas lluvia en fachada.

- Los costos asociados a la prestación del servicio de agua potable en la ciudad de Medellín son muy bajos, el valor del m^3 consumido es de los más baratos del país, esto contribuye a la falta de conciencia ambiental de los habitantes de la ciudad, así que la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvia como el presentado en este documento se hace posible en la medida que los usuarios de las edificaciones tengan conocimiento del ciclo de vida del agua y las afectaciones en el medio ambiente, como también los beneficios económicos, sociales y ambientales que genera adoptar estrategias de gestión de recurso hídrico.
- Se hace preciso definir planes y programas de gestión del agua en las edificaciones que contribuyan al mantenimiento preventivo y correctivo al igual que contribuyen a la sostenibilidad ambiental de las ciudades. En los planes y programas se deben definir indicadores de consumo que permitan establecer estrategias de ahorro y uso eficiente del agua.
- La ciudad de Medellín y en general todos los centros urbanos deben hacer una gestión del conocimiento ambiental en el sistema educativo. Los colegios, universidades y ambientes profesionales interdisciplinarios deben ser espacios de aprendizaje y discusión sobre la gestión de los recursos naturales, esto con el fin de tener una planificación del territorio y en este caso una planificación de la gestión del recurso hídrico para la ciudad.
- La gestión del recurso hídrico no puede depender exclusivamente de la prestación del servicio tradicional, que tiene sus fuentes de extracción y tratamiento en las cuencas hidrográficas, nacimientos de agua, embalses artificiales y otras fuentes de agua se encuentran alejadas de la ciudad, así que la captación de aguas lluvia es una alternativa sostenible y eficiente para mejorar la gestión del recurso hídrico en las ciudades.

AGRADECIMIENTOS

A la Especialización en Construcción Sostenible por darme un panorama de la sostenibilidad y su aplicación en el ámbito profesional, a los tutores por el asesoramiento en este trabajo, y a mi familia por su apoyo.

REFERENCIAS

- López D; González A; Penagos G. *Captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias a través de culatas de edificios en Medellín*, Colombia. Ponencia aceptada para presentación en el V Encuentro Nacional y el III Encuentro Latinoamericano sobre Edificaciones y Comunidades Sustentables (ENECS y ELECS 2009). Recife, Brasil. 28 al 30 de Octubre de 2009.
- AMVA y IUCMA. 2010. *DOCUMENTO TÉCNICO DE BASE PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA PÚBLICA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL VALLE DE ABURRÁ*
- CLIMATE-DATA.ORG (1982-2012), Disponible en: http://es.climate-data.org/location/4088/ (2014, 29 de octubre)
- "Medellín Como Vamos". Disponible en: http://www.medellincomovamos.org/la-ciudad. (2014, 29 de octubre)
- Facturación de acueducto y agua potable, Facturación de saneamiento y alcantarillado EPM, apartamentos en Ciudad Del Rio, El Poblado, Medellín. (2014, Julio)
- Bio Hotel Medellín, datos de uso y mantenimiento de la edificación. (2014, 1 de Noviembre)
- Arroyave Joan A. *Programa de ahorro y uso eficiente del agua en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia* (2012).
- Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Plan Director para Medellín y el Valle de Aburrá para el 2030, 2011.
- Fernández Iván, *Aprovechamiento de aguas pluviales, Universidad Politécnica de Catalunya*, 2009.
- Criterios de selección de productos en Construcción sostenible, disponible en: http://www.eoi.es/wiki/index.php/Criterios_de_selecci%C3%B3n_de_productos_en_Construcci%C3%B3n_sostenible
- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLES en Construcción sostenible, disponible en: http://www.eoi.es/wiki/index.php/MATERIALES_DE_CONSTRUCCI%C3%9

3N_SOSTENIBLES_en_Construcci%C3%B3n_sostenible#Nuevas_Tendencias.2C_el_.22Nuevo_Enfoque.22_del_Mercado

- Valores climáticos medios y totales anuales en Medellín http://www.tutiempo.net/clima/Medellin_Olaya_Herrera/801100.htm
- Depósito de documentos de la FAO:, "recursos hídricos mundiales", 2002 http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s02.htm
- CIA, 2014, Tasa de crecimiento poblacional mundial. https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2002.html
- Banco Mundial, 2014, Datos y cifras poblacionales. http://www.bancomundial.org/temas/cities/datos.htm