

# Metodologías para la evaluación de la sostenibilidad en acueductos rurales

Carlos Andrés Ramírez Castrillón

Paola Andrea Ortega Guerrero

Programa de Ingeniería Ambiental  
Universidad Mariana

## Resumen

Esta monografía presenta los análisis de la sostenibilidad de los acueductos rurales y define cuáles son los factores más influyentes en el proceso en el que se obtiene como resultado, comunidades que están siendo dotadas con sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico, con un corto tiempo de brindar un buen servicio, o que al final terminan siendo sistemas inoperantes por la comunidad, de manera que luego de la aplicación de diferentes metodologías de evaluación, son considerados sistemas no sostenibles.

Se realizó un análisis sobre las metodologías que son útiles para evaluar la sostenibilidad en acueductos rurales; se seleccionó diferentes plataformas de búsqueda donde podría encontrarse estas metodologías, en las cuales se introdujo palabras claves relacionadas con la monografía, y se obtuvo un gran número de documentos que posteriormente fueron organizados para ser analizados por relevancia; para esto se utilizó la metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos.

Entre las metodologías seleccionadas se manifestó una coincidencia, debido a que utilizaban indicadores para evaluar los factores que son determinantes para hacer sostenible un sistema; entonces, se comparó el de mayor influencia en orden de jerarquía entre los factores estudiados y se determinó el factor mayormente condicionante en hacer un sistema sostenible o insostenible. Una vez analizados estos factores e identificadas las causas principales del problema, quedó en evidencia qué puntos son fundamentales para tener en cuenta si se quiere evaluar qué tan sostenible puede llegar a ser un sistema abastecedor de agua potable en una zona rural.

El factor social fue seleccionado como el factor decisivo en favorecer o, por el contrario, desfavorecer la sostenibilidad de los sistemas; y es que las obras de ingeniería son realizadas a través de un proceso de planeación, licitaciones objetivas y un control de calidad apropiado, determinando así, que éste es el factor de mayor atención.

## Introducción

### Justificación

Teniendo en cuenta que las organizaciones comunitarias, a través de los acueductos rurales, suministran agua a un por-

centaje representativo de la población del sector rural, es importante estudiar la sostenibilidad de los mismos y los factores que la determinan. Este estudio pretende ser una herramienta para que las instituciones gubernamentales prioricen la inversión presupuestal en infraestructura y proporcionen instalaciones sanitarias, fomentando prácticas de higiene en todos los niveles. Lo descrito se hace necesario, puesto que, a pesar de los esfuerzos, muchos de los sistemas no han generado los beneficios para los cuales habían sido construidos, dado que no están operando o se encuentran inservibles; es decir que, aunque las inversiones han sido cuantiosas, estos sistemas no han logrado los impactos positivos esperados en la calidad de vida de las comunidades, debido a la baja sostenibilidad de los mismos (Valencia y Calvo, 2016).

De esta forma surge la importancia de conocer cuándo un acueducto es sostenible, debido al derecho que tiene la comunidad a la disponibilidad y acceso al agua potable, y qué autoridades de gobierno a nivel nacional, regional o local, deben garantizar a las personas las condiciones adecuadas para el consumo. Estas condiciones hacen referencia a la cobertura, calidad, continuidad con la que es ofrecido el servicio, factor indispensable al momento de analizar la importancia por la cual el sistema de acueducto debe ser sostenible, dado que debe ser un servicio permanente, como resultado de una buena gestión.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar el estado del arte sobre las metodologías para la evaluación de la sostenibilidad en acueductos rurales.

### Objetivos específicos:

- Definir los conceptos generales sobre sostenibilidad en acueductos rurales.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre las metodologías empleadas para la evaluación de la sostenibilidad en acueductos rurales.
- Efectuar un análisis sobre la aplicación de las metodologías identificadas, para la evaluación de la sostenibilidad.

## Materiales y Métodos

El trabajo de revisión bibliográfica constituye una etapa fundamental para el proyecto de investigación que se está desarrollando, y garantiza la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso.

La revisión bibliográfica o estado del arte corresponde a la descripción detallada de cierto tema o tecnología, pero no incluye la identificación de tendencias que pueden plantear diferentes escenarios sobre el desarrollo de la tecnología en cuestión y que permitan tomar decisiones estratégicas. La metodología que se presenta para la revisión bibliográfica está compuesta de tres fases fundamentales, las cuales deben ser retroalimentadas a lo largo de la búsqueda.

Tabla 1. Metodología para realizar la revisión bibliográfica

Fases	Descripción
1. Definición del problema	Debe ser lo suficientemente clara para poder realizar una búsqueda bibliográfica que responda a las necesidades del investigador en particular
2. Búsqueda de la información	Libros, revistas, actas de congresos, reportes técnicos, normas, tesis e Internet. Los libros son el punto de partida, pues proporcionan una buena base y una visión global del tema elegido
3. Organización de la información	Una manera de organizar la información es por relevancia, distinguiendo los principales documentos de los secundarios. Para esto son de gran utilidad los programas o software especializados
4. Análisis de la información	Una herramienta informática que facilita el análisis cualitativo de un grupo de documentos es Refviz, mediante la cual se puede obtener un mapa de proximidad de los artículos, de acuerdo con la frecuencia de aparición de palabras en el texto, así como la creación de los listados de descriptores primarios, identificados en los grupos temáticos más significativos. Es la fase que toma mayor tiempo, dado que aquí se especifica el aporte a realizar.

## Resultados

### Sistemas de acueductos

#### Sistema de acueducto nucleado

Un acueducto es un conjunto de sistemas acoplados entre sí y construidos por el hombre, que permiten llevar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en la naturaleza en el que es accesible, hasta un punto de consumo distante. El principio básico de un acueducto consiste principalmente en establecer una canalización que vaya desde el punto de captación del agua hasta las plantas de tratamiento, para convertir el líquido en apto para el consumo, y desde ahí hasta la población que consumirá el agua (Acueducto y Alcantarillado de Popayán – S. A. E.S.P, 2019, párr. 1-2).

Proveer una adecuada cantidad de agua ha sido un asunto que ha inquietado [a las comunidades], desde los principios de la civilización. Aun en las antiguas ciudades, los abastecimientos locales eran con frecuencia inadecuados y los acueductos eran construidos para transportar agua desde fuentes lejanas. Tales sistemas de abastecimiento no distribuían agua a las residencias individuales sino que las llevaban hasta unos pocos lugares centrales desde donde los ciudadanos podían llevarla hasta sus hogares. (Benavides, Castro y Vizcaíno, 2006, p. 24).

#### Sistema de acueducto disperso

Se describe los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procedimientos y alternativas tecnológicas

para el abastecimiento de agua a viviendas rurales dispersas, donde no es posible o es impracticable desarrollar proyectos de acueducto con suministro de agua domiciliaria. En cumplimiento de la normativa ambiental y sanitaria vigentes, se ofrece las opciones tecnológicas descentralizadas más convenientes para los particulares que, por su cuenta, quieran construir dentro de su predio rural, una solución individual adecuada para la provisión de agua.

#### Sostenibilidad

Dado que el principal objetivo del trabajo de investigación es evaluar las metodologías de sostenibilidad de los acueductos rurales, es pertinente que sean planteados conceptos que sirvan como base para un mejor entendimiento del tema a desarrollar. Para esta monografía es relevante conocer la definición del término 'Sostenibilidad'; para Cadavid (2008), la sostenibilidad está asociada con la capacidad de mantener ciertas condiciones a lo largo del tiempo.

Es necesario que las definiciones, además de presentar un concepto general, también tengan mayor profundidad y convicción que el concepto inmediatamente anterior. Así, el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Naciones Unidas, 1987) expone por primera vez en la historia el concepto de 'Desarrollo Sostenible', el cual básicamente expresa que es aquel que satisface "las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (párr. 1).

## Metodologías para evaluar la sostenibilidad

Son procedimientos que permiten una valoración de la sostenibilidad, bien sea de forma cualitativa o cuantitativa. De esta forma, en la Tabla 2 se realiza una síntesis de las metodologías consultadas en la literatura, que serán explicadas más a fondo en el desarrollo de la presente monografía.

Tabla 2. Metodologías utilizadas para la evaluación de sostenibilidad

Metodología	Descripción general
Sistema de enfoque basado en un conjunto de tres métodos sintéticos	<p>Evaluación de energía: la cantidad de energía solar que es necesaria (directa o indirectamente) para obtener un producto de un proceso dado o para apoyar un sistema regional.</p> <p>Inventario de Gases efecto inventario: el inventario incluye emisiones de los principales gases de efecto invernadero, que son convertidos en CO<sub>2</sub> equivalente, por medio de sus potenciales de calentamiento global (PCG).</p> <p>Análisis de la Huella ecológica: la Huella Ecológica mide el área total bioproductiva necesaria para suministrar recursos y asimilar los residuos sin afectar la capacidad de una región para seguir prestando servicios. La idea detrás de este método es considerar todos los flujos de energía y materia necesaria para mantener el estilo de vida y el patrón de consumo de un individuo o población, y para convertirlos en unidades estandarizadas de tierra productiva biológicamente denominada hectáreas globales.</p>
Evaluación integral de la gestión comunitaria como estrategia para la prestación del servicio de acueducto. (Aguilar, 2011).	<p>Se trata de un ejercicio de diagnóstico basado en la evaluación del desempeño particular de cada sistema y en el estudio de variables externas, relacionadas con el ordenamiento y uso del territorio, con las relaciones institucionales, las políticas de gestión pública y la normatividad vigente. Puede aplicarse a la evaluación particular de un acueducto o de varios que presten el servicio en una localidad o región.</p> <p>Las implicaciones metodológicas del concepto de sostenibilidad se refieren a la definición de las variables consideradas y a la ponderación de las mismas; en otras palabras, el cuestionario es una respuesta directa a este concepto de sostenibilidad.</p>
Enfoque de múltiples criterios para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de agua (Saldivar, Barrera y Rosales, 2012).	<p>Se considera necesario un enfoque multicriterio para atender las complejas interacciones entre los aspectos financieros, sociales, técnicos, ambientales e institucionales del proyecto. Los multienfoque por criterios utilizan un marco que consiste en 4 criterios que tienen 13 factores y 26 subfactores en la instalación de agua. Los 4 criterios incluidos en el marco son de carácter técnico, social/medioambiental, financiero y de aspectos institucionales del esquema; se dividen en varios factores y subfactores conocidos que influyen en la sostenibilidad de los proyectos de agua.</p>
Modelo estocástico que evalúa la capacidad de una empresa para avanzar hacia la sostenibilidad.	<p>El propósito de este trabajo es proponer un modelo estocástico que aborda de manera explícita las posibles barreras y los facilitadores para la sostenibilidad, con el fin de medir y evaluar el nivel de sostenibilidad de una empresa. Un escenario posible se utiliza para demostrar la aplicación del modelo propuesto en una importante compañía eléctrica canadiense. Al proporcionar la medición relativamente simple e informativa, el modelo de sostenibilidad propuesto puede ser utilizado como una herramienta práctica y eficaz para evaluar el nivel de sostenibilidad de cualquier empresa en cuestión y para evaluar la sostenibilidad de fluctuación de la empresa en el tiempo.</p>
Método de evaluación rápida de la matriz de impacto (RIAM).	<p>Consta de los siguientes pasos clave con relación a su aplicación: 1. Obtener puntuaciones totales y relativas para los parámetros y categorías designadas para cada opción; 2. Calcular los valores indicados para el Medio Ambiente (E) y las necesidades humanas e intereses (INS) para cada opción; 3. Determinar si la sostenibilidad o insostenibilidad que se está produciendo está basada en valores obtenidos de E y HNI para cada opción; y 4. Si se considera que se está produciendo la sostenibilidad (S), determinar el valor S.</p>

### Análisis

La razón principal por la que se realiza la revisión bibliográfica y posteriormente se construye la monografía, es con el fin de brindar un conjunto de métodos que permitan al investigador realizar un diagnóstico sobre la sostenibilidad de los sistemas que han sido implementados para suplir la necesidad de un gru-

po de habitantes al brindar un servicio que, como la norma lo exige, debe ser gestionado bajo condiciones óptimas, además de ser equitativo y continuo.

El problema que genera la necesidad de implementar las metodologías de evaluación radica en que es claro que existe en la actualidad un alto porcentaje de acueductos en las zonas ru-

rales de todo el mundo, que no ofrecen un servicio continuo, mucho menos equitativo o potable; entonces, la insuficiencia en la prestación del servicio pasa a convertirse en un problema o necesidad fundamental a ser intervenida; ello hace útiles las siete metodologías que pasan a ser esenciales, entregando varios factores representativos que resultan las causas de este problema principal, de manera que se pueda intervenir sobre ellas y hacer más sostenible el proyecto.

Todas las metodologías mencionadas en la Tabla 2 aplicadas en diferentes casos de estudio, fueron exitosas en cuanto a su papel de realizar la evaluación del nivel de sostenibilidad del sistema que se estuviese evaluando. En algunos casos los resultados no fueron exitosos como sistemas insostenibles, como sucedió en la aplicación del método de evaluación rápida de la matriz de impacto en el que todas las opciones que se deseaba aplicar, arrojaron resultados insostenibles.

Aun así, se logró aplicar diferentes procedimientos para llegar a los resultados, lo que quiere decir que las metodologías cumplieron con su principal objetivo de medición: determinar, a través de factores, de forma cuantitativa y cualitativa, qué tan sostenibles podrían llegar a ser las alternativas evaluadas.

### Referencias

Acueducto y Alcantarillado de Popayán – S.A. E.S.P. (2019). ¿Qué es un acueducto? Recuperado de <http://www.acueductopopayan.com.co/zona-infantil/que-es-un-acueducto/>

Aguilar, E. (2011). Gestión comunitaria de los servicios de agua y saneamiento: su posible aplicación en México. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26079/1/S2011150\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26079/1/S2011150_es.pdf)

Benavides, D., Castro, M. y Vizcaíno, H. (2006). *Optimización del Acueducto por gravedad del municipio de Timaná (Huila)* (Trabajo de Grado). Universidad de La Salle, Bogotá. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15343/40012062.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Cadavid, N. (2008). *Criterios de sostenibilidad para acueductos comunitarios. Caso, Periferia urbana del municipio de Envigado* (Trabajo de Grado). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/392552172/Criterios-de-Sostenibilidad-para-acueductos-comunitarios-caso-envigado>

Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado de [http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)

Saldívar, A., Barrera, A. y Rosales, P. (2012). Tres metodologías para evaluar la sustentabilidad: 10 años después de Río. *Investigación Económica*, 62(242), 159-185.

Valencia, P. y Calvo, N. (2016). *Estrategias para la sostenibilidad ambiental y económicas de sistemas de abasto de agua potable para pequeñas comunidades rurales. Caso de estudio Acueductos comunitarios veredas El Chuscal y La Mancha, Balboa, Risaralda* (Trabajo de Grado). Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/6108?show=full>