

# **Comunidades Sostenibles: Fomentando La Conservación Del Ambiente Desde El Semillero Gestión Del Recurso Hídrico**

Sustainable Communities: Promoting the  
Conservation of the Environment from the  
Seedbed Water Resource Management

**CÉSAR ARTURO PÉREZ RODRÍGUEZ**

Ingeniero Civil, Especialista en Ingeniería Ambiental  
Profesor T.C. Ingeniería Civil, Centro Regional Zipaquirá Corporación  
Universitaria Minuto de Dios, Líder Semillero Gestión del Recurso  
Hídrico  
cperezrodr@uniminuto.edu.co, cesar.perezr@uniminuto.edu  
<https://orcid.org/0000-0002-5438-5327>

PERSPECTIVAS

Vol 1 - No. 17

ENERO - MARZO 2020

ISSN 2145-6321

e-ISSN 2619-1687



**RECIBIDO: JULIO 13 -2019**

**ACEPTADO: OCTUBRE 18 - 2019**

## RESUMEN

Partiendo de la metodología de (Rodríguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra, 2017) del aprendizaje basado en problemas se desarrollan actividades dentro del semillero Gestión del Recurso Hídrico del programa de Ingeniería Civil del Centro Regional Zipaquirá como lo son el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias empleando material plástico reciclado enfocado en la comunidad de Pacho, Cundinamarca y el diseño de una solución a los vertimientos de aguas grises en la vereda San Jorge de Zipaquirá, Cundinamarca reuniendo a los diferentes actores estudiantiles en cada modalidad de participación como lo son: Voluntarios, Práctica en Responsabilidad Social, Práctica Profesional en Investigación y Opción de grado, para un total de 30 estudiantes por semestre participando en las actividades con cada comunidad desarrollando actividades que permiten incluir a la comunidad en los procesos de diseño y en el acompañamiento.

**Palabras Clave:** actores, práctica, participación

## ABSTRACT

Based on the methodology of (Rodríguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra, 2017) of problem-based learning, activities are developed within the seedbed Water Resources Management of the Civil Engineering program of the Zipaquirá Regional Center, such as the design of rainwater collection systems using recycled plastic material focused on the community of Pacho, Cundinamarca and the design of a solution for gray water discharges in the San Jorge de Zipaquirá, Cundinamarca village, bringing together the different student actors in each modality of participation such as: Volunteers, Social Responsibility Practice, Professional Research Practice and Degree Option, for a total of 30 students per semester participating in activities with each community developing activities that allow the community to be included in the design processes and in The accompaniment

**Keywords:** actors, practice, participation

## Introducción

Gracias a la presencia de Uniminuto en el Centro Regional Zipaquirá ha permitido que tanto los estudiantes como las comunidades en la zona de influencia de la universidad tengan una mejor interacción, se puedan desarrollar proyectos que permitan las mejoras de las condiciones iniciales de una población y que se generen espacios donde los estudiantes puedan salir a proponer soluciones a casos reales como lo fue el desarrollo de viviendas para la comunidad de Pacho desarrollada principalmente por el semillero SISO (García Puentes, Montaña Santana, & Pérez Rodríguez, 2019), una vez desarrollada esta actividad se parte de optimizar estos diseños implementando una mejora a las propuestas de recolección de agua lluvia de las viviendas diseñadas previamente con la participación de los estudiantes del semillero Gestión del Recurso Hídrico así como también dar soluciones a la contaminación ambiental generada por los vertimientos inadecuados de las viviendas y negocios de la zona de Patio Guapos de la vereda San Jorge del Municipio de Zipaquirá.

A través de las preocupaciones generadas por las comunidades tanto de Pacho como de Zipaquirá se desea generar procesos de aprendizaje de los estudiantes con un enfoque social fuerte entendiendo que su participación en los proyectos planteados tienen un alto impacto en las comunidades con las que se trabaja y que se debe generar un alto grado de responsabilidad con su formación y con el proceso a desarrollar en la comunidad beneficiada, es allí donde toma fuerza el avance del semillero ya que desde esos peldaños iniciales se fomentan los espacios para que se continúen con los desarrollos de actividades, es allí donde se empiezan a generar los lazos de relaciones con las comunidades originarias de algunos estudiantes o que la misma comunidad ha escuchado del trabajo desarrollado por el programa de ingeniería civil de Uniminuto Centro Regional Zipaquirá, una vez entabladas estas relaciones se fomentaba la creatividad de los estudiantes intentando buscar soluciones a las problemáticas de la comunidad.

Es a partir de estos lazos creados que se generan los dos proyectos que se desarrollan en este año dentro del semillero, el primero tiene que ver con los sistemas de recolección de agua lluvia partiendo

de material plástico reciclado como elemento de construcción de las canales bajantes y el almacenamiento, cumpliendo con las recomendaciones de diseño (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016, p49-62) esto con el propósito final de hacer entrega de un manual de procedimiento de fabricación y construcción del sistema que sea posible replicar por parte de las comunidades objeto de estudio, generando así un beneficio para ellos como comunidad y para el estudiantado de que sus ideas, experimentos y procesos de fabricación tengan un desarrollo adecuado y sean replicados y empleados por la gente; el segundo proyecto tiene su origen en la contaminación superficial generada por la mala disposición de las aguas negras y grises del sector de Patio Guapos en la vereda San Jorge del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, este sector es de alta afluencia de turistas principalmente de ciclistas por sus paisajes, rutas y caminos con alto atractivo natural que se ve opacado por la inadecuada disposición de aguas residuales y que a su vez tienen procesos inadecuados de conservación de su entorno natural, es allí donde la comunidad se acerca al centro regional y solicita el apoyo del profesorado para generar trabajo comunitario, el semillero entra a trabajar con ideas como los sistemas de biodigestores para el tratamiento del agua residual y posteriormente se aporta con el diseño el prefactibilidad de la red de alcantarillado sanitario que permita coleccionar estas aguas y darles una mejor disposición cumpliendo con los estándares demandados (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016,p75-99), esto siempre trabajado de la mano con la comunidad a través de encuestas y levantamiento de información primaria para identificar las necesidades y usos del agua que ellos tienen dependiendo de sus actividades económicas.

Una vez desarrollados estos procesos de diseño se hacen entregas parciales o totales de los resultados de los diseños, teniendo en cuenta siempre que se sigue haciendo acompañamiento durante los siguientes procesos administrativos que se tengan a lugar para llevar a la realidad los diseños, enfocados en el acompañamiento comunitario por parte de la comunidad académica y del estudiantado para que podamos continuar con el acompañamiento, siguientes procesos de licencias, tramites y diseños complementarios que permitan la construcción de los sistemas y generar beneficios claros y cuantificables para las comunidades beneficiadas.

## 2. Materiales y métodos

Enfocado en la metodología de (Rodríguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra, 2017) aprendizaje basado en proyectos y teniendo en cuenta el éxito logrado con el proceso desarrollado por (García Puentes et al., 2019) se continúa el desarrollo de proyectos de ingeniería con enfoque comunitario dentro del semillero Gestión del Recurso Hídrico pensando en dar soluciones a las problemáticas identificadas por la comunidad o por el estudiantado permitiendo la interacción de los diferentes actores participantes generando un intercambio de saberes que permitan llegar a acuerdos comunes y que generen soluciones adecuadas a los inconvenientes definidos, es así que se combina el proceso ingenieril y matemático para generar las soluciones que permitan a la comunidad un mayor bienestar social y vivencial en su entorno y que los estudiantes generen un aprovechamiento de sus saberes para llevarlos a un espacio real que permita fomentar su creatividad, su espíritu de servicio y afianzar los conceptos vistos en la academia traspasando las fronteras de los muros de un claustro académico permitiendo un crecimiento personal y profesional al observar un problema, buscar soluciones, evaluar dichas alternativas y generar procesos reflexivos a través de la aplicación del modelo praxeológico institucional (C. J. Vargas, 2014) inmerso en sus actividades a desarrollar y con lo cual lo lleven dentro de sí en sus siguientes semestres académicos e incluso en su vida profesional.

Así que a partir de estos sistemas metodológicos se procede a combinarlos con los elementos de precisión propios de la ingeniería como se define a continuación:

Diseño del sistema de recolección de agua lluvia empleando material reciclado tipo PET.

A través del historial del semillero se desarrollaron 2 trabajos de grado con diseños de sistemas de recolección de aguas lluvias en los municipios de Ubaté (Castillo & Pantoja, 2018) en la Finca La Carolina y en Zipaquirá (Rios & Rios, 2018) en la finca El Bosque de San Juanito, proyectos que buscaban a partir de sistemas prefabricados y comerciales hacer la verificación de diseño para las canaletas, bajantes y almacenamiento justificados en el análisis de lluvias de diseño, condiciones de instalación y capacidad hidráulica de cada componente, es a partir de este proceso que se genera una nueva alternativa fusionando los intereses de los

estudiantes, se desea hacer procesos de conservación y aprovechamiento del agua y además procesos de separación en la fuente y aprovechamiento de residuos sólidos.

Una vez definida la idea se plantea definir un sistema funcional de recolección de agua lluvia partiendo de materiales reciclados, principalmente con botellas tipo PET de gaseosa ya que son las que menos vida útil tienen y que más tasa de consumo tienen en las comunidades, es entonces que se desea aprovechar la durabilidad de este material empleando también su geometría circular para generar las canaletas, es ahí donde se centra en mayor medida el proceso de investigación y aporte de los estudiantes y de la comunidad al hacer una lluvia de ideas para las uniones de las secciones de botella usando materiales disponibles en las viviendas o que su costo sea bajo para que sea eficiente su fabricación, es allí donde se ensayan las siguientes alternativas:

Tabla 1: Estudiantes participantes en la construcción del sistema de recolección de agua lluvia con material reciclado tipo PET

SEMESTRE	ESTUDIANTES	MODALIDAD	MATERIAL DE PEGA
SEMESTRE 2019-10	ANGIE SUAREZ Y ANDRÉS DONCEL	PRÁCTICA EN INVESTIGACIÓN	ENGRUDO COMÚN, ENGRUDO ARTÍSTICO
	DANIELA RODRÍGUEZ, NUBIA CAICEDO, SANTIAGO GUERRERO, DAVID RODRIGUEZ	PRÁCTICA EN RESPONSABILIDAD SOCIAL	ICOPOR Y GASOLINA
	LUISA RODRÍGUEZ, PAULA FERNANDEZ	VOLUNTARIO	TERMOFUSIÓN Y CAMBIO DE FORMA CON CALOR
SEMESTRE 2019-60	JISELA BUITRAGO Y JUVENAL CORPAS	OPCIÓN DE GRADO	MOLDEADO CON PET DERRETIDO

GERALDINE HERNANDEZ	PRÁCTICA PROFESIONAL EN INVESTIGACIÓN	THINER E ICOPOR, SILICONA LÍQUIDA
CRISTIAN ROA, VIVIANA ROZO, MAURY CHAPARRO	PRÁCTICA PROFESIONAL EN INVESTIGACIÓN Y VOLUNTARIO	TRAZA DE HILOS Y COSER LAS UNIONES DE LAS BOTELLAS
NATALY ROBATO Y PABLO VALERO	PRÁCTICA PROFESIONAL EN INVESTIGACIÓN	SUPER BONDER, SILICONA Y CINTA DOBLE FAZ
LUISA RODRÍGUEZ, PAULA FERNANDEZ	VOLUNTARIO Y PRÁCTICA EN RESPONSABILIDAD SOCIAL	SUPER BONDER, SOLDADURA PVC Y AMARRES DE CUBIERTAS

Fuente: Elaboración propia.

Es entonces cuando los estudiantes cada uno con su idea continúan con el desarrollo de los diseños, de las alternativas de pega y de los ensayos de laboratorio para cumplir con las condiciones de diseño. El método a utilizar para la cuantificación del caudal para determinar con cuánta agua cuenta el sistema es el racional, es un modelo empírico simple en donde se utilizan áreas de captación relativamente pequeñas donde la intensidad de lluvia no varía espacialmente según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

La expresión a utilizarse es a partir de la RAS 2017:

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

Donde:

- Q = Caudal pico de aguas lluvias (L/s).
- C = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria (adimensional).
- I = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado (mm/h).
- A = Área tributaria de drenaje (ha).

- Coeficiente de impermeabilidad

El coeficiente de impermeabilidad o escorrentía, está basado en el tipo de área de captación o tipo de superficie, que para este caso hace referencia a las cubiertas de las edificaciones que hay en el predio, estos valores están dados en la tabla D.4.7 de la RAS 2017 (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016)

- Intensidad

La intensidad de precipitación, de acuerdo con el método racional el diseñador debe utilizar la intensidad media de precipitación dada por las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para el período de retorno de diseño escogido y una duración de lluvia equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016)

Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF)

Expuesto lo anterior, las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con períodos de retorno específicos. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016)

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten la estimación de volúmenes de drenaje superficial mediante modelos lluvia-escorrentía en cuencas pequeñas para las cuales no existen registros de caudal. Los métodos tradicionales de cálculo de curvas IDF requieren el uso de información pluviográfica. El empleo de ecuaciones que permitan estimar las curvas IDF a partir de información pluviométrica constituye una alternativa para aquellas zonas que solo disponen de registros de lluvias a nivel diario. A partir de 165 curvas IDF ubicadas en diversas zonas de Colombia y los resúmenes multianuales pluviométricos de las mismas, se evaluaron las principales ecuaciones propuestas en la literatura y se establecieron nuevas ecuaciones para 4 grandes regiones de Colombia. (R. Vargas & Diaz, 1998)

- Área tributaria de drenaje:

Es el área que puede aportar o captar el sistema delimitado como cuenca, para el caso específico del proyecto es el proceso de captación definido en los sistemas de cubiertas que se encuentren en campo, definiendo como primer alcance la vivienda de 3



habitaciones entregada a ASOJUNTAS de Pacho, Cundinamarca producto del proyecto desarrollado por el semillero SISO.

Es una vez evaluadas estas variables que se definen las condiciones de diseño propias del sistema y se empiezan a seleccionar las botellas pet que permitan el uso tanto de su geometría como de su resistencia para los procesos experimentales.

**Diseño del sistema de alcantarillado para el sector de Patio Guapos, vereda San Jorge del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca.**

Para el desarrollo del proyecto se inicia con una metodología de acción participación de los estudiantes y la comunidad debido a que se hace necesaria la interacción de los estudiantes en la zona que se ha de desarrollar el proceso de diseño, es así que se inician presentaciones y charlas con la comunidad para entablar los lazos adecuados de comunicación, éste resulta siendo un proceso difícil de iniciar debido a las condiciones de elecciones locales, ya que la comunidad del sector considera inadecuada la presencia de nosotros como ente educativo confundiendo nuestra función con actividad política, después de hacer las aclaraciones pertinentes la comunidad se hace un poco más receptiva a la idea a trabajar y con esto es que los estudiantes generan el primer acercamiento personalizado con ellos empleando una encuesta básica que permitía medir las variables que influyen en el diseño (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2010) como son los usos del agua con el fin de establecer las demandas del líquido y así definir las correlaciones para cuantificar el agua residual.

Otro elemento importante que se desarrolla con el acompañamiento de la comunidad es el levantamiento topográfico de la zona, donde se evidencia el compromiso de los líderes de la comunidad con el proyecto y su beneficio para la zona, una vez determinadas las condiciones naturales en cuanto a las pendientes y las ubicaciones de las viviendas se hace el diseño por parte de los estudiantes con sus funciones específicas definidas como se muestra:

Tabla 2: Estudiantes participantes en el diagnóstico de la problemática ambiental del sector de Patio Guapos, vereda San Jorge de Zipaquirá, Cundinamarca

SEMESTRE	ESTUDIANTES	MODALIDAD	FUNCIÓN
SEMESTRE 2019-10	BRAYAN LEONARDO ALVAREZ, SILVIA MARCELA RUIZ CUERVO, MARYLUZ SANCHEZ BUSTACARA Y JOHANA PAOLA GRANDE LADINO	OPCIÓN DE GRADO	DETERMINACIÓN DE VARIABLES Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
	LUISA RODRÍGUEZ, PAULA FERNANDEZ, BRAYAM MATEO RIVERA BALLESTEROS, DIEGO FERNANDO QUIROGA AHUMADA, ANGIE PAOLA CUBILLOS GONZALEZ, CRISTIAN FELIPE MAHECHA VILLAMIL, JULIAN ESTEBAN SANCHEZ PIRAZAN, ANDRÉS FELIPE PINZÓN ZABALETA	VOLUNTARIOS	APOYO EN LA APLICACIÓN DE ENCUESTAS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN
	JENNY PAOLA CASTILLO PERDOMO, MARLON DAVID SANCHEZ CONTRERAS	PRÁCTICA EN RESPONSABILIDAD SOCIAL	DESARROLLO DE INTERACCIÓN CON COMUNIDAD Y PLANTEAMIENTO DE PROYECTOS NUEVOS

Fuente: elaboración propia.

Es entonces cuando cada uno de los actores dentro del proceso evalúan lo difícil que puede ser la interacción con comunidad teniendo en cuenta la connotación política del año en curso, de las promesas incumplidas por los políticos y líderes del municipio y que dificultan el trabajo de los estudiantes, pero que gracias al compromiso adquirido con la comunidad, con su formación y con

su desarrollo profesional mantienen el deseo de trabajar para la comunidad

Una vez determinadas las variables de usos del agua se procede a definir los elementos de diseño procesando la información y llegando a cuantificar los caudales aportados por cada uso del agua según normatividad vigente (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) donde se evidencian los procedimientos de cálculo y la aplicabilidad de las siguientes ecuaciones:

$$Q_{md} = Q_d + Q_c + Q_{in}$$

$$Q_d = Q_{MHf} + Q_{inf} + Q_{ce}$$

Con estas ecuaciones se define el diseño de la red de alcantarillado de la zona trazándola acorde a las pendientes para que el sistema funcione bajo condiciones de acción de la gravedad.

### 3. Resultados

Diseño del sistema de recolección de agua lluvia empleando material reciclado tipo PET.

A partir del ejercicio investigativo y participativo de los estudiantes se han logrado resultados parciales satisfactorios teniendo en cuenta que el proceso sigue en desarrollo y que existen propuestas aún en evaluación y pruebas en condiciones de intemperie, de cambios de temperatura y de soportar precipitaciones naturales, pero un avance significativo se logra con la ponencia de la estudiante Islem Geraldine Hernández Caro cuyo proceso de desarrollo de alternativas de diseño de canaletas le permitió ganar el 2do puesto en el Encuentro Regional de Investigación desarrollado por el Centro.

Como resultado del proceso de trabajo social con la comunidad de la vereda se evidencian evolución en las relaciones interpersonales de la comunidad con los estudiantes, generando una mejor aceptación hacia el trabajo desarrollado y un ambiente de confianza que ha generado que se siga trabajando con esta comunidad desarrollando otros proyectos ligados.

#### 4. Conclusiones

La formación de ingenieros civiles tiene un componente social el cual debe dársele la importancia y la trascendencia acorde a la formación y al impacto que tiene la institución en la región, se tienen muchos procesos en los cuales los estudiantes y la comunidad académica pueden hacerse partícipes y fortalecer las competencias comunicativas y sociales de los estudiantes generando un impacto acorde a su formación profesional y al tipo de ingenieros civiles que se proyectan como egresados de Uniminuto.

El aprendizaje basado en proyectos de ingeniería permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos adquiridos durante su formación profesional en un espacio que permita potenciar sus capacidades y generar beneficios para una comunidad teniendo en cuenta la filosofía del Padre García Herreros así como de la institución en cuanto a los impactos sociales que debe tener cada estudiante y egresado de la institución logrando un impacto adecuado en la región y generando bienestar en las comunidades en las cuales trabajan o desarrollan sus procesos investigativos.

El proceso de los sistemas de recolección de agua lluvia sigue su curso, se continúa en investigación y así como el diseño de la red de alcantarillado se planea hacer una entrega con comunidad explicando las condiciones del diseño, los procesos de fabricación del sistema y la instalación del mismo acorde a la vivienda que lo necesite.

#### Referencias bibliográficas

- Castillo, J., & Pantoja, A. (2018). Propuesta de un sistema de recolección de agua lluvia en la finca La Carolina en el municipio Ubaté-Cundinamarca.
- García Puentes, C. D., Montañó Santana, J. F., & Pérez Rodríguez, C. A. (2019). APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO, UNA EXPERIENCIA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES. REVISTA CONRADO, 15, 130–134. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2010). Título B. Sistemas de Acueducto. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Retrieved from

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAguas/TITULO030714.pdf>

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.

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.

Rodriguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra, A. (2017). Aprendizaje basado en problemas en ingeniería.

Vargas, C. J. (2014). Proyecto Educativo Institucional (PEI) UNIMINUTO, 40.

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