



Design of rainwater collection systems, a commitment to conservation¹

Diseño de sistemas de recolección de agua lluvia, una apuesta por la conservación

César Arturo Pérez Rodríguez²

Recibido en diciembre 2018, aceptado en marzo 2019

RESUMEN

Introducción. Los sistemas de recolección de agua lluvia son una alternativa para enfrentar el desabastecimiento del recurso en zonas veredales o con deficiente acceso al mismo **Objetivo.** Diseñar sistemas de recolección de agua lluvia para municipios de Cundinamarca evaluando su funcionalidad y capacidad hidráulica **Materiales y métodos.** La investigación es de tipo cuantitativa enfocado a definir variables climatológicas, caudales y funcionamiento del sistema **Resultados.** Se presentaron en el año 2018 2 trabajos de grado de 4 estudiantes del programa de ingeniería civil pertenecientes al grupo de investigación **Conclusión.** Los sistemas prefabricados que se comercializan a nivel nacional tienen la capacidad de manejar el caudal captado en los sitios analizados **Discusión.** Dentro del ejercicio se destaca la propuesta de diseño de sistemas de captación de agua empleando material reciclado, proceso en desarrollo dentro del semillero y se viabiliza un proyecto enfocado a la mejora en la calidad del agua.

Palabras clave agua, conservación, precipitación, sostenibilidad.

ABSTRACT

Introduction. The rainwater collection systems are an alternative to face the shortage of the resource in rural areas or with poor access to the same **Objective.** Design rainwater collection systems for municipalities of Cundinamarca evaluating their functionality and hydraulic capacity **Materials and methods.** The research is of a quantitative type focused on defining climatological variables, flow rates and system performance. **Results.** In the year 2018, 2 undergraduate projects of 4 students of the civil engineering program belonging to the investigation Group were presented **Conclusion.** The prefabricated systems that are commercialized at the national level have the capacity to manage the flow captured in the analyzed sites. **Discussion.** Within the exercise, the proposal for the design of water catchment systems using recycled material, a process under

¹ Artículo original desarrollado del proyecto “Tratamiento de aguas lluvias” periodo 2017-2018

²Ingeniero Civil, Especialista en Ingeniería Ambiental, Profesor Investigador programa de ingeniería civil, Corporación Universitaria Minuto de Dios, cesar.perezr@uniminuto.edu, ingcesarcivil@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-5327>



development in the seedbed, and a project focused on the improvement of water quality, is highlighted

Key words: Conservation, precipitation, sustainability, water

1. Introducción

Con el transcurrir del tiempo y las dinámicas crecientes de población, según UNESCO (2005) se ha evidenciado que la escasez de agua es un fenómeno natural, pero también un fenómeno inducido por los seres humanos, esto indica que el proceso de manejo de agua dulce ha sido deficiente a lo largo del tiempo y se hace necesario implementar alternativas de recuperación y manejo de agua enfocado en poblaciones que presenten deficiencias del recurso natural.

Uno de las formas de aprovechamiento del recurso hídrico es el uso adecuado de la precipitación y para el caso local según (Correa Avendaño, n.d.) Colombia es el país con mayor índice de precipitación en el mundo por m², según el Banco Mundial, con una precipitación promedio de 3 240 mm al año es por esto que el agua lluvia es un recurso aprovechable a nivel nacional y que puede suplir algunas de las necesidades de su uso dentro de una vivienda.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado se analizan las variables de uso del agua dentro de una vivienda: la ducha / baño supone, por sí sola un tercio del consumo 34%. Siguen el uso del inodoro (21%) y el gasto del agua en el lavabo 18%. De hecho, de acuerdo con este estudio, en el baño consumimos casi las tres cuartas partes del agua. (F. Aquae, 2015), es a partir de esto que se debe tener en cuenta que el agua que se usa dentro de la vivienda no toda debe ser necesariamente potable dependiendo de su fin y que puede emplearse agua lluvia para el caso de limpieza o descarga de inodoros.

Entonces de estas premisas se define la idea de cuantificar el agua lluvia dentro de una zona de trabajo para poder hacer la captación y aprovechamiento de la misma, entonces se implementa el método racional que es un modelo empírico simple que puede utilizarse para el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias que tengan áreas relativamente pequeñas. El diseñador podrá utilizar este método racional siempre y cuando el área de la cuenca de drenaje sea menor que 80 ha. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016, p92), es entonces viable el realizar la cuantificación de agua lluvia dependiendo de las variables climatológicas y aplicando la metodología



de (Vargas & Diaz, 1998) para las curvas sintéticas de precipitación de una zona específica y lograr definir la lluvia de diseño.

Teniendo en cuenta que la población de trabajo es la comunidad de Pacho, Cundinamarca se tienen los diseños de viviendas de interés social y de salones comunales desarrollados por el programa de ingeniería civil de Uniminuto, se trabaja enfocado en (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016, p93) la cuantificación del área y del coeficiente de escorrentía los cuales se tienen definidos a partir de estas viviendas nuevas y se conocen sus dimensiones y los materiales a trabajar.

Este proyecto además tiene un potencial importante y busca fortalecer (CEPAL, 2018) la agenda 2030 y enfocado en el (PNUD - Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016) con el objetivo 6 Agua limpia y saneamiento básico y el objetivo 11 ciudades y comunidades sostenibles, es así que el trabajo del semillero Gestión del Recurso Hídrico está enfocado en el aprovechamiento de recursos naturales como en este caso el agua y la verificación del uso adecuado del sistema de recolección de agua lluvia cumpliendo los parámetros de diseño y funcionamiento hidráulico del mismo.

Como resultado del trabajo se ha definido las variables climatológicas propias de la zona basados en información entregada por el IDEAM de las estaciones climatológicas Ubaté y Pantano Redondo ubicada en jurisdicción del municipio de Ubaté y de Zipaquirá respectivamente y aplicando la metodología de (Vargas & Diaz, 1998) para el desarrollo de curvas i.d.f. sintéticas se procede a la cuantificación de caudal para áreas de captación de $118,51 m^2$ a $140,7 m^2$ obteniendo un caudal de diseño con el cual se dimensionan los sistemas.

Como resultado del proyecto es definir que las condiciones de los sistemas prefabricados de recolección de agua lluvia como lo son los sistemas de (PAVCO, n.d.) las cuales son las canaletas amazona o raingo, son funcionales para la condición de caudal definido y que me permite mover el agua en forma adecuada sin tener inconvenientes en la capacidad de los elementos que lo componen.



2. Materiales y métodos

El diseño metodológico aplicado en este artículo es de enfoque cuantitativo fundamentado en el aprendizaje basado en problemas, cuyo fin es la generación de alternativas de aprovechamiento del agua en diferentes zonas de municipios de Ubaté y Zipaquirá ya que la comunidad ha manifestado la necesidad apoyo del programa de ingeniería civil en el diseño de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia con fines de reducir los consumos de agua potable y por ende los cobros por el servicio público.

La población a trabajar es los habitantes de las 2 viviendas rurales objeto de los proyectos de grado de los estudiantes del programa de ingeniería civil, una vivienda ubicada en la vereda Chipaquín del municipio de Ubaté y la segunda vivienda está ubicada en el municipio de Zipaquirá.

Fase 1: Determinación de variables climatológicas y espaciales de diseño.

Para el proceso de diseño y cuantificación de agua lluvia buscamos aplicar el método racional (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) trabajando como base para la curva i.d.f. sintéticas según la metodología de (Vargas & Diaz, 1998), la definición de zonas duras o elementos de recolección se definen a partir de los levantamientos topográficos realizados en los puntos de interés tanto en la finca la carolina del municipio de Ubaté como la finca el bosque de san Juanito del municipio de Zipaquirá.

Fase 2: determinación de las secciones hidráulicas y geométricas de las secciones predeterminadas por los fabricantes.

Como proceso de verificación de la funcionalidad del sistema se hace el procesamiento de la información mediante software de diseño de canales para verificar que las capacidades y condiciones de flujo dentro de las canales y bajantes sean las adecuadas para el caudal determinado y su proceso de instalación esté acorde a los cálculos y directrices determinadas.



3. Resultados

Como resultados del diseño se tienen enfocado en las 2 fases previamente mencionadas: Fase 1: en la cuantificación de caudal buscamos el aprovechamiento del agua precipitada usando la información suministrada por el IDEAM para generar la curva de intensidad – duración – frecuencia (i.d.f) de la zona de estudio, con la limitante que puede existir condiciones micro climáticas en algunas de las viviendas que se encuentren en zonas alejadas del perímetro urbano del municipio, con esto previamente dicho se tiene la ecuación según (Vargas & Diaz, 1998,p193) para determinar la precipitación de diseño es:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

I= intensidad de la lluvia o precipitación de diseño

a, b, c y d son los coeficientes determinados para cada región en Colombia

T= período de retorno de las lluvias bajo recomendación de diseño

M = valor máximo anual de precipitación diaria

t= duración de la lluvia en tiempo de concentración

Una vez definidas las variables de precipitación para los casos de Ubaté y de Zipaquirá se definen que las intensidades de precipitación son 41.93 mm/h y 70 mm/h respectivamente para cada uno de los diseños, empleando este dato entonces en el método racional (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) que se muestra a continuación:

$$Q = 2.78 * C * i * A$$

Donde:



Q = caudal determinado por método racional.

C = coeficiente de escorrentía, para superficies duras o impermeables es 0.9

I = intensidad de diseño

A = área de captación de los techos de las viviendas analizadas, techos a 2 aguas.

Una vez aplicado este método se tiene que los valores de caudal para cada caso de estudio es 1.24 l/s para el caso de la finca de Ubaté y 2.46 l/s para el caso de la finca de Zipaquirá, teniendo en cuenta que este es el caudal aportado por toda la superficie de las viviendas pero que se hace énfasis en que cada vivienda tiene unas geometrías a 2 o 4 aguas en las cubiertas, lo que indica que los caudales de diseño son menores para las canales dependiendo del área de cada parte de la cubierta.

Una vez determinados estos caudales se determinan las variables hidráulicas que permitan modelar los sistemas prefabricados bajo las condiciones de caudal determinadas, para poder lograrlo se emplea el software Hcanales como se muestra:

Resultados de modelación empleando software Hcanales para el caso de la finca La Carolina Municipio de Ubaté.

Ilustración 1: modelación del sistema de canales para la vivienda 1 de la finca La Carolina municipio de Ubaté.

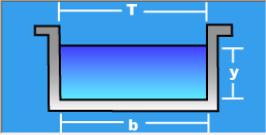


Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Ubaté** Proyecto: **finca La Carolina**
Tramo: **1** Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **0.0004** m³/s
Ancho de solera (b): **0.12** m
Talud (Z):
Rugosidad (n): **0.009**
Pendiente (S): **0.01** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.0081** m Perímetro (p): **0.1362** m
Área hidráulica (A): **0.0010** m² Radio hidráulico (R): **0.0071** m
Espejo de agua (T): **0.1200** m Velocidad (v): **0.4117** m/s
Número de Froude (F): **1.4609** Energía específica (E): **0.0167** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal 11: Calculadora 018

Elaborado por: elaboración propia

Fuente: (Castillo & Pantoja, 2018)

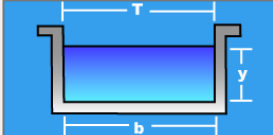
Ilustración 2: modelación de la canal amazona para el caso de la vivienda 2 de la finca La Carolina de Ubaté.

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Ubaté** Proyecto: **finca La Carolina**
Tramo: **2** Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **0.00062** m³/s
Ancho de solera (b): **0.12** m
Talud (Z):
Rugosidad (n): **0.009**
Pendiente (S): **0.01** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.0107** m Perímetro (p): **0.1414** m
Área hidráulica (A): **0.0013** m² Radio hidráulico (R): **0.0091** m
Espejo de agua (T): **0.1200** m Velocidad (v): **0.4833** m/s
Número de Froude (F): **1.4926** Energía específica (E): **0.0226** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

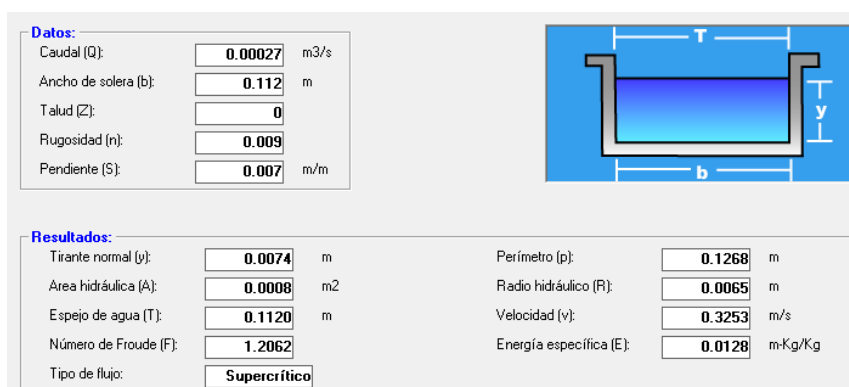
Ingresar el nombre del Proyecto 12:16 p. m. 14/05/2018



Elaborado por: elaboración propia

Fuente: (Castillo & Pantoja, 2018)

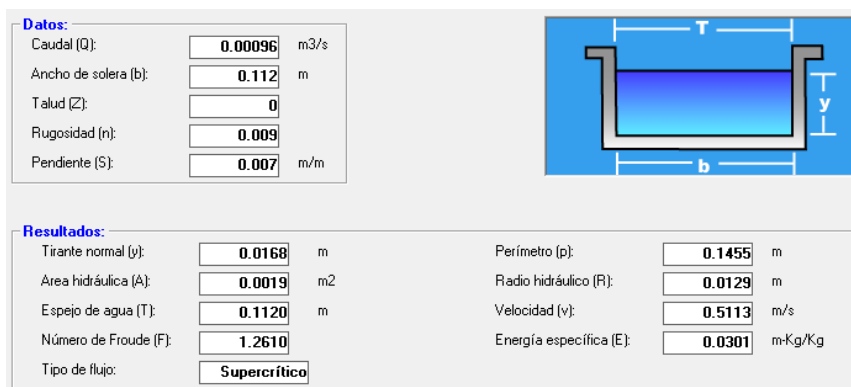
Ilustración 1: modelación del software con caudal aportado por área parcial



Elaborado por: elaboración propia

Fuente: (Rios & Rios, 2018)

Ilustración 2: modelación del software con caudal máximo calculado por sección parcial



Elaborado por: elaboración propia

Fuente: (Rios & Rios, 2018)



Una vez analizados estos resultados mediante el software se determina que para las condiciones de caudales captados de agua lluvia es adecuado el uso del sistema de canaletas amazonas de (PAVCO, n.d.) ya que tienen la capacidad del manejo del agua bajo las condiciones mínimas de instalación requeridas, es decir, los sistemas se pueden instalar a una pendiente del 0,7% de inclinación y va a conducir el agua sin inconvenientes a lo largo de la zona de aporte de caudal de cada uno de los techos. Con estos procesos matemáticos se determina que los sistemas de recolección de agua lluvia permiten el aprovechamiento de dicha agua, esta agua se debe almacenar en un tanque con capacidad de 10.000 L ya que permite darle uso en diferentes horas y va a reservar el agua precipitada bajo las condiciones de intensidad previstas por al menos 1 hora, esto ayuda a economizar el uso de agua potable en actividades que no necesitan de esa calidad para realizarse.

4. Discusión

Como se ha evidenciado en los trabajos desarrollados dentro del semillero Gestión del Recurso Hídrico citados previamente se evidencia que el sistema prefabricado (PAVCO, n.d.) soporta las condiciones de precipitación y caudales captados de las zonas a analizar, la limitante del fabricante es el área de captación de 100 m^2 lo que se puede evidenciar desde la aplicación del método racional (INVIAS, 2009) ya que otra variable importante es la precipitación misma de la zona y la duración de la lluvia en tiempo de concentración.

Este sistema de recolección permite reducir el consumo de agua potable permitiendo tener una fuente alternativa del recurso para los usos en los cuales no es necesaria una calidad de agua apta para consumo como lo es la limpieza del hogar o la descarga de sanitarios y como siguiente proceso en el proyecto de investigación es la medición de esa calidad de agua para generar un proceso básico de tratabilidad que permita el uso de esa agua lluvia en nutrición vegetal o animal e incluso apta para consumo si la calidad del agua lo permite en términos de la relación costo del tratamiento contra el beneficio económico o reducción de la tarifa del acueducto.



5. Conclusiones

Adicionalmente como temática interna del semillero ha sido la sostenibilidad de las actividades humanas, un proceso preocupante es el aprovechamiento de los residuos reciclables y los estudiantes han planteado inquietudes sobre este tema y basados en esa necesidad de usar adecuadamente esos elementos reciclables se ha generado un proyecto de investigación enfocado al desarrollo de sistemas de recolección de agua lluvia empleando materiales reciclados, empleando en su construcción botellas plásticas, papel e icopor lo que permita reducir (Lara Arzate, Falfán Velazquez, & Villa Gutiérrez, 2012) la huella ecológica que nos permite conocer el grado de impacto que ejerce cierta comunidad humana, persona, organización, país, región o ciudad sobre el ambiente. Como elemento que permita complementar la funcionalidad del sistema y el aprovechamiento del agua recolectada se tiene proyectado otro enfoque y es a la calidad del agua y la cantidad recolectada cuando los sistemas sean sometidos a condiciones de lluvia, procesos que se siguen desarrollando como proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

- Aquae, F. (2015). ¿como se reparte el agua en el hogar?, 4.
- Castillo, J., & Pantoja, A. (2018). Propuesta de un sistema de recolección de agua lluvia en la finca La Carolina en el municipio Ubaté-Cundinamarca.
- CEPAL. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Correa Avendaño, G. (n.d.). Ensayo académico especialización en construcción sostenible, 1–18.
- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para Carreteras*.
- Lara Arzate, J., Falfán Velazquez, L., & Villa Gutiérrez, A. (2012). Huella ecológica, datos y rostros.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2016). *Título D: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*.



PAVCO. (n.d.). Manual técnico de canales y drenajes.

PNUD - Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). Apoyo del PNUD a la implementación del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 Gestión sostenible del agua y el saneamiento, 1–16.

Rios, I., & Rios, J. (2018). Diseño de un Sistema de Captación, Conducción y Almacenamiento de Agua Lluvia Para Uso en Labores de Limpieza Doméstica en la Finca El Bosque De San Juanito Municipio de Zipaquirá, Cundinamarca.

Vargas, R., & Diaz, M. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración- Frecuencia para Colombia, 200. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>