

**EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS  
SOSTENIBLES EN COMUNIDADES DE ESTRATO TRES**



**ANGELA MARIA BONILLA RAMIREZ**  
COD: 1301043

Director de Trabajo de Grado:  
Ing. Freddy Leon Reyes, M. Ed.

Artículo presentado como requisito para obtener el título de especialista en Gerencia  
Integral de Proyectos

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS**  
**NOVIEMBRE DE 2015**

# EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS SOSTENIBLES EN COMUNIDADES DE ESTRATO TRES

## EVALUATION ECONOMIC THE IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE PROJECTS IN COMMUNITIES OF STRATA MIDDLE

Ángela María Bonilla Ramírez  
Ingeniera Civil  
Estudiante Gerencia Integral de Proyectos  
Universidad Militar Nueva Granada.  
Bogotá, Colombia  
[angbon1990@gmail.com](mailto:angbon1990@gmail.com)

### RESUMEN

En el presente artículo se muestran indicadores que permiten medir el impacto que genera la implementación de proyectos sostenibles en viviendas de la ciudad de Bogotá, este proyecto se basa en la recolección y reutilización de aguas lluvias para el consumo de sanitarios, conexiones en patios y/o jardines. Para el desarrollo del sistema los datos fueron suministrados por una familia de estrato 3, sus niveles de consumo y número de habitantes en la vivienda, posteriormente se realizó el diseño del sistema arrojando la demanda, oferta y el volumen de almacenamiento, por medio de lo cual se calcula el porcentaje de ahorro. Partiendo de la inversión o el costo del sistema se compara con el ahorro anual con la implementación del proyecto, este se refleja por medio de indicadores económicos como relación beneficio – costo y periodo de retorno para saber si es viable el proyecto y si vale la pena invertir en él. El impacto de la implementación se demuestra mediante la curva de demanda la cual muestra el ahorro, costos y posibles aumentos del consumo. Otro aporte del documento es el llamado a la concientización del uso inadecuado que se le está dando a los recursos naturales no renovables, por medio de ejemplos de proyectos sostenibles a nivel nacional que se han realizado con éxito. Por ende del presente artículo brinda un análisis de factores económicos y volumétricos de consumo para ayudar al usuario a optar por la opción brindada.

**Palabras Clave:** Sostenibilidad, Filtros, Aguas Lluvias, Consumo residencial, Captación, Precipitación promedio, Demanda, Oferta, Curva de demanda, Ecoeficiente.

## ABSTRACT

This article shows indicators to measure the impact that the implementation of sustainable housing projects in Bogota causes. The indicators were based on the collection and reuse of rainwater for consumption toilets, playgrounds connections and gardens. For system development data were provided by a family of layer 3 levels of consumption and population in housing, then the system design was done throwing the demand, supply and the storage volume, by what where the savings rate is calculated. Based on the investment or the cost of the system compared to the annual savings with the implementation of the project, this is reflected by economic indicators such relationship benefit - cost and payback period to know the feasibility of the project and whether it is worth invest in it. The impact of the implementation is evidenced by the demand curve which shows savings, costs and possible increases in consumption. Another contribution of the paper is the call to increase awareness of inappropriate use that is being given to non-renewable natural resources, through examples of sustainable projects nationwide that have been successful. Hence this article provides an analysis of economic and volumetric consumption factors to help the user to choose the option provided.

**Keywords:** Sustainable, Filters, Rain water, Residential consumption, Catchment, Average rainfall, Demand, Supply, Demand curve, Efficient environment.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son de gran importancia para el desarrollo de las actividades diarias de los seres humanos; esencialmente el agua, puesto que de este dependen todos los organismos vivos que conocemos incluyendo a los seres humanos. Sin dicho recurso no habría vida. El planeta tierra posee casi tres cuartas partes de agua lo cual demuestra su importancia; sin embargo el 95,5% de esta agua es salada la cual no es apta para el consumo humano. El agua dulce o potable la encontramos en los ríos, lagos, lagunas, humedales, entre otras; pese a que sea solo un 4,5% del agua mundial consideramos que es abundante, pero, no obstante la contaminación, el calentamiento global y el uso indiscriminado del recurso, está agotando y dañando las fuentes de agua dulce [1]. Además de esto, cada día la población se densifica en espacios urbanos, dejando a un lado el espacio rural, generando un incremento en la demanda de recursos naturales en las urbes. En consecuencia de esto las empresas prestadoras de los servicios no se dan abasto para brindar la cobertura del servicio en su totalidad. Otro factor que afecta el óptimo servicio del agua potable son los fenómenos naturales. Por ejemplo en épocas de sequías el proceso a seguir es el racionamiento ya sea por horas o días como se ocurre en algunas regiones. Fenómeno como el del “Niño” afectan notoriamente a zonas donde su capacidad volumétrica no es la suficiente para suplir por determinado tiempo la demanda de agua.

Por esto nacen mecanismos de aprovechamiento o proyectos en edificios sostenibles para mitigar un poco la demanda de dichos recursos. A nivel nacional el uso de aguas lluvias se ha implementado principalmente en las regiones con problemas de abastecimiento de agua potable para consumo doméstico, como lo son la Bocana, Choco entre otros.

En Bogotá se han construido edificios amigables con el ambiente trayendo beneficios tangibles tanto para la organización como para sus públicos, ya sean empleados, consumidores, proveedores o socios estratégicos de acuerdo con las Cifras del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (Cccs):

- Ahorros reales en consumos: Gracias a la combinación de diferentes medidas, las edificaciones certificadas en Colombia han obtenido reducciones de hasta 90 por ciento en el uso de agua y de hasta 70 por ciento en energía.
- Costos: Los sobrecostos promedio de los proyectos son del 4%.
- Salud, confort y productividad: 80% de los usuarios se siente más cómodo en una edificación sostenible. [2]

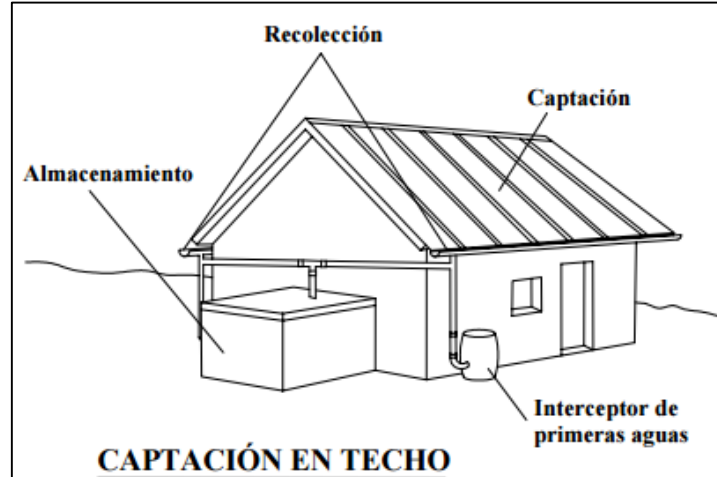
Este estudio se enfoca en el análisis del ahorro con un sistema recolector de aguas lluvias en vivienda. Los sistemas de recolección no varían mucho, constan básicamente de tres componentes: captación, conducción y almacenamiento.

Algunos parámetros importantes dentro del diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, es la determinación de los volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable, también se debe tener muy presente el nivel de precipitación promedio mensual o anual, lo cual brindaría el valor de la oferta disponible.

Para la determinación del potencial de ahorro de agua potable se utilizó la ecuación planteada por Ghisi, Lapolli y Martini, siendo coherentes con la metodología del CEPIS. [3] Partiendo de estos parámetros los conceptos básicos de un sistema son los siguientes:

- Captación: Está conformada por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua.
- Recolección y conducción: Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo.
- Interceptor: Contiene todos los materiales que en él se encuentran en el momento del inicio de la lluvia. Impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento
- Almacenamiento: Almacena el volumen de agua lluvia necesaria para el consumo diario. [3]

Un modelo óptimo del sistema de recolección de aguas lluvias con cada uno de sus elementos indispensables se ve representado en la Figura 1



**Figura 1** Sistema de Captación de Agua Pluvial  
**Fuente:** Guía de diseño para captación del agua de lluvia

Partiendo de este diseño, el proyecto sostenible en vivienda para comunidades que tienen disponibilidad a pagar por un bien, el cual les brinda la disminución del consumo de recursos no renovables y por ende su costo, podrá contribuir al desarrollo de un ambiente sostenible. Dependiendo de la aceptación de dicho proyecto se podrá evaluar su impacto económico el cual se refleja mediante un P y G (Estado de Pérdidas y Ganancias) y la curva de demanda en dicha comunidad por medio de diferentes variables viendo la recuperación de la inversión y su impacto en los recursos financieros de las familias, es fundamental conocer como hace el cobro de la empresa prestadora del servicio por metro cubico consumido. (Ver anexo 1).

Esta evaluación se enfocará en núcleos familiares de aproximadamente 10 personas por vivienda en la ciudad de Bogotá. Para esto es necesario conocer cuáles son los ingresos y egresos mensuales por familia. También se toma como referencia este conjunto de personas debido a que del total de población bogotana que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), a fecha del 2011 se calculaba en 7.467.804 y un 39,35% pertenece al estrato tres dando como mayor población por estrato en Bogotá, otro hecho que se tiene en cuenta es el cargo fijo que registra la empresa pública prestadora del servicio y con él % de subsidio que dan a cada categoría.

Mediante este artículo se demuestra una evaluación económica del impacto que genera la implementación de proyectos sostenibles de reutilización de aguas lluvias para comunidades de estrato tres en la ciudad de Bogotá.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1 ANTECEDENTES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN VIVIENDAS DE BOGOTÁ

La palabra sostenibilidad es un conjunto de acciones debidamente planificadas, que actúan con respeto y armonía sobre el medio social y natural, logrando mejoras permanentes en la calidad de vida de una población. Estos proyectos pueden sostener sus acciones en el medio social o natural.

En Colombia quien se encarga de coordinar el tema de construcciones sostenibles es el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (Cccs), en nuestro país se han desarrollado varios edificios que cuentan con la certificación Leadership in Energy and Environmental Design (Leed), esta trata de un método de evaluación de edificios verdes, a través de pautas de diseño objetivas y parámetros cuantificables, mide entre otras cosas el uso eficiente de energía, el agua, la correcta utilización de materiales, el manejo de desechos con la construcción y la calidad del ambiente interior en los espacios habitables. [4]

Un proyecto insignia es el hotel Aloft Hotel Bogotá Airport, el cual cuenta con certificación Leed, para obtener la certificación implementaron varias estrategias de diseño y construcción que benefician a los huéspedes, trabajadores y a la comunidad. Se obtuvieron ahorros de energía de 24% y de consumo de agua potable en 30%. Las principales características del hotel son las siguientes:

- Se instalaron 810 m<sup>2</sup> de cubierta verde
- Se instalaron griferías y equipos sanitarios de bajo consumo.
- Cuenta con sistema de tratamiento de aguas jabonosas y aguas lluvias que permiten su reutilización en sanitarios y de mantenimiento.
- En la ventilación y aire acondicionado se utilizó un sistema de enfriamiento que evapora el aire condensado permitiendo alta eficiencia energética para las condiciones de temperatura de Bogotá y no utiliza refrigerantes. [5]

Otros proyectos reconocidos en Bogotá por Programa de reconocimiento ambiental a edificaciones ecoeficientes (PRECO) fueron:

**EDIFICIO TERPEL:** Mediante la resolución 01441 de 2012 se reconoció como edificación ecoeficiente por implementar sistemas de recolección y reutilización de aguas lluvias, aprovechamiento de ventilación natural, uso de insumos ahorradores de energía, techos verdes en un alto porcentaje del área de la cubierta.

**EMBAJADA DEL ECUADOR:** Mediante la resolución 00904 del 2014 se reconoció como edificación ecoeficiente por implementar: sistemas de recolección y reutilización de aguas lluvias en cisternas orinales y riego, insumos ahorradores de agua y energía, aprovechamiento de ventilación natural y techos verdes en su cubierta.

BIOHOTEL: Mediante resolución 00002 de 2015 se reconoció como edificación ecoeficiente por implementar: sistemas de recolección y reutilización de aguas lluvias logrando así una reducción en el consumo de agua potable para disposición de descarga y reducción en el consumo de agua potable, insumos ahorradores de agua y uso de energías alternativas renovables.

En cuanto a vivienda se ha implementado en nuevos proyectos de construcción insumos ahorradores de agua, estos elementos son de fácil instalación y bajo costo que ayudan a consumir hasta con un 60% menos de agua: existen tomas ahorradoras las cuales se adaptan a las llaves del lavamanos, ducha y lavaplatos en la cocina, válvulas duales las cuales se instalan en el tanque del escusado que descarga 3 lt de agua para orina y 6 lt para desechos sólidos.

Los caudales instantáneos mínimos precisos en los puntos de consumo son reflejados en la Tabla 1.

**Tabla 1** Caudales instantáneos por aparato

TIPO DE APARATO	CAUDAL INSTANTÁNEO MÍNIMO (LT/S)	DIAMETRO NOMINAL DEL RAMAL DE ENLACE (PULG)
Lavamanos	0.10	1/2"
Ducha	0.30	1/2"
Inodoro Fluxómetro	2.5	1 – 1 1/2"
Lavavajillas	0.20	1/2"
Lavadero	0.20	3/4"
Lavadora doméstica	0.25	3/4"
Grifo garaje	0.20	1/2"

**Fuente:** ALFA – Dimensiones de las instalaciones

Niveles de consumo por estratos y por población.

**Tabla 2** Indicadores ambientales específicos sobre agua potable

		INDICADOR	ESTRATO	LITROS
ACUEDUCTO	Población	Consumo agua per cápita / día	1. Bajo – bajo	56,76
			2. Bajo	60,47
			3. Medio – bajo	69,68
			4. Medio	108,08
			5. Medio – alto	147,50
			6. Alto	224,24
	Hogares	Consumo agua por hogar / día	1. Bajo – bajo	199,66
			2. Bajo	217,69
			3. Medio – bajo	228,16
			4. Medio	300,20
			5. Medio – alto	400,69
			6. Alto	567,96

<b>Viviendas</b>	Consumo agua por vivienda / día	1. Bajo – bajo	229,45
		2. Bajo	245,51
		3. Medio – bajo	249,64
		4. Medio	301,83
		5. Medio – alto	395,22
		6. Alto	541,13

*Fuente: base datos EAAB 2010, Proy. Pobl. DANE-SDP 2010*

## 1.2 REQUISITOS DE UN PROYECTO SOSTENIBLE

Para la elaboración del proyecto sostenible se debe tener en cuenta un factor técnico que en este caso es el diseño del sistema el cual se desarrolló para una vivienda de tres niveles, ubicada en la localidad de Puente Aranda, y perteneciente al estrato 3. La infraestructura cuenta con 4 baños con duchas, dos lavaderos y conexión a lavadoras. El área es de 300m<sup>2</sup>, actualmente conviven tres hogares con un total de 11 personas.

Otro factor es el económico, en el cual se realiza un presupuesto de la inversión y un balance sobre el porcentaje de ahorro mensual de agua potable con y sin proyecto.

### 1.2.1 FACTOR TÉCNICO

Diseño del sistema

1. Información Pluviométrica: Uno de los datos más importantes para el diseño del sistema es contar con la información pluviométrica de la zona de estudio, se deben tener datos de fenómenos de El Niño y La Niña, pues estos intervienen directamente con la disponibilidad de agua lluvia. Para establecer un buen promedio de precipitaciones se recomienda tomar datos de hasta 10 años, para el siguiente cálculo se incurrió en datos mensuales de los años 2009 a 2015 (Ver anexo 2), con estos datos se calcula la precipitación promedio mensual:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

P<sub>pi</sub>: precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes) n: número de años evaluados p<sub>i</sub>: valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

La precipitación es el agua lluvia que cae sobre determinada área, generando una lámina con una altura en milímetros. La conversión de esta se basa en que por cada milímetro de altura es un litro por metro cuadrado (l/m<sup>2</sup>), es decir 10 mm equivalen a .10 l/m<sup>2</sup>.



2. Demanda de agua en el mes: Para estimar la demanda en una vivienda se debe aplicar la siguiente ecuación por un factor del 25% [6] ya que esta agua será requerida únicamente para los sistemas sanitarios y garajes o patios.

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot * 25\%}{1000} \quad (2)$$

Donde:

Di: demanda mensual (m3)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado.

Dot: dotación (L/persona/día)

25%: porcentaje de consumo de sanitarios más garajes y/o patios

3. Oferta de agua en el mes: El caudal que proporcionara este sistema se determina por medio de la siguiente ecuación, en la cual se deben tener en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones, material del techo y coeficientes de escorrentía (Ver anexos 3 y 4).

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (3)$$

Donde:

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m3)

Ppi: precipitación promedio mensual (L/m2)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m2)

4. Volumen de almacenamiento: Este volumen da la guía para el volumen del tanque adaptado, para esto se deben tener en cuenta los meses con mayores niveles de precipitación.

$$Vi = Ai - Di \quad (4)$$

Donde:

Vi: volumen de almacenamiento del mes "i" (m3)

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m3)

Di: demanda de agua en el mes "i" (m3)

Si el volumen da negativo quiere decir que toda el agua captada se usara en el tiempo de diseño y no requiere almacenaje. Se tendrá en cuenta el volumen mayor para adaptar el tanque con la capacidad acorde a dicho dato.

5. Sistema de bombeo: La bomba para cada sistema diseñado puede variar, dependiendo del sitio donde se encuentra el almacenamiento, normalmente el tanque de almacenamiento se encuentra a nivel de piso o un nivel menor

de donde se requiere llevar el agua, por consiguiente se requiere una bomba para que lleve el agua captada a inodoros y otros puntos elevados, por medio de la siguiente ecuación se calcula la potencia del motor:

$$P = \frac{g \cdot Q_i \cdot H_d}{\frac{\eta}{100} \cdot 75} \quad (5)$$

Donde:

P= Potencia del motor (HP)

g= Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Q<sub>i</sub>= Caudal en la impulsión (l/s)

H<sub>d</sub>=Altura dinámica total (m)

η= Eficiencia de la bomba (%)

6. Mantenimiento y control del sistema: Se debe realizar un mantenimiento periódico del sistema una vez al año en los puntos clave:
  - Captación: revisión de cubiertas, canales y bajantes. Evitar suciedad.
  - Filtración: Revisar y limpiar periódicamente el dispositivo.
  - Almacenamiento: Lavado del tanque en épocas de sequia
  - En caso de detectar malos olores se recomienda una limpieza o desinfección.

## 1.2.2 FACTOR ECONÓMICO

1. Presupuesto del sistema: Basados en planos o dimensiones de la vivienda se obtiene las cantidades necesarias para la instalación y por ende su presupuesto. Una vez finalizado el presupuesto se conoce cuanto es el monto de la inversión, también cabe anotar que los diseños para acueducto se realizan para un uso óptimo de 20 años, sin embargo con el debido mantenimiento este tiempo se puede prolongar. En la siguiente tabla se reflejan los ítems más representativos del presupuesto:

**Tabla 3** Presupuesto del Sistema de recolección

ITEM
Tanque de almacenamiento
Filtros
Sistema de bombeo
Red de distribución
Mantenimiento

2. Partiendo del consumo actual, es decir sin contar con el sistema de recolección de aguas se establece el costo mensual por metro cubico durante un año, brindando un promedio del costo mensual.

### 1.3 INDICADORES ECONOMICOS

- Indicadores de consumo

Potencial de ahorro de agua potable: Este factor arroja un porcentaje sobre el ahorro de agua potable que se usa en inodoros, conexión para patios y/o jardines el cual es de un 25% con respecto al consumo total de la vivienda. La ecuación depende del volumen de agua lluvia recolectada y de la demanda existente:

$$PPWS = 100 * \frac{Ai}{Di} \quad (6)$$

Donde:

PPWS: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

Ai: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m3 /mes)

Di: Demanda mensual de agua potable (m3 /mes).

- Indicadores de ahorro

Relación beneficio - costo

$$BNTA (\$/año) = AECA (\$/año) - CACO (\$/año) - CAO A (\$/año) \quad (7)$$

Donde:

BNTA: Beneficio total anual neto, en (\$/año) y equivale al beneficio económico neto que resultaría si se implementa el sistema.

AECA: Ahorros esperados en costos anuales, relativos a la operación actual, en \$/año (disminuciones en pagos de cuentas por abastecimiento de agua)

CACO: Costos amortizados de capital de operación, en \$/año, incluye equipos, materiales e instalaciones, amortizados a lo largo de su vida útil.

CAOA: Costos adicionales de operación anual, sobre la operación actual, corresponden a los extras que resultarían para mano de obra, mantenimiento, energía.

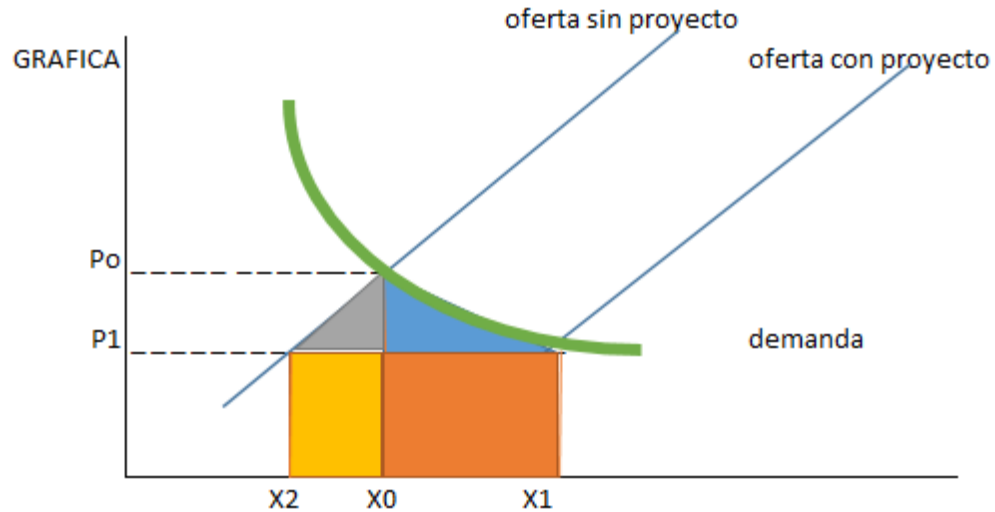
Periodo de recuperación de capital

$$PR = \frac{\text{Capital Invertido}}{\text{Utilidad anual}} \quad (8)$$

### 1.4 EVALUACIÓN DE IMPACTO

Para evaluar el impacto de la implantación del sistema de recolección se basa en los principios de una evaluación económica; ahorro o incremento en consumo de recursos, beneficios, indicador de beneficio/costo y costos y gastos. Los resultados de los indicadores se verán reflejados en la curva de

demanda, esta refleja el precio de un determinado producto o servicio y la cantidad de lo que los consumidores quieren y están dispuestos a pagar. La curva estará ligada a los costos y el consumo de agua potable con y sin la implementación del sistema de recolección.



**Figura 2** Curva de Demanda

Donde:

Consumo:  $c = (x_1 - x_0) * p_1$

Ahorro: en excedentes del consumidor:  $a_1 = (x_1 - x_0) * (p_0 - p_1)/2$

Ahorro de factores de producción:  $a_2 = (x_0 - x_2) * p_1 + (x_0 - x_2)(p_0 - p_1)/2$

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 2.1 REQUISITOS DE UN PROYECTO SOSTENIBLE

#### 2.1.1 FACTOR TÉCNICO

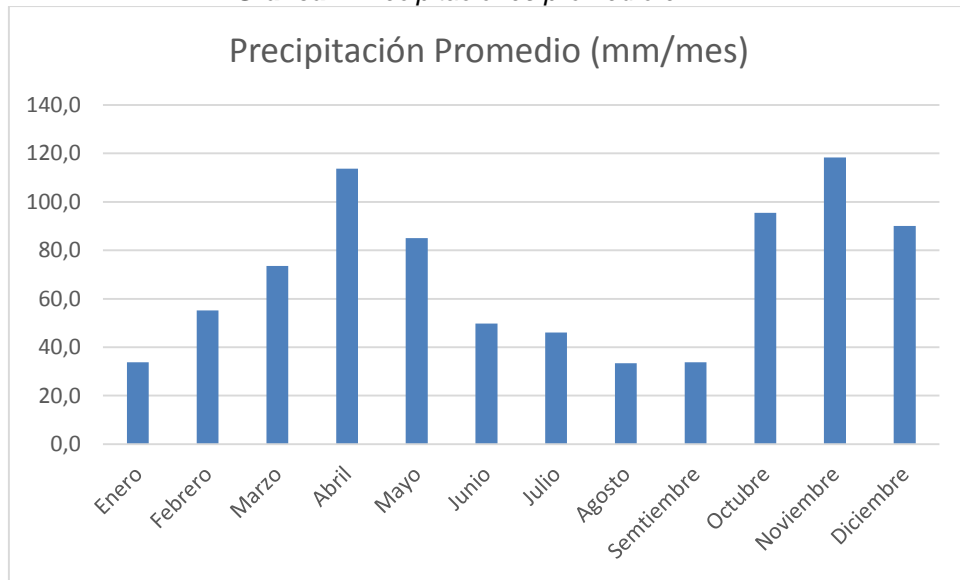
Con los datos obtenidos se desarrolló la metodología para el diseño del sistema de recolección de aguas lluvias, primero al obtener las precipitaciones de 7 años en la ciudad de Bogotá arrojó los siguientes resultados, reflejando los meses con mayores precipitaciones al año; Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre encabezan la lista.

**Tabla 4** Precipitación promedio mm

MES	PREC PROM
Enero	33,8
Febrero	55,2
Marzo	73,6
Abril	113,7
Mayo	85,0

Junio	49,7
Julio	46,0
Agosto	33,4
Septiembre	33,8
Octubre	95,4
Noviembre	118,4
Diciembre	90,0

**Grafica 1** Precipitaciones promedio en mm



Después de realizar el promedio de las precipitaciones se calculó la demanda de agua en la vivienda por elementos como inodoros, conexión a mangueras de patios y/o jardines. También se desarrolló la oferta que brinda el sistema y por medio de la diferencia de oferta y demanda se conoce el volumen de almacenaje, los valores negativos significan que para ese mes no se requiere almacenar agua. Por último se conoce el porcentaje de ahorro en consumo de agua potable (PPWS), cabe recordar que este porcentaje es sobre el 25% del consumo total de agua de la vivienda.

**Tabla 5** Cálculo Oferta, Demanda y Ahorro

MES	Ppi (l/m2)	Días	Demanda (m3/mes)	Oferta (m3/mes)	Volumen (m3)	PPWS (%)	AHORRO TOTAL (%)
Enero	34	31	9,38	4,35	-5,03	46	13
Febrero	56	28	7,70	7,17	-0,53	93	23
Marzo	74	31	8,53	9,47	0,95	111	28
Abril	114	30	8,25	14,59	6,34	177	44
Mayo	85	31	8,53	10,88	2,36	128	32
Junio	50	30	8,25	6,40	-1,85	78	19
Julio	46	31	8,53	5,89	-2,64	69	17
Agosto	33	31	8,53	4,22	-4,30	50	12
Septiembre	34	30	8,25	4,35	-3,90	53	13

Octubre	95	31	8,53	12,16	3,64	143	36
Noviembre	118	30	8,25	15,10	6,85	183	46
Diciembre	90	31	8,53	11,52	3,00	135	34

## 2.1.2 FACTOR ECÓNOMICO

El presupuesto del sistema es la inversión que debe realizar el usuario, este presupuesto tiene en cuenta la descripción del material o equipo, unidad de medida, cantidad y valores unitarios y totales. Para el presente documento se tomaron valores de PAVCO, Homecenter y construdata, para la cantidad de unidades se necesita contar con planos actualizados de la vivienda.

*Tabla 6 Presupuesto estimado para el sistema*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1</b>	<b>Sistema de recolección y conducción</b>				<b>71.164</b>
1.1	Tubería de conducción PVC 1"	un	2	25.200	50.400
1.2	Codos, semicodos, uniones	un	5	2.500	12.500
1.3	Pintura	un	2	4.132	8.264
<b>2</b>	<b>Red de distribución</b>				<b>105.265</b>
2.1	Tubería PVC 1"	un	3	25.200	75.600
2.2	Tubería PVC 1 1/2"	un	1	29.665	29.665
<b>3</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>un</b>			<b>434.000</b>
3.1	Tanque de almacenamiento polietileno 1000 lt	un	2	217.000	434.000
<b>4</b>	<b>Interceptor de primeras aguas</b>				<b>300.000</b>
4.1	Filtros	un	2	150.000	300.000
<b>5</b>	<b>Sistema de bombeo</b>				<b>375.000</b>
5.1	Motobomba centrifuga horizontal	gl	1	375.000	375.000
<b>TOTAL</b>					<b>1.285.429</b>

Para poder comparar el porcentaje de ahorro en el consumo de agua potable con el ahorro en el costo de facturación, es necesario conocer el consumo en m<sup>3</sup> mensual y el costo por metro cubico, una vez se realice el cálculo, el porcentaje de ahorro se verá reflejado en dinero que se reserva el usuario.

Cabe anotar que en lo facturado por la empresa que presta el servicio se incluye valores de cargo fijo y excedentes por tener algún tipo de comercio en la vivienda, por ende el cobro se ve mayor al calculado en la Tabla 7.

**Tabla 7** Consumo agua potable y Costo total

MES	CONSUMO AGUA POTABLE (m3)	COSTO POR M3 (\$)	COSTO TOTAL (\$)	AHORRO TOTAL (\$)
Enero	12	2511,24	30134,88	3496
Febrero	12	2590,85	31090	7235
Marzo	13	2590,85	33681	9356
Abril	13	2590,85	33681	14893
Mayo	14	2590,85	36272	11573
Junio	14	2590,85	36272	7035
Julio	14	2590,85	36272	6263
Agosto	14	2590,85	36272	4493
Septiembre	11,5	2590,85	29795	3929
Octubre	11,5	2590,85	29795	10625
Noviembre	13	2590,85	33681	15416
Diciembre	13	2590,85	33681	11378

## 2.2 INDICADORES ECÓNICOS

### Relación Beneficio Costo

Debido a que los diseños de acueductos tienen una vida útil mínima de 20 años, la inversión se reflejara durante 20 años, mientras que el ahorro anual se formula igual que el primer año, adicionándole un factor de inflación. Con estos datos se obtiene un flujo de caja y la relación costo beneficio.

**Tabla 8** Relación Beneficio/Costo

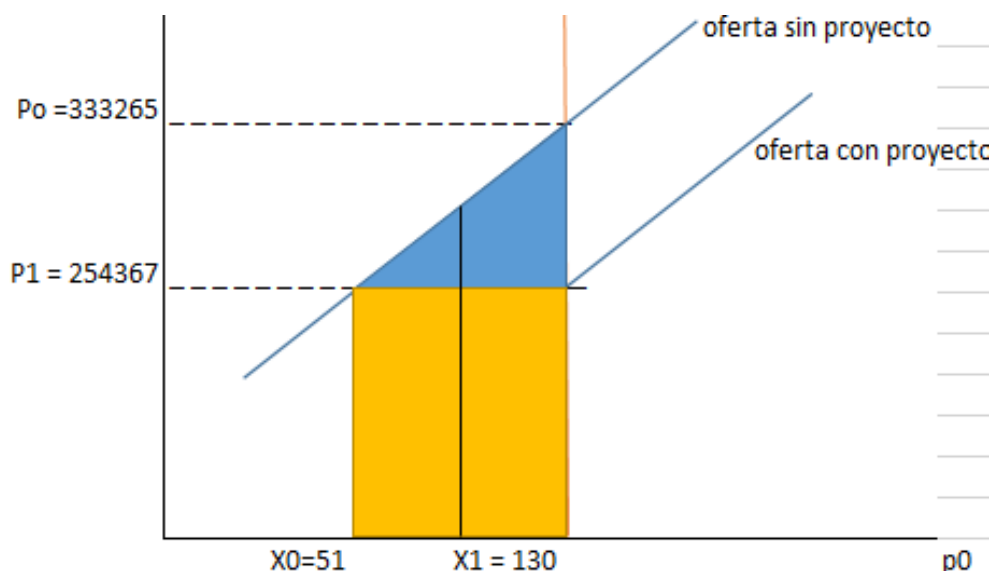
AÑO	COSTO	AHORRO	FC	B/C
0		-	-	
1	64.271	105.693	41.421	1,64
2	64.271	107.806	43.535	1,7
3	64.271	109.962	45.691	1,7
4	64.271	112.162	47.890	1,7
5	64.271	114.405	50.134	1,8
6	64.271	116.693	52.422	1,8
7	64.271	119.027	54.755	1,9
8	64.271	121.407	57.136	1,9
9	64.271	123.836	59.564	1,9
10	64.271	126.312	62.041	2,0
11	64.271	128.839	64.567	2,0

12	64.271	131.415	67.144	2,0
13	64.271	134.044	69.772	2,1
14	64.271	136.725	72.453	2,1
15	64.271	139.459	75.188	2,2
16	64.271	142.248	77.977	2,2
17	64.271	145.093	80.822	2,3
18	64.271	147.995	83.724	2,3
19	64.271	150.955	86.683	2,3
20	64.271	153.974	89.703	2,4
<b>TOTAL</b>	<b>1.285.429</b>	<b>2.568.050</b>		

Periodo de recuperación de capital, es el tiempo en el que se recupera la inversión. Entre menor sea el tiempo, mayor viabilidad tendrá el proyecto.

$$PR = \frac{1.285.429}{1533.974} = 8,77 \text{ años}$$

### 2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO



**Figura 3** Curva de Demanda del Proyecto

$$\text{Consumo: } c = (x_1 - x_0) * p_1 \quad c = (130 - 51) * 254.367 = 20.094.993$$

$$\text{Ahorro: } a = (x_1 - x_0) * \frac{p_0 - p_1}{2} = 130 - 51 * \frac{333.265 - 254.367}{2} = 3.510.961$$



### 3. CONCLUSIONES

Los proyectos sostenibles cada día van tomando más fuerza en la construcción de viviendas no solo horizontales sino verticales, partiendo desde cambios mínimos hasta cambios macros los cuales se ven reflejados no solo en ahorros monetarios sino en la generación de proyectos amigables con el medio ambiente.

Para el caso de estudio, con los datos suministrados y los resultados calculados el sistema ofrece un porcentaje de ahorro mensual durante 20 años donde las precipitaciones altas alcanzan a cubrir el 100% de la demanda. Con esto se logra optimizar el uso de uno de los recursos naturales no renovables más importante para el ser humano.

Una vez se diseñó el sistema con el ahorro mensual de metros cúbicos de agua, se reflejó el beneficio económico para el usuario ya que en la Tabla 8 se ve que este indicador en cada año nunca es menor a 1, por ende su inversión es favorable. Otro indicador que da validez a la inversión es el periodo de recuperación de capital, el cual entre menor sea, mayor será la satisfacción del inversionista. En cuanto a costos el sistema no sobrepasa de un millón y medio por ende es muy económico ya que su periodo de uso como mínimo es de 20 años, sin embargo hechos que no favorecen a la implementación de sistemas como el de recolección de aguas lluvias es precisamente depender de las precipitaciones mensuales que cada vez son más variables. Otro punto que es necesario es la disponibilidad de espacios para los tanques de almacenamiento y contar con un buen instalador del sistema.

En general se logró el objetivo de identificar el impacto económico en las familias de estrato tres, como se decía anteriormente por medio de indicadores ninguno es negativo y por ende el ahorro se daría en beneficio de las comunidades que adopten estos sistemas. Cabe anotar que el ahorro no es en porcentajes altos pero al invertir no se pierde y si se ayuda a mantener un ambiente sostenible.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Pounds, J. A., Fogden, M. P. L. y Campbell, J.H. (1999). Ecology: Clouded futures. Nature 398: 611-615.

[2] El Tiempo (2015). Los edificios sostenibles en tono verde. Son las construcciones de su huella ambiental.

[3] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia.

[4] Catalogo Verde, Plataforma interactiva de la construcción sustentables (2014). Certificación Leed. Tomado de: <http://www.catalogoverde.cl/certificacion-leed-2>

[5] Felipe Holguin, Terranum. Proyectos – Estudios de Caso. Cccs. Tomado en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos>

[6] Departamento Nacional de Planeación. Conpes Social 91. (2005). Metas y estrategias de Colombia para el logro de los Objetivos Del Milenio 2015. Tomado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>

[7] Pilar, A. M., & Diana, C. B. (2010). La sostenibilidad ambiental urbana en Colombia. *Bitácora Urbano Territorial*, 2(17), 73-93. Tomado de: <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/1677402482?accountid=30799>

[8] Torres Tovar, C. A. (2007). Ciudad informal colombiana. *Bitácora Urbano Territorial*, 1(11), 53-93. Tomado de: <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/1677402733?accountid=30799>

[9] Fair Geyer Okun, (1973), Control de Calidad y Tratamiento de Agua. Tomado de: [http://www.bdigital.unal.edu.co/70/8/45\\_-\\_7\\_Anex\\_1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/70/8/45_-_7_Anex_1.pdf)

[10] Ministerio de Desarrollo Económico, (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS – 2000), Sección II, Título B.

[11] Desarrollo económico local. Iniciativas económicas para el desarrollo local: viabilidad y planificación.



Estrato 3	2.511,24	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85
Estrato 4	2.511,24	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85
Estrato 5	3.892,43	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82	4.015,82
Estrato 6	4.143,55	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91	4.274,91
<b>CARGO FIJO \$/Suscriptor/2 meses</b>	<b>ene-2015</b>	<b>feb-2015</b>	<b>mar-2015</b>	<b>abr-2015</b>	<b>may-2015</b>	<b>jun-2015</b>	<b>jul-2015</b>	<b>ago-2015</b>	<b>sep-2015</b>	<b>oct-2015</b>	<b>nov-2015</b>	<b>dic-2015</b>
INDUSTRIAL	19.221,67	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00	19.831,00
COMERCIAL	22.178,85	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92	22.881,92
OFICIAL	14.785,90	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61
ESPECIAL	14.785,90	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61	15.254,61
<b>CONSUMO \$/m3</b>	<b>ene-2015</b>	<b>feb-2015</b>	<b>mar-2015</b>	<b>abr-2015</b>	<b>may-2015</b>	<b>jun-2015</b>	<b>jul-2015</b>	<b>ago-2015</b>	<b>sep-2015</b>	<b>oct-2015</b>	<b>nov-2015</b>	<b>dic-2015</b>
INDUSTRIAL	3.465,51	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37	3.575,37
COMERCIAL	3.766,86	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27	3.886,27
OFICIAL	2.511,24	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85
ESPECIAL	2.511,24	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85	2.590,85

Nota 1: En el evento en que el IPC, respecto al 31 de enero de 2015 acumule una variación igual o superior al 3%, las tarifas y costos de referencia deberán ser actualizados (Resoluciones CRA 287 de 2004, Artículo 46 y el Artículo 125 de la Ley 142 de 1994).

Nota 2. Las tarifas están definidas en la Resolución de Gerencia No. 0833 del 28 de Diciembre de 2012 que rigen a partir del 01 de Enero de 2013. Desde el año 2014 los valores no fueron modificados.

Nota 3. Los cargos variables (básico y no básico) incluyen los costos medios de tasas ambientales.

Nota 4. El valor del cargo fijo es

Bimestral

Fecha actualización:15-Feb-2015

**ANEXO 2. PRECIPITACIÓN MENSUAL PMPLL (mm)**

<b>AÑO-MES</b>	<b>PRECIPITACIÓN. MENSUAL</b>
2009-01	31
2009-02	48,3
2009-03	79,3
2009-04	96,1
2009-05	77,3
2009-06	59,6
2009-07	34,2
2009-08	30,2
2009-09	34,6
2009-10	104,5
2009-11	87,6
2009-12	62,7
2010-01	13,9
2010-02	21,2
2010-03	20,5
2010-04	151,7
2010-05	163,5
2010-06	75,8
2010-07	91
2010-08	32,5
2010-09	45,5
2010-10	132,4
2010-11	179
2010-12	122,8
2011-01	44,2
2011-02	58,2
2011-03	84,8
2011-04	169,8
2011-05	122,1
2011-06	47,9
2011-07	38,6

2011-08	31,9
2011-09	36,4
2011-10	111
2011-11	144,9
2011-12	96,9
2012-01	49,5
2012-02	35,8
2012-03	79,6
2012-04	144,4
2012-05	33,5
2012-06	29,9
2012-07	45,1
2012-08	40
2012-09	20,7
2012-10	103,5
2012-11	52,1
2012-12	54,1
2013-01	8,4
2013-02	96,8
2013-03	57
2013-04	119
2013-05	100,9
2013-06	24,2
2013-07	37,1
2013-08	46,4
2013-09	29,1
2013-10	72,7
2013-11	129,2
2013-12	71,7
2014-01	49,4
2014-02	94
2014-03	95,7
2014-04	61,8
2014-05	77
2014-06	44,4

2014-07	30,1
2014-08	19,2
2014-09	36,3
2014-10	48,5
2014-11	117,5
2014-12	131,9
2015-01	40
2015-02	32
2015-03	98
2015-04	53,1
2015-05	20,5
2015-06	66,2

**ANEXO 3. COEFICIENTES DE ESCORRENTIA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TECHO**

<b>TIPO DE TECHO</b>	<b>COEFICIENTE</b>
Tejado duro inclinado	0.8 – 0.9
Tejado plano sin gravilla	0.8
Tejado plano con gravilla	0.6
Tejado verde	0.3 – 0.5
Superficie empedrada	0.5 – 0.8
Revestimientos asfálticos	0.8 – 0.9

**ANEXO 4. DOTACIÓN NETA SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA**

<b>Nivel de Complejidad del sistema</b>	<b>Dotación neta mínima (L/hab. día)</b>	<b>Dotación neta máxima (L/hab. día)</b>
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

- Nota: Datos suministrados RAS – Título B Sistemas de acueducto