



PREFACTIBILIDAD PARA LA COMERCIALIZACIÓN E INSTALACIÓN DE FILTROS  
LENTOS DE ARENA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA NO POTABLE EN EL  
SUROESTE DE ANTIOQUIA

MARÍA GLADIS ARBOLEDA GIRALDO  
BIBIANA OSORIO LONDOÑO

UNIVERSIDAD ESUMER  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN

2018

## Resumen

El objetivo principal del trabajo es la evaluación de la prefactibilidad para la comercialización e instalación de filtros lentos de arena para el tratamiento de agua no potable en viviendas alejadas del suroeste de Antioquia, teniendo en cuenta la necesidad que se evidencia en estas regiones de implementar sistemas sencillos, económicamente viables, de fácil mantenimiento y que aporten a quien los use el mejoramiento de sus condiciones de vida.

La metodología que se empleó para el desarrollo del trabajo consistió en la recolección de la información mediante consulta a los presidentes de las juntas de acción comunal de las veredas de los corregimientos de los municipios del suroeste antioqueño y las respectivas Secretarías de Planeación sobre el tipo de agua que se consume; con esta información se realizó una encuesta en cada vivienda en la que se interrogó sobre si contaba con algún sistema para el tratamiento del agua para consumo si estarían interesados en adquirirlo; posteriormente se realizó la revisión bibliográfica de la información existente sobre metodologías para el tratamiento de agua para consumo; esta información permitió proyectar el mercado potencial para la implementación del sistema.

Durante el estudio se pudo evidenciar que a pesar de que en la actualidad son muchos los avances alcanzados en lo que se refiere a mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades más vulnerables, existen muchas familias que no cuentan con sistemas que les permitan mejorar las condiciones del agua que consumen, adicional a ello, en gran parte de los casos se encontró que las familias no son conscientes de los problemas que acarrea consumir agua no adecuada.

### **Abstract**

The main objective of the work is the evaluation of the Pre-feasibility for the commercialization and installation of sand filters for the treatment of non-potable water in the houses of the southwest of Antioquia, taking into account the need to demonstrate these Implementation regions, simple systems, economically viable, easy to maintain and that contribute to those who use the improvement of their living conditions.

The methodology used for the development of the work consisted of collecting the information by consulting the presidents of the community action boards of the sidewalk-town of the municipalities in the Southwest of Antioquia and the Municipal Planning Secretaries, on the type of water that is consumed, with this information a survey was carried out in each dwelling in which they were questioned about whether they had any system for the treatment of water for consumption, and if they would be interested in acquiring it; Subsequently, the bibliographic review of the existing information on methodologies for the treatment of water for consumption was carried out; this information allowed to project the potential market for the implementation of the system.

During the study, it could be shown that although there are currently many advances in terms of improving the quality of life of the most vulnerable communities, there are many families that do not have systems that allow them to improve conditions. of the water they consume, in addition to this, in a large part of the cases it was found that families are not aware of the problems involved in consuming inadequate water.

## Introducción

El presente trabajo hace referencia a la implementación de metodologías alternativas para el tratamiento de agua para el consumo humano en zonas donde la dispersión de las viviendas no permite el empleo de los sistemas tradicionales; particularmente se evaluará la prefactibilidad para la comercialización e instalación de filtros lentos de arena para el tratamiento de agua no potable en el Suroeste de Antioquia.

Esta problemática se evidencia principalmente en regiones en las que como ya se indicó el empleo de alternativas tradicionales no es factible ni económica ni técnicamente; adicionalmente no se ha creado en estas comunidades una conciencia sobre las ventajas del uso de agua potable y por tanto no lo consideran una necesidad prioritaria, aunado a ello, las entidades gubernamentales no han ofrecido la información suficiente a estas comunidades para crear conciencia al respecto.

La idea de realizar el trabajo surge luego de conocer la problemática que se presentaba en algunas viviendas campesinas localizadas en la subregión del suroeste antioqueño, las cuales se ven obligadas a emplear métodos caseros para mejorar las condiciones del agua para consumo, mediante procesos como decantación o hervido de la misma, los cuales en la mayoría de los casos no son los más efectivos. Por otra parte, el desarrollo del trabajo es importante a nivel académico porque nos permite emplear de manera práctica los conocimientos adquiridos en el curso de Gerencia de proyectos.

Para el desarrollo del trabajo se consultó en las Alcaldías municipales, con las Juntas de Acción Comunal de los municipios del suroeste antioqueño sobre la existencia de familias en veredas que se surten de agua de fuentes cercanas (muestra); se diseñó una encuesta para definir la viabilidad de la comercialización del filtro lento de arena y se hicieron los estudios económicos requeridos para definir la viabilidad del proyecto.

## 1. Planteamiento el problema

El agua como elemento vital en la existencia del ser humano y condicionante de su desarrollo y su evolución hacia la civilización, lo ha llevado a idear y desarrollar las más diferentes formas de aprovechamiento. La evolución hacia el desarrollo ha generado cambios adversos en la naturaleza que provocan la escasez del recurso, infinidad de limitantes para obtenerlo y la pérdida de la calidad del agua lo cual afecta a la población de bajos recursos económicos provocando enfermedades mortales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2003).

En la Declaración de los Derechos del Hombre de 1948 se establece que toda persona tiene derecho a un nivel de vida suficiente para asegurar su salud, su bienestar y el de su familia, lo que sin lugar a dudas incluye el derecho humano al agua (Naciones Unidas, 1948).

La calidad adecuada del agua, se refleja en reducción de enfermedades como la diarrea o el cólera. De conformidad con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), la calidad óptima de agua para consumo humano y adecuados servicios de saneamiento básico son indispensables para reducir los índices de morbilidad y mortalidad, en especial de los niños y niñas y de los adultos mayores, contribuyendo así mismo al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar general de la población. En sentido contrario, la escasez de agua potable y de buenos sistemas de saneamiento favorece la transmisión de enfermedades de origen hídrico y frenan el desarrollo económico y social. Sin lugar a dudas el agua potable es un factor determinante del derecho a la salud pública (Defensoría del pueblo, 2006).

Las familias campesinas propietarias de fincas en las áreas rurales, alejadas del casco urbano, no cuentan con el servicio de acueducto y se ven obligadas a buscar una fuente de agua cercana a sus viviendas para poder subsistir.

La forma de conducir el agua hasta la vivienda es generalmente mediante una tubería tipo manguera conectada a un tanque ubicado en la fuente o quebrada; dicho sistema es precario y no obedece a ninguna normatividad, sólo a la creatividad de los pobladores; el sistema (tanque y tubería) no cumple ningún parámetro de diseño estructural, hidráulico o de salubridad que garantice la demanda y calidad del agua requerida en la vivienda y por lo tanto se ve expuesto a diversos factores de riesgo como eventos de la naturaleza, la mano del hombre o acción de los animales existentes en el entorno.

En épocas de lluvia se generan crecientes en la quebrada con arrastre de piedras, lodo y hasta pequeños peces que obstruyen tanto el tanque como la tubería, dejando sin suministro de agua a la vivienda y con consecuencias como:

- Reparación del sistema de alimentación de agua externo a la vivienda. Se requiere limpiar tanto el tanque como la tubería, tiempo en el cual no hay suministro.
- Reparación de tuberías y accesorios en el sistema de acueducto interno de la vivienda.
- Proceso de decantación del agua para poder ser utilizada en las actividades del hogar y posterior hervida para poder ser consumida.
- Reparación de electrodomésticos como la lavadora por daños causados no sólo por los sólidos arrastrados sino por el hierro que tiene el agua que causa óxido en la maquinaria.

Además de lo anterior, y lo más relevante, es el consumo del agua sin tratamiento previo, generando problemas de salubridad en la población, siendo los niños los más afectados.

Como pregunta problematizadora se plantea: ¿Es factible implementar el sistema de filtros lentos de arena para resolver el abastecimiento de agua potable a comunidades lejanas de cascos urbanos de corregimientos del suroeste de Antioquia?

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar la prefactibilidad para la comercialización e instalación de filtros lentos de arena para el tratamiento de agua no potable en fincas de veredas en corregimientos del suroeste de Antioquia.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estudiar los principios teóricos y conceptos de los filtros lentos de arena.
- Evaluar el mercado potencial para la implementación de los filtros lentos de arena en los corregimientos del suroeste de Antioquia.
- Realizar el análisis técnico para la implementación de los filtros lentos de arena en los corregimientos del suroeste de Antioquia.
- Cuantificar los costos y la viabilidad financiera de la implementación del sistema de filtros lentos de arena en los corregimientos del suroeste de Antioquia.

### 3. Justificación

#### 3.1. Desde el desarrollo social y de las comunidades

Los avances sociales que debe tener el ser humano en zonas urbanas y rurales.

Una gran parte de la población colombiana no tiene agua potable, alrededor de 12 millones de personas (28% de la población) no tiene acceso a fuentes mejoradas de agua. La falta de acueducto afecta al 16.7% de la población, cifra alta comparada con otros países cuyo porcentaje de personas con acceso a agua potable es mayor a pesar de la oferta hídrica de nuestro país (Ávila, 2015).

Los corregimientos del suroeste antioqueño tienen gran cantidad de familias por vereda afectadas con este problema, cuyas viviendas están localizadas en zonas rurales de difícil acceso, viéndose obligadas a utilizar agua proveniente de quebradas sin ningún tratamiento previo a su consumo y que por tanto no cumple con los requerimientos básicos en los aspectos biológicos y físico-químicos; en razón de ello se buscan alternativas económicamente accesibles, de fácil implementación y de fácil mantenimiento.

La implementación de los filtros lentos de arena en las viviendas campesinas de las veredas ayudaría a solucionar el problema del consumo de agua potable proporcionándoles salud y bienestar, derechos fundamentales de las personas.

El beneficio social se traduciría en los adultos en más tiempo para invertir en su educación, capacitaciones para mejorar la producción agrícola, compartir actividades recreacionales con los vecinos y de igual manera los niños asistir a la escuela y gozar de las actividades de interacción con sus compañeros.

### **3.2. Desde el sistema de seguridad social**

Porque se previenen costos al sistema por enfermedades causadas por el agua no potable.

De acuerdo con información de la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades se transmiten a través de agua contaminada; esta contaminación proviene de desechos humanos no tratados que afectan fuentes de agua superficial, la cual es usada para consumo humano en alrededor de 788 municipios del país, exponiendo así a las familias a casi 90 enfermedades causadas por microbios y químicos presentes en el agua de consumo (OMS, 2015).

La OMS como autoridad internacional en materia de salud pública y calidad del agua, dirige los esfuerzos mundiales para prevenir la transmisión de enfermedades por el agua y asesora a los gobiernos acerca del desarrollo de metas y normativas relacionadas con la salud.

El Instituto Nacional de la Salud (INS, 2016) indica que en Colombia las enfermedades más comunes por el consumo de agua no potable son la hepatitis A, fiebre tifoidea/paratifoidea y

enfermedad diarreica aguda; esta última ocasionó la muerte de 117 niños menores de 5 años en el 2013.

### **3.3. Beneficios económicos para la región y el país**

No es admisible que en pleno siglo XXI se encuentren familias sin el suministro de agua potable, el atraso es notorio en el desarrollo de acueductos rurales; el tratamiento es especial en estas áreas, no se puede dar una solución igual que en el sector urbano. Las estrategias de inversión se deben encaminar a soluciones alternativas para el suministro de agua potable como los filtros lentos de arena.

Es obligación del gobierno local suministrar bienestar a las comunidades de su municipio mediante programas de saneamiento básico.

Una población con salud y disponibilidad de tiempo para educación genera futuros profesionales que traducen desarrollo y productividad para el país.

#### **4. Limitaciones de la investigación**

Los tipos de limitaciones que se tendrán durante la elaboración de este estudio son:

##### **4.1. Geográfico**

El acceso a las diferentes veredas de los corregimientos del suroeste antioqueño es muy difícil debido a que, en la mayoría de ellos, son caminos de herradura o carretables en mal estado.

##### **4.2. Tiempo**

Teniendo en cuenta la topografía de la zona, las condiciones del entorno y las características de la captación, la instalación de cada uno de los filtros es un caso diferente que obliga a realizar un análisis particular, requiriéndose la dedicación tiempo adicional del personal, generándose un sobre costo.

##### **4.3. Financiero**

De acuerdo a lo evidenciado mediante las encuestas y la información consultada, la capacidad económica de los usuarios potenciales en su mayoría es baja, condición que puede ocasionar que algunos de ellos, aun teniendo la necesidad de instalar el sistema de tratamiento, decidan no hacerlo y por tanto se reduzca el mercado.

#### **4.4. Técnico**

En algunos casos, las condiciones del terreno y/o la localización de la zona de captación hacen inviable la instalación del sistema; así mismo, en algunos casos la metodología que emplea el sistema no mejora las condiciones fisicoquímicas del agua a tratar en razón de la mala calidad que presenta.

## 5. Marco de referencia

### 5.1. Estado del arte

Se resalta que los sistemas de filtración lenta se caracterizan por ser sistemas sencillos, limpios y a la vez eficientes para el tratamiento de agua. Su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierten en un sistema ideal para implementar en zonas rurales y pequeñas comunidades, rara vez requiere la utilización de tratamientos químicos, ya que funcionan como mecanismos biológicos que mejoran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del agua (Torres & Villanueva, 2014).

El sistema de filtración lenta de arena copia el proceso de purificación que hace el agua en la naturaleza al atravesar los estratos de la corteza terrestre, juega un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad del agua en zonas rurales y urbanas marginadas, por su eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total), bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nematodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud. La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50%, y se lleva a cabo por la actividad biológica que se genera en los lechos. El color real se remueve hasta en un 60% con ayuda de pre oxidación (Ávila & Moreno, 2016).

El hierro se puede reducir del 30 al 90%, pero los filtros se colmatan rápido si el contenido de hierro es mayor a 1 mg/l por lo que es necesario empacar el filtro con un grano de arena más grande (~0.5 mm) que el normal (T.E. 0.3 mm). Con el fin de alcanzar largas carreras

de filtración, el agua que alimenta los filtros debe tener turbiedades promedio menores a 10 UTN, logradas con ayuda de los filtros gruesos (Wegelin, Galvis & Latorre, 1997).

Se habla de que la primera planta de filtración lenta se instaló en Paisley, Escocia en 1804, y desde entonces se ha usado ininterrumpidamente en Gran Bretaña y en el resto de Europa por su gran eficiencia en la remoción de microorganismos patógenos. También ha sido utilizada en comunidades rurales del Perú (2009), Kenia (2009) y África (2011), por tratarse de métodos factibles en el aspecto económico y muy eficientes en la remoción de microorganismos patógenos y sólidos obteniéndose mediante el empleo de estos, porcentajes de remoción de coliformes totales y fecales por encima del 66% (Rivas & García, 2017).

En Colombia, la eficiencia del uso de filtros lentos de arena ha sido demostrada para la potabilización del agua en comunidades rurales en Huila (Aguar & Portela, 2009) y Cundinamarca (Torres & Villanueva, 2014), concluyéndose que el sistema de filtros lentos de arena para uso doméstico es viable en zonas en las cuales no se tiene acueducto, puesto que mejora las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del agua problema (Grupo EPM, 2016).

Se ha demostrado que los filtros lentos de arena han funcionado de manera exitosa en comunidades rurales alrededor del mundo, muchas de las cuales subsisten de manera precaria, permitiendo mejoramientos en materia de salud pública (Tiwari, Schmidt, Darby, Kariuld & Jenkins, 2009), y en la calidad de vida de los habitantes de estas comunidades (Malapane, 2011), incluso en Colombia se ha evidenciado su buen funcionamiento y el impacto positivo que generan (Jafvert et al., 2011).

Este sistema también ha sido probado en el proceso de tratamiento de aguas subterráneas, las cuales son usadas para el consumo en muchas comunidades rurales que no cuentan con otro tipo de abastecimiento; estas aguas tienen alto contenido de hierro y manganeso, por lo que se ha buscado la remoción de estos metales usando la filtración lenta de arena, para lo cual se operaron filtros a escala de laboratorio usando muestras de agua con concentraciones variables de hierro y manganeso, con lo que se demostró una eficiencia de remoción entre el 90 y el 95% para ambos metales (Rivas & García, 2017).

Mediante pruebas realizadas por estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia, (Torres y Villanueva, 2014), se verificó la eficiencia del filtro mediante un monitoreo apoyado en la normatividad ambiental vigente; como resultado se obtuvieron mejoras en los siguientes parámetros:

- Color con una remoción del 100 % de unidades platino cobalto.
- Turbiedad con disminución del 96.4 % de unidades nefelométricas.
- Acidez disminuyó un 41.6 % de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).
- Alcalinidad disminuyó un 6.5 % de CaCO<sub>3</sub>.
- Coliformes totales y fecales, de tener un parámetro de incontables, pasó a cero unidades formadoras de colonias/100 cm<sup>3</sup>.
- Dureza total se presentó una disminución del 8.04 % de CaCO<sub>3</sub>.
- Sulfatos disminución del 12.5 %.
- Hierro disminución del 35.7 %,

- Nitratos disminución del 50 %.
- Oxígeno disuelto se obtuvo un promedio de 6.84 partes por millón, evidenciando esto un aumento del 6.2 %.

## **5.2. Marco teórico**

### ***5.2.1 Salubridad del agua***

La salubridad y la calidad del agua son fundamentales para el desarrollo y bienestar humanos. Proporcionar acceso a agua saludable es uno de los instrumentos más eficaces para promover la salud y reducir la pobreza.

Según datos de la OMS (2017), alrededor de 3 de cada 10 personas (2100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10 personas (4500 millones) carecen de un saneamiento seguro en todo el mundo.

La problemática del consumo de agua de mala calidad a nivel nacional cada vez es mayor, y se incrementa por el difícil acceso tanto en abastecimiento como en tratamiento del líquido por parte de comunidades marginales situadas en la zona rural y urbana del país. Asimismo, el bajo nivel socioeconómico, desconocimiento de los riesgos de consumir agua de mala calidad y ubicación geográfica de este tipo de poblaciones, limita su acceso a soluciones viables que mejoren la calidad del agua que consumen. Teniendo en cuenta los resultados del informe de la vigilancia en la calidad del agua 2016, de los 32 departamentos de Colombia:

- En el 15,6% de los departamentos, correspondiente a 5 de ellos, sus habitantes reciben un suministro de agua de buena calidad, es decir sin riesgo.
- En el 25% de los departamentos, correspondiente a 7 de ellos, sus habitantes reciben un suministro de agua en nivel de riesgo bajo.
- En el 47% de los departamentos, correspondiente a 15 de ellos, sus habitantes reciben un suministro de agua en nivel de riesgo medio.
- En el 12,5% de los departamentos, correspondiente a 4 de ellos, sus habitantes reciben un suministro de agua en nivel de riesgo alto. (Minsalud, 2018).

Como solución a las necesidades de las comunidades rurales dispersas, entidades como la Organización Panamericana de la Salud, la Organización Mundial de la Salud, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otras, han buscado la implementación de técnicas no convencionales sostenibles de la mano con la gestión comunitaria, lo anterior en razón de que las soluciones tradicionales generalmente se hacen complejas, dado que requieren cierta cantidad de población para su ejecución, o costos elevados de inversión y mantenimiento.

Teniendo en cuenta los recursos disponibles en la zona, así como la interacción de factores físicos, económicos, gubernamentales, sociales y de las condiciones medio ambientales encontradas, se han planteado alternativas de tal manera que estos, se visualicen como servicios asequibles, permanentes y eficientes, que brinden una garantía durante la vida de los sistemas, así como la calidad de acuerdo a las exigencias ambientales de salud, normatividad vigente y

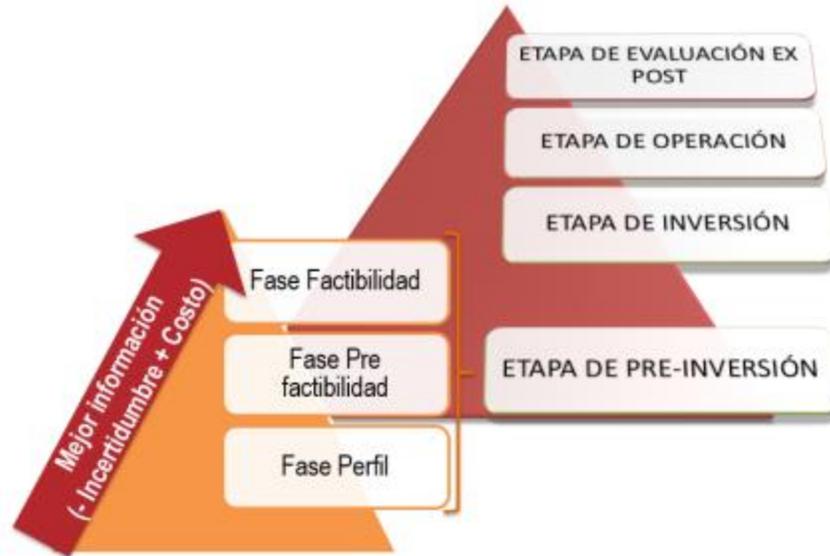
otros. Es necesario aclarar que no existen soluciones universales, es decir, que no hay una tecnología mejor que otra en la prestación de estos servicios, sólo que depende de aquella que se acople a las condiciones: ambientales, socio-culturales, económicas y técnicas, presentes en determinada comunidad (Muñoz & Castro, 2017).

El acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene sin riesgos podría evitar que muchas personas sufran enfermedades. Se calcula que las enfermedades diarreicas afectan alrededor del 3,6% del total de los años de vida, ajustado en función de la discapacidad debidos a enfermedades y causan 1,5 millones de fallecimientos cada año (OMS, 2012). De acuerdo con las estimaciones, el 58% de esa carga de enfermedad, es decir 842.000 muertes anuales se debe a la ausencia de agua salubre y a un saneamiento y una higiene deficientes, e incluyen 361.000 fallecimientos de niños menores de 5 años, la mayoría de ellos en países de ingresos bajos (OMS, 2014).

El suministro de agua potable para cada persona debe ser suficiente y continuo tanto para usos personales como doméstico, la cantidad mínima que los estados deberían garantizar a toda persona es la que establece la Organización Mundial de la Salud, que en la actualidad es de 20 litros diarios por persona para consumo y 50 litros diarios si se incluye el saneamiento (Jouravlev, 2004). Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. Santiago; Cepal.

### ***5.2.2 Gestión de proyectos***

La Figura 1 ilustra las fases y etapas del ciclo de vida de los proyectos:



*Figura 1.* Fases y etapas del ciclo de vida de los proyectos  
 Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2016, p.9).

La etapa de pre inversión es aquella donde se realizan todos los análisis y estudios requeridos para definir la problemática e identificar la mejor alternativa de solución, luego de haber agotado el proceso de evaluación de la factibilidad técnica, legal, ambiental, económica y social de las opciones analizadas (DNP, 2016).

Superada la etapa de preinversión, podrá continuar el ciclo de vida del proyecto y dar paso a las etapas de inversión y operación. Estas dos etapas se distinguen de las demás porque en ellas se ejecutan las actividades propias del proyecto y se produce la entrega de los bienes y/o servicios contemplados para atender las necesidades sociales que le dieron al proyecto de inversión (DNP, 2016).

En la etapa de inversión se ejecutan todas las actividades que fueron planeadas para cumplir con el alcance y los objetivos propuestos en la formulación del proyecto, las cuales

comprenden entre otros aspectos: La realización de trámites y la obtención de permisos requeridos, la contratación de proveedores para el suministro de los insumos, la administración de personal, equipos y materiales, la coordinación con los diferentes actores vinculados al proyecto, el control del presupuesto, el cronograma y otras acciones de gerencia del mismo (DNP, 2016).

La etapa de operación comprende el período de tiempo en que el proyecto entra en funcionamiento y por ende se generan los beneficios estimados en la población, según los objetivos establecidos (DNP, 2016).

Dentro del horizonte de evaluación del proyecto definido en la etapa de pre inversión, es fundamental contemplar la sostenibilidad para la operación y el mantenimiento de los bienes y/o servicios entregados por el mismo, no solamente porque se desvirtúan los resultados obtenidos en el proceso de evaluación ex ante en la medida que no se incluyen los costos asociados con las actividades requeridas para cumplir con este propósito, sino porque se pone en riesgo el cierre financiero del proyecto y por tanto el cumplimiento de sus objetivos (DNP, 2016)..

Aunque durante las etapas de inversión y operación se realiza el seguimiento a las metas definidas para el logro de los objetivos del proyecto, es en esta última etapa donde se evalúa el cumplimiento de los fines propuestos con la ejecución del proyecto, particularmente de los impactos sociales positivos y negativos reales logrados en términos del cambio en el bienestar de la población al terminar la operación del mismo, analizando a su vez las posibles desviaciones ocurridas frente a lo planeado (DNP, 2016).

Para que un proyecto sea exitoso debe cumplir con las siguientes características:

- Cumplir estándares de calidad.
- Cumplir los plazos.
- Cumplir presupuesto.
- Satisfacer las necesidades del cliente.
- Ser sostenible o cuidado.

La teoría de proyectos cobra importancia cuando le permite al ingeniero, administrador o en general al profesional responsable de un proyecto lograr identificar los diferentes factores esenciales en la ejecución del mismo. Para ello se debe precisar lo que significa elaborar un plan, un programa, las actividades y las tareas, cada una de estas cumple una función específica que al unirse con los recursos financieros, humanos y técnicos generan un resultado óptimo y confiable, claro está, siempre bajo el cumplimiento del presupuesto establecido y el plazo pactado.

La teoría de proyectos impulsa el emprendimiento y la consolidación de las empresas y de las ideas de negocio en la manera cuando en la etapa inicial se define en qué campo se quiere realizar un proyecto, es decir, si va a ser de tipo social, educativo, gubernamental o de otro. Y posteriormente cuando se define el ámbito viene la indagación de cuál es el problema o la necesidad que se desea abordar y con esto se empieza todo el universo de la planeación y de la puesta en marcha de la creatividad para generar ideas innovadoras y que permitan ejecutar un proyecto interesante y por qué no rentable.

Si hemos optado por un plan de negocio la transición que se debe seguir desde el marco teórico de la teoría de proyectos es llevar a cabo todos los conceptos que se nos plantean en dichas teorías, es decir, en primer lugar, pensar que es lo que quiero desarrollar, cómo se va a ejecutar, quienes estarán involucrados, con qué recursos se cuenta, en que tiempo se requiere, cuánto va a valer, como nos financiaremos. Luego de que se ha identificado lo anterior pasamos a la preparación, es decir a dejar explícito cada una de las actividades y tareas a seguir, posteriormente se debe tener una aprobación del plan de negocio para poder tener la certeza de que, si es viable, la puesta en marcha es lo más interesante ya que consume todas las energías del equipo de trabajo para lograr el éxito, no se pueden olvidar los controles y, por supuesto, la evaluación final.

### **Estándares en dirección de proyectos.**

A medida que los proyectos han ido ganando importancia dentro de las empresas y estos han sido sometidos a mayores presiones para conseguir los objetivos de costos, plazo y alcance definidos para ellos, ha surgido la necesidad de disponer de metodologías y estándares en dirección de proyectos que faciliten su gestión.

Como respuesta a esta problemática, existen varios organismos internacionales en dirección de proyectos que han creado y distribuido diferentes estándares, que sirven como una guía de buenas prácticas y una referencia común en dirección de proyectos. En este artículo se muestran, según el portal Recursos Enproject Management (2015), los tres más conocidos

internacionalmente para proyectos tradicionales, aunque existen otros como ITIL o AGILE más focalizados en proyectos de IT (*information technology*):

**PMBOK (*Project Management Body of knowledge*)**. El PMBOK es el estándar o guía emitido por el Project Management Institute (PMI), y en 2012 salió su quinta edición. Se trata de una guía conocida a nivel global, tal vez una de las más conocidas, aunque al ser de origen americano y estar reconocida por el American National Standard Institute (ANSI), su implantación es especialmente importante en Estados Unidos y países con influencia anglosajona.

Un proyecto según el PMI es una actividad grupal temporal para producir un producto, servicio, o resultado, que es único. Es temporal dado que tiene un comienzo y un fin definido, y por lo tanto tiene un alcance y recursos definidos.

El PMBOK no debe entenderse como una metodología per se, sino como una guía de estándares internacionales para que los profesionales puedan adaptar a cada caso y contexto particular los procesos, reconocidos como buenas prácticas por el PMI que se pueden aplicar a la mayoría de los proyectos en la mayoría de los casos.

El ciclo de vida de todo proyecto se estructura en torno a cinco fases: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. En el PMBOK se explica en qué consiste cada una, cuál es su objetivo, de qué actividades se componen y cuáles son los documentos esenciales

que se prepararán en cada momento (49 procesos, 5 grupos de procesos y 10 áreas de conocimiento) (Recursos EnprojectManagement, 2015).

**PRINCE2 (*Projects In Controlled Environments*)**. Fue desarrollado por la OGC (Office of Government Commerce) y gestionado por la APM (Association for Project Management) con un claro enfoque en proyectos de informática y telecomunicaciones, por lo que tradicionalmente este estándar se ha considerado más centrado en estos campos de actividad, a diferencia del PMBOK o ICB que están más focalizados en proyectos industriales o de obra civil.

La estructura de estándar PRINCE2 está organizada en:

- Componentes, que son áreas de conocimiento que deben aplicarse al proyecto cuando corresponda.
- Procesos y subprocesos, que son los elementos que explican qué debe ocurrir y cuándo a lo largo del proyecto, permitiendo implementar los componentes.
- Y las técnicas, que ofrecidas son métodos de trabajo de uso opcional pero muy recomendable (Recursos EnprojectManagement, 2015).

**ICB (*IPMA Competence Baseline*)**. Es el estándar en gestión de proyectos desarrollado por el IPMA – International Project Management Association. Este estándar consta de 46 elementos de competencia que cubren: las técnicas de gestión, el comportamiento profesional del personal implicado en la gestión del proyecto, y las relaciones con el contexto del proyecto. Por

tanto, es un estándar que da más importancia a la persona y al equipo que el PMBOK (Recursos EnprojectManagement, 2015).

### **5.3. Marco conceptual**

El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, siempre y cuando esta maneje unos indicadores medios (de 10 a 20 unidades nefelométricas) de turbiedad, pero si se diseña y opera apropiadamente, puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua. Según Torres y Villanueva (2014), las unidades nefelométrías son las unidades utilizadas para medir la turbidez de un fluido. Corresponde con una concentración del producto utilizado como patrón llamado Formacina. El instrumento para medir la turbidez se denomina Nefelómetro y mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

Como segunda finalidad en los filtros lentos de arena se determinan la degradación química y física de los materiales utilizados. La degradación química es el proceso de modificación de las propiedades químicas del suelo, en nuestro caso de las partículas orgánicas retenidas en los medios filtrantes. La degradación biológica es la medida de la pérdida de materia orgánica por disminución de aportes vegetales y aumento de la mineralización (Grupo EPM, 2006).

La filtración lenta de arena (FLA) consiste en un conjunto de procesos físicos y biológicos que destruyen los microorganismos patógenos presentes en el agua no apta para

consumo humano; por esta característica, se puede considerar como una tecnología limpia que purifica el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente y el consumidor; consiste en hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso de arena, durante el cual las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante para ser retenidas, desarrollándose adicionalmente, procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsiguiente retiro o limpieza (Arboleda, 2000).

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante entre 3 y 12 horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas, en ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras tienden a aglutinarse, lo que facilita su remoción posterior durante el tratamiento (Canepa & Pérez, 1992).

Se han propuesto múltiples alternativas para los materiales de construcción de los filtros, entre los cuales se encuentra el concreto, el plástico o el metal, y en cuanto al material constituyente del lecho filtrante se recomienda que no sea arena de playa ni de los fondos de los ríos, ya que los granos son muy redondeados, lisos y de tamaño uniforme, lo cual no permite la adecuada formación y adherencia de la capa biológica del filtro y es en ella donde radica la funcionalidad y eficiencia del filtro (Lea, 2014).

Entre las prácticas básicas más comunes para la desinfección del agua para consumo están el empleo de calor o químicos, los cuales consisten en el hervido del agua hasta su punto de

ebullición (entre 90° C y 100° C) o la cloración por goteo, mecanismos que no necesariamente descontaminan el agua en su totalidad, debido a que microorganismos facultativos pueden sobrevivir más allá del punto de ebullición y las reacciones del agua con el cloro, deben cumplir primeramente con los parámetros de turbiedad con menos de 5 unidades nefelométrías y pH entre 6.5 y 8.5 para que las reacciones de desinfección se den; ahora bien teniendo en cuenta que el problema del agua es amplio y que en la mayoría de los casos genera enfermedades principalmente de tipo gastrointestinal, una opción es la implementación de sistemas descentralizados de tratamiento, de fácil acceso y mantenimiento como lo es la filtración lenta de arena (Minsalud, s.f.).

En la actualidad, como innovación tecnológica, en materia de purificación de agua, se tienen los paneles solares que crean agua potable. Este hydropanel genera agua potable con aire y luz solar. Source toma el vapor de agua del aire y después se condensa en agua potable. Cada panel puede producir 5 litros de agua al día y tiene una capacidad de almacenamiento de 30 litros. A diferencia de otros purificadores nada se desperdicia y una única matriz de Source reemplaza el uso de 70.000 botellas plásticas por 10 años (Portaltic, 2017).

El panel creado por Zero Mass Water Inc. tiene como objetivo democratizar el acceso al agua y por cada dispositivo comprado la compañía construye un panel para una familia sin recursos (Portaltic, 2017).

Este sistema con el que, según sus impulsores, se democratiza el acceso al agua, se puede adquirir a través de la tienda online habilitada por la compañía a un precio de partida de 2.900

dólares por panel, a los que se suman 500 dólares por la instalación del sistema que es, además, fácilmente escalable (Portaltic, 2017).

Los hydropaneles ya han sido instalados en tres continentes diferentes y buscan hacer frente a la creciente crisis de agua potable (EcoInventos, 2018).

Como se ha visto existen varias formas de purificar el agua, pero la filtración lenta en arena es el indicado para utilizar en áreas rurales por su economía, practicidad y fácil mantenimiento.

La aplicación de los filtros lentos de arena se ha visto a lo largo de todo el territorio nacional con muy buenos resultados; para nuestro trabajo de investigación tomaremos como modelo de aplicación el utilizado en Imcabuga (Instituto Mayor Campesino de Buga- Valle del Cauca), porque sus características se ajustan no solo a la topografía de la subregión en estudio si no a la composición social de las familias.

## **6. Marco metodológico**

### **6.1. Tipo de investigación**

El enfoque de esta investigación es aplicada, ya que evalúa la viabilidad de la implementación de un sistema ya conocido en sitios que, por sus condiciones geográficas y económicas, como es el caso de las viviendas de veredas alejadas del casco urbano de los municipios del suroeste antioqueño, no permiten el uso de otros sistemas más comunes.

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa, en ella se hace una descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas que intervienen en el proceso y se presentan los resultados obtenidos con sus respectivos análisis.

### **6.2. Diseño de la investigación**

En primera instancia se consultará información en las alcaldías de los municipios del suroeste antioqueño referente a la existencia de familias en veredas que se surtan de agua de fuentes cercanas (muestra); se diseñará una encuesta que definirá la viabilidad de la comercialización del filtro lento de arena.

La subregión del suroeste antioqueño está conformada por 23 municipios, 51 corregimientos y 661 veredas, relacionados en la Tabla 1:

Tabla 1. *Municipios de la subregión del suroeste antioqueño*

DIVISIÓN ADMINISTRATIVA DEL SUROESTE ANTIOQUEÑO					
No.	Municipio	Número de Corregimientos	Número de veredas	# habitantes área rural, DANE 2005	Proyección número de hogares
1	Amagá	4	18	12.812	3.203
2	Andes	7	84	23.300	5.825
3	Angelópolis	1	10	3.820	955
4	Betania	1	20	5.124	1.281
5	Betulia	3	42	11.760	2.940
6	Ciudad Bolívar	3	17	10.532	2.633
7	Caramanta	3	21	2.224	556
8	Concordia	3	24	11.716	2.929
9	Fredonia	9	34	12.568	3.142
10	Hispania	0	10	1.624	406
11	Jardín	0	24	6.288	1.572
12	Jericó	1	30	3.224	806
13	La Pintada	0	2	688	172
14	Montebello	1	30	3.816	954
15	Pueblorrico	0	20	3.228	807
16	Salgar	4	32	8.368	2.093
17	Santa Bárbara	2	42	11.340	2.835
18	Támesis	2	37	7.728	1.932
19	Tarso	0	16	3.944	986
20	Titiribí	4	18	6.304	1.576
21	Urrao	1	102	28.376	7.094
22	Valparaiso	0	13	2.736	684
23	Venecia	2	15	6.240	1.560
<b>TOTAL</b>		<b>51</b>	<b>661</b>	<b>187.760</b>	<b>46.940</b>

Fuente: DANE (2005).

En el procedimiento para seleccionar la muestra se utiliza el método de muestreo no probabilístico por conveniencia. Se selecciona este método de muestreo por conveniencia, toda vez que en la actualidad el grupo que desarrolla el plan de negocio no tiene los recursos económicos y la disponibilidad de tiempo suficientes para aplicar una cantidad superior de encuestas; de igual manera resulta conveniente dados los objetivos de la investigación de mercado, aplicar cuarenta (40 encuestas) a los propietarios de finca residentes en las veredas de los municipios del suroeste antioqueño.

La muestra no probabilística o dirigida, en este proyecto es de gran valor porque se logra proceder cuidadosamente y con una profunda inmersión inicial en el campo para obtener las encuestas de los finqueros específicos que interesan al equipo investigador y que llegan a ofrecer una gran riqueza para la recolección y análisis de los datos.

Las fuentes primarias son:

- Consulta a presidentes de Juntas de Acción Comunal de cada una de las veredas del corregimiento, sobre las familias que no tienen acceso a sistemas de tratamiento de agua.

Las fuentes secundarias son:

- Registros estadísticos con los que cuenta el municipio de Andes sobre acceso a sistemas de tratamiento de agua de las familias del área rural del Municipio.

- Datos DANE.
- Investigaciones realizadas sobre metodologías no convencionales para tratamiento de aguas.

Una investigación de mercados debe medir la aceptación del bien y el potencial de compra, identificar volúmenes de demanda y determinar cuál es la mejor manera de llevar el bien al cliente.

El diseño de la encuesta se hizo a través de la utilización de la Tabla 2 de definición de categorías y variables que presentamos a continuación.

Tabla 2. *Categoría y variables cuestionario*

<b>Categorías</b>	<b>Variable</b>	<b>Autores</b>	<b>Preguntas cuestionario</b>
1. Económica	Condiciones económicas de propietario de finca	Suárez & Greifesteinn (2016)	De conocer un sistema sencillo, práctico y de fácil mantenimiento como el filtro lento de arena para potabilizar el agua en su vivienda, ¿lo compraría?
			¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar por un sistema que potabilice el agua para consumo?
2. Técnica	Características del sistema filtro lento de arena	Lea (2014) Aguiar & Portela (2009) Grupo EPM (2016)	¿Que considera que debería tener el sistema para el tratamiento de agua para consumo que mejoraría las

Categorías	Variable	Autores	Preguntas cuestionario
			condiciones de vida de la familia?
	Calidad del agua de las fuentes hídricas	IDEAM (2015)	¿Cuál es la fuente que le provee de agua a su vivienda?
	Métodos para el tratamiento de agua para consumo.	Minsalud (s.f.)	¿Tiene alguno de los sistemas de tratamiento de agua que se enuncia a continuación? Filtros de mesa, Filtro casero de Carpom, Filtro de cerámica para agua potable, Otro, ¿Cuál?
3. Social	Tenencia de vivienda	Cenac (s.f.)	¿Su vivienda actual es: Arrendada, Propia, No es propia pero no paga arriendo
	Apoyo a programas y proyectos acordes con los planes comunitarios y territoriales de desarrollo	DNP (2003)	¿Pertenece usted a la junta de acción comunal de la vereda?
	Apoyo a asociaciones comunitarias para el desarrollo de programas para el acceso al agua	Osorio & Espinosa (s.f.)	¿Estaría dispuesto a asociarse con otros vecinos y solicitar ayuda económica a través de la JAC ante el alcalde para adquirir el Filtro Lento de Arena?

<b>Categorías</b>	<b>Variable</b>	<b>Autores</b>	<b>Preguntas cuestionario</b>
4. Salud	Acceso a servicios de agua potable	OMS (2018) Minsalud (2018)	¿Ha padecido usted o su familia enfermedades digestivas o de la piel a causa del agua que consume?
	Avances en cobertura saneamiento básico	OMS (2017)	¿Sabe usted que el agua potable genera salud y evita enfermedades?

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 1, se presenta la encuesta realizada a la muestra seleccionada.

### **6.3. Método y pasos de la investigación**

El método para la recolección de la información como ya se indicó será la consulta directa a los presidentes de las Juntas de Acción Comunal de las veredas de los corregimientos de los municipios del suroeste antioqueño, a quienes se les consultará con que información cuentan sobre el agua que se consume por los diferentes grupos familiares del área rural; de acuerdo con la información obtenida en esta primera consulta se evaluará la pertinencia de elaborar un conjunto de preguntas y realizar una encuesta en cada vivienda sobre si cuentan con sistema para el tratamiento del agua para consumo, y la disposición para adquirir el mismo.

Adicionalmente se consultarán fuentes bibliográficas sobre métodos no convencionales para el tratamiento de agua para consumo a fin de verificar la conveniencia de la implementación del sistema de filtros lentos de arena.

Los pasos que se identifican para la investigación son los siguientes:

- Información sobre el acceso a sistemas de tratamiento de agua para consumo de las familias del área rural del suroeste antioqueño.
- Elaboración y ejecución de encuestas.
- Análisis de información obtenida.
- Revisión bibliográfica sobre sistemas para tratamiento de agua para consumo en comunidades dispersas.
- Determinación de la viabilidad para la implementación del sistema filtro lento de arena en viviendas del área rural del suroeste antioqueño.

## **7. Entrega, difusión y divulgación del proyecto**

Este proyecto será presentado en las alcaldías de los municipios de la subregión del suroeste antioqueño con el fin de que se evalúe su implementación en los corregimientos.

Este proyecto será entregado a la coordinación de la especialización en gerencia de proyectos.

## **8. Usuarios potenciales y sectores beneficiados**

Los usuarios potenciales, como ya se indicó, son las familias de los corregimientos de los municipios del suroeste antioqueño que actualmente no cuentan con suministro de agua apta para consumo por la carencia de un sistema de tratamiento.

Los centros médicos municipales en razón de que en la mayoría de los casos tienen baja capacidad de atención a la comunidad enferma y con la implementación del sistema de filtros lentos de arena dicha comunidad gozaría de mejores condiciones de salud y por tanto menor demanda para estas dependencias.

Las administraciones municipales porque se disminuirían los recursos invertidos en los tratamientos a personas enfermas por el consumo de agua no potable; así mismo se disminuyen las inversiones en jornadas de prevención y capacitaciones a las comunidades expuestas a este tipo de enfermedades causadas por microbios presentes en el agua de consumo.

El sector educativo de los municipios, porque se vería disminuida la deserción escolar con la reducción de los casos de enfermedades asociadas al consumo de agua no potable, generándose un mejoramiento en el nivel educativo de la región y por consiguiente un progreso en el desarrollo económico de las comunidades.

También pueden beneficiarse los estudiantes que estén interesados en este tipo de proyectos.