



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



DISEÑO DE UN SISTEMA DE REDIRECCIONAMIENTO DE AGUA EN UNA VIVIENDA

Andrés Felipe Caballero Urrego

**Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia**

Resumen

El agua es un elemento esencial para la existencia de todas las formas de vida, en la tierra $\frac{3}{4}$ partes son agua, pero solo el 2% es dulce y el 1% está al alcance para ser consumido; debido al aumento de la demanda del preciado líquido por causa del crecimiento económico y demográfico, además de las acciones de desperdicio, en ocasiones se genera un déficit en el abastecimiento de agua en los hogares, por tanto es de vital importancia generar nuevos sistemas en los que sea posible el ahorro de agua mediante su recirculación y procesos cíclicos de tal manera que se logre otorgar un correcto y óptimo uso a nuestra razón de vida. Se espera generar el diseño de un sistema para el redireccionamiento e implementación de procesos cíclicos del agua. Sustentar la relación costo – beneficio de la implementación del sistema, así mismo el beneficio ambiental logrado.

La primera fase del proyecto será realizar mediciones reales de las cantidades de agua que se están desechando en los procesos donde es posible una recirculación; estos procesos ya han sido definidos y son los de ducha, lavado de ropa y recolección de aguas lluvia; esto en vista de que los niveles de sedimentos son nulos y la población de microorganismos patógenos es baja. El trabajo inicia con una revisión bibliográfica que va desde el conocimiento de las ciudades con mejor índice de sostenibilidad ambiental, definición de conceptos, modelos de ciudades sostenibles, condiciones de una ciudad sostenible, para poder enfocar la investigación hasta ejemplos de viviendas con sistemas de agua ecológicos, esto con el fin de tomar referencia para la planificación y elaboración de mi modelo; el siguiente paso es iniciar con la planeación del modelo, al mismo tiempo empezar a evaluar el beneficio, realizando un ejercicio real, para poder proyectar el mismo a un tiempo determinado, luego de elaborar un diseño se pueden evaluar costos en la implementación del proyecto.

Palabras clave: agua; recirculación; diseño

Abstract

Water is essential for the existence of all life forms on earth $\frac{3}{4}$ element is water, but only 2% is fresh and 1% is available for consumption; due to increased demand for the precious liquid because of economic and population growth, and the actions of waste, sometimes a deficit is generated in the water supply in homes, so it is vital to create new systems in water saving possible by recirculation and cyclic processes is achieved so that give a correct and optimum use of our reason life. It is expected to generate the design of a system for addressing and implementing re cyclical processes water. Sustain the cost - benefit of the system implementation, also the environmental benefits achieved.

The first phase of the project will make real measurements of the amounts of water that are being disposed in the recirculation processes where possible; these processes have already been defined and the shower, laundry and rainwater harvesting; given that this sediment levels are zero and the population of pathogenic microorganisms is low. The work begins with a literature review that goes from the knowledge of the cities with the highest level of environmental sustainability, definition of concepts, models of sustainable cities, conditions for a sustainable city, to focus research to examples of houses with water systems ecological, this in order to make reference to the planning and development of my model; the next step is to start planning model at the same time begin to assess the benefit, making a real exercise, to project it at a certain time, then develop a design can assess costs in project implementation.

Keywords: *water; recirculation; design*

1. Introducción

Los constantes cambios negativos en el medio ambiente han dado pie para que surjan alternativas de cambio que cooperen con el desarrollo sostenible, es por esto que en el trabajo se desarrollara el concepto de las viviendas ecológicas, partiendo del aspecto general como lo son las ciudades verdes, hasta desarrollar un sistema de redireccionamiento de agua en una vivienda, lo cual será el tema de principal importancia en el trabajo, se justificara la implementación de un sistema como este en cualquier vivienda, tanto en la parte económica como en el ahorro de agua, lo cual se convierte en un impacto ambiental positivo.

Es de vital importancia, que el lector tenga en cuenta que el trabajo está basado en ideas simples e ingenieriles, que a su vez son producto de un pensamiento practico, también hay que tener en cuenta que la idea es innovadora y aunque no constituye una obra científica compleja, hace parte de ideas buenas que contribuyen a un ámbito que ha sido descuidado en las últimas décadas como lo es el medio ambiente; se pretende contribuir con el desarrollo sostenible que actualmente ocupa a la mayoría de países en el mundo.

2. Ciudad verde

En primer lugar, hay que tener en cuenta que el concepto de “ciudad verde” fue lanzado por Holanda en el año 2002, siendo este país el pionero en este aspecto, trascendiendo en sus políticas el aspecto ambiental, ejemplo claro de esto tenemos a la ciudad de GIETHHOORN, de la misma manera Alemania cuenta con grandes avances hacia la transformación de ciudades en ciudades verdes, ejemplo HANNOVER. Los países con los mejores índices de desempeño medioambiental se encuentran Suiza, Suecia, Noruega, Finlandia, entre otros.

El concepto de ciudad verde es muy simple. Llevar a cabo su ejecución es lo complicado, ya que se ven comprometidas un conjunto de disciplinas profesionales que están relacionadas entre sí. Afecta a la política, a los promotores inmobiliarios, a las empresas y fabricantes de construcción, también a paisajistas y arquitectos viveros y jardineros incluso a organizaciones sociales y de la salud.

El tema central es la calidad del entorno urbano. Por tanto se hace necesaria una planificación urbana y rural adecuada, de la misma manera para los pilares social y económico. Conceptos como el de ciudad verde están basados en que el desarrollo urbano, el color “verde” se ha deteriorado en relación con el rojo (de los edificios), el gris (las calles) y el azul (la gestión del agua). En una revista importante, [Arquitectura del paisaje, 2005]

A partir de este concepto se empieza a sesgar la investigación pues nuestro trabajo iría enfocado hacia el color “azul”, la gestión del agua.

3. Conceptos de construcción ecológica

Continuando con una rápida revisión bibliográfica se tratarán una serie de conceptos que son usados en la generación de proyectos de tal manera que realizando su aplicación el proyecto pueda ser catalogado como “verde”, para esta sección se va a tomar como referencia el proyecto Kronsberg en Hannover Alemania. A continuación, se mencionarán diez conceptos o compromisos a tener en cuenta en la “construcción ecológica”.

El primer compromiso de construcción de viviendas es por aún bajo consumo de energía con avales de control de calidad y medidas de capacitación en la construcción y uso de la vivienda. Para lograr el ahorro de energía son cruciales una garantía de calidad de los materiales y un programa de capacitación desde el diseño, la realización y en los acabados (segundo concepto). Las ordenanzas municipales, en el caso del distrito de Kronsberg, garantizan que todos los edificios –este es el tercer concepto- tienen que estar conectados al sistema de calefacción del distrito. Calefacción que esta generada por una planta de energía combinada que funciona con gas natural. El cuarto concepto es un programa de ahorro de electricidad ideado para este distrito.

Como se evidencia estos cuatro primeros conceptos van enfocados al ahorro de energía, los otros conceptos ecológicos importantes en el distrito de Kronsberg son los siguientes. El quinto hace referencia a las aguas de

superficie (lluvia, riego) de las zonas urbanizadas, calles y jardines para que sean retenidas “in situ” es decir en el lugar, para que permanezcan en el distrito con el fin de preservar el equilibrio natural de los recursos hídricos antes de la urbanización del entorno natural. Esta es contemplada como una medida en la gestión del agua.

El sexto concepto hace referencia a la planificación del paisaje, el manejo de los espacios verdes y las estrategias de plantación. El diseño urbano del distrito está totalmente aplicado a un plan paisajístico en las zonas urbanizadas, jardines privados o semi-privados, senderos peatonales y ciclovías.

Los objetivos del séptimo concepto van encaminados hacia los escombros y la recogida de basuras. Reducir los escombros de la construcción ya que 1/3 de ellos provienen de nuevas construcciones, así mismo realizar una reducción en la basura doméstica y comercial, por lo menos a la mitad. Hacer compost domestico está subvencionado y es el principio del octavo concepto: La gestión ecológica del suelo. Las tierras de las excavaciones en las edificaciones del distrito de Kongsberg se reciclaban con fines paisajísticos.

El noveno concepto hace referencia al concepto ecológico de la urbanización, para este componente se hizo necesaria la fundación de una “coordinadora para el medio ambiente del distrito” el cual brinda asesoría medioambiental a los promotores de edificios, arquitectos, operarios especialistas y a nuevos residentes. El décimo y último concepto es la instalación de componentes de energía renovable en los entornos urbanizados del distrito. En una revista importante, [Arquitectura del paisaje, 2005], y en publicación de la FAO [crear más ciudades verdes, 2010]

Hasta este punto se ha hecho una revisión bibliográfica de ciudades con los mejores índices de sostenibilidad ambiental, conceptos, modelos de ciudades sostenibles, condiciones de una ciudad sostenible. Cabe resaltar que no es profunda pues la finalidad del proyecto no es esa. Ahora bien, se dará paso al estudio de las viviendas como tal.

4. Viviendas ecológicas

Según la bibliografía revisada, el concepto de casas ecológicas o eco viviendas es reciente y a modo general se evidencia que su construcción gira en torno al uso de energías renovables y la implementación de materiales acordes a este tipo de construcciones. Principalmente los aspectos que se tienen en cuenta en una eco vivienda son materiales con celdas solares, materiales térmicos como los cristales de las ventanas, capas de celulosa, Colocación de pisos sobre materiales aislantes, Utilización de ladrillos huecos que favorecen el aislamiento de la humedad, Establecimiento de capas vegetales en diversos sitios; así como como sistemas de ahorro energético y de autoabastecimiento, en este orden de ideas vemos que el aspecto de la gestión del agua no está del todo desarrollado, a pesar de que se encuentran casos como por ejemplo en el norte de ciudad de México en donde las eco viviendas cuentan con un sistema de captación de agua pluvial, además de plantas

tratadoras de agua a base de ozono, que permiten procesar aguas negras y aguas jabonosas, así las cosas los sanitarios usan solo esta agua. En un blog de ingeniería, [casas ecológicas, 2010]

5. Mediciones

Antes de continuar con la exposición de las mediciones realizadas, se hará una pequeña justificación de los procesos seleccionados para la recirculación del agua.

Los procesos seleccionados fueron los de ducha, lavado de ropa y recolección de aguas lluvia, principalmente por los niveles de sustancias sedimentables, por el indicador de DBO, por la baja presencia de la bacteria *Escherichia coli* la cual sirve como indicador de contaminación fecal, también se tiene en cuenta la bacterias salmonellas, las cuales para nuestro caso son nulas siempre y cuando en la vivienda no hayan personas infectadas, principalmente estas bacterias se encuentran en hospitales. A parte de organismos patógenos, en las aguas residuales domesticas están presentes bacterias no patógenas que descomponen la materia orgánica mediante hidrolisis, reducción y oxidación; en donde también participan fermentadores y enzimas. Finalmente, estas aguas contienen también hormonas, estimulantes y vitaminas.

CUADRO 2.1.-2
CANTIDAD Y COMPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DEMANDA DE AGUA
EN VIVIENDAS PARTICULARES (POR PERSONA AL DIA) SEGUN PÖPEL

Tipo	Cantidad en l/(P.d)		Contaminación en g/(P.d)						
	Demanda de agua	Descarga de agua	Total sólidos	Sólidos inorgánicos	Sólidos orgánicos	DBO ₅	C _O	N	P
Comida y bebida	3	-					8	0,2	
Lavado de platos	4	4							
Lavado de ropa	20	19					7	-	
Higiene personal	10	10							
Ducha/tina	20	20							
Limpieza de la casa	3	3							
-Heces			27	4	23		17	1,5	0,6
Inodoro -Orina	20	22	55	15	40		5	12,2	0,8
Total	80	78	(190)*	(80)*	(110)*	(54)*	37	13,9	(2,3)*

* para aguas residuales domésticas según IMHOFF

En biblioteca virtual, [BVSDE, 2011]

Ahora bien, las mediciones realizadas en mi vivienda son las siguientes, en un minuto en la ducha se consumen 6 litros, y cada persona dura alrededor de 3 minutos y medio en un baño, así las cosas, al día, la llave de la ducha en un día permanece abierta por 14 minutos, lo que significa un consumo diario de 84 litros y tomando como constates este tiempo y consumo diario, en el mes se consumen **2520** litros.

Para el caso del lavado de ropa, en promedio se lava 3 veces a la semana, hay que tener en cuenta que en este proceso solo se va tomar el agua del último ciclo, en el último ciclo la lavadora desecha 64 litros, en ese orden de ideas al mes se desechan **768** litros.

Con respecto a la recolección de aguas lluvia, las mediciones son mucho más variables dependiendo del mes, de los fenómenos climáticos que se presenten en el sector, de la intensidad de la lluvia y del tiempo que esta dure, aquí se tendrá en cuenta el área del apartamento que es de 56 m², más adelante, en el diseño se explicara porque el área de la vivienda, para el mes de Mayo, los días lluviosos fueron 19, por metro cuadrado y en 5 minutos se recolectaron 0,5 litros, de tal manera que en el mes de Mayo, teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados se recolectarían **57** litros.

A continuación, se presenta el consumo de los procesos en los que será reutilizada el agua como lo son las descargas del inodoro y el lavado del vehículo. En cada descarga se consumen 6 litros, y en promedio al día se realizan 12 descargas, lo que significa que en el mes las descargas del inodoro consumen **2160** litros. Para el caso del lavado del auto, al mes se lava 2 veces, y en cada lavada se usan 28 litros por lo que al mes se gastan **56** litros.

Teniendo en cuenta la anterior información y que el costo del metro cubico de agua para la localidad de la vivienda es de \$ 2366 más \$ 1450 por concepto de alcantarillado para un total de \$ 3816 por metro cubico, se puede proceder a evaluar el costo que se va a suprimir si la cantidad de agua usada en los procesos expuestos anteriormente, proviene de la recirculación del agua de los procesos de ducha, lavado de ropa y recolección de aguas lluvia.

Las descargas del inodoro y lavar el carro, al mes cuesta \$ 8456, mientras que la recolección del agua proveniente de los procesos en estudio costaría \$ 12547. En realidad, el dinero que se estaría economizando al mes sería el mencionado en primer lugar. Ahora bien, la cantidad de agua que se va a recolectar suma un total de 3288 litros, mientras que el agua que se va a utilizar suma 2216 litros, por lo que es necesario almacenar el líquido sobrante. Nótese que hasta el momento no se ha tenido en cuenta la recolección de aguas lluvia, ya que no hace parte del estudio de costos.

6. Diseño

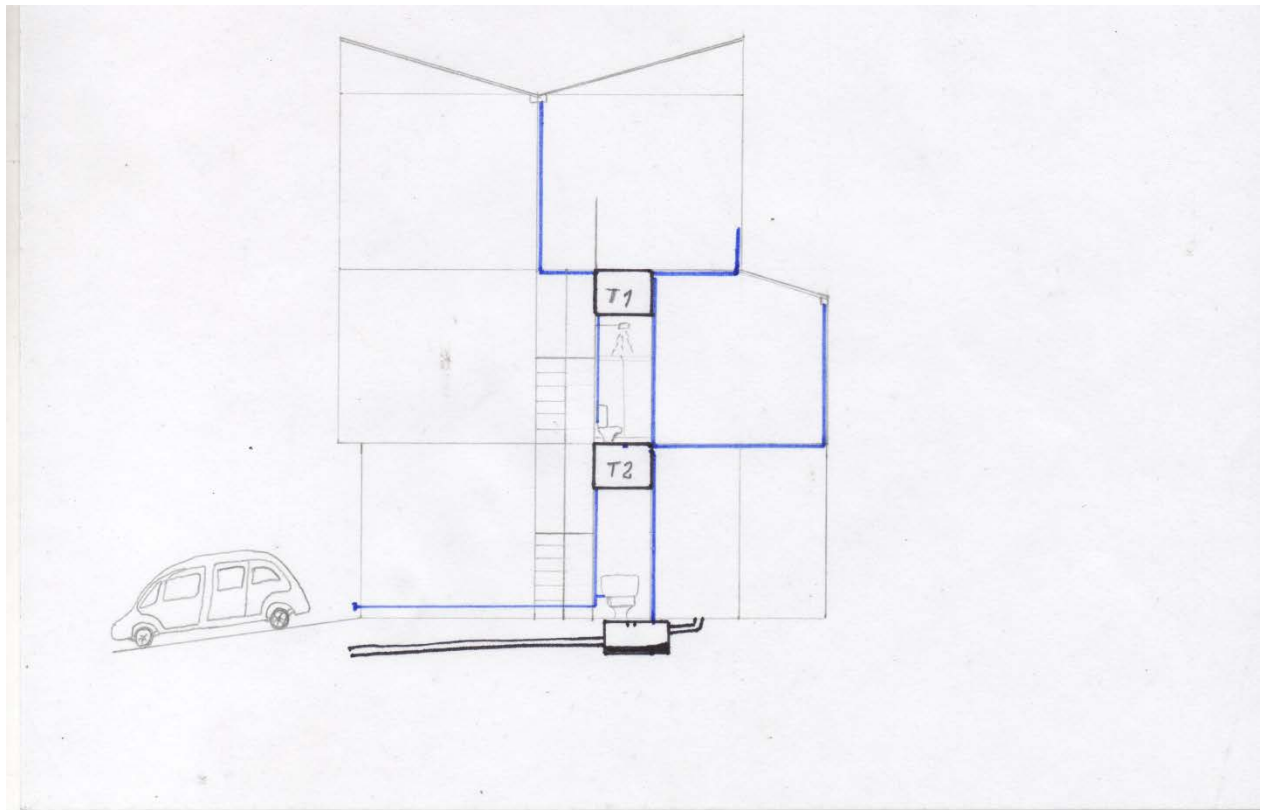
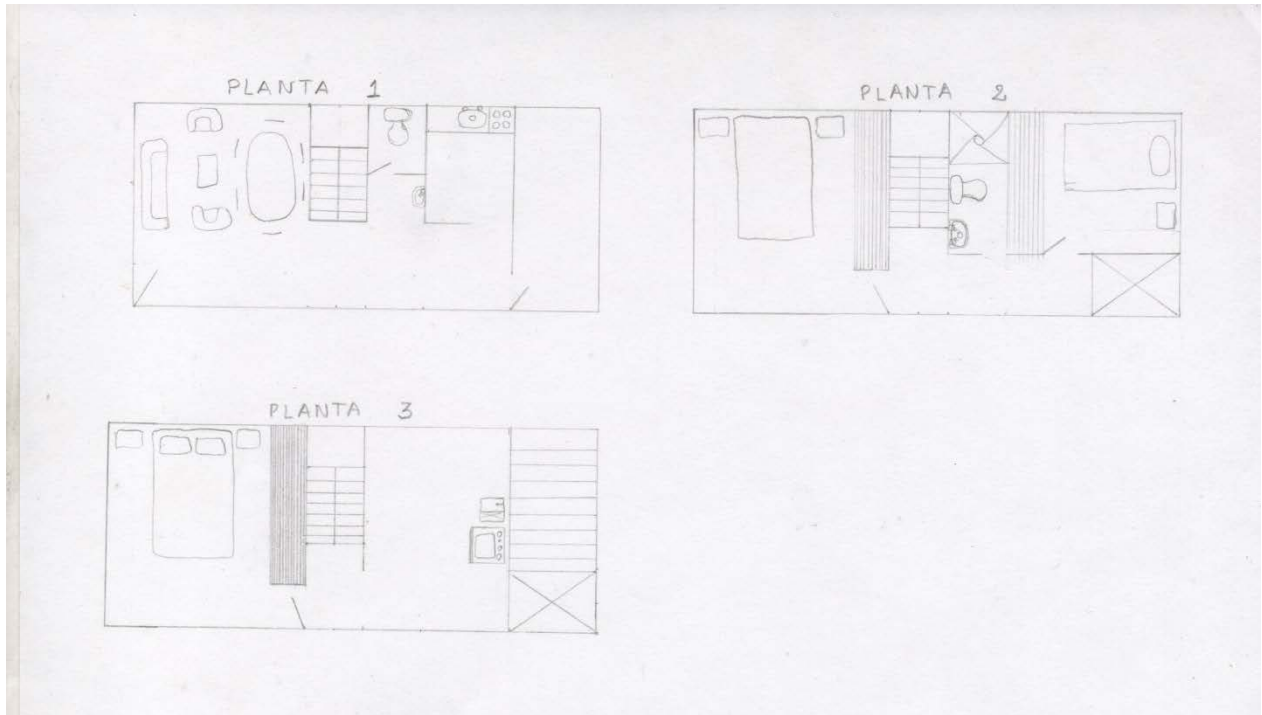
En el diseño se puede evidenciar, un modelo genérico de vivienda de interés social, que cuenta con sala, comedor, cocina, 2 baños, 3 alcobas, patio de ropas y/o zona de lavado y estudio. Las líneas azules representan

la ruta que seguirá el agua en recirculación; el ciclo comienza en la parte superior de la vivienda en donde el tejado presenta una estructura inclinada hacia el centro, con el fin de la recolección de las aguas lluvia, aquí se justifica el cálculo de la recolección de agua en donde se tenía en cuenta el área de la vivienda, el agua continua su ciclo hacia un primer tanque que tendrá un tubo de rebose, de tal manera que cuando este tanque se encuentre lleno, el líquido continúe su ciclo hacia un segundo tanque, al primer tanque ubicado en el segundo piso también llegara el agua proveniente de la zona de lavado y a su vez suplirá la demanda de agua del sanitario de esta misma planta.

Al segundo tanque llegará el agua proveniente del rebose del primer tanque y el agua desechada en la ducha del segundo piso, y tendrá la función de abastecer las descargas del inodoro del baño ubicado en el primer piso y el lavado del automóvil; así mismo tendrá un tubo de rebose, teniendo en cuenta que esta cantidad de agua será dirigida a las residuales. Estos tanques tendrán capacidad de 700 litros, con unas dimensiones de 70 cm de alto, 1 metro cuadrado de superficie, de tal manera que el máximo de almacenamiento del sistema será 1400 litros, lo cual es suficiente teniendo en cuenta los datos expresados en el numeral anterior y que el agua estará en circulación constantemente.

Cabe resaltar que en el diseño del sistema no se usa ningún tipo de dispositivo eléctrico ni electrónico – como bombas - lo que significa una disminución en los costos de implantación; nótese que el sistema solo funciona con la fuerza de gravedad.

Pasando a la evaluación de costos, se tiene que se necesitan alrededor de 30 metros de tubo para acueducto de 1 1/2 pulgada con un costo de \$5000 por metro, se necesitan 4 codos con un costo de \$1700 cada uno, el costo de cada tanque es de \$200000, también se tiene en cuenta el costo del pegante en \$30000. El total de la implementación del sistema sería de \$586800. Así las cosas, el tiempo de recuperación de la inversión sería de aproximadamente 6 años teniendo en cuenta que al mes se ahorran \$8456. Ahora bien la parte trascendental del trabajo es evidenciar el ahorro de agua; se proyecta que al año se economicen 26592 litros por vivienda y en una urbanización de 250 viviendas que representa la media del número de casas para un conjunto, se economizarían 6648000 litros es decir unos 6648 metros cúbicos al año por una urbanización; con esta cantidad de agua una familia de cuatro personas puede subsistir por 69 años o de visto de otra manera la misma urbanización de 250 viviendas, podría subsistir por un poco más de 3 años.



7. Referencias

Artículos de revistas

- Arquitectura del paisaje, construcción y medio ambiente (2005), los conceptos de la ciudad verde y de la construcción sostenible, No. 157, pp. 10-17.
- FAO (2010), crear más ciudades verdes, pp. 1-15.

Fuentes electrónicas

- Biblioteca virtual en desarrollo sostenible y salud ambiental. (2011, noviembre), Tipos y cantidades de aguas residuales. Consultado en Abril de 2016 en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/026578/tomo1/026578-01.pdf>
- Blog de ingeniería y casa ecológicas. (2010), procedimiento constructivo. Consultado en Abril de 2016 en <http://casas-ecologicas.blogspot.com.co/>

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)