SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA COMUNIDADES DE DESPLAZADOS EN ESTADO DE EMERGENCIA (CASO VILLA-CLARÍN).

INFORME FINALDE LA OPCIÓN DE GRADO
IC-028-2009

DAYANA KATERINE GRISALES PENAGOS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2010

SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA COMUNIDADES DE DESPLAZADOS EN ESTADO DE EMERGENCIA (CASO VILLA-CLARÍN)

DAYANA KATERINE GRISALES PENAGOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al

Título de Ingeniero Civil

Tutora: Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., JUNIO 2010

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MAYOR GENERAL EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL
Rector

MAYOR GENERAL GABRIEL EDUARDO CONTRERAS OCHOA
Vicerrector General

BRIGADIER GENERAL (r) ALBERTO BRAVO SILVA
Vicerrector Administrativo

DRA. MARTHA LUCÍA BAHAMÓN JARA
Vicerrector Académico

DR. JORGE ARTURO REY CUBILLOS
Vicerrector de Investigaciones

ING. JESÚS ERNESTO VILLARREAL SILVA Ph D
Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. DIEGO CORREAL MEDINA
Director Ingeniería Civil

APROBACIÓN

La propuesta de grado titulada “Sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales para comunidades en estado de emergencia (caso villa-clarín)”. Propuesta para opción de grado Auxiliar de investigación, presentada por la estudiante Dayana Grisales Penagos en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por la tutora:

_____

Ing. Paula Andrea Villegas González

Tutor Universidad Militar Nueva Granada

El presente trabajo de grado está dedicado a las personas más importantes que conforman mi vida:

"A Dios por permitirme la oportunidad de prepararme y desarrollar la misión que me encomendó.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas por ser mi impulso e inspiración de cada día.

A mis amigos por su compañía en esta etapa de mi vida."

Dayana Katerine Grisales Penagos.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo de grado representa la culminación de una etapa en mi vida, pero su ejecución no hubiese sido posible sin la participación desinteresada de muchas personas. Es por ello que abro un espacio para expresarles mis más profundos y fraternales agradecimientos a todos aquellos que compartieron y fueron artífices de este gran logro en mi vida.

A Dios el creador, por estar siempre presente en cada paso que doy, por fortalecer mi mente y mi corazón, e iluminar cada decisión tomada.

A mi mama Ana Mercedes Penagos por brindarme su apoyo y dedicación incondicional, por llenar mi vida de amor, cariño, comprensión y estar conmigo por encima de cualquier circunstancia.

A mi papa Javier Grisales por permitir que con sus esfuerzos diarios y ayuda a lo largo de la carrera, yo lograra realizarme como persona.

A la Universidad Militar Nueva Granada por la formación brindada como Ingeniera Civil, por su apoyo y colaboración para la realización de esta investigación.

A la Ingeniera Paula Villegas por su asesoría y dirección en el trabajo de investigación, por permitirme tener esta experiencia tan emotiva como persona que me hizo crecer y sentir un poco más la vida.

A la comunidad De Villa-Clarín por darme la oportunidad de reconocer y dimensionar una de las problemáticas más recurrentes y con mayor necesidad en algunas poblaciones de Colombia, por recibirme en su comunidad de manera fraternal y con plena disposición.

TABLA DE CONTENIDO

Pág

LISTA DE FIGURAS.....I
LISTA DE TABLAS.....II
LISTA DE GRÁFICOS.....III
RESUMEN.....IV
ABSTRACT.....V

INTRODUCCIÓN.....0

1. PROBLEMA.....1

1.1 ANTECEDENTES.....1

1.1.1 A nivel Mundial.....1

1.1.2 Antecedentes Del Proyecto.....8

1.1.2.1 Manejo Del Agua En La Comunidad.....11

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....11

1.3 JUSTIFICACIÓN.....12

1.4 OBJETIVOS.....13

1.5 METODOLOGÍA.....14

2. MARCO TEÓRICO.....15

2.1 AGUA SUPERFICIAL.....15

2.2 TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....16

2.3 NORMATIVIDAD.....17

2.4 PROBLEMÁTICA ACTUAL EN LOS DESPLAZADOS.....21

2.5 ZONA DE ESTUDIO.....22

2.5.1 Descripción.....22

2.5.2 Corregimiento y Asentamiento.....23

2.5.3 Situación de la Comunidad.....25

2.5.4 Estado actual de la red de Distribución.....26

2.5.4.1 Características del sistema actual.....27

2.5.4.2 Consumo de agua.....28

2.6 ENFERMEDADES ORIGINADAS POR EL AGUA.....29
3. SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUA SUPERFICIALES PARA COMUNIDADES EN ESTADO DE EMERGENCIA (CASO VILLA-CLARÍN).....30
3.1 MÉTODOS DOMÉSTICOS Y ALTERNATIVOS.....31
3.1.1 Coagulación y Floculación.....31
3.1.1.1 Mandioca o Yuca (Farina).....32
3.1.1.2 Semillas de Moringa.....32
3.1.2 Almacenamiento y Sedimentación (tres Ollas).....33
3.1.2.1 Costos.....34
3.1.3 Filtros de Mesa.....34
3.1.3.1 Filtros de Vela Filtrantes.....35
3.1.3.2 Filtros de Velas de Carbón con Prefiltro de Arena.....37
3.1.3.3 Filtro de Arena.....38
3.1.3.3.1 Costos.....39
3.1.3.3.2 Nivel de Servicio.....39
3.1.3.4 Microfiltración.....39
3.1.3.4.1 Características.....40
3.1.3.4.2 Costos.....41
3.1.3.4.3 Nivel de Servicio.....42
3.1.3.5 Filtro Lento de Arena (A Nivel Domiciliario).....42
3.1.3.5.1 Características.....43
3.1.3.5.2 Costos.....44
3.1.3.5.3 Nivel de Servicio.....45
3.1.3.6 Filtro Casero de Carpom.....45
3.1.3.6.1 Características.....45
3.1.3.6.2 Costos.....46
3.1.3.7 Filtron (Filtro de Cerámica para Agua Potable).....46
3.1.3.7.1 Características.....47
3.1.3.7.2 Costos.....48

3.1.3.7.3 Nivel de Servicio.....48
3.1.4 Desinfección.....48
3.1.4.1 Desinfección por Radiación Solar.....48
3.1.4.1.1 Características.....49
3.1.4.1.2 Costos.....51
3.1.4.1.3 Nivel de Servicio.....52
3.1.4.2 Hervir Agua.....52
3.1.4.2.1 Costos.....52
3.1.4.2.2 Nivel de Servicio.....52
3.1.4.3 Cloración.....53
3.1.4.3.1 Características.....54
3.1.4.3.2 Costos.....54
3.2 DETERMINACIÓN DE HABITANTES Y CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE VILLA-CLARÍN.....55
3.2.1 Nivel de Complejidad del Sistema.....58
3.2.2 Dotación Neta Residencial (Dn).....59
3.2.3 Variación de la Dotación Neta Residencial Según el Clima y Nivel de complejidad.....59
3.2.4 Consumo Medio Diario.....60
3.2.5 Coeficiente de Consumo Máximo.....61
3.2.6 Caudal Máximo Diario.....61
3.2.7 Coeficiente de Consumo Máximo Horario.....62
3.2.8 Caudal Máximo Horario.....62
3.2.9 Resumen de los Parámetros de Diseño.....62
3.2.10 Cuadro de Cálculo de Caudales.....63
3.3 ANÁLISIS DE AGUA DE VILLA-CLARÍN.....64
3.4 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUA SUPERFICIALES..72
3.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA EL CORREGIMIENTO DE VILLA-CLARÍN.....76

3.5.1 Factor Técnico.....77
3.5.2 Factor Social y Cultural.....77
3.5.3 Factor Económico.....78
3.5.4 Método de las Tres Vasijas.....80
3.5.5 Filtro Casero de Arena y Vela de Carbón.....81
3.5.6 Desinfección del Agua por Radiación Solar.....85

RECOMENDACIONES.....VI
CONCLUSIONES.....VII
ANEXOS.....VII
BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

Pág

Figura 1: Foto librería UNICEF, India.....4

Figura 2: Mujer de East Lombok usando la desinfección solar para purificar su agua potable.....5

Figura 3: Zambia. La solución de cloro se vende a través de una red de revendedores donde las personas llevan los envases para rellenarlos.....6

Figura 4: Esquema Metodológico.....15

Figura 5: Departamento del Magdalena.....22

Figura 6: Municipio.....23

Figura 7: Caño Villa-Clarín.....24

Figura 8, 9, 10, 11: Fotos de los usos del agua en la comunidad de Villa-Clarín..24

Figura 12: Transporte manual del agua desde el caño hasta la comunidad.....26

Figura 13, 14: Técnicas básicas de plomería.....27

Figura 15: Ubicación Suministro.....28

Figura 16: Consumo de agua de Villa-clarin.....29

Figura17: Filtro de velas filtrantes.....36

Figura 18: Filtro de velas cerámicas con prefiltro de arena.....37

Figura 19: Filtro de arena.....39

Figura 20: Filtro lento de arena.....43

Figura 21: Filtro casero de Carpom.....45

Figura 22: Filtron.....47

Figura 23: Desinfección Solar.....51

Figura 24, 25 : Censo realizado a la comunidad.....57

Figura 26: Materiales usados en el monitoreo de Villa-Clarín.....64

Figura 27: Método de las tres vasijas.....81

Figura 28, 29: Filtro casero de arena y vela de carbón.....82

Figura 30, 31, 32, 33: Capacitación Técnica del filtro con la Comunidad de Villa-Clarín.....84
Figuras 34, 35: Aceptación por la comunidad.....85
Figura 36: Procedimiento de exposición.....86

LISTA DE TABLAS

Pág

Tabla 1: Clasificación de fuentes según parámetros mínimos de análisis Físico-Químico y microbiológicos.....18
Tabla 2: Valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, organolépticas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo al Decreto 475/98.....20
Tabla 3: Costos por familia del filtro de arena.....41
Tabla 4: Costos por familia del filtro lento de arena.....44
Tabla 5: Censo Villa-Clarín Consumo De Agua.....55
Tabla 6: Número de habitantes de la comunidad de Villa-Clarín.....57
Tabla 7: Asignación nivel de complejidad.....58
Tabla 8: Nivel de complejidad del sistema.....59
Tabla 9. Variación a la dotación neta según el clima.....59
Tabla 10: RAS 2000 Coeficiente de consumo máximo diario.....61
Tabla 11: Coeficiente de consumo máximo diario.....62
Tabla 12: Resumen de parámetros de diseño.....63
Tabla 13: Caudales de diseño.....63
Tabla 14: Matriz de Evaluación de los Sistemas No Convencionales de Tratamiento de Aguas Superficiales.....73
Tabla 15. Tipo de tratamiento.....75
Tabla 16. Factores de Selección.....79
Tabla 17. Capacidad del Filtro.....83

LISTA DE GRÁFICOS

Pág

Gráfica 1: Valores de Turbidez en Villa-Clarín.....65
Gráfica 2: Valores de Turbidez en Villa-Clarín.....66
Gráfica 3: Valores de Color en Villa-Clarín.....67
Gráfica 4: Valores de OD en Villa-Clarín.....67
Gráfica 5: Valores de Conductividad en Villa-Clarín.....68
Gráfica 6: Valores de STD en Villa-Clarín.....69
Gráfica 7: Valores de Cloro Libre en Villa-Clarín.....70
Gráfica 8: Valores de Fosfatos en Villa-Clarín.....71
Gráfica 9: Valores de Sulfatos en Villa-Clarín.....71
Gráfica 10. Valores de Nitritos en Villa-Clarín.....72
Gráfico 11. Factores que influyen en la selección de un sistema.....77

ANEXOS

Pág

Anexo 1.Formato de resultados para el análisis de agua utilizado en villa-Clarín……93
.

RESUMEN DEL CONTENIDO

Título del Trabajo:

Sistemas no Convencionales De Tratamiento De Aguas Superficiales Para Comunidades De Desplazados En Estado De Emergencia (Caso Villa-Clarín).

Nombre de la Directora del Trabajo de grado:
Ingeniera Civil Paula Andrea Villegas González.

Resumen del Contenido:

Es conocido en Colombia el hecho de que existen muchas comunidades que no cuentan con servicios básicos de agua y saneamiento, como consecuencia del estado de pobreza crítica en que se encuentran y su gran limitación en términos de desarrollo por la falta de proyectos y de la presencia del gobierno.

En este trabajo se presentan diferentes alternativas de Sistemas no Convencionales de Tratamiento de Agua Superficiales, los cuales fueron evaluados por sus ventajas, desventajas, nivel de servicio y costos, para así posteriormente bajo estas condiciones, recomendar el más adecuado e implementarlo en Villa-Clarín, una comunidad con este tipo de características; así mismo garantizar una mejor calidad en el agua que consumen los habitantes, un control eficaz en la propagación de enfermedades de origen hídrico ,y a su vez de manera integral, promover hábitos sanitarios.

Los sistemas de Tratamiento de Aguas son una buena alternativa que debe considerarse en comunidades de desplazados ya que son el resultado de una tecnología que conjuga elementos técnicos, educativos y de gestión comunitaria relacionados entre sí, para mejorar "in situ" la calidad del agua.

ABSTRACT

Document Title:

Non-conventional treatment of surface water for displaced communities in the State of Emergency (Case Villa-Clarín).

Name of the Director of Labor Grade

Civil Engineer Paula Andrea Villegas González.

Summary:

In Colombia there are many communities that have lack basic water and sanitation, as result of the state of poverty and limitation in terms of development by the lack of projects and the deficiency presence of the government.

This paper shows different alternatives for non-conventional surface water treatment, which were evaluated for their advantages, disadvantages, costs and service levels, so under these conditions then recommend the most appropriate and implement it to Villa-Clarín, a community with these characteristics, in order to ensure a better quality of water consumed by people, and thus effectively control the spread of diseases related with the water, and just as to promote health habits.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con una cobertura de agua potable del 71% para el sector rural (Wikipedia, Agua potable y saneamiento en Colombia), cubre principalmente a poblados concentrados y en forma casi nula a comunidades dispersas, esta situación es deficiente especialmente en cuanto a las condiciones sanitarias que se requiere para preservar la salud de sus habitantes. Es así que el sector de más baja cobertura en el país lo conforma el sector rural disperso, este sector requiere de nuevos planteamientos y opciones para el mejoramiento de las condiciones sanitarias y por ende su calidad de vida.

Villa-Clarín es una comunidad de este tipo, es un asentamiento de desplazados, ubicado en el corregimiento de Palermo, departamento Magdalena cerca al rio Magdalena, su sistema de abastecimiento de agua es precario, las familias toman agua de la fuente más cercana, en este caso, el caño de Villa-Clarín para satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, aseo y otros fines, sin prestar mucha atención a la calidad de la fuente, la cual se encuentra afectada por el vertimiento de las aguas domesticas sin ningún tratamiento previo a la Ciénaga Grande y a el arrojo indiscriminado de los residuos provenientes de las actividades agroindustriales desarrolladas en la zona bananera . Las enfermedades de origen hídrico que afectan a los pobladores y principalmente a los niños empeoran cada día más la situación de sus habitantes, impidiendo el normal desarrollo de sus actividades y por ende su subsistencia.

La acción más eficaz para proporcionar agua segura a esas poblaciones es, indudablemente, la instalación de sistemas públicos de abastecimiento, pero no es realista esperar que esto se realice en un futuro inmediato. Por lo cual es necesario desarrollar nuevos planteamientos o evaluar la elección de una tecnología adecuada que se adapte fácilmente a la situación de emergencia en la

que se encuentran. Es por ello, que en el presente trabajo se muestran y se detallan los sistemas no convencionales de tratamiento de aguas por ser una alternativa que debe considerarse en las poblaciones que no cuenten, funcione interrumpidamente o no se tengan perspectivas inmediatas de instalar una red de sistema de abastecimiento de agua. Además de presentar el costo, nivel de servicio, ventajas, desventajas de cada uno de los sistemas, con el fin de elegir el más adecuado para la comunidad de Villa-Clarín, el cual debe representar una alternativa inmediata, de bajo costo, confiable y de fácil adquisición para los habitantes, que conjugue elementos técnicos, educativos y de gestión comunitaria relacionados entre sí, para mejorar la calidad del agua y la conducta sanitaria de la población, y así contribuir en la disminución de enfermedades que la afecten .

1. PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 A NIVEL MUNDIAL

Desde una perspectiva nacional, el país se ha visto afectado por la problemática de violencia y orden público, que a su vez ha generado el desplazamiento de comunidades hacia zonas con insuficiente acceso a sistemas de saneamiento ambiental, como agua potable, agua residual y residuos sólidos.

El saneamiento y la depuración de las aguas ha sido una preocupación constante por parte de las autoridades competentes a lo largo de los últimos años. En la mayoría de los casos no existen sistemas de tratamiento adecuados a las situaciones medioambientales para proveer de servicios de agua y saneamiento sostenibles a las pequeñas localidades, y en el mejor de los casos la solución debe ser adaptada al entorno ambiental, social y económico de cada caso, especialmente en lo que respecta a las localidades de pequeño tamaño.

Las denominadas tecnologías no convencionales tienen una serie de singularidades que las hacen especialmente adaptables a las características de las poblaciones medianas y pequeñas: presentan una gran versatilidad y adaptabilidad, elevada integración en el entorno natural y unos costes de implantación y explotación muy por debajo de los estimados en los tratamientos de las aguas urbanas en grandes poblaciones, donde las carencias de espacio y las elevadas exigencias en la depuración hacen insustituibles las llamadas tecnologías no convencionales.

A nivel mundial se han presentado opciones de tratamiento no convencionales que permiten visualizar la aceptación de este tipo de tecnologías en las comunidades.

En este capítulo se presentaran diferentes casos de estudios relacionados con el tratamiento de aguas. A continuación se anuncia una experiencia efectuada en la India que sirve de base para orientar el caso de estudio en Villa-clarín.

Publicación “APRENDER DE LA EXPERIENCIA – El programa de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental en la India” (UNICEF Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, New York 2002)

Debido a los éxitos y medios innovadores empleados por la India para responder a las condiciones sociales y ambientales, su experiencia arroja lecciones valiosas para otros países en desarrollo. El Gobierno de la India ha trabajado con la UNICEF y otros copartícipes para desarrollar y poner a prueba soluciones prácticas con las que enfrentarse a diversos problemas: ¿Cómo pueden los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental adaptarse a las condiciones físicas, sociales y económicas de cada entorno local y a las necesidades de cada comunidad?

La India comparte con otros muchos países en desarrollo importantes características que afectan a la demanda y el suministro de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental. Entre ellas están diversas condiciones desfavorables en cuanto a la geología y los entornos locales alejados, las restricciones económicas, y algunas tradiciones de larga data que afectan a las conductas en relación con la higiene y la salud y constituyen cargas especiales para los muy pobres y para las niñas y las mujeres.

El programa sobre abastecimiento de agua y saneamiento ambiental en la India es el programa en esta materia que ha tenido un mayor apoyo por parte de la UNICEF, por lo que proporciona una perspectiva valiosa a largo plazo. El UNICEF empezó a apoyar el programa de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental en la India en 1966, en respuesta a una situación de emergencia debida

a la sequía. El agua superficial en la India es escasa y el agua subterránea profunda y difícil de extraer. Tradicionalmente, la mayoría de los habitantes de los pueblos han utilizado agua de cualquier origen que tuvieran a su alcance, como estanques, ríos, fuentes y pozos. La cantidad de agua disponible dependía enormemente de la estación, y la calidad de la misma era, en general, deficiente. En fechas tan tardías como 1980, menos de un tercio de la población (el 31%) tenía "cobertura plena" de agua potable limpia y, virtualmente, ningún hogar rural tenía acceso a instalaciones de saneamiento.

El desarrollo de nueva tecnología fue fundamental para ampliar el abastecimiento de agua a zonas rurales y ha desempañado una función importante. El UNICEF apoyó innovaciones tecnológicas que han dado como resultado:

- *Perforadoras hidráulicas pequeñas*, las cuales llegan a las zonas más remotas y permiten perforar pozos lo suficientemente anchos para instalar bombas manuales Mark II y Mark III. Son más versátiles, manejables y han aumentado la productividad y el acceso a pueblos alejados.
- *Bombas manuales estandarizadas*, de bajo costo y resistentes
- *Letrinas higiénicas* que, aunque no fueron usadas como se esperaba permitieron mejoras en la conducta higiénica y las prácticas sanitarias.

Con estos elementos y las normas estandarizadas de perforación se permitió ampliar la cobertura, aumentando el número de pozos perforados. Los criterios uniformados sobre la profundidad y diámetro de los pozos perforados ofrecieron a los operadores que trabajaban de forma independiente a lo largo y ancho del país indicadores sencillos. Los indicadores también incluían el rendimiento mínimo de una bomba manual, el encofrado aconsejable en la boca del pozo y la superficie de sellado necesaria para proteger el pozo de la entrada de agua contaminada.

Figura. 1 Foto librería UNICEF, India.

Fuente: Publicación “APRENDER DE LA EXPERIENCIA – El programa de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental en la India” (UNICEF Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, New York 2002).

Entre otros casos encontramos a nivel mundial en Indonesia un proyecto relacionado con desinfección por Radiación Solar, en el Distrito de East Lombok, en donde solamente el 50 por ciento de la población tiene acceso al abastecimiento de agua y solamente el 38 por ciento tiene acceso a saneamiento, es decir, condiciones limpias e higiénicas mediante la eliminación apropiada de la basura y de los desechos humanos. Las pruebas realizadas en las áreas rurales revelaron un alto índice de contaminación con E. coli en las fuentes de abastecimiento de agua en pozos cavados a mano. Esta contaminación causó una alta incidencia de enfermedades diarreicas entre la población.

Durante un período de 14 meses, se introdujo desinfección doméstica por radiación solar en East Lombok a través de centros de salud comunitaria y

voluntarios entrenados para trabajar con las villas locales. Este amplio programa de extensión capacitó a 130.000 personas en 144 villas. Como resultado, la desinfección doméstica por radiación solar redujo la contaminación bacteriana del agua potable en un 97 por ciento. La incidencia de diarrea entre los usuarios se redujo en más del 70 por ciento.

Figura. 2 Mujer de East Lombok usando la desinfección solar para purificar su agua potable.

Fuente: http://www.drinking-water.org/html/es/ImageView/00000216.html.2001.

Por otro lado en Zambia encontramos que solamente el 64 por ciento de los zambianos tienen acceso a fuentes seguras de abastecimiento de agua. En algunas regiones pobres, las familias dependen de pozos poco profundos y contaminados para el abastecimiento de agua. Como resultado, los incidentes de diarrea son muy generalizados en Zambia, y las enfermedades diarreicas son la causa principal de las muertes infantiles.

A finales de la década de 1990, se introdujo en Zambia un nuevo sistema doméstico de cloración. Este producto puede tratar hasta 1.000 litros de agua y cuesta aproximadamente 60 veces menos que la cantidad equivalente de carbón necesario para tratar este volumen de agua. Este sistema ha ayudado a reducir

significativamente los incidentes de diarrea y se usa actualmente en aproximadamente dos millones de viviendas.

Fig. 3. Zambia. La solución de cloro se vende a través de una red de revendedores donde las personas llevan los envases para rellenarlos.

Fuente: ©Bill Gallo, Sr/Jolivert Safe Water for Families project www.drinking-water.org.1990.

A nivel nacional también se tienen casos que permiten ver la implementación de sistemas no convencionales como:

Publicación "ALTERNATIVAS DE SANEAMIENTO EN COMUNIDADES INDÍGENAS" (Paula Andrea Villegas González, Nelson Obregón Neira, Jaime Andrés Lara Borrero)

El siguiente proyecto, está relacionado con el desarrollo de herramientas que buscan un aporte a la problemática de salud pública presentada en los resguardos indígenas del Trapecio Amazónico Colombiano. En esta investigación, se implementó un proyecto piloto en el resguardo indígena de Nazareth ubicado en la rivera del río Amazonas.

En el resguardo indígena de Nazareth, la población se encontraba afectada por enfermedades que causaban brotes de vómito y diarrea, presentadas por condiciones desfavorables de saneamiento básico. Nazareth es uno de los pocos caseríos que ha contado con acueducto; sin embargo debido a que el funcionamiento y mantenimiento del mismo no fue suficiente dejo de trabajar. Es por esto, que el suministro de agua se hacía en épocas de lluvia utilizando tanques de almacenamiento, cuyas condiciones sanitarias no son confiables y en sequía, la población recurría a extraer agua de las quebradas ubicadas alrededor del resguardo.

El modelo de selección de alternativas que se escogió estuvo soportado en herramientas hidroinformáticas, enfocadas a modelar las opiniones de las personas involucradas en el proceso como lo son los habitantes de los resguardos indígenas y los expertos, no solo en las tecnologías, sino también en las áreas que permiten que un sistema de saneamiento sea implementado. De esta manera, el sistema tiene en cuenta las condiciones, costumbres y cultura de las comunidades del Trapecio Amazónico permitiendo que los resguardos sean autogestores de tecnologías sostenibles, conocidas y aceptadas por ellos, en procesos de participación e integración comunitaria. A partir de ese modelo se presento un árbol de decisiones para la selección de tecnología donde se consideraron las variables más importantes como sostenibilidad, cambios de actitud por parte de la comunidad indígena, organización y nivel de participación.

Las opciones arrojadas por los expertos, correspondientes al orden de priorización de alternativas de tratamiento de agua potable fueron: Para tratamiento de agua potable se tiene en primer lugar: filtro de vela alternativa escogida con un 84% de acuerdo entre el equipo de expertos, seguido de filtración centralizada con un 92%, cloración individual con pastillas con un 92%, cloración centralizada (polvo) con un 84%, hiperoxidación individual e hiperoxidación centralizada con un

84%.Se tuvo en cuenta el criterio de maximización del consenso, el valor obtenido como resultado es el que mayor grado de consenso arroja.

1.1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La temática del apoyo a comunidades de desplazados empieza con el desarrollo del proyecto titulado "Estudio de sistemas de saneamiento básico en corregimientos habitados por desplazados en Colombia - Caso Comunidad Villa Clarín, Palermo, Magdalena", aprobado en la convocatoria de proyectos sociales Francisco Javier en el año 2007. Durante esta primera fase se presento un diagnóstico de las comunidades de desplazados a nivel nacional y local en convenio con la Universidad Antonio Nariño específicamente con docentes y estudiantes de ingeniería ambiental los cuales se mencionan a continuación:

- Villa Clarín es concebida como una unidad o integración social en gestación, la cual se encuentra en peligro o amenaza por la incertidumbre legal de los terrenos que son habitados, la falta de referentes comunitarios etc. Su referencia territorial primordial es el Caño Clarín, la Escuela y las casas que están alrededor.

- Se determinan como actores principales: la Junta de Acción Comunal, la escuela y algunas comunidades cristianas. El reciclaje es el actor económico más importante; las instituciones educativas permiten el acceso al conocimiento; las iglesias, finalmente, son el garante de la cohesión social y la formación de las costumbres. Actores sociales secundarios son: las ONG, fundaciones como Opción Vida, la Fundación Servicio Juvenil del Padre Javier de Nicoló, ciertas universidades que hacen presencia generando programas asistenciales y en algunos casos de la autodeterminación y empoderamiento de la comunidad.

- Otros aspectos que están amenazando a la comunidad de Villa Clarín son los megaproyectos económicos en la zona portuaria del Magdalena, la ausencia del estado (gobierno Local), la ilegalidad, la falta de organización comunitaria, la carencia en los niveles de formación humana, y la falta de referentes sociales y culturales.
- Villa Clarín es un territorio dependiente, que no se basta a sí mismo, que no tienen vías de acceso, ni agua potable, tampoco condiciones mínimas para desarrollar una vida digna.
- No hay relación con las autoridades locales, ni con las del corregimiento ni con las del municipio. Las relaciones económicas son de explotación, todas en condiciones de desigualdad; hay un imaginario que considera que Villa Clarín es zona de delincuentes (ladrones, prostitutas, indigentes, drogadictos), los habitantes no se sienten pertenecientes a ningún ente territorial. En conclusión se puede decir que falta una mayor identidad de los habitantes entre ellos, como comunidad, y como ciudadanos.
- La comunidad quiere organizarse como actor social motivado por el proyecto de saneamiento básico de la Universidad Javeriana llevado a cabo en el 2007, sin embargo este proceso todavía no está claramente identificado como tal por los mismos integrantes. Este proyecto en lo que lleva de desarrollo, podría ser considerado como un eje social funcional con respecto a los actores protagonistas de los procesos de la comunidad. Se busca a partir del componente técnico desarrollado alrededor del agua, específicamente con la gestión, formular un plan de manejo integral del recurso hídrico que tenga dentro de sus componentes la construcción una red de acueducto, la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable e iniciar los estudios para el tratamiento de aguas residuales y manejo de residuos sólidos.

A su vez, la comunidad de Villa Clarín continuará su proceso de organización comunitaria por medio de formación en diferentes ámbitos necesarios para

alcanzar grados de desarrollo sostenible, donde el emprendimiento cobra gran importancia pues se prevé como mecanismo de justicia social. El eje de organización comunitaria serán los valores requeridos para lograr una excelente gestión de los proyectos productivos y sociales resultantes.

Posterior a este estudio fue presentado a la convocatoria de investigación de la Universidad Católica de Colombia la segunda fase de este proyecto titulada: “Planes de manejo integral de recursos hídricos en comunidades de desplazados en Colombia-caso de estudio Villa Clarín”. Este proyecto fue aceptado en convenio con la Pontificia Universidad Javeriana en el mes de Noviembre del año 2008 y actualmente está en ejecución.

Dicho estudio se concibe desde una perspectiva interdisciplinaria, en donde las problemáticas asociadas al bienestar social y la calidad de vida juegan un papel fundamental y cuenta con la participación de los docentes vinculados a la asignatura Ética y Medio Ambiente de la Maestría en Hidrosistemas a través de la Facultad de Teología de la Pontificia Universidad Javeriana, docentes del grupo de agua y medio ambiente Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia y actualmente docente y estudiantes del grupo de Sanitaria y Ambiental del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Militar Nueva Granada.

Actualmente, además de continuar con el desarrollo de dicho proyecto el grupo de estudiantes y docentes buscan generar estrategias que propendan por hacer visible la problemática en el país; con el fin de evidenciar el respeto por las comunidades afectadas y crear vínculos interinstitucionales con personas que posean un espíritu de servicio social que no sean indiferentes a estas problemáticas.

El grupo de trabajo es consciente de la importancia que tiene para el acompañamiento comunitario de este tipo de conflictos, la vinculación de todos los sectores, la sensibilización nacional a través de estas experiencias, la divulgación de las metodologías propuestas y la participación activa de las comunidades. Por esto desea continuar adquiriendo conocimiento a través del desarrollo de proyectos de servicio social como el ofrecido por ASCUN.

(Convocatoria MEN-ASCUN propuesta 2009 “Agua Potable, Agua Sagrada”)

1.1.2.1 MANEJO DEL AGUA EN LA COMUNIDAD

Entre los sistemas de tratamiento de agua potable que predominan en la zona está la cloración o piedra de alumbre como coagulante, que ha sido manejado de forma inadecuada debido al desconocimiento de la población sobre las dosis de cloro requeridas en el uso diario de agua. Se utiliza un balde de 20 litros al cual se le agrega una cantidad de cloro en polvo no especificada, cuya forma de medida es dada por el sabor del agua. Otro método utilizado por parte de la comunidad es la sedimentación de las aguas, por ser una población de escasos recursos y al no tener el dinero suficiente para comprar el cloro necesario, se deja que el agua se sedimente para ser utilizada en su consumo. La recolección de agua lluvia es otra forma de abastecimiento que la comunidad de Villa-Clarín emplea para su consumo, su captación consiste en recolectar la mayor cantidad de agua posible en grandes tanques. También existen tiendas en donde la comunidad encuentra agua tratada para consumo, pero su uso es muy restringido por el costo que les representa.

1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Las ciudades dentro de su plan de ordenamiento territorial no cuentan con los imprevistos generados por la población desplazada, por lo cual, no pueden

garantizar una optima prestación de servicios básicos con los cuales puedan suplir sus necesidades inmediatas. La comunidad de Villa-Clarín es un asentamiento de desplazados dentro del corregimiento de Palermo Magdalena, el cual está ubicado allí hace ocho años aproximadamente, sometidos a problemas como la falta de agua potable, ya que su único medio para obtener agua es el Caño Clarín, el cual es una vertiente contaminada del río Magdalena. Entre otros existen los relacionados con el medio ambiente circundante y la gestión de los residuos líquidos y sólidos que se almacenan algunas veces en los hogares, provocando infecciones, enfermedades respiratorias y de la piel. De la misma forma, el nivel económico que tienen las comunidades de desplazados es insuficiente para adquirir un sistema de tratamiento de agua potable y la posibilidad de solicitarlo a los entes gubernamentales es mínima, ya que este tipo de población no hace parte de su plan local y la indiferencia del estado es grande. Por otro lado la existencia de subsidios entregados actualmente ha aumentado la natalidad ya que al ser la cantidad de hijos proporcional a la cantidad de dinero entregado, genera en la comunidad falta de emprendimiento por buscar otras formas de subsistencia.

Es con esto que se puede cuestionar ¿Qué tipo de sistema no convencional de tratamiento de agua es el más adecuado para comunidades de desplazados en estado de emergencia caso Villa Clarín? ¿Cual sistema está dentro de los parámetros económicos, técnicos, sociales y sostenibles adecuados para suplir la necesidad de agua potable?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El corregimiento de Villa Clarín presenta condiciones inadecuadas de convivencia y de salud. Debido a la carencia de sistemas de saneamiento básico y a la falta de apoyo por parte del gobierno, esto ha originado condiciones precarias de vida ya que es complicado recurrir a servicios públicos.

Dado que el desplazamiento forzoso en el país es un evento que se maneja de forma crítica, no se ha logrado brindar a las comunidades soluciones optimas en la prestación de servicios básicos, puesto que para el gobierno no es de interés que estas comunidades se queden establecidas en los cascos urbanos existentes, por ende la prioridad no es generar proyectos que traigan mas población de este tipo sino brindar una solución inmediata y momentánea que les permita tener acceso al agua potable para evitar problemas de salubridad y a la vez mejorar su calidad de vida mientras se les da una solución definitiva.

Es por esto, que se ha considerado importante plantear estrategias de investigación en tecnologías no convencionales de tratamiento de aguas que permitan fortalecer este tema a nivel local y nacional, para que se genere una solución en estas comunidades que se encuentran en dificultades sanitarias y ambientales.

1.4 OBJETIVOS

Analizar alternativas de sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales que aporten a la mejora en la calidad de vida a desplazados en estado de emergencia (caso Villa-Clarín).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar información de los actuales sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales que sean accesibles por su costo, tamaño y facilidad de manejo, para comunidades de desplazados.

- Realizar una caracterización a las fuentes de agua superficial que se encuentren aledañas al corregimiento, para evaluar el sistema adecuado para su tratamiento no convencional.

- Analizar las características de cada sistema de tratamiento de agua y evaluar cual cumple las condiciones requeridas para ser implementado en la comunidad de Villa Clarín que hace parte del corregimiento de Palermo.

- Elaborar una propuesta conceptual acerca del funcionamiento del sistema más conveniente para el corregimiento de Villa Clarín, teniendo en cuenta los criterios de transporte, eficiencia y economía.

1.5. METODOLOGÍA

- *Fase 1*. Recopilar información, haciendo una búsqueda exhaustiva en medios impresos y electrónicos.

- *Fase 2*.Realizar visita técnica, socialización con la comunidad de Villa-Clarín, observación del entorno.

- *Fase 3*.Tomar muestras de agua en diferentes puntos para su posterior análisis y caracterización de agua.

- *Fase 4*.Elaboración de la propuesta conceptual.

- *Fase 5.*Análisis de resultados y conclusiones del proyecto

- *Fase 6.*Divulgacion.

Figura 4. Esquema Metodológico.

Fuente: Autor

2. MARCO TEÓRICO

2.1 AGUA SUPERFICIAL

La calidad del agua superficial en ríos y arroyos, lagos, estanques y humedales está determinada por las interacciones entre el suelo, los sólidos transportados (orgánicos, sedimentos), las rocas, el agua subterránea y la atmósfera. También puede ser afectada significativamente por las actividades agrícolas, industriales, y de extracción minera y energética, urbanas y otras actividades antrópicas, así como por aportes atmosféricos. La selección de las variables a ser medidas depende de los objetivos y del presupuesto disponible para el monitoreo. Ésta es una cuestión compleja, debido a que hay muchas substancias químicas, físicas y biológicas potenciales que podrían ser importantes en un área determinada.

El agua pura es esencial para la supervivencia del hombre así como para la vida acuática. El mayor porcentaje del agua se usa para irrigación, con menores cantidades destinadas con fines municipales, industriales y recreativos: sólo el 6% de toda el agua se usa para consumo doméstico. Se estima que el 75% de las poblaciones de los países en vías de desarrollo carecen de servicios sanitarios adecuados, y normalmente los residuos se descargan en el curso de agua más cercano. Los patógenos tales como bacterias, virus y parásitos hacen de estos residuos uno de los contaminantes ambientales más peligrosos del mundo: se estima que las enfermedades transmitidas por el agua causan la muerte de aproximadamente 25.000 personas por día. Los datos sobre la calidad del agua son, entonces, esenciales para la implementación de normas de calidad de agua responsables, para la caracterización y la remediación de la contaminación, y para la protección de la salud de personas y organismos acuáticos. (Proyecto Mundial para el Monitoreo de la Calidad del Agua, Global Water Quality Monitoring Project, IAH, IAHS, WHO,2000).

2.2 TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Cuando se habla de tratamiento de agua potable, se habla de la implementación de una serie de procesos que garantizan un agua apta para consumo humano; razón por la cual, esta debe tener ciertas características especiales en su composición que la mayoría de veces se puede lograr a través de tratamientos químicos, físicos, naturales o la combinación de algunos de ellos. (Convocatoria MEN-ASCUN, propuesta “Agua Potable, Agua Sagrada”,2009)

En todo el mundo, 1.100 millones de personas, aproximadamente una sexta parte de la población mundial, carecen de acceso al agua potable y 2.400 millones, el 40% de la población mundial, no dispone de instalaciones sanitarias adecuadas. A pesar de que el 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, sólo una fracción del 2,5% es agua dulce, de la cual el 70% se encuentra congelada en los

casquetes polares. El resto está presente en la humedad del suelo. Esto hace que menos del 1% de los recursos mundiales de agua dulce sea accesible para el consumo humano (Annan, 2003).

Para potabilizar el agua existen diferentes tecnologías convencionales como (Wikipedia, Tratamiento de Agua):

- **Aireación**: Remoción de olores y gases disueltos.
- **Coagulación y floculación**: conversión de sólidos no sedimentables en sólidos sedimentables
- **Sedimentación**: Remoción de sólidos sedimentables
- **Ablandamiento:** Remoción de dureza (dificultad que existe para rayar (mineralogía) o crear marcas en la superficie mediante micropenetración de una punta)
- **Filtración:** Remoción de sólidos finos, floc en suspensión y microorganismos.
- **Adsorción:** Remoción de sustancias orgánicas y color.
- **Estabilización:** Prevención de incrustaciones y corrosión
- **Desinfección:** Exterminio de organismos patógenos

2.4. NORMATIVIDAD

(REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000) Los sistemas de potabilización están sometidos a la reglamentación de la RAS, la cual establece las condiciones y requisitos mínimos que debe cumplir el agua cruda para su tratamiento.
Es necesario de antemano conocer: El tipo de fuente, la calidad del agua de la misma, las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas esenciales, los estudios de tratabilidad para seleccionar los procesos de potabilización. La calidad de la fuente debe caracterizarse de la manera más

completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales

En la tabla 1. Se presenta la clasificación de los niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento en función de unos parámetros mínimos de análisis físico-químico y microbiológico, y el grado de tratamiento asociado.

Tabla 1.Clasificación de fuentes según parámetros mínimos de análisis Físico-Químico y microbiológicos.

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3.Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 – 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 – 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			< 10	10 -20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1.2	< 1.2	< 1.2	> 1.7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Sí, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000

La Tabla 2. Muestra algunos valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, organolépticas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo al Decreto 475/98, expedido por los Ministerios de Salud y de Desarrollo Económico, se deben cumplir en todo el territorio nacional en la red de distribución de los sistemas de acueducto independiente de su nivel de complejidad. La misma tabla contiene los parámetros de RAS-2000. Sistemas de Potabilización. Además contiene los parámetros de comparación mínimos recomendados para caracterizar el agua de la fuente superficial o subterránea, según su nivel de calidad.

Tabla 2. Valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, organolépticas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo al Decreto 475/98.

Características	Valor máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
MICROBIOLÓGICAS							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS							
PH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	4707	D 1889	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 – 1.000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
QUIMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X
Aluminio – mg/L	0.20		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario– mg/L	0.5		D 4382				X
Cadmio – mg/L	0.003		D 3557				X
Cianuros totales – mg/L	0.1	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1.0		D 1688				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5		D 2330				X
PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1						X
QUIMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA							
Alcalinidad total – mg/L	100		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3		D 1068	X	X	X	X
Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.2		D 515			X	X
Zinc	5		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.2		D 1179				X

Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000.

Es importante resaltar que uno de los parámetros más restrictivos es la cantidad de coliformes totales ya que el contenido en el agua debe ser nulo. Para que la fuente sea segura las características químicas con efectos adversos para la salud deben ser mínimas.

2.5. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN LOS DESPLAZADOS

Los desplazados internos (IDPs por sus siglas en inglés) son personas atrapadas en un círculo interminable de violencia que, como una reacción natural ante las amenazas, huyen de las zonas de conflictos o persecuciones civiles, como los refugiados.

Su número es alto, aproximadamente 26 millones alrededor del mundo. La diferencia con los refugiados radica en que cuando un civil que huye cruza la frontera internacional de su país, él o ella se convierte en un refugiado y como tal recibe protección internacional y ayuda; pero si una persona en circunstancias similares es desplazada dentro del país, se convierte en desplazado interno (Desplazados internos, UNICEF, 2006)

.

Los desplazados por la violencia crecen y se multiplican por todo el país, según el alto comisionado de las naciones unidas para los refugiados, en el 2006 Colombia figura en el primer lugar de los países que más desplazados internos tiene con cerca de tres millones de personas obligadas a dejar sus hogares a causa de los conflictos armados; personas provenientes de todas partes del país que en su mayoría se ubican en las principales ciudades en espera de la ayuda que el Gobierno les ha prometido, mientras tanto viven malas condiciones y específicamente no cuentan con servicios de saneamiento ambiental generando un sin número de enfermedades.

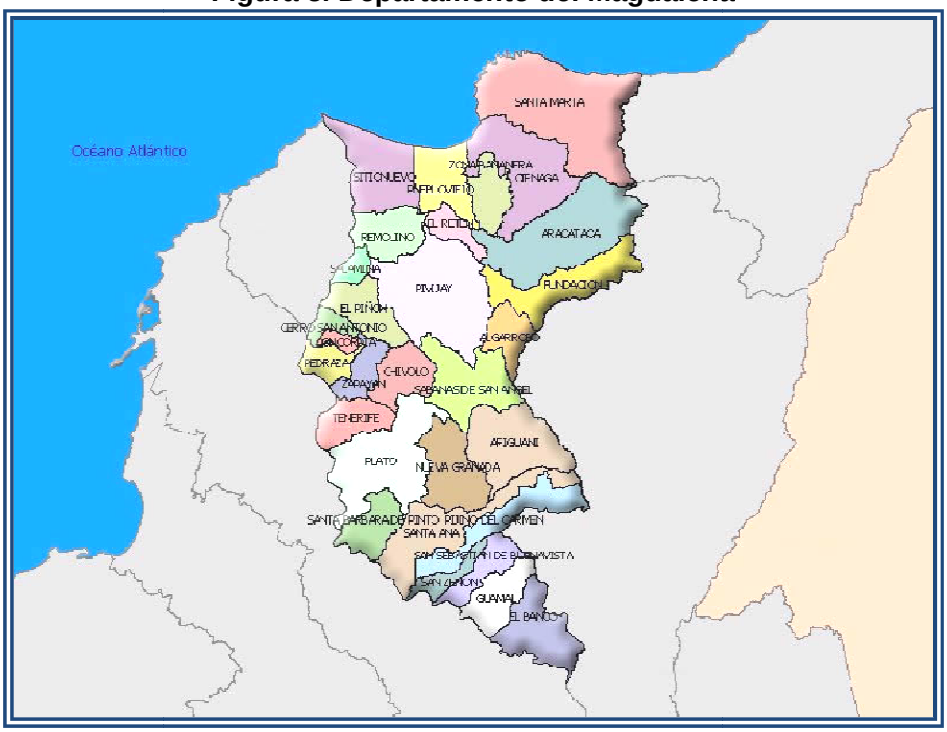
Los sistemas de saneamiento tienen un alto valor en la medida que pueden evitar riesgos en la salud humana y para que esto sea posible, antes de formular cualquier proyecto es importante estudiar las tecnologías existentes ya que estas hacen parte fundamental de cualquier programa que se desee implementar en el sector.

2.6. ZONA DE ESTUDIO

2.6.1. DESCRIPCIÓN

La comunidad de Villa Clarín, es reconocida como un asentamiento de desplazados dentro del corregimiento de Palermo, departamento Magdalena, figura 5 y figura 6 ,movilizado desde el año 2000 y fronterizo al río Magdalena a 3Km del puente Pumarejo, aproximadamente.

Figura 5. Departamento del Magdalena



Fuente. (Convocatoria MEN-ASCUN propuesta 2009 “Agua Potable, Agua Sagrada”)

Figura 6. Municipio.

Fuente. (Convocatoria MEN-ASCUN propuesta 2009 “Agua Potable, Agua Sagrada”)

2.6.2. CORREGIMIENTO Y ASENTAMIENTO

Dentro de la problemática del saneamiento hídrico en esta comunidad, tiene enorme importancia: el suministro de agua potable ya que Villa Clarín cuenta con aproximadamente 97 familias y un promedio de 500 personas entre niños y adultos, por lo que requiere como mínimo el manejo del agua potable y agua residual, si se espera que llegue al desarrollo social y económico y una reducción en las tasas de morbilidad y mortalidad de su población. Convocatoria MEN-ASCUN, propuesta “Agua Potable, Agua Sagrada”,2009)

Es importante enfatizar que la fuente de subsistencia de la comunidad y de la región, es el Caño Clarín, figura 7 de donde la comunidad extrae el agua para consumo, recreación, medio de transporte y trabajo, entre otros, y este a su vez proviene de la carga contaminada del río Magdalena. Figura 8,9 10, y 11.

Figura 7 Caño Villa-Clarín.

Fuente: Villa-Clarín, autor.

Figura 8, 9, 10, 11. Fotos de los usos del agua en la comunidad de Villa-Clarín.

Fuente: Comunidad de Villa-Clarín, autor.

2.6.3. SITUACIÓN DE LA COMUNIDAD

El asentamiento de desplazados de Villa Clarín se caracteriza por estar en constante fragilidad a eventos de riesgos naturales producto del aumento de los niveles hídricos del río Magdalena, del complejo de humedales representados por la Ciénaga Grande de Santa Marta y del propio Caño Clarín. Adicionalmente este asentamiento poblado carece de una normatividad en materia de usos del suelo, lo que ha inducido al crecimiento del asentamiento de forma exponencial. Durante el desarrollo del estudio y por evidencia propia, se ha detectado que la población ha crecido aproximadamente el 30% entre septiembre y diciembre de 2007, sin el complemento mínimo de seguridad hacia los riesgos naturales, saneamiento básico y normatividad ambiental.

El sitio donde se encuentra ubicado el Caño Clarín está alrededor de 500 metros del lugar donde se ubica el asentamiento, es por eso que se generan gastos novedosos en transporte del agua hasta las viviendas, gastos que equivalen a 200 pesos por recipiente (pimpina), donde en promedio una familia puede llegar a un

gasto mensual de $20.000 pesos/mes por el derecho a consumir el agua deteriorada (no apta para consumo) del Caño Clarín. Figura 12.

Figura 12.Transporte manual del agua desde el caño hasta la comunidad.

Fuente: Villa-Clarín.

2.6.4. ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Dentro del contexto de las necesidades de la comunidad de Villa Clarín, la dinámica del asentamiento en este entorno determino la generación de un sistema de distribución de agua para suplir ésta necesidad básica. En este sentido, la infraestructura desarrollada no corresponde a diseños desde la teoría establecida por metodologías o reglamentos. Proviene de la apropiación del entorno, de parte de la comunidad, y de técnicas básica de plomería de parte de algunos pobladores. (Convocatoria MEN-ASCUN, propuesta “Agua Potable, Agua Sagrada”,2009).

Figura 13 y 14.Técnicas básicas de plomería

Fuente: Comunidad Villa-Clarín, autor.

2.6.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ACTUAL

(Planes De Manejo Integral De Recursos Hídricos En Comunidades De Desplazados En Colombia-Caso De Estudio Villa Clarín). La configuración actual del sistema fue conocida a través de la descripción de los líderes de la comunidad, que son los encargados del mantenimiento.

Actualmente, el suministro de la red de la comunidad se realiza a través de una conexión establecida con la red de agua del corregimiento de Palermo figura 15. De esta manera, el agua pasa primero por Palermo y luego llega a la comunidad determinando inconvenientes de calidad y continuidad.

Desde el punto de vista hidráulico, el hecho de estar conectados al final de una red de suministro, determina sufrir escasez si la cabeza de energía no es suficiente o si los consumos son altos, respecto a la disponibilidad. Este es el caso de Villa Clarín, sólo en las horas de bajo consumo en Palermo se tiene

disponibilidad de agua. Adicionalmente, teniendo en cuenta el flujo del río Magdalena, el corregimiento de Palermo se encuentra aguas debajo de Villa Clarín creando un problema respecto a la energía disponible en el sistema.

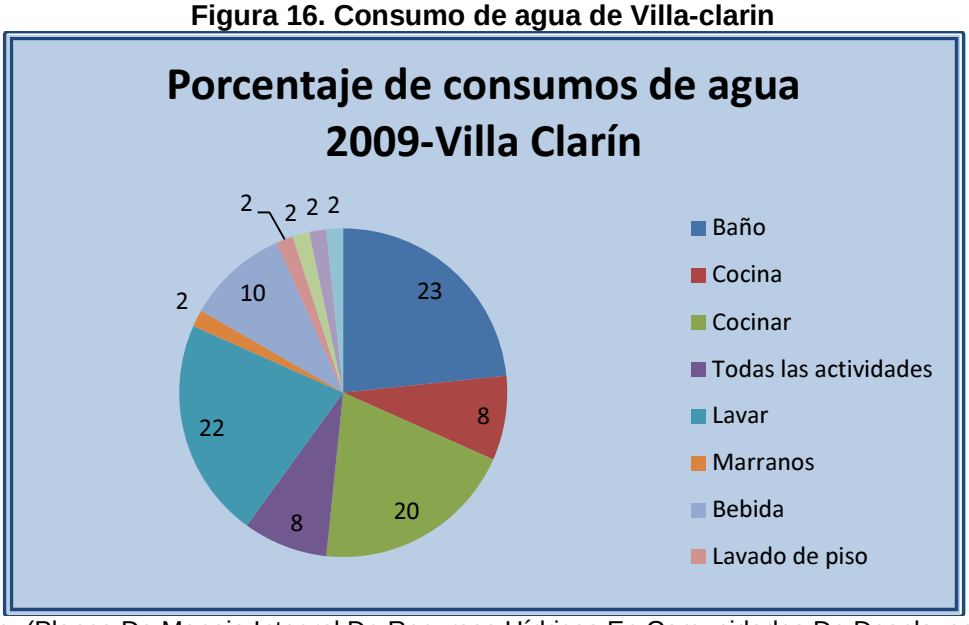
Figura 15. Ubicación Suministro

.Fuente: (Planes De Manejo Integral De Recursos Hídricos En Comunidades De Desplazados En Colombia-Caso De Estudio Villa Clarín, 2009).

2.6.4.2. CONSUMOS DE AGUA

Uno de los elementos determinantes en la configuración de un sistema de distribución es el consumo de agua de las comunidades. La demanda de agua no es estática a lo largo del día, presenta una distribución que habitualmente se considera en variabilidad horaria. La distribución de la demanda de una población depende de las costumbres, del tipo de actividades que desarrollen, del clima entre otro. La Figura 16 muestra los porcentajes de usos más frecuentes en Villa Clarín.

Figura 16. Consumo de agua de Villa-clarin



.Fuente: (Planes De Manejo Integral De Recursos Hídricos En Comunidades De Desplazados En Colombia-Caso De Estudio Villa Clarín).

Como se puede visualizar en la gráfica los consumos más altos están dados por lavar, cocinar y baño lo que determina fuertemente la capacidad necesaria para la comunidad.

2.7. ENFERMEDADES ORIGINADAS POR EL AGUA

Una de las problemáticas mayores que se presentan en la comunidad de Villa Clarín es la falta de agua potable, problema que conlleva muchas veces a enfermedades causadas por tomar el agua no tratada. En Villa Clarín, la comunidad y en especial los niños sufren de vomito, diarrea, dolores de cabeza, enfermedades en la piel y respiratorias.

Las enfermedades que se pueden transmitir a través del agua se clasifican en cuatro grupos como (Tesis de Grado en Ingeniería Ambiental. Diana Patricia Parra, 2007):

Grupo 1: *Enfermedades propagadas por el agua:* el agua actúa como medio de transporte de organismos patógenos provenientes de las materias fecales que

producen enfermedades como: tifoidea, amibiasis, hepatitis, diarreas virales y otras.

Grupo 2: *Enfermedades basadas en el agua: a*lgunos organismos patógenos desarrollan un ciclo de su vida en animales acuáticos. Dichos organismos producen enfermedades como la esquistosomiasis.

Grupo 3: *Enfermedades por escasez de agua:* la falta de agua y de higiene personal producen enfermedades como la sarna, la parasitosis intestinal y la pediculosis, entre otras.

Grupo 4: *Vehículos de contagio relacionados con el agua:* enfermedades transmitidas por insectos que se reproducen en el agua: fiebre amarilla, dengue, dengue hemorrágico y otras

3. SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA COMUNIDADES DE DESPLAZADOS EN ESTADO DE EMERGENCIA (CASO VILLA-CLARIN)

Teniendo en cuenta que la comunidad de Villa Clarín, es reconocida como un asentamiento de desplazados y que no tiene una situación aun legalmente definida, el uso de algunas opciones técnicas no son consideradas como factibles para este tipo de población, por lo cual solo se han considerado aquellas que por condiciones de tipo social y económico puedan ser implementadas en estas comunidades; de esta manera las opciones tecnológicas se reducen a aquellas que brindan un servicio sólo a nivel familiar y básicamente para consumo humano directo, es decir en muy pocas cantidades para bebida o preparación e higiene de alimentos. A continuación se describen tecnologías que en su mayoría son utilizadas para consumo directo:

3.1. MÉTODOS DOMÉSTICOS Y ALTERNATIVOS

(“TECNOLOGÍAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA EN POBLACIONES DISPERSAS”, Organización Panamericana de la salud, Lima 2005) Los métodos de esta índole necesitan siempre de un proceso de desinfección para asegurar que el agua sea potable, están regidos por principios básicos como la sedimentación, filtración o tamizado y clarificación con coagulantes y floculantes químicos o naturales que en la mayoría de casos remueven ya sea en mayor o menor grado la turbidez que arrastra consigo, un porcentaje importante de bacterias y parásitos; claro que esto no asegura que el agua sea potable, es por ello que necesita desinfectarse antes de su consumo.

3.1.1. COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante que se utiliza tanto al nivel de familia como en las plantas de tratamiento del agua.

Otro tipo de coagulantes son los naturales, incluyen semillas en polvo del árbol *Moringa olifeira* y tipos de arcilla tales como la bentonita; también se encuentra el polvo de pepas de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como mandioca o yuca. Este método es actualmente usado por las comunidades alrededor del río Ucayali en la selva peruana, constituyendo un alto riesgo ya que no es complementada con desinfección.

3.1.1.1. MANDIOCA O YUCA (FARIÑA)

La mandioca o yuca es un arbusto originario de América, que abunda en la zona tropical. Mide de dos a tres metros de altura, tiene hojas palmeadas y flores en racimos. La raíz, un tubérculo blanco, grande y carnoso, contiene almidón, harina y apioca, es la parte comestible de la planta. Existen dos clases de mandioca, una dulce y otra amarga: la primera se puede comer asada o cocida sin ningún peligro, la segunda en cambio, es venenosa, por eso para comerla es necesario primero tostarla, para que pierda sus propiedades nocivas, luego se pulveriza. Así se obtiene la harina que se conoce con el nombre de fariña y que constituye un alimento muy apreciado y de mucho consumo en la Amazonía peruana, el noreste argentino, Brasil y Paraguay.

3.1.1.2. SEMILLAS DE MORINGA

La utilización de las semillas de moringa molidas ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas y la remoción de bacterias. La moringa es una planta nativa del norte de India, pero crece muy bien en la América tropical. Donde es conocida, entre otros nombres, como: terebinto, arango, marango, narango, árbol de las perlas, chinto borrego, jacinto, paraíso blanco, san jacinto, perla de la India o rábano picante. Es una planta de rápido

crecimiento, alcanzando hasta 4 m de altura. Se reproduce por semillas. Sus características más importantes son presentadas a continuación:

- Las bayas o vainas deben madurarse en el árbol y se recolectan cuando están secas.
- Las semillas deben abrirse, quitándoles la cáscara y dejando una pequeña "almendra" blanquecina, la que debe ser finamente molida.
- Para tratar agua de río con turbiedad moderada, se requieren de 150 a 300 mg de semilla molida por litro de agua turbia.
- Con agua limpia y semillas molidas se hace una pasta, la cual se diluye en un recipiente que pueda cerrarse. Se agita muy bien por 5 minutos. Seguidamente, se filtra para eliminar gruesos y el producto pasado, se coloca en el agua a tratar.
- Colocada la solución preparada con las semillas de moringa en el agua a tratar, se procede a agitar todo el volumen por 2 minutos y se deja en reposo por una hora. El agua clarificada puede hacerse pasar por un filtro de arena para completar el proceso de limpieza.

3.1.2. ALMACENAMIENTO Y SEDIMENTACIÓN (TRES OLLAS)

("Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en situaciones de emergencia", Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2006-2010) El método de las tres vasijas reduce la suciedad y los gérmenes que causan enfermedades mediante el almacenado del agua en recipientes que permiten que la suciedad se asiente y trasvasando el agua más limpia a diferentes recipientes después de un tiempo.

Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores.

Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos. El sistema de tratamiento de tres ollas en las que se echa agua sin tratar a la primera olla, donde se decanta en la segunda olla después de 24 horas y se echa en la tercera olla después de 24 horas adicionales, aprovecha los beneficios del almacenamiento y la sedimentación.

3.1.2.1 COSTOS

Este método es de bajo costo, fácil de usar y se puede llevar a cabo con recursos locales.

3.1.3. FILTROS DE MESA

(AGUA PARA VIVIR, COMOPROTEGER EL AGUA COMUNITARIA, Fundación Hesperian, Berkeley, California, 2005) Los filtros de mesa son una de las tecnologías empleadas en los sistemas de desinfección de agua y alimentos a nivel domiciliario. Los primeros filtros estaban equipados con elementos filtrantes de cerámica, conocidos como velas filtrantes, las cuales sufrieron una rápida obturación y desgaste por los frecuentes lavados. Luego se experimentó con un pre filtro de arena seleccionada que cubría la vela filtrante, lo que aumentó sustancialmente la vida útil de estos elementos.

Finalmente, se usaron filtros totalmente de arena sin elementos filtrantes de cerámica y se obtuvo una alta remoción de turbiedad y una mayor vida útil**.**
Generalmente, las aguas naturales contienen numerosos gérmenes, algunos de los cuales pueden ser patógenos. De este modo, el agua se convierte en un vehículo de transmisión de enfermedades. Sin embargo, estas enfermedades

pueden prevenirse por medio de la desinfección u otras técnicas que mejoran la calidad bacteriológica del agua de consumo humano, como es la filtración.
El objetivo de la filtración y específicamente de la micro-filtración mediante elementos de cerámica, es separar las partículas en suspensión y los microorganismos perjudiciales presentes en el agua destinada al consumo humano.

Los filtros de arena o de velas filtrantes pueden remover las partículas de tamaño mayor y menor que el poro del medio filtrante. Las partículas mayores son retenidas por el simple efecto físico de cernido y las pequeñas por adherencia a la superficie de las capas superficiales del elemento filtrante. Esta adherencia forma una película cuya resistencia al esfuerzo cortante del arrastre del flujo depende de la magnitud de la fuerza que la mantiene unida. Este último mecanismo disminuye la tasa de filtración y la cantidad de agua filtrada.

Por otro lado, debido a la poca carga de agua sobre el medio filtrante y la baja velocidad de filtración, el esfuerzo cortante es mínimo, lo que junto a la baja porosidad del medio filtrante permite obtener agua con muy baja turbiedad así como una alta eficiencia en la remoción de bacterias.

3.1.3.1. FILTRO DE VELAS FILTRANTES

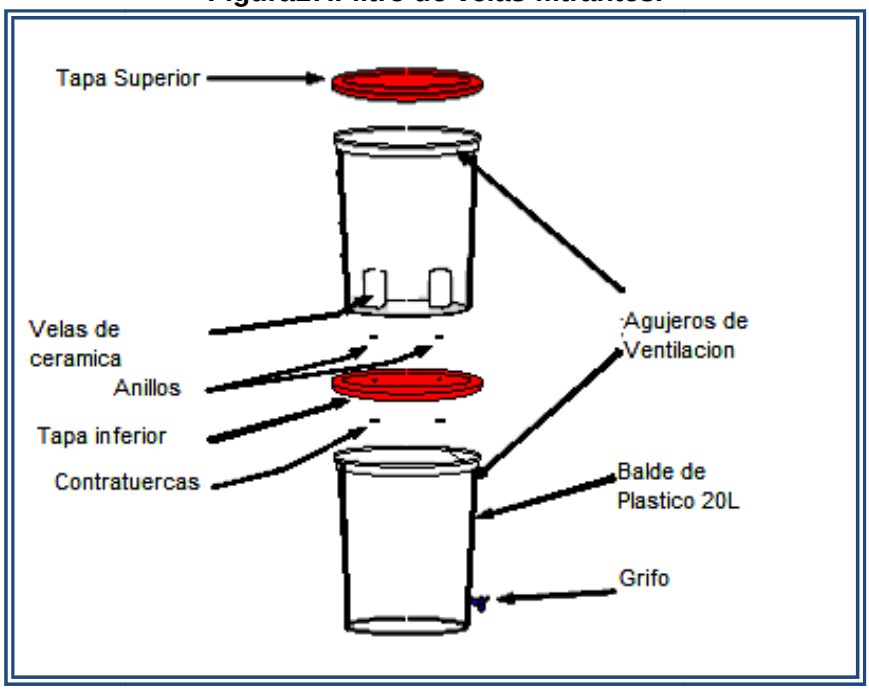
El filtro se compone de dos baldes de polietileno de 20 litros y son dispuestos uno encima del otro; el que va en la parte superior es el que alberga a las velas cerámicas. Con este propósito en la base del balde superior y la tapa del balde inferior se perforan dos orificios coincidentes donde irán insertadas las espigas de las velas filtrantes. Entre la base del balde y la tapa inferior se colocan anillos coincidentes con las espigas de las velas a fin de darle mayor rigidez a la unión cuando se aseguren los elementos filtrantes de esta manera se evitará posibles fugas de agua. Este conjunto a su vez es colocado encima del segundo balde en

el cual se perfora un orificio en la parte superior para la ventilación este debe ser de unos 3 mm de diámetro para facilitar la filtración del agua.

Las velas cerámicas pueden tener un baño interior de plata coloidal que complementa la desinfección del agua filtrada, en este caso tienen las siguientes características como se ve en la figura 17.

- Material: cerámica
- Color: crema
- Forma: cilíndrica
- Longitud: 9.5 cm.
- Diámetro: 5.5cm
- Espesor de pared: 4.5mm

Figura17.Filtro de velas filtrantes.

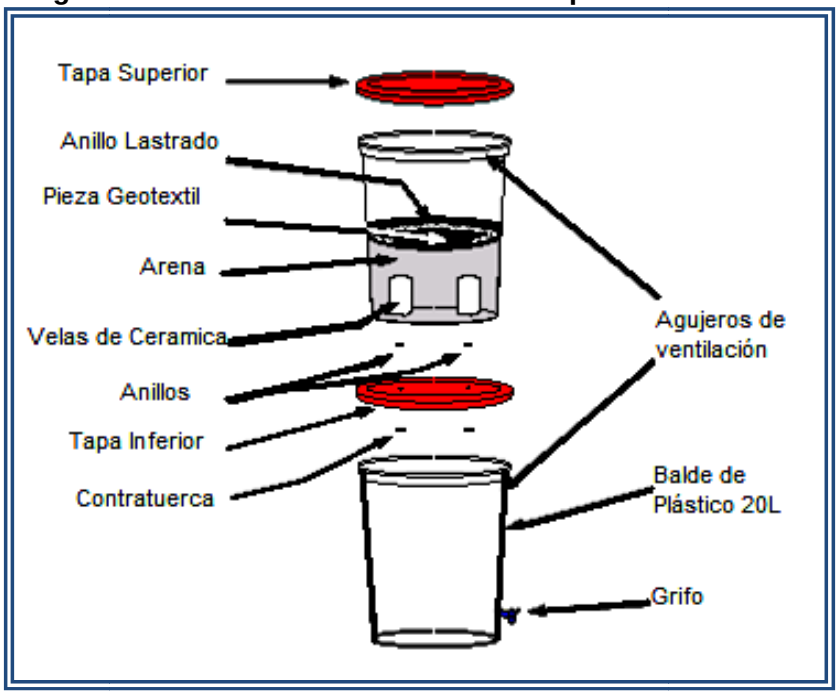


Fuente: Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento BásicoRural, http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html.

3.1.3.2. FILTRO DE VELAS DE CARBÓN CON PREFILTRO DE ARENA

Este filtro de mesa permite obtener, en promedio, 15 litros de agua por hora. La pieza de geotextil y la arena, cada una en grado diferente, se encargan de remover la turbiedad, de este modo dan una protección a la vela de cerámica aumentando la vida útil de este dispositivo. La disposición y estructura de los baldes es similar al anterior pero tiene algunas modificaciones que se observan en la figura 18.

Figura 18.Filtro de velas cerámicas con prefiltro de arena.



Fuente: Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html.

La pieza de geotextil debe cumplir con las siguientes características:

- Material no tejido de polipropileno y resistente a la radiación UV.
- Espesor de la pieza 2,0 - 2, 5 mm.
- Permeabilidad 0,40 - 0,60 cm/s.

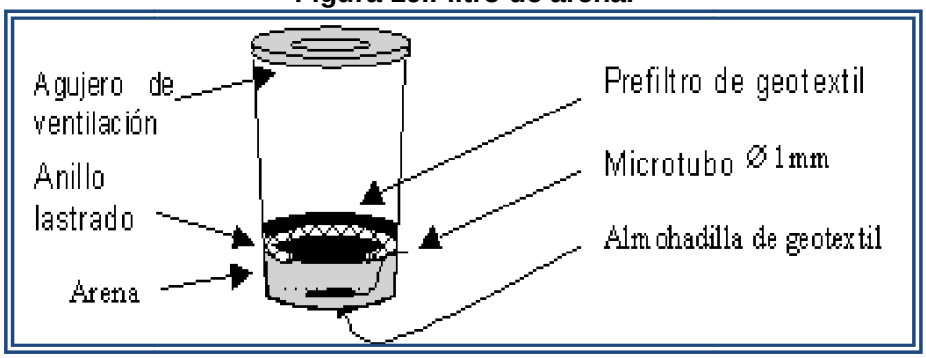
- Tamaño aparente de abertura 100 – 70.
- Malla.
- En milímetros 0,15 - 0,20.
- La arena debe tener como características:
    - Tamaño efectivo: 0,3mm -coeficiente de uniformidad: 2,0
    - Tamaño mínimo: 0,25mm -tamaño máximo: 0,84mm.

3.1.3.3. FILTRO DE ARENA

Este filtro usa arena seleccionada de 0,3 mm de tamaño efectivo y 2,0 de coeficiente de uniformidad. La tasa de filtración se controla mediante un reductor de caudal confeccionado con un micro tubo de un milímetro de diámetro interior y 20 centímetros de longitud. La tasa de filtración mínima que se puede obtener con un volumen de agua de ocho litros es de 0,68 m3/(m2 x día) equivalente a 1,7 litros de agua por hora o un volumen de 40 litros por día de agua filtrada. A fin de evitar el ingreso de arena al interior del micro tubo que pudiera perjudicar su funcionamiento, se coloca en un extremo del micro tubo una almohadilla de geotextil que actúa como drenaje.

La instalación del reductor de caudal se realiza cubriendo totalmente con arena uno de los extremos que lleva la almohadilla, mientras que el otro extremo sale al exterior a través de un orificio hecho en el balde a la altura del nivel superior de la capa de arena, como se muestra en la figura 19.

Figura 19.Filtro de arena.



Fuente: Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html.

Para no perturbar la superficie de arena por el llenado de agua de la unidad de filtración, se coloca una pieza de geotextil sujetada con un anillo hecho de manguera plástica y relleno con arena para darle mayor peso y evitar que flote.

3.1.3.3.1. COSTOS

El costo de estos equipos es relativamente accesible, varía entre $70.00 y $100.000, pero este costo puede incrementarse debido a otros factores el transporte y número de pobladores.

3.1.3.3.2. NIVEL DE SERVICIO

El nivel que brinda este sistema es a nivel familiar, debido a la poca producción de agua tratada que posee, que es destinada para consumo directo de los usuarios y para la preparación de alimentos, para otras necesidades el agua es usada en su forma natural.

3.1.3.4. MICROFILTRACIÓN

Es un sistema de tratamiento de aguas superficiales a nivel domiciliario que cuenta con dos unidades de proceso:

- Unidad de recolección y mejoramiento fisicoquímico.
- Unidad de filtración y almacenamiento.

El sistema consiste en un sencillo proceso de clarificación con alumbre que fue complementado con un bidón con filtro mediante una manga de celulosa. Las mangas por el tamaño de sus poros permiten la eliminación de microorganismos patógenos que no son posibles eliminar con otros procesos físicos.
El proceso de tratamiento es el siguiente:

- Se pone en contacto alumbre con el agua, agitando por un minuto.
- Se deja reposar el agua durante 20 minutos.
- El alumbre permite la formación de partículas de mayor tamaño que sedimentan.
- El agua clarificada se filtra en el bidón especial a través de la manga de celulosa.

3.1.3.4.1. CARACTERÍSTICAS

Las características de este sistema son las siguientes:

- Unidad de recolección y mejoramiento fisicoquímico: es un recipiente de polietileno de alta densidad de 20 litros de capacidad, que además de utilizarse en la recolección del agua cruda, servirá para realizar el mejoramiento fisicoquímico, mediante los procesos combinados de: coagulación, floculación y decantación.
- Coagulante*:* el sistema propone el uso del alumbre, de fácil adquisición en el mercado local, como coagulante para desestabilizar las partículas que origina la turbiedad del agua y facilitar su posterior sedimentación.
- Unidad de filtración, desinfección y almacenamiento: constituida por un recipiente de polietileno de alta densidad de 35 L de capacidad, que cuenta

con un grifo en su parte inferior externa para el uso de agua tratada. El agua decantada o sedimentada es sometida a micro filtración, proceso que permite separar del agua las partículas en suspensión más pequeñas y organismos parásitos que no son posibles de eliminar en la decantación.

- Material filtrante: para la filtración se usa una manga de polipropileno de 1 µm de porosidad, la cual se inserta dentro del recipiente de 35 L. Este material permite eliminar el proceso de desinfección química al retener micro-organismos mayores a 1 µm.

El sistema completo es obligatorio para aguas superficiales turbias; para turbiedades menores a 10 UNT se puede prescindir del alumbre y pasar directamente a la filtración. El mantenimiento individual es muy importante, luego de terminado el proceso se deberán lavar los implementos y mantenerlos en buen estado.

3.1.3.4.2. COSTOS

Tabla 3.Costos por familia del filtro de arena.

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	COSTO
Balde con caño para filtración, desinfección y almacenamiento	35 L	$ 13.000
Balde para la recolección y mejoramiento físico químico.	20L	$ 7.000
Manga filtrante	10¨x4¨Φ	$ 14.000
TOTAL		$ 34.000

Fuente: Autor

3.1.3.4.3. NIVEL DE SERVICIO

Esta tecnología es sólo para uso familiar, ya que la cantidad de agua tratada es mínima para utilizada para el consumo directo como el caso anterior.

3.1.3.5. FILTRO LENTO DE ARENA (A NIVEL DOMICILIARIO)

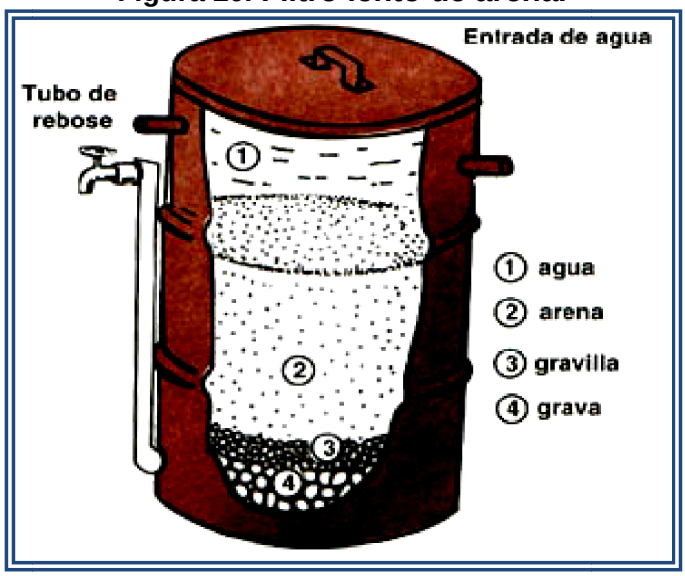
Este proceso físico asegura la remoción de sólidos presentes en el agua a tratarse así como parásitos y algunos microorganismos patógenos, aunque no asegura una remoción al 100% la eficiencia de este método alcanza niveles superiores al 90% de efectividad en la remoción de bacterias patógenas.

Si el método del filtro lento de arena es bien utilizado, alcanza eficiencias de hasta el 99,9% de remoción de microorganismos y parásitos dañinos para la salud; esto se da siempre y cuando se aseguren algunas condiciones, como mantener un flujo constante, esto ayudara a mantener la capa biológica que se forma en la parte superior y que contiene una colonia de microorganismos que ayudan a eliminar a los patógenos.

El filtro está compuesto por un recipiente de plástico, ferrocemento, concreto o tanques metálicos galvanizados con tapa hermética; también con tubos de entrada y de rebose, así como las capas de arena, gravilla y grava dispuestas en ese orden de arriba hacia abajo, las cuales se adecuarán de la siguiente manera figura 20.

- Arena fina o de río de 0,15 a 0,35 mm de diámetro.
- Gravilla, cascajo o piedra china delgada con un tamaño aproximado de 2 a 3 cm.
- La grava y gravilla, cascajo o piedra china delgada o gruesa.

Figura 20. Filtro lento de arena.



Fuente: Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html.

3.1.3.5.1. CARACTERÍSTICAS

Las características más importantes del filtro de arena a nivel domiciliario son las siguientes:

- Los recipientes a ser usados deben ser de fácil ubicación o fabricación al alcance de los pobladores.
- El filtro necesita de un tiempo previo de 2 a 3 semanas para la formación de la capa biológica que se encargará de eliminar a las bacterias y virus que puedan encontrarse en el agua a tratar.
- El filtro no se usa para fines de almacenamiento.
- Las medidas a considerar para la distribución de los componentes del material filtrante son: alrededor del tubo de drenaje en el fondo del recipiente se colocan 7,5 cm de grava, sobre la grava se colocan 5 cm de arena gruesa y sobre ésta la arena fina.

- El material filtrante deberá mantenerse en todo momento húmedo para ello y también por cuestiones de comodidad se debe colocar el grifo por lo menos a 5 cm por encima del nivel superior de la arena.
- El agua filtrada puede ser filtrada adicionalmente con cloro.
- El mantenimiento es muy importante y se deberá realizar al observar señales de disminución de la velocidad de salida del flujo esto indicara que el filtro esta colmatado y es tiempo de su mantenimiento.
- El mantenimiento se realiza por separado y con agua limpia o alguna solución de cloro.

3.1.3.5.2. COSTOS

Los costos son relativamente bajos ya que los materiales que son necesarios para la construcción pueden obtenerse en la misma zona, los accesorios son de fácil ubicación y están al alcance de los pobladores, su construcción es simple y puede ser realizada por el mismo usuario para lo cual solo se requeriría de una capacitación previa.

Tabla4. Costos por familia del filtro lento de arena.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
Tanque	Unidad	1	$ 15.000
Arena lavada de río	m3	0.5	$ 10.000
Grava	m3	0.05	$ 6.000
Gravilla	m3	0.03	$ 7.000
Unión ½” galvanizada	Unidad	1	$ 7.000
Codo PVC ½”	Unidad	2	$ 1.200
Adaptador macho PVC ½”	Unidad	1	$ 1.200
Adaptador hembra PVC 1/2”	Unidad	1	$ 1.200
Tubo PVC ½”	mt	1.5	$ 1.000
Llave terminal ½”	Unidad	1	$ 7.000
Universal PVC ½”	Unidad	1	$ 10.000
TOTAL			$ 66.600

Fuente: Autor

3.1.3.5.3. NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio es familiar

3.1.3.6. FILTRO CASERO DE CARPOM

Filtro sencillo fabricado con materiales fácilmente localizables en zonas rurales. La fabricación de este sistema con la utilización de tubería de PVC como recipiente, grava, arena, carbón vegetal y piedra pómez como materiales filtrantes es muy factible. Esta técnica para la depuración de agua se ha desarrollado con unidades demostrativas instaladas en casas de familias de zona rural dispersa ubicadas en las riberas de ríos y riachuelos.

Figura 21.Filtro casero de Carpom.

Fuente: Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html.

3.1.3.6.1. CARACTERÍSTICAS

- Se construye con un pedazo de tubería de PVC de 45 cm. de largo, de 15 ó 20 cm de diámetro.

- El material filtrante está compuesto por grava, arena de grano uniforme (tamizada), trozos de carbón vegetal y pedazos de piedra pómez.
- Como elemento para la salida del líquido filtrado se pueden utilizar boquillas plásticas (fabricadas comercialmente para esa función) o tubería de PVC, de 25 ó 50 cm de diámetro, uniformemente perforada.
- La base del sistema se cierra con una pieza de madera. Se deja la abertura apropiada para la colocación de la manguera a utilizar para la obtención del agua filtrada.
- Al agua filtrada deberá agregársele un desinfectante. Hipoclorito de cálcico (HTH) o cloro líquido comercial, en las dosis apropiadas a los volúmenes a tratar.

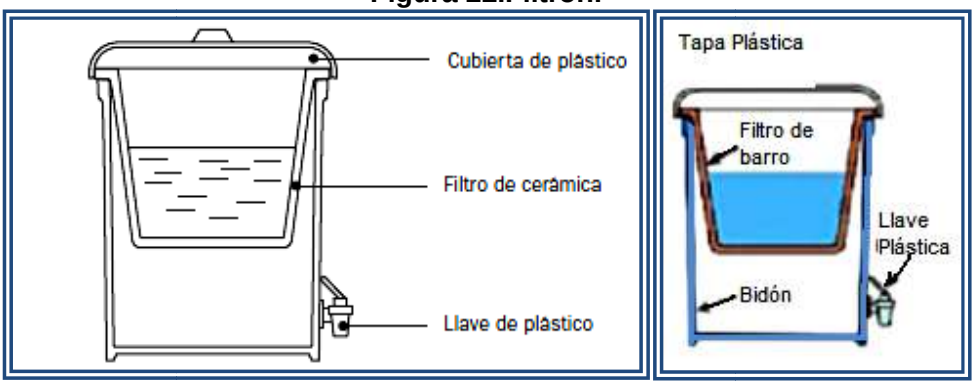
3.1.3.6.2. COSTO

El costo de este sistema es bastante accesible a los usuarios ya que pueden ser fabricados localmente y los materiales son de fácil ubicación.

3.1.3.7. FILTRON (FILTRO DE CERÁMICA PARA AGUA POTABLE)

Es un filtro bajo costo para uso intradomiciliario que trata el agua contaminada para el consumo directo es decir como bebida básicamente consiste en un elemento de filtración hecho de una mezcla de arcilla y aserrín, este último elemento es el que le da porosidad al producto final, luego el filtro es embadurnado con la solución de plata coloidal, para después ser colocado dentro de un recipiente como se indica en la figura 22.

Figura 22.Filtron.



Fuente: Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean.
http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea59e/begin.htm#Contents

Este filtro puede ser hecho por artesanos con materiales propios de la zona, sin ninguna necesidad de electricidad o tecnología avanzada. FILTRÓN es un sistema innovador que asegura el agua potable a bajo precio para las familias.

3.1.3.7.1. CARACTERÍSTICAS

Las características más sobresalientes de este filtro son:

- La arcilla de fábrica debe ser similar a la que se usa para elaborar objetos de cerámica.
- Para la fabricación de la vasija filtrante, la proporción en volumen de la mezcla es 1 de arcilla a 1,5 de aserrín. La proporción en peso es 1 de arcilla a 3 de aserrín (como cada arcilla es diferente deberá ser probada en una mezcla de 50/50 desde allí se determinarán los cambios en la fabricación).
- Su forma es similar a un pequeño balde que irá dentro del recipiente donde se verterá el agua a tratar, esto es sólo una referencia ya que la arcilla se puede moldear según sea la necesidad y gusto del usuario.
- En la parte interior así como también en la exterior se embadurnará con una solución coloidal de plata, la que se aplicará con un cepillo negro y limpio; la

proporción de la solución debe ser de 300 cm^3 de agua con 1 cm^3 de plata coloidal al 3,2%.

- Los recipiente a utilizarse pueden ser sencillos de plástico y con tapa hermética, además que se puede almacenar agua, aunque esto último no es recomendable.
- Su bajo costo y su tasa de filtración que comparada con los otros métodos es más rápida.
- El dispositivo se ha probado 98 a 100 por ciento de eficiencia en la eliminación de bacterias y de indicadores bacterianos, aunque la educación sanitaria y el uso apropiado son vitales para obtener buenos resultados en su uso.
- Una de las características más importantes es su hermeticidad para asegurar la calidad del agua tratada en la casa con un adecuado almacenamiento y que cuente con un grifo de salida para evitar su contaminación en la manipulación.

3.1.3.7.2. COSTOS

El costo de este modelo es su principal ventaja ya que al poder ser elaborado localmente solo entra en el presupuesto el costo de los materiales, sin embargo si se requiere de la compra este fluctúa alrededor de los $30.000

3.1.3.7.3. NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio es familiar o intradomiciliario solo para consumo directo.

3.1.4. DESINFECCIÓN

3.1.4.1. DESINFECCIÓN POR RADIACIÓN SOLAR

("Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en situaciones de emergencia", Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la

Media Luna Roja, 2006-2010) Esta metodología fue iniciada en los años 80 y puesta en prueba en los 90, dando buenos resultados debido a la acción conjunta de la temperatura y la acción de los rayos ultravioleta; estos se complementan a tal punto que logran mejorar la calidad bacteriológica del agua eliminando microorganismos patógenos en los que se incluyen a bacterias, virus, hongos y otros organismos. La tecnología consiste en un método sencillo y de fácil aplicación que utiliza la radiación solar (temperatura y rayos UV) para mejorar la calidad bacteriológica del agua. Este método es ideal para poblaciones pequeñas y de bajos recursos.

Este método de desinfección consiste en llenar botellas transparentes con agua, agitarlas manualmente, taparlas y posteriormente colocarlas en un lugar donde reciban los rayos solares (de preferencia sobre una superficie reflectante, tal como una lámina de zinc) durante aproximadamente seis horas. Durante el tiempo de exposición, la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol, sumada al incremento de la temperatura del agua, elimina las bacterias patógenas presentes en ella. La desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbiedad menor a 30 Unidades de Turbidez Nefelométricas - NTU) y no es útil para el tratamiento de grandes cantidades de agua.

3.1.4.1.1 CARACTERÍSTICAS

Los componentes del sistema son:

- Botella para el tratamiento: Las botellas serán de preferencia de plástico ya que éstas son menos delicadas que las de vidrio y de preferencia de polietileno ya que estas contienen menos aditivos de protección contra los rayos UV; además deberán ser bien lavadas antes de su primer uso, el volumen puede variar entre 1 ó 2 litros pero sin que la profundidad al ser colocada horizontalmente exceda los 10 cm.

- Superficie reflectora: La utilización de superficies que retengan calor de bajo de las botellas que contienen el agua por desinfectar mejora significativamente la eficiencia del sistema. Con este propósito, pueden utilizarse láminas corrugadas de zinc o simplemente una superficie oscura.

Otras características importantes son los factores del sistema: el clima, el oxigeno, la turbidez, efecto UV y temperatura.

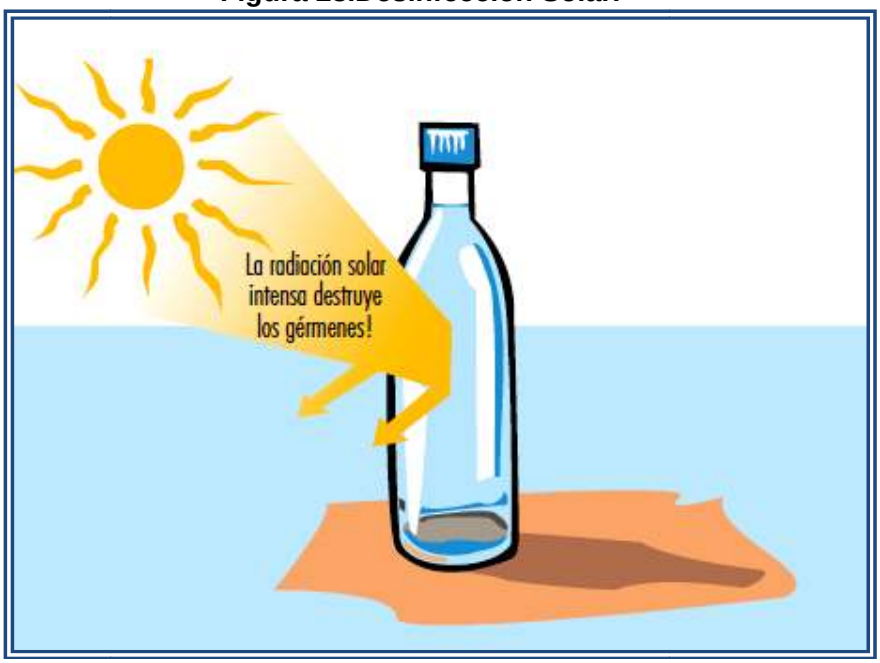
- El clima*:* El clima es un factor de suma importancia, ya que de ella depende la intensidad de la radiación solar que sobre la que se sostiene todo el sistema; es importante tener en cuenta entonces la variabilidad que existe tanto geográfica como estacional y diaria.
- El oxigeno*:* El oxigeno es otro factor importante ya que en suficiente cantidad es capaz de formar compuestos altamente reactivos como radicales libres y peróxidos que destruyen la estructura celular de los patógenos, la aeración se puede lograr agitando la botella en sus tres cuartas partes 20 veces antes de llenarla por completo.
- La turbidez*:* Las partículas suspendidas en el agua reducen la penetración de la radiación solar en el agua e impiden que los microorganismos sean irradiados.

Por lo tanto, la eficacia de desinfección por Radiación Solar se ve reducida en agua turbia. Si la turbiedad del agua es mayor a 30 UNT, es necesario pretratar el agua antes de exponerla a la luz solar. Los sólidos y partículas más grandes se pueden eliminar almacenando el agua cruda durante un día y dejando que las partículas se asienten en el fondo y luego, se decanta el agua.Se puede separar la materia sólida mediante filtración, usando una capa de arena o un paño. También se puede reducir la turbiedad mediante floculación/sedimentación, usando sulfato de aluminio o semillas trituradas de Moringa oleífera. De no ser posible reducir la turbiedad mediante diferentes mecanismos de pretratamiento, es posible inactivar

los microorganismos mediante la temperatura en lugar de mediante la radiación UV-A (mediante pasteurización solar o hirviendo el agua).

- Efecto UV y Temperatura: Este efecto es el llamado proceso SODIS que consiste en un sinergismo de los dos factores; como se sabe ambos en cierto grado son capaces de eliminar a los microorganismos patógenos; sin embargo, en este caso el grado en que trabaja cada uno es menos intenso es por ello que se requiere de la combinación de ambos para lograr el efecto desactivador sobre los microorganismos.

Figura 23.Desinfección Solar.



Fuente: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja 2006-2010.

3.1.4.1.2 COSTOS

El costo promedio de inversión de los proyectos ejecutados de desinfección solar es de $4000/$8000 por vivienda.

3.1.4.1.3 NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio que ofrece este sistema es sólo familiar e individual.

3.1.4.2. HERVIR AGUA

Es un método tradicional de tratamiento de agua ampliamente utilizado en todo el mundo, consiste en hervir el agua para eliminar los contaminantes. El agua que se hierve plenamente durante al menos uno a tres minutos, elimina la mayoría de patógenos. Sin embargo, cabe mencionar que no es eficaz para la eliminación de contaminantes químicos. De hecho, la ebullición por lo general aumenta levemente la concentración de los mismos. Por otro lado, el agua hervida corre el riesgo de recontaminación durante el proceso de enfriamiento si no se protege y almacena debidamente. Además, para hervir el agua se requiere una cantidad significativa de combustible, lo cual puede representar una carga financiera y ambiental. A pesar de estas limitaciones, la ebullición es aún un tratamiento estándar cuando algún patógeno sea objeto de preocupación.

3.1.4.2.1. COSTOS

Según la fuente requerida en el sitio leña o gas. Se necesita un kilogramo de leña para hervir un litro de agua durante un minuto. El hervido no debe promoverse en zonas en las que la madera es escasa y no hay otras opciones disponibles para calentar el agua.

3.1.4.2.2. NIVEL DE SERVICIO

Trata pocas cantidades de agua y su consumo debe darse en los días siguientes a la ebullición, por lo que presta un servicio familiar.

3.1.4.3. CLORACIÓN

(“GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN, Organización Panamericana de la salud, Lima 2007)El cloro es una opción de tratamiento de bajo costo que se utiliza para mejorar el sabor y la claridad del agua a la vez que se eliminan muchos microorganismos como bacterias y virus. Sin embargo, el proceso tiene sus limitaciones como Giardia y Criptosporidium son usualmente resistentes al cloro a menos que éste se use en dosis más elevadas que aquéllas preferidas usualmente para el tratamiento. El cloro elimina además sustancias como el manganeso, hierro y ácido sulfhídrico, el cual puede alterar el sabor del agua. La cloración puede escalarse para adaptarse a la capacidad del sistema. El uso del cloro es también relativamente sencillo, y los sistemas de tratamiento no requieren experiencia técnica extensa.

La cloración se puede lograr con diferentes productos. El cloro se almacena como líquido en recipientes presurizados y se inyecta como gas directamente en el agua fuente. Este proceso debe ser regulado e implementado cuidadosamente, debido a que el gas de cloro es un tóxico peligroso, incluso letal. Otra opción de cloración, de mayor costo, es el tratamiento con solución de hipoclorito de sodio. Esta solución es corrosiva pero mucho menos peligrosa y más fácil de manejar. El líquido se diluye simplemente y después se mezcla con el agua fuente para realizar la desinfección.

La cloración se puede lograr también con un desinfectante sólido, hipoclorito cálcico. Este material es corrosivo y puede reaccionar explosivamente cuando entra en contacto con materiales orgánicos. Sin embargo, todos estos polvos, gránulos y tabletas se pueden almacenar a granel y usarse con eficacia hasta un máximo de un año. En todas sus formas, el hipoclorito de calcio se disuelve fácilmente en agua.

Todos estos métodos de cloración requieren de algún tiempo para funcionar la desinfección no ocurre instantáneamente. Las dosis necesarias cambian también con las variaciones en la calidad del agua de manera que el monitoreo del agua fuente, particularmente de las aguas superficiales, es una parte importante del proceso de tratamiento. El tratamiento con cloro tiene algunos efectos residuales. Entre los más notorios se encuentra el sabor desagradable en el agua tratada. Pero otros efectos posteriores pueden ser más significativos. Quedan cantidades residuales de cloro en los suministros de agua tratada. Este contenido químico continúa protegiendo al agua tratada contra la reinfección, y puede ser beneficioso para el agua sujeta a largos períodos de almacenamiento para la lenta distribución en áreas extensas. Infortunadamente, demasiado cloro residual puede producir también subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser carcinógenos. Sin embargo, estos riesgos para la salud usualmente se consideran menores, comparados con los efectos de los patógenos en el agua sin tratamiento.

3.1.4.3.1. CARACTERISTICAS

Un sistema doméstico completo de cloración incluye una solución de cloro envasada y un recipiente de almacenamiento seguro.
En su implementación el usuario añade, desde un envase, una solución de hipoclorito de sodio al agua insegura. La cantidad de solución está basada en la turbidez del agua. Se instruye al usuario que debe esperar 30 minutos antes de beber el agua. Entonces, el agua se almacena para uso posterior en un recipiente limpio y sellado para evitar la recontaminación.

3.1.4.3.2. COSTOS

Es relativamente sencillo y de bajo costo fabricar cloro, y transportarlo como hipoclorito de sodio o de calcio. Además, se requiere de muy poco entrenamiento para usarlo. Estas características lo han vuelto popular como tratamiento en el

punto de uso incluso en zonas empobrecidas a pesar de sus limitaciones para eliminar parásitos.Esta alrededor de $4000 a $5000 el Kg de Hipoclorito de sodio.

3.2. DETERMINACIÓN DE HABITANTES Y CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE VILLA-CLARÍN.

Con el fin de tener un control en cuanto a la cantidad de habitantes que conforman a Villa-Clarín y el consumo diario de agua, se realizó un censo que permitió obtener un registro certero de los mismos. A continuación se muestra la tabla 5 con los datos obtenidos por el censo.

Tabla 5. Censo Villa-Clarín Consumo De Agua

CENSO EN VILLA CLARÍN NOVIEMBRE DE 2009				
VIVIENDA	**PERSONA ENCUESTADA**	**HABITANTES POR HOGAR**	**CONSUMO DE AGUA [Pimpinas/día]**	**CONSUMO DE AGUA [Litros/hab. día]**
1	Madeline Rome Moreno	6	4	13,33
2	Rosa Lina Morales	1	2	40,00
3	María del Carmen Luna Pérez	6	4	13,33
4	Guillermina Largancha	4	4	20,00
5	Luzley Mola López	3	10	66,67
6	Zaida Hernández	6	7	23,33
7	Isis del rosario	7	15	42,86
8	Edermina López	3		
9	Martha Luz Moreno Vásquez	8		
10	Cristina Isabel Arias López	9	30	66,67
11	Olga Ester Álvarez Guzmán	9	10	22,22
12	Melibet Díaz	6		
13	Martha Cecilia Villanueva	6	1	3,33
14	Liliana Ester Escocia Escobar	8	16	40,00
15	Reiva Fernández Moreno	3	4	26,67
16	Alisa Esabet Barios Guerra	5	10	40,00
17	Ludis Estrada Fernández	8	13	32,50
18	Jhoendri de Ávila	7	3	8,57
19	Eucaris Pavón	2	2	20,00
20	Dosire Johana Salazar Roa	6	7	23,33
21	Paola Guerrero	3	0,50	3,33
22	Francisco Manuel Yepes	4	10	50,00
23	Rosa Elena Moreno	6	15	50,00
24	Aura María Arisa	3	4	26,67
25	Ana Matricia Rodríguez Agames	8	20	50,00

26	Viviana Arango Carbajal	7		
27	Marlenis Jiménez	6	5	16,67
28	Histal Overio Osorio	4	8	40,00
29	Elis Duvina Moreno Mejía	8	12	30,00
30	Isadora María Torres	10	4	8,00
31	Dilia Esther Ortega García	8	8	20,00
32	Carmen Helena Acosta Montero	10	12	24,00
33	Nidia Isabel Moreno Vázquez	7	16	45,71
34	Generis Retamos	6	15	50,00
35	Jean Carlos Le Castro Carrillo	2		
36	Yusmei Villa Mendoza	2		
37	Carmen Elena Julio Blanquizeth	6		
38	Yarmeli Judith Cuello Hernández	6		
39	Luis Romero	9		
40	Gloria Isabel Herrera Cerpa	8	6	15,00
41	Blasina Mendoza	9	3	6,67
42	Sirley Espitia	10	5	10,00
43	Enilsa García Rivera	7	18	51,43
44	Luis Hernando Zapata Meneses	1	10	200,00
45	Rafael Arcángel Kavarcas De Ávila	8	5	12,50
46	Mónica Luna Pérez	7	4	11,43
47	Maritza del Carmen Meriño Jiménez	8	4	10,00
48	Washington Hernández Mosquera	2		
49	Sianiris María torres Jiménez	7	15	42,86
50	Leidy Sandoval	4	4	20,00
51	Rosa Elia Mercado	7	12	34,29
52	Diana Patricia Vergara Orozco	11	10	18,18
53	Mairis Isabel Bermúdez Orozco	8	2	5,00
54	Senid Bermúdez Orozco	7	2	5,71
55	Lorenza Santoya Salgado	9	12	26,67
56	Celsa Hernández Suarez	4	12	60,00
57	Teresa Julia Blanquester	7	15	42,86
58	Yiseli Gonzales	7	12	34,29
59	Enriqueta Isabel Catalon Barro	5	12	48,00
60	Arle Patricia Carrillo Aguas	3	4	26,67
Σ Habitantes		**367**	**Consumo actual [Lt/hab.día]**	**31,97**

Fuente: Censo realizado en la comunidad Noviembre de 2009, autor.

Figura 24, 25. Censo realizado a la comunidad

Fuente: Comunidad de Villa-Clarín.

Con la información recolectada se pudo conocer el consumo actual de agua que tiene cada uno de los habitantes de Villa-Clarín diariamente y su promedio actual, el cual corresponde a un valor de 31,97 Lt/hab.día. Cabe resaltar que los datos de consumo no discriminan actividad alguna dentro de los usos más frecuentes para la comunidad.

Tabla 6. Número de habitantes de la comunidad de Villa-Clarín.

COMUNIDAD DE VILLA-CLARÍN	
AÑO	TOTAL HABITANTES
2009	367

Fuente: Autor

El valor de la población encontrada en la comunidad de Villa-Clarín actualmente es de 367 habitantes. Es el primer registro que se tiene formalmente de las personas que conforman el asentamiento a partir de un censo.

3.2.1. NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

Tabla 7. Asignación nivel de complejidad.

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA	CAPACIDAD ECONÓMICA
Bajo	<2500	**Baja**
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente RAS 2000

La clasificación del nivel depende del número de habitantes del lugar en estudio, de la capacidad económica y del grado de exigencia técnica que se requiera. Para determinar la capacidad económica del usuario se determinó el índice de calidad de vida de la población, tomando como base la encuesta realizada durante el censo, por lo que se asume un índice de calidad de vida bajo, con un ingreso personal promedio menor que el mínimo legal vigente y un estrato social predominantemente bajo; lo que determina para esta comunidad una capacidad económica baja y por ende un nivel de complejidad bajo.

3.2.2. DOTACIÓN NETA RESIDENCIAL (Dn)

Tabla 8. Nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación Neta mínima (L-H-D)	Dotación Neta máxima (L-H-D)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio-alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: RAS 2000

Se adoptaron los valores recomendados por el RAS-2000, en los cuales la dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y de sus valores máximos y mínimos, los cuales para el Nivel Bajo la dotación neta mínima y máxima esta de 100 a 150 l/h-día.

3.2.3. VARIACION DE LA DOTACION NETA RESIDENCIAL SEGÚN EL CLIMA Y EL NIVEL DE COMPLEJIDAD

Tabla 9. Variación a la dotación neta según el clima

Nivel de complejidad del sistema	Clima cálido (>28ºC)	Clima Templado (Entre 20 a 28ºC)	Clima Frío (Menos de 20ºC)
Bajo	15%	10%	No se admiten correcciones por clima, usar valores de tabla B.2.2
Medio	15%	15%	
Medio-alto	20%	15%	
Alto	20%	15%	

Fuente: RAS 2000

$$(1)\ Dotación\ neta = 100\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{hab-dia}}$$

$$(2)Dotación\ neta = 100 + 15\% \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{hab-dia}}$$
$$(3)Dotación\ neta = 115 \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{hab-dia}}$$

Dn: Dotación neta

$$(4)Dotación\ bruta = \frac{\mathrm{Dn}}{(1-\%\mathrm{P})}$$
$$(5)Dotación\ bruta\ (Db) = \frac{115}{(1-30\%)}$$
$$(6)D\ bruta\ (Db) = 164.29 \frac{L}{(\mathrm{HAB-DIA})}$$

P= % Pérdidas según nivel de complejidad 30% RAS2000
Db: Dotación bruta

3.2.4. CONSUMO MEDIO DIARIO

Es el caudal obtenido de un año de registro y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario, la fórmula utilizada es de la fuente DNP Y Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado (ECI).

$$(1)\ Q_{md} = \frac{Db*poblacion}{86400}$$

$$(2)\ Q_{md} = \frac{164.29*367}{86400}$$

$$(3)\ Q_{md} = 0.70 \frac{L}{seg.}$$

Qmd: Caudal medio diario

3.2.5. COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO

Tabla 10. RAS 2000 Coeficiente de consumo máximo diario

nivel de complejidad	población	k1
Bajo	2500	1.30
Medio	2501-12500	1.30
Medio alto	12501-60000	1.20
Alto	>60000	1.20

Fuente: RAS2000

Para la comunidad de Villa-Clarín se determina el K1 con población al año 2009 con 367 hab por lo que el nivel de complejidad seria Bajo debido a que la población es muy inferior a los rangos estipulados dentro de la tabla, a lo cual le corresponde un **K1 =1.3.**

3.2.6. CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. En otras palabras representa el día de mayor consumo en el año.

$$(1)\ Q_{MD} = K_1 * Q_{md}$$

$$(2) Q_{MD} = 1.3 * 0.70$$

$$(3) Q_{MD} = 0.91\ \frac{l}{seg.}$$

Q_{MD}: *Caudal máximo diario*

3.2.7. COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO HORARIO

Tabla 11. Coeficiente de consumo máximo diario

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.6	1.6	-	-
Medio	1.6	1.6	1.5	-
Medio alto	1.5	1.5	1.45	1.40
Alto	1.5	1.5	1.45	1.40

Fuente: RAS2000

Para la comunidad de Villa-clarín se determina el K2 con el nivel de complejidad Bajo y red menor, al cual corresponde un **K2 =1.6**

3.2.8. CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo

$$(1)\ Q_{MH} = K_2 * Q_{MD}$$

$$(2)\ Q_{MH} = 1.6 * 0.91$$

$$(3)\ Q_{MH} = 1.45\ \frac{l}{seg.}$$

Q_{MH}: *Caudal máximo horario.*

3.2.9. RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

A continuación se realiza un resumen de los principales parámetros de diseño tomados para evaluar el sistema no convencional para la comunidad de Villa-Clarín.

Tabla 12. Resumen de parámetros de diseño.

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR ADOPTADO	NORMA RAS 2000	OBSERVACIONES
Dotación Neta	l/hab/día	100	100	A la dotación mínima establecida por la Norma RAS-00, se le aplicó corrección por efecto del clima del 15%
Dotación Bruta	l/hab/día	164.29		Calculada
Coeficiente de Consumo Máximo Diario (k1)		1.3	1.3	De acuerdo con el nivel de complejidad de los sistemas.
Coeficiente de Consumo Máximo Horario (k2)		1.6	1.6	De acuerdo con el nivel de complejidad de los sistemas.

Fuente: Villa-Clarín, autor,

El valor de la dotación neta corresponde al valor mínimo recomendado por el RAS-2000 100 l/hab/día, lo que garantizará un mejor caudal de abastecimiento para la comunidad, ya que está por encima del encontrado en el censo el cual corresponde a 31,97 l/hab/día .

3.2.10. CUADRO DE CÁLCULO DE CAUDALES

A continuación se muestra el cuadro de cálculo de caudales que son requeridos por la comunidad.

Tabla 13. Caudales de diseño.

CAUDALES DE DISEÑO REQUERIDOS				
AÑO	POBLACIÓN HAB	*Qmd* l/s	*QMD* l/s	*QMH* l/s
2009	367	0.70	0.91	1.45

Fuente: Villa-Clarín, autor,

3.3. ANÁLISIS DE AGUA VILLA-CLARÍN

Para determinar la calidad de la fuente de agua de consumo de los habitantes de Villa-Clarín, se realizaron dos monitoreos, los cuales fueron seleccionados con un previo acuerdo de los lugares con mayor importancia en la comunidad para la recolección de agua, como lo es el caño de Villa-Clarín y un tanque de uso común en las casas que permite su posterior almacenamiento.

Para su ejecución se utilizaron los siguientes materiales:

- Dos envases de 500 ml para medir la turbiedad.
- Dos envases de 1000 ml para la medición de la DBO5 (equipo incubadora)
- Dos envases de 500 a 1000 ml para medir coliformes totales y fluoruros.
- pH (cinta).
- Color verdadero (equipo con discos y celdas).

Figura 26. Materiales usados en el monitoreo de Villa-Clarín.

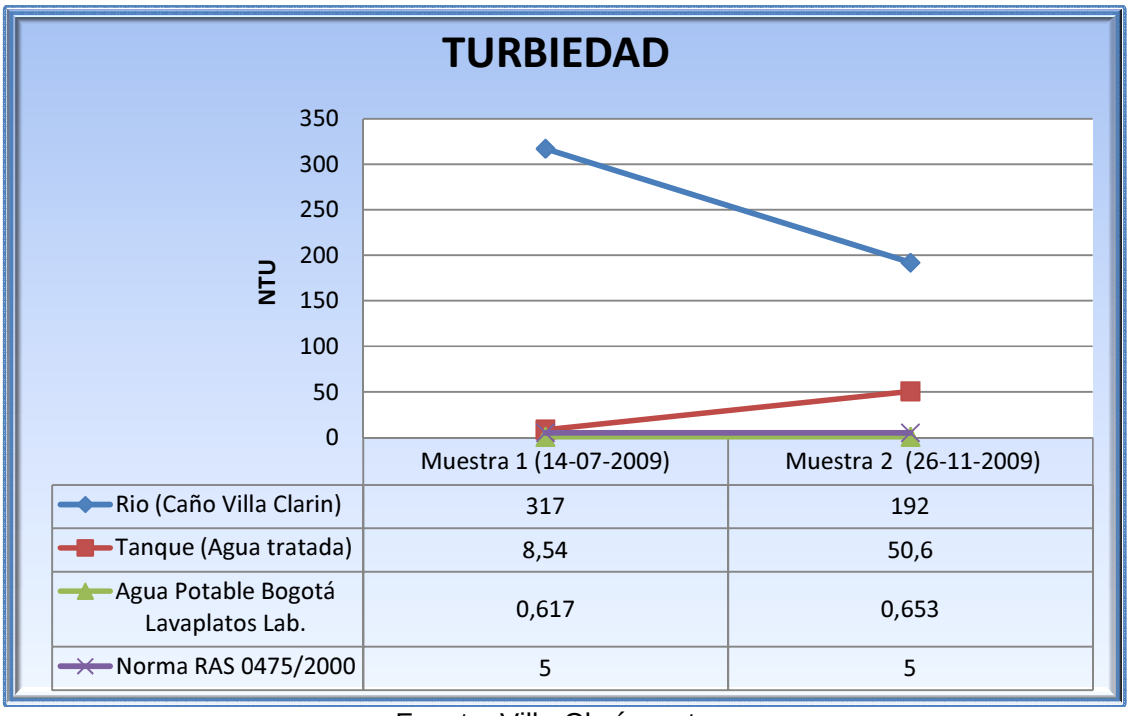
Fuente: Villa-Clarín, autor.

Las muestras fueron registradas en un formato definido con anterioridad con el fin de mantener un control entre las muestras tomadas (Anexo 1) y fueron transportadas a una temperatura menor de 10℃ hasta el laboratorio.

La determinación de parámetros bacteriológicos estuvo a cargo de la empresa ANALQUIM LTDA, mientras que los parámetros físicos-químicos fueron determinados en Laboratorio de Química Sanitaria y Plantas de tratamiento de la Universidad Católica. El reporte de los resultados de los análisis se encuentra en los Anexo N 1.

Los resultados obtenidos se relacionaron con los parámetros establecidos en la Norma 0475/98 para un consumo apto de agua, los cuales se presentan a continuación.

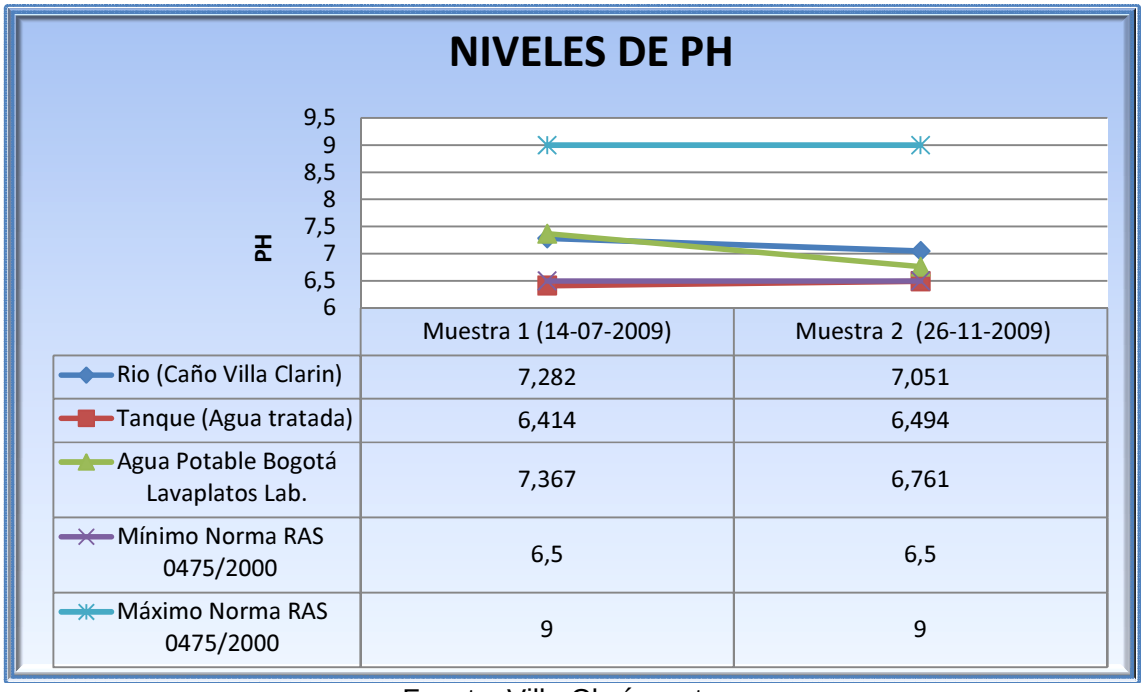
Gráfica 1. Valores de Turbidez en Villa-Clarín.



Fuente: Villa-Clarín, autor,

Los valores de turbidez encontrados en los análisis están por encima de los establecidos dentro de los parámetros de la norma, a su vez también se puede observar que después de un tratamiento de sedimentación en el tanque, estos valores bajan significativamente, por lo que es recomendable mantener este método para el agua tomada en el caño de Villa-Clarín ya que permite reducir la cantidad de material particulado en suspensión, y complementar con un tratamiento de filtración.

Gráfica 2. Valores de PH en Villa-Clarín.

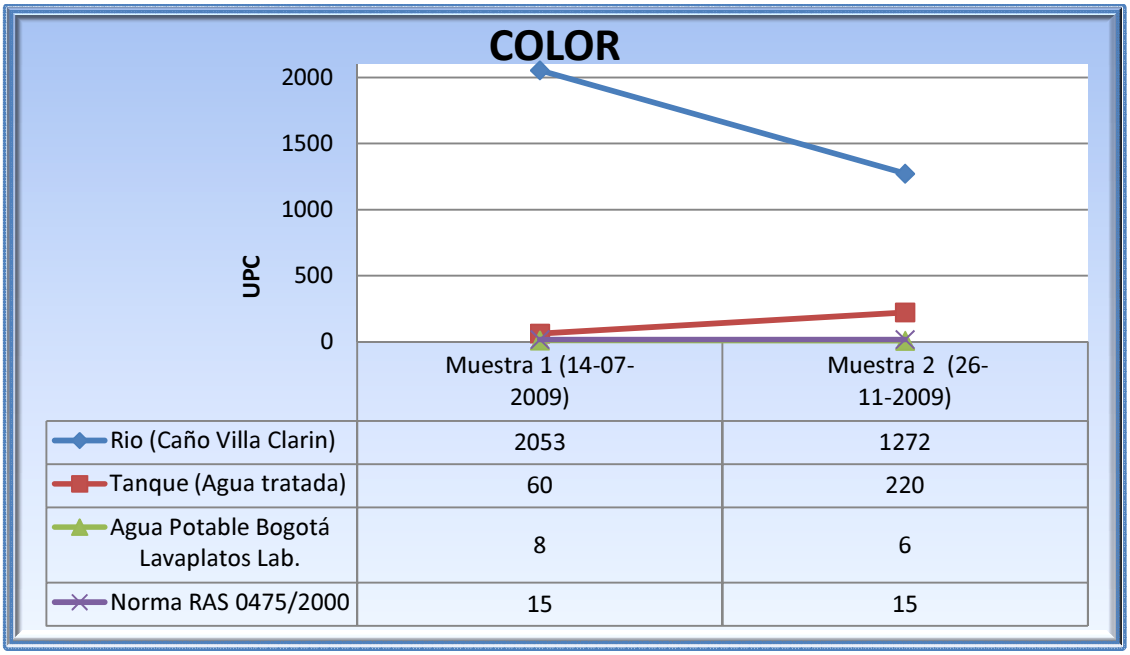


	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	7,282	7,051
Tanque (Agua tratada)	6,414	6,494
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	7,367	6,761
Mínimo Norma RAS 0475/2000	6,5	6,5
Máximo Norma RAS 0475/2000	9	9

Fuente: Villa-Clarín, autor,

En general el PH de las muestras se encuentra dentro del rango permitido por la norma, a excepción del monitoreo del tanque, el cual se debe alcalinizar para aumentar un poco su valor ya que si se desea realizar algún tipo de desinfección con cloro, este va a quedar inactivo porque sus reacciones solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor entre 6,5 y 8.

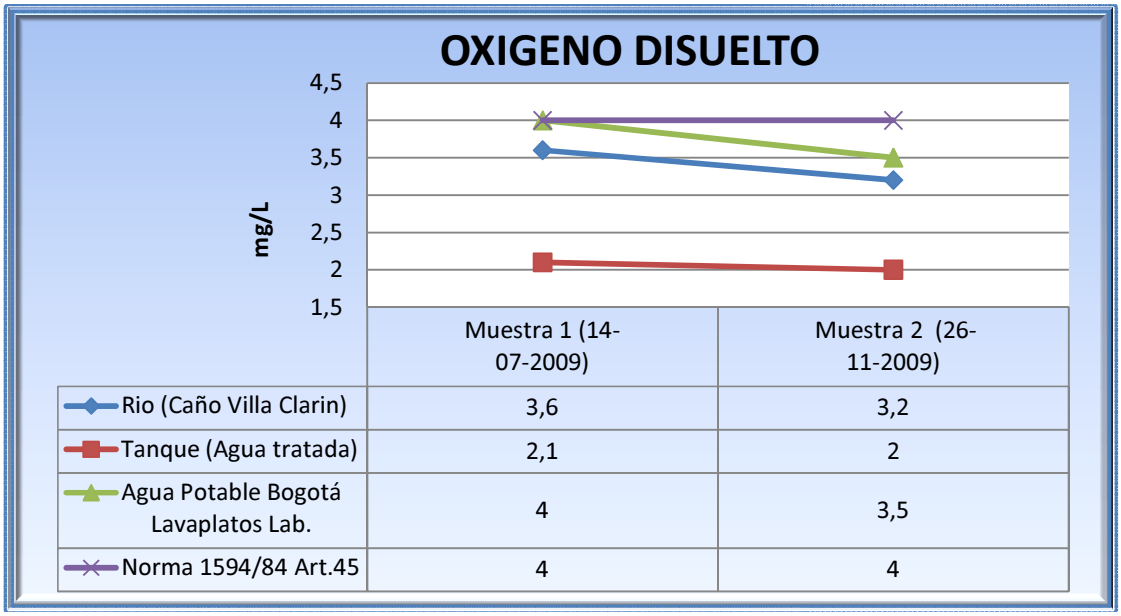
Gráfica 3. Valores de Color en Villa-Clarín.



Fuente: Villa-Clarín, autor,

Se observa evidentemente en la gráfica 3, que los valores de color son muy altos a los permitidos, por lo que se podría implementar un filtro de arena lento y luego algún sistema de coagulación al precipitado resultante.

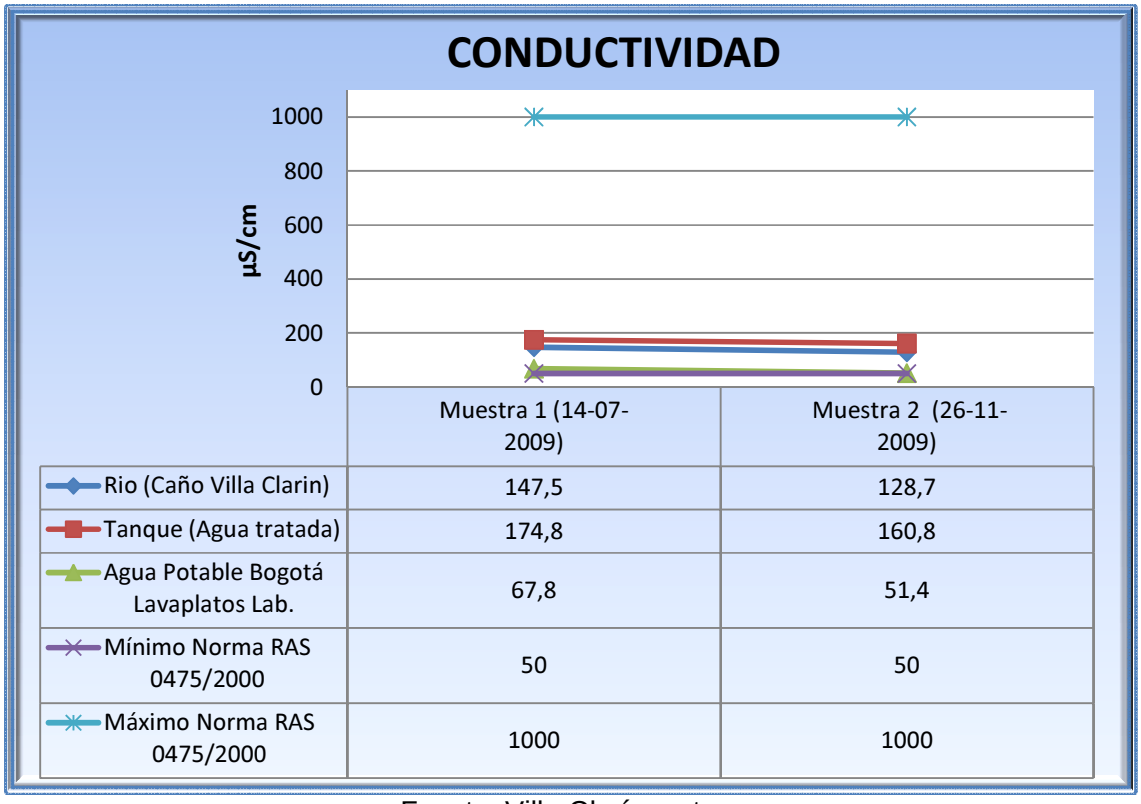
Gráfica 4. Valores de OD en Villa-Clarín.



Fuente: Villa-Clarín, autor,

Ninguna de las muestras cumple con el parámetro de Oxigeno Disuelto que está en la norma, ya que todas se encuentran por debajo de 4mg/L.

Gráfica 5. Valores de Conductividad en Villa-Clarín.

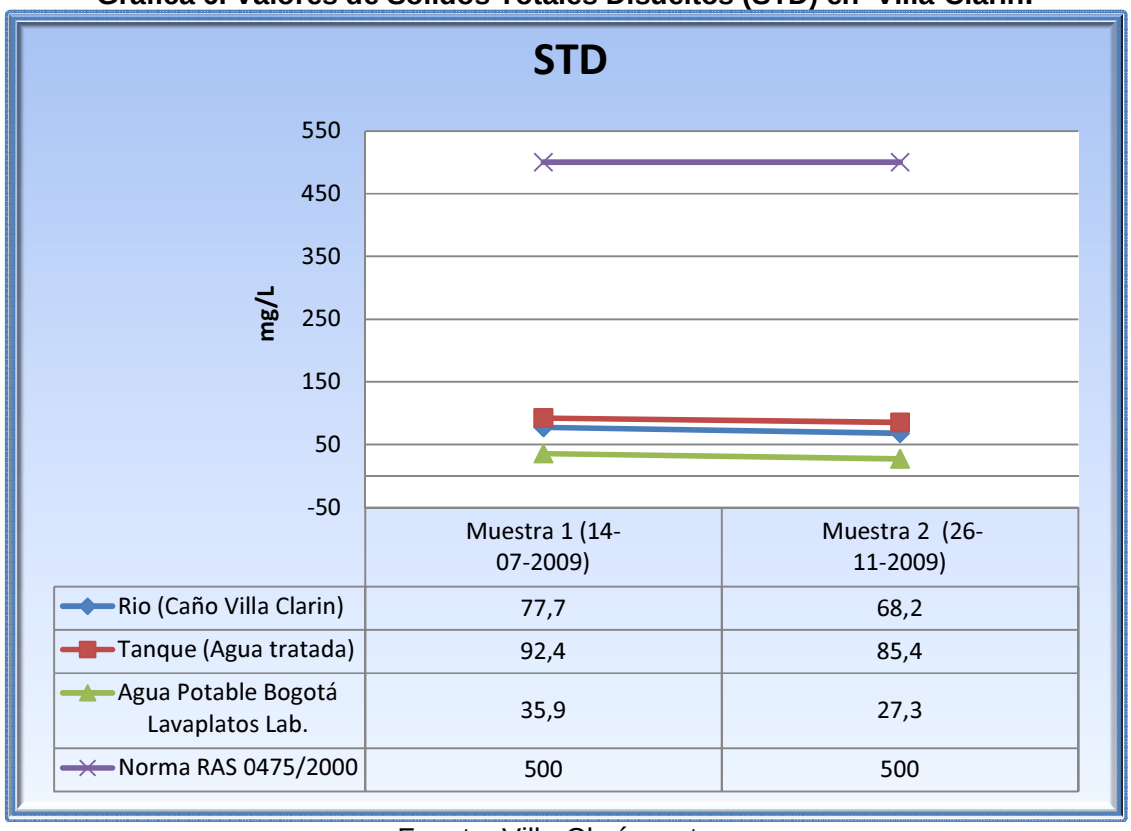


	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	147,5	128,7
Tanque (Agua tratada)	174,8	160,8
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	67,8	51,4
Mínimo Norma RAS 0475/2000	50	50
Máximo Norma RAS 0475/2000	1000	1000

Fuente: Villa-Clarín, autor,

La conductividad de las fuentes es completamente apta, tienen valores muy por debajo de las cifras determinadas en la norma, se encuentra en el rango permitido.

Gráfica 6. Valores de Sólidos Totales Disueltos (STD) en Villa-Clarín.

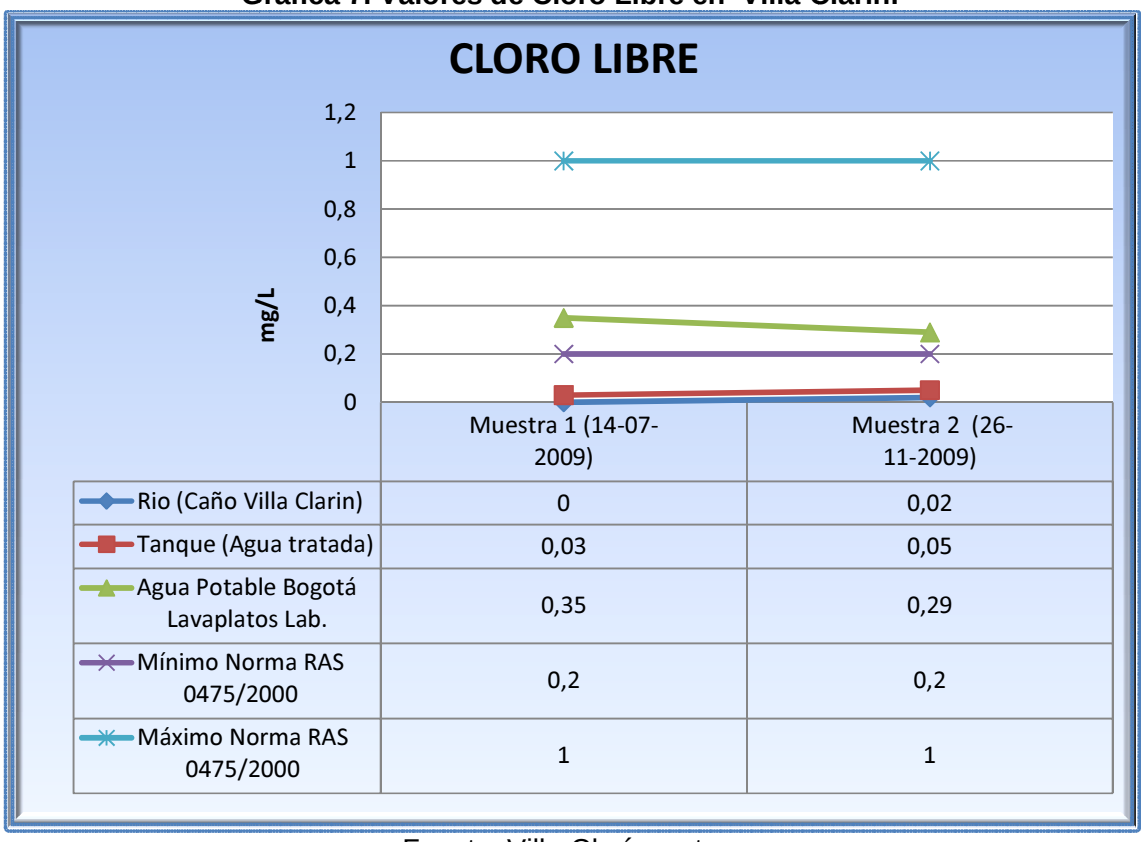


	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	77,7	68,2
Tanque (Agua tratada)	92,4	85,4
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	35,9	27,3
Norma RAS 0475/2000	500	500

Fuente: Villa-Clarín, autor,

Los datos recopilados de STD en las muestras, cumplen con la normatividad dada, lo cual puede indicar que las fuentes no tienen un alto contenido de minerales, sales o metales disueltos.

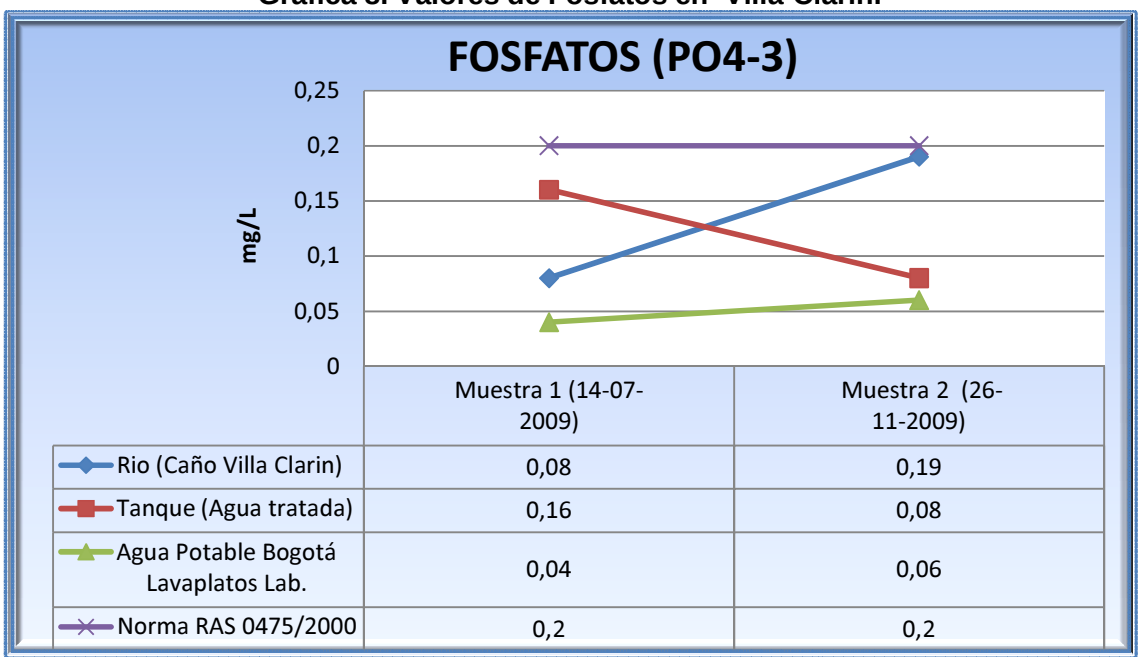
Gráfica 7. Valores de Cloro Libre en Villa-Clarín.



Fuente: Villa-Clarín, autor,

El Cloro Libre que tienen las muestras es insuficiente para poder realizar su acción desinfectante continua, por lo que no garantiza su contribución en prevenir la nueva contaminación.

Gráfica 8. Valores de Fosfatos en Villa-Clarín.

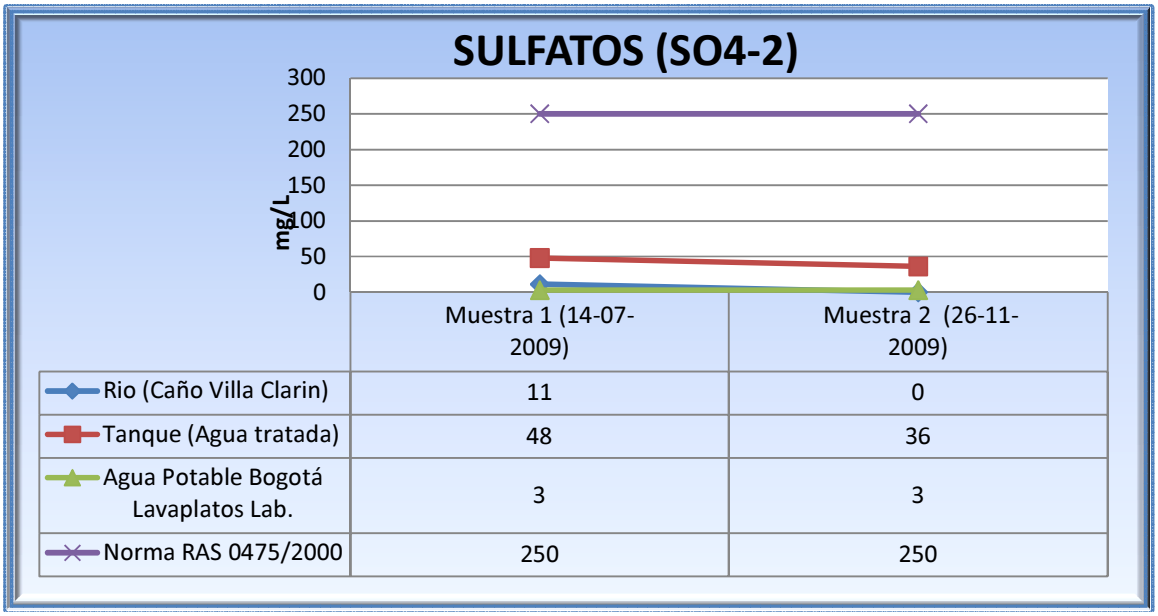


	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	0,08	0,19
Tanque (Agua tratada)	0,16	0,08
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	0,04	0,06
Norma RAS 0475/2000	0,2	0,2

Fuente: Villa-Clarín, autor,

La gráfica 8 indica que los valores relacionados se encuentran por debajo de lo estimado en la norma, es decir que las fuentes no se encuentran afectadas por este compuesto que genera un efecto directo en el Oxigeno Disuelto.

Gráfica 9.Valores de Sulfatos en Villa-Clarín.

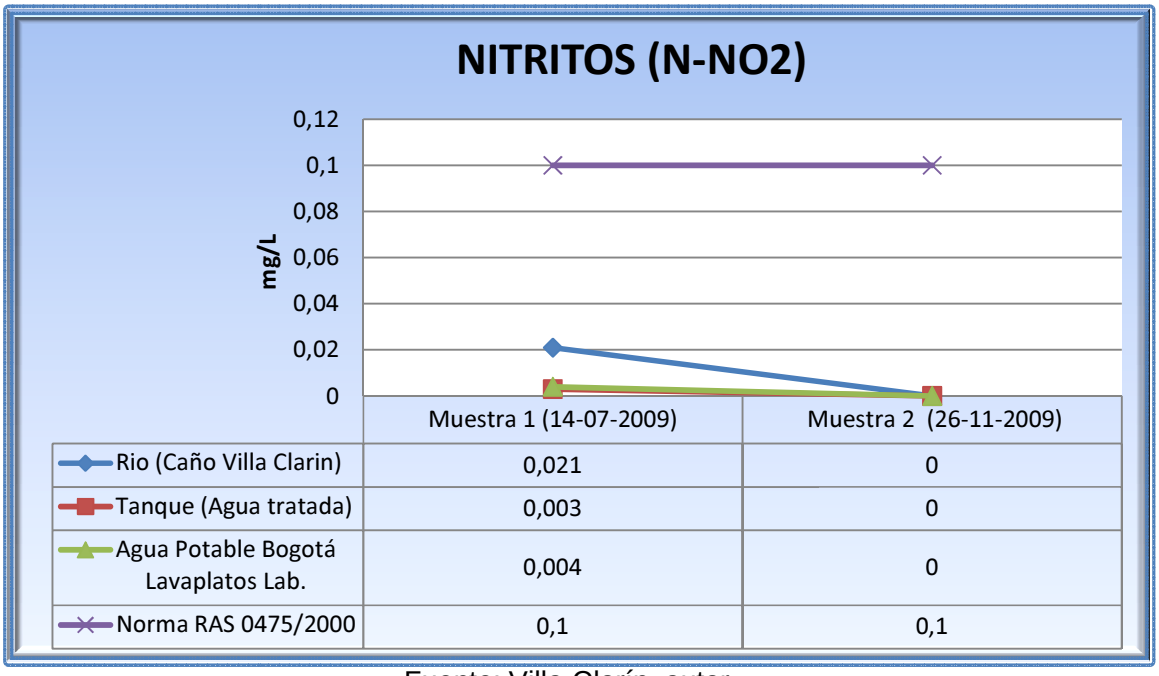


	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	11	0
Tanque (Agua tratada)	48	36
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	3	3
Norma RAS 0475/2000	250	250

Fuente: Villa-Clarín, autor,

Las muestras no se encuentran afectadas por valores altos en sulfatos, lo que es un buen indicio en el sabor y olor de las fuentes.

Gráfica 10. Valores de Nitritos en Villa-Clarín.



	Muestra 1 (14-07-2009)	Muestra 2 (26-11-2009)
Rio (Caño Villa Clarin)	0,021	0
Tanque (Agua tratada)	0,003	0
Agua Potable Bogotá Lavaplatos Lab.	0,004	0
Norma RAS 0475/2000	0,1	0,1

Fuente: Villa-Clarín, autor,

Los Nitritos presentes tienen valores muy por debajo de los autorizados por la norma, posiblemente debido a que las fuentes no están sometidas a vertidos de importancia como contaminación industrial o aguas residuales domesticas.

3.4 MATRIZ DE EVALUACION DE LOS SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES

A continuación se muestra la matriz de evaluación que se desarrollo con el propósito de evaluar de una manera más clara y efectiva los sistemas no convencionales de tratamiento de aguas, encontrados e investigados, los cuales por su factibilidad en la implementación de su uso directo en este tipo de comunidades se escogieron y consideraron.

Tabla 14. Matriz de Evaluación de los Sistemas No Convencionales de Tratamiento de Aguas Superficiales.

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	NIVEL DE SERVICIO	COSTO
SEMILLAS DE MORINGA	Permite remoción de bacterias Sirve como coagulante natural.	Se debe complementar con métodos de desinfección No es fácil de adquirir en comunidades.	Familiar	N.D
MÉTODO DE LAS TRES VASIJAS	El método de las tres vasijas reduce considerablemente la suciedad y los gérmenes causantes de enfermedades del agua. Este método es de bajo costo, fácil de usar y se puede llevar a cabo con recursos locales.	Este método reduce, pero no destruye totalmente, los gérmenes que causan enfermedades. La desinfección mediante hervido, productos químicos o radiación solar sigue siendo necesaria para eliminar todo riesgo de enfermedad	Familiar	Recursos locales.
FILTROS DE MESA (VELA DE CARBÓN Y ARENA)	La calidad física y bacteriológica es mejorada. Es muy apropiada para el sector rural y disperso. Fácil mantenimiento y operación por el beneficiario.	Solo para consumo directo. Trata poca cantidad. Solo para turbiedades menores a 5 NTU para los que son solo de velas cerámicas.	Familiar	$70.000-$100.000
MICROFILTRACION	Mejora la calidad del agua cruda. Es muy adecuado para poblaciones dispersas.	Se produce muy pequeñas cantidades de agua	Familiar	$ 34.000
FILTRO LENTO DE ARENA	Su eficiencia esta comprobada para la remoción de turbidez, color y algunos elementos patógenos, quiste y huevos de parásitos 100%, virus y material orgánico. 98%. Los materiales usados pueden ser obtenidos de la misma zona. Es una opción sencilla y práctica. El presupuesto de adquisición y operación es bajo. La operación y mantenimiento son sencillos	Su utilidad solo para situaciones intrafamiliares. No mantiene un régimen continuo de flujo. Largos tiempos para su mantenimiento: Para, arranque y vuelta de operación. Requiere de desinfección para asegurar la calidad de agua.	Familiar	$ 66.600

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	NIVEL DE SERVICIO	COSTO
FILTRO CASERO DE CARPOM	Su eficiencia en la remoción de la turbiedad y algunos patógenos está probada. Es una buena opción para reducir la turbiedad antes de la desinfección. Adecuado para las poblaciones aisladas. Es una opción sencilla y práctica. De fabricación fácil y bajo costo. Operación y mantenimiento sencillos.	Su utilidad solo se limita para casos intrafamiliares. Los periodos de parada por mantenimiento son largos. No pueden ser usados por almacenamiento.	Familiar	N.D.
FILTRON	Elimina las bacterias y los parásitos. Es fácil de usar, operar y dar mantenimiento. No afecta el gusto del agua. Tiene buena aceptación en las comunidades debido a que la arcilla es bastante común para ellas. Mantiene el agua fresca y agradable. Remueve la turbiedad y puede ser usado en conjunto con otros métodos Puede ser elaborado localmente.	Es bastante frágil, requiere maniobrarlo con cuidado Requiere mantenimiento regular. Combustible requerido para la producción. Bajo caudal solo para consumo directo.	Familiar	Puede ser elaborado Aprox $30000
DESINFECCION POR RADIACION SOLAR	Mejora la calidad microbiológica del agua para el consumo humano Mejora la salud de la familia Brinda a los usuarios individuales un método simple que se puede aplicar a nivel del hogar bajo su propio control y responsabilidad. Reduce la necesidad de fuentes tradicionales de energía como leña y gas.	Requiere suficiente Radiación Solar, por lo tanto depende de las condiciones climáticas. Requiere que el agua no este turbia. No cambia la calidad química del agua. No es útil para tratar grandes volúmenes de agua.	Familiar e Individual	Al alcance de todos $4000-$8000

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	NIVEL DE SERVICIO	COSTO
HERVIR AGUA	Elimina la mayoría de patógenos Es un método que los interesados pueden realizar por si mismos.	No elimina contaminantes químicos Genera un sabor insípido No elimina turbidez	Familiar	Varia según fuente leña o gas
DESINFECCION QUIMICA (CLORO)	Reducción comprobada de bacterias, Giardia y la mayoría de virus Proporciona protección residual contra la contaminación Se puede modificar fácilmente para tener mayor o menor capacidad según la mayor o menor demanda	Ofrece protección relativamente baja contra el Criptosporidium Ofrece menor eficacia en aguas contaminadas con compuestos orgánicos y algunos compuestos inorgánicos, particularmente amoníaco Deja un sabor y olor que algunos usuarios consideran inaceptable	Familiar	$4000 Kg

Tabla 15. Tipo de tratamiento

TIPO DE TRATAMIENTO	
Coagulación	
Sedimentación	
Filtración	
Desinfección	

En la matriz se consideran cuatro tipos de tratamiento de agua que se pueden utilizar para mejorara la calidad del agua en este tipo de comunidades que se encuentran en estado de emergencia:

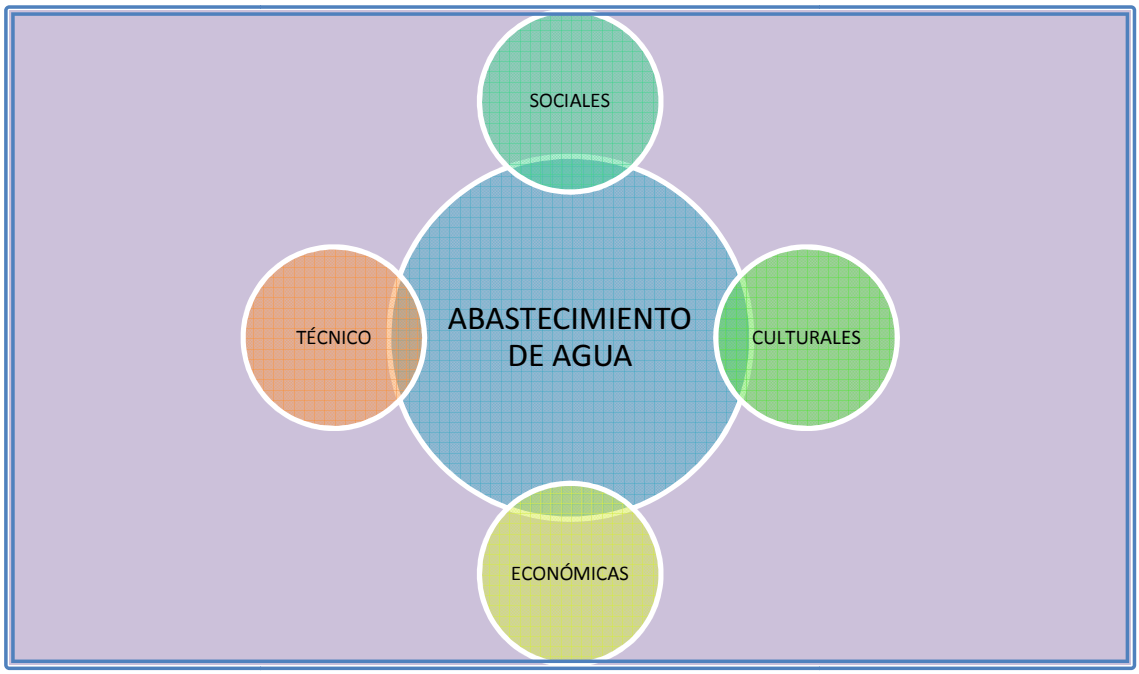
- Coagulación: Elimina los sólidos en suspensión.
- Sedimentación: Permite que con el tiempo la suciedad se deposite en el fondo del recipiente o contenedor de agua.
- Filtración: Extrae físicamente la suciedad haciendo pasar el agua a través de materiales como la cerámica o la arena.
- Desinfección: Para obtener un agua libre de gérmenes causantes de enfermedades.

Dentro de la matriz se encuentran especificadas las ventajas y desventajas de cada sistema no convencional, el nivel de servicio que presta y el costo aproximado con el que se puede encontrar en el mercado. Es importante resaltar que las opciones tecnológicas escogidas son consideradas como factibles para este tipo de comunidades, ya que se debe tener en cuenta la situación social y económica en el que se encuentran los habitantes. Los Sistemas brindan un servicio solo a nivel familiar y básicamente para consumo humano directo, es decir en pocas cantidades.

3.5 SELECCIÓN DELSISTEMA PARA EL CORREGIMIENTO DE VILLA CLARÍN

Para la selección apropiada de un sistema de tratamiento de agua, se debe tener en cuenta los factores que inciden de tipo técnico, económico, social y cultural. De esta manera la solución podrá aplicarse en función de las condiciones en las que se encuentra la comunidad

Gráfico 11. Factores que influyen en la selección de un sistema.



Fuente: Autor,

3.5.1. FACTOR TÉCNICO

Este factor está relacionado con el nivel de servicio, el tipo de fuente, la procedencia, el rendimiento y la ubicación.

- **Dotación**: Es el nivel de servicio que requiere la comunidad
- **Fuente:** La fuente se clasifica según su procedencia.
- **Rendimiento de la fuente:** Cantidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento.
- **Ubicación de la fuente:** Distancia de la fuente, al punto de abastecimiento.

3.5.2. FACTOR SOCIAL Y CULTURAL

Se debe considerar las características de la comunidad para mantener un registro de habitantes y la distribución espacial en la que se encuentran.

- **Número de habitantes.**
- **Características de la población:** Está relacionada con la distribución espacial de la población.

  Concentrada: Corresponde a poblaciones con viviendas agrupadas con tendencia a un núcleo urbano.

  Dispersa: Son poblaciones con viviendas distanciadas unas de otras.
- **Tipo de servicio:** Nivel de servicio que se requiere. Se han considerado tres niveles básicos:

  Familiar: Permite la atención de una a cinco familias.

  Multifamiliar: Facilita la atención a grupos que van de cinco a 25.

  Comunal: Permite la atención de grandes grupos de familia.

3.5.3. FACTOR ECONÓMICO

Es un factor muy importante porque determina la opción tecnológica y el nivel del servicio, ya que afecta directamente el monto de inversión para la construcción del sistema y los gastos de operación y mantenimiento.

- **Condición económica.** Bajo, medio, alto.

Tabla 16.Factores de Selección.

FACTORES DE SELECCIÓN		
FACTOR TÉCNICO	DOTACIÓN	100 Lt/hab.día
	FUENTE	Superficial.
	RENDIMIENTO DE LA FUENTE	140 l/m3
	UBICACIÓN DE LA FUENTE	Aprox. 500m
FACTOR SOCIAL Y CULTURAL	NÚMERO DE HABITANTES	367
	CARACTERISTICAS POBLACIÓN	Concentrada
	TIPO DE SERVICIO	Familiar
FACTOR ECONÓMICO	CONDICIÓN ECONÓMICA	Bajo

Fuente: Autor,

Al analizar los factores mencionados anteriormente se determinó que la mejor alternativa de uso para la comunidad de Villa-Clarín está dada por tres sistemas no convencionales de tratamientos de agua, los cuales pueden combinarse de manera continua o progresiva, uno tras otros y así garantizar un agua más segura para sus habitantes. Cabe resaltar que estos sistemas escogidos son soluciones individuales o familiares que aprovechan pequeñas fuentes de agua y que normalmente su transporte, almacenamiento y desinfección se realiza a nivel intradomiciliario. Representan alternativas adecuadas para una comunidad de desplazados que se ve afectada socialmente por la falta de educación y salud, que no es prestada por el gobierno. Culturalmente son apropiados para este tipo de población que no tiene una identidad que los caracterice y como consecuencia prevalecen los intereses propios que los colectivos, ya que su origen está dado

por diferentes lugares y en Villa-Clarín han encontrado un sitio de ubicación espontaneo. Al no ser legalmente establecido el territorio en el que se encuentran no se puede pensar por el momento en una red de acueducto y alcantarillado que pueda suplir de forma ideal a la comunidad, por lo que este tipo de sistemas son propicios, por no ser definitivos en su instalación y por ser de fácil movilidad y transporte.

5.4. MÉTODO DE LAS TRES VASIJAS

El primer método es el de las tres vasijas, este reduce la suciedad y los gérmenes que causan enfermedades mediante el almacenamiento de agua en recipientes los cuales permiten que los sólidos suspendidos se asienten. Su procedimiento consiste en recoger diariamente agua, la cual será depositada en tres vasijas. Se debe dejar que se asienten durante un día, para posteriormente ir tomando el agua de la vasija tres para uso diario, luego se vuelve a llenar la vasija tres con el agua que se encontraba en la vasija dos y de esta manera poder lavar la vasija dos y así llenarla con el contenido de agua de la vasija uno. La vasija uno se lava después de haber vertido su contenido y se le vuelve a agregar el agua recogida diariamente. Se debe tomar el agua solamente de la vasija tres, ya que ha estado almacenada al menos dos días y su calidad ha mejorado Periódicamente las vasijas deben ser lavadas y esterilizada con agua hirviendo. La utilización de un tubo flexible para trasvasar agua de una vasija a otra provoca menos perturbación en el agua que verterla directamente.

Figura27. Método de las tres vasijas

Fuente: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja

El método de las tres vasijas es una buena medida que puede adoptarse en una situación de emergencia hasta que sea posible la distribución masiva o la utilización de otros métodos para mejorar la calidad de la fuente. Es un método muy eficiente que reduce considerablemente la suciedad y los gérmenes, además tiene un bajo costo, es de fácil uso y se puede llevar a cabo con recursos locales. Pero es necesario resaltar que algunos microbios, no se eliminan aunque se almacene el agua por mucho tiempo. Por eso, lo mejor es usar otro método después de asentar el agua, para eliminar todo riesgo de enfermedad.

3.5.5. FILTRO CASERO DE ARENA Y VELA DE CARBÓN

Como se mencionó anteriormente el método de las tres vasijas no es suficiente para obtener un agua segura, por lo cual fue necesaria la adquisición de unos filtros de arena y vela de carbón para complementar el tratamiento del agua, ya que al ser objetivos con los análisis de agua que fueron evaluados anteriormente, es necesario un proceso de filtración, para disminuir los valores de turbidez , color y microorganismos que se presentaron altos en las muestras tomadas en el caño de Villa-Clarín.

El filtro fue adquirido con la empresa DITECO LTDA por un valor de $60.000 para 80 familias y presenta las siguientes características:

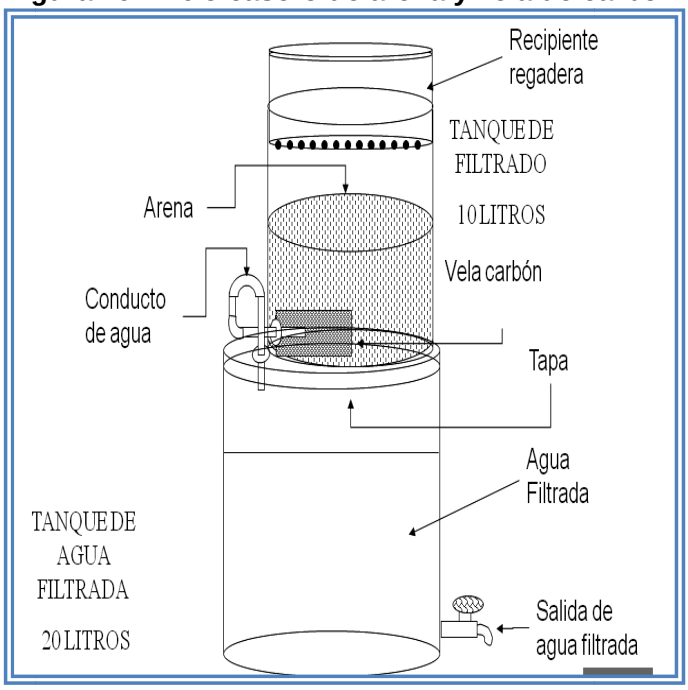
- Una vela esterilizante de carbón, con una vida útil de dos años.
- 7 kilos de arena sílice.
- Un recipiente plástico perforado.
- Una llave plástica.
- Dos recipientes cilíndricos de polietileno de alta densidad con tapa de color blanco, uno de 20 Lts de capacidad y otro de 10 Lts.
- Tubería externa de 1/2”.
- Codos macho.

En la figura 27 se muestra los componentes del filtro. La disposición y estructura de los baldes.

Figura 28. Filtro casero de arena y vela de carbón.

Fuente: Empresa DITECO LTDA.

Figura 29. Filtro casero de arena y vela de carbón.



Fuente: Empresa DITECO LTDA.

El proceso del agua dentro del filtro consiste en pasar de un depósito a otro, atravesando primero por una arena relativamente fina y posteriormente a través de un pequeño cilindro cerámico llamado "vela", el cual esta empacado con carbón activado para eliminar los productos químicos, orgánicos y sabores.

Tabla 17. Capacidad del Filtro

CAPACIDAD FILTRO	CONSUMO COMUNIDAD
360 l/día 15 l/h 0.25 l/min 0.0042 l/s	*Qmd* 0.70 l/s

Este filtro permite obtener, en promedio 0.0042 litros de agua por segundo, lo que indica que no cumple en su totalidad con el consumo medio diario que necesita la comunidad, por lo que se recomienda hacer uso exclusivo del agua para actividades prioritarias como alimentación y bebida, ya que dentro de los valores

calculados de caudal no se discriminó actividad alguna. El filtro es una opción rápida y sencilla de pretratamiento que reduce la cantidad de suciedad en el agua y aumenta la eficacia de la desinfección.

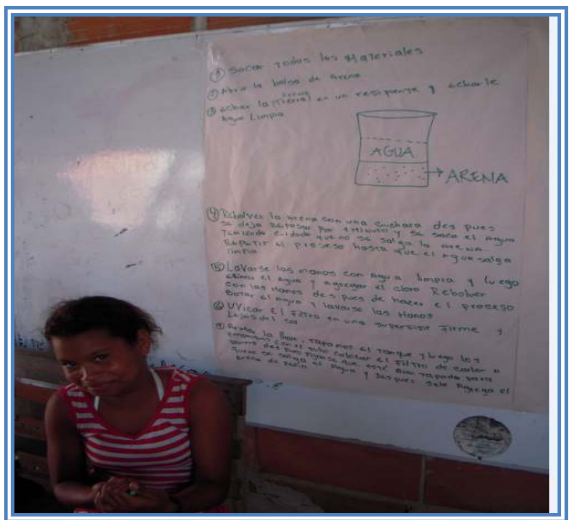
Para garantizar una vida útil del filtro, se realizó una jornada de capacitación técnica para armar el filtro y entender su debido uso e importancia. Estas actividades permiten conseguir un cambio en las prácticas sanitarias y generar un aprecio por el material suministrado, así la comunidad realizará una adecuada instalación y mantenimiento del filtro.

Figura 30, 31, 32 33. Capacitación Técnica del filtro con la Comunidad de Villa-Clarín.

Fuente: Villa-Clarín, autor.

El sistema de filtración es una opción apropiada para este tipo de comunidades vulnerables por su costo, efectividad, manejo y transporte, ya que es adecuado para las necesidades y posibilidades de las familias. El hecho de estar conformado por una vela de carbón, garantiza la eliminación de bacterias hasta en un 99% y una efectividad en el control de elementos biológicos y químicos, además de tener una buena aceptación socialmente.

Figuras 34, 35. Aceptación por la comunidad.



Fuente: Villa-Clarín.

3.5.6. DESINFECCIÓN DEL AGUA POR RADIACIÓN SOLAR.

Aunque el agua tenga una apariencia transparente, puede existir la posibilidad de que esté contaminada, si bien, el filtro alcanza una eficiencia mayor al 90% con un buen uso, existen patógenos que no son eliminados totalmente, por lo que es necesario desinfectar el agua para completar el tratamiento.

Una opción adecuada para la comunidad es usar la tecnología de desinfección solar, la cual es muy sencilla y de fácil aplicación, ya que se utiliza la radiación solar, es decir, temperatura y rayos UV para la eliminación bacteriológica. Este

método es ideal para los habitantes de Villa-clarín, ya que los recursos que se necesitan son mínimos, unas botellas de plástico o vidrio y la luz solar.

El proceso de tratamiento de desinfección es sencillo, consiste en exponer el agua en botellas de plástico o vidrio a los rayos solares por un período de exposición de cinco horas aproximadamente, alrededor del mediodía, si el tiempo no es soleado durante el día se recomienda duplicar el tiempo de exposición. Al estar Villa-Clarín ubicado en Barranquilla, cuenta con una temperatura promedio al año de 28° la cual es muy adecuada para la desinfección solar.

Para mayor eficacia es recomendable colocar las botellas en un techo o una superficie que sea oscura o de zinc, ya que mantienen el calor debajo de las botellas. También es importante incluir suficiente oxigeno al agua, ya que es capaz de formar compuestos altamente reactivos como radicales libres y peróxidos que destruyen la estructura celular de los patógenos, la aeración se puede lograr agitando la botella en sus tres cuartas partes 20 veces antes de llenarla por completo.

Figura 36. Procedimiento de exposición.

Fuente: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.

RECOMENDACIONES

Para mantener un control de los sistemas no convencionales seleccionados en la comunidad de Villa-Clarín, es importante continuar con el seguimiento y monitoreo de muestras de agua, que permitan evaluar la calidad por medio de los análisis de muestras.

Al adoptar un sistema no convencional de tratamiento de agua en una comunidad se debe contar con la opinión unánime de todos los habitantes, por lo cual se recomienda la aplicación de encuestas sobre manejo, uso y aceptación de los filtros.

Es indispensable realizar una adecuada capacitación a la comunidad de los sistemas a implementar, para que la de vida útil del material suministrado sea la indicada y los resultados sean los más esperados en la calidad del agua obtenida.

La comunidad debe esmerarse por reconocer su terreno legalmente y así obtener un sistema de abastecimiento de agua adecuado, esto a su vez les permitirá salir de la situación de emergencia en la que se encuentran actualmente.

CONCLUSIONES

Se seleccionó un grupo de sistemas de tratamiento de aguas con criterios tales como costo, tamaño y facilidad de manejo.

Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica a la fuente superficial (Caño Villa-clarín), la cual permitió establecer criterios en la elección del tratamiento más adecuado y efectivo bajo estas condiciones.

Se desarrolló una matriz de evaluación con los sistemas de tratamientos de agua, en la cual se analizó ventajas, desventajas, nivel de servicio y costos de cada uno de ellos, con lo que se determinó criterios claros y precisos en la elección del tratamiento a implementar.

La elección del método dependerá de la localización y naturaleza de la comunidad, tal vez no exista una única respuesta correcta ni una solución perfecta, pero en ocasiones la única opción es la que está disponible. Lo más importante es que los usuarios del método o producto estén de acuerdo en emplearlos.

El uso de los filtros de arena y vela de carbón es una de las mejores opciones a considerar para el tratamiento del agua a nivel doméstico en programas de emergencia, con un costo/efectividad adecuado a las necesidades y posibilidades de las familias, tiene una vida útil de dos años, efectivo en el control de elementos biológicos y químicos, con una aceptación y adaptabilidad social por parte de la comunidad, brindando una mejor calidad del agua y de los alimentos crudos que consumen como es el caso de la población de Villa Clarín.

Las técnicas de tratamiento doméstico del agua seleccionadas pueden ser aplicadas por cualquier miembro de la familia luego de una breve formación técnica básica.

El agua potable es un factor esencial para mantener la salud de la población, especialmente en una situación de emergencia. Los sistemas empleados contribuyen a controlar de modo eficaz la propagación de enfermedades de origen hídrico, sobre todo gastrointestinales y diarreicas.

El impacto visual del agua antes y después de ser filtrada, incidió en el cambio de percepciones de los habitantes de la comunidad de Villa-Clarín lo que fortalece el sentido de responsabilidad de la comunidad por el material suministrado (Filtro de Arena y vela de Carbón).

Los sistemas seleccionados para Villa-Clarín pueden ser implementados en otras comunidades que se encuentren en estado de emergencia, representa una alternativa inmediata y de bajo costo; utiliza equipos confiables y recipientes de fácil adquisición por la mayoría de familias, aún las más pobres; proporciona educación sanitaria a la población, permite el fortalecimiento de la organización comunitaria ya que la población participa desde el inicio del proyecto y asume la gestión del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

AGUA POTABLE, AGUA SAGRADA, Facultad de Teología Pontificia Universidad Javeriana-Facultad De Ingeniería Civil Universidad Católica De Colombia, Análisis de la red de distribución , tecnologías de tratamiento de agua, componente social caso de estudio Villa Clarín. Colombia, 2009

BANCO MUNDIAL, Abastecimiento de Agua a la Comunidad: La Opción de la Bomba Manual, 1988, Washington D. C.

BORDA, F. Registro del Congreso Mundial de Convergencia en Investigación Participativa. Participación popular: retos del futuro, 1997.

COSUDE – UNICEF, Desinfección Solar: Guía de Aplicación, Programa de agua y saneamiento - SODIS;, junio 2003.

FAO, Protección y Captación de Pequeñas Fuentes de Agua, febrero 2002.

FUNDACIÓN HESPERIAN, Agua para vivir, como proteger el agua comunitaria, Berkeley, California, 2005

GRUPO DE REDES HIDRÁULICAS Y SISTEMAS A PRESIÓN. Estado Mundial de la Infancia. En: línea [Cited 13-12-2008]., Disponible en:<http//www.redhisp.upv.es>.

ONU, WSSCC, Water Supply & Sanitation Colaborative Council, En: Instalaciones sanitarias y Agua potable la mejor opción para la reducción de la pobreza. Boletín de Noticias Agua & Saneamiento No.26. 2008.

OPS, Inventario de Tecnologías de Agua y Saneamiento en Guatemala: Utilizadas en Comunidades Rurales e Indígenas, 2003.

PROGRAMA DE AGUA Y SANEAMIENTO EN LA REGIÓN ANDINA. Metodologías y Tecnologías Apropiadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, Julio 1999, La Paz – Bolivia

SKINNER, B.; Chlorinating small water supplies, a WELL study available at WEDC, Loughborough University, UK (2001).

UNICEF. Strategies in Water and Environmental Sanitation, Nueva York, 1995.Disponible en:<www.unicef.org/programme/wes>.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de resultados para el análisis de agua utilizado en villa-Clarín.

Universidad Católica de Colombia

Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá

Universidad Militar Nueva Granada

Programa de Ingeniería Civil
Grupo de Investigación en Agua y Medio ambiente

FORMATO DE RESULTADOS DE ANALISIS --- MUESTRAS DE AGUA Y OTROS

Planes de manejo integral de recursos hídricos en comunidades de desplazados -- Caso de estudio Villa Clarín

TIPO DE AGUA: _____

FECHA DE TRABAJO EN CAMPO:

UBICACIÓN/ LOCALIDAD: _____

OPERARIOS Y/O RESPONSABLES MUESTREO: _____

GRUPO:

OPERARIOS Y/O RESPONSABLES ANALISIS: _____

_____

FECHA DE ANALISIS: _____

I. EQUIPOS, MATERIALES Y OTROS

Botella(s) Toma de Muestra: _____ Otros: _____

Otros: _____ Otros: _____

Otros: _____ Otros: _____

II. MUESTRAS

NÚMERO DE LA MUESTRA						
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*

	UBICACIÓN DE LA MUESTRA O PUNTO DE RECOLECCIÓN						
FECHA TOMA DE MUESTRA							
HORA TOMA DE MUESTRA							

III. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS	**RESULTADO Y/O VALOR OBTENIDO EN EL ANÁLISIS**						
1. Turbiedad (UNT)							
Resultado del Análisis							
2. pH							
Resultado del Análisis							
Con cinta de pH							
3. Temperatura							
Resultado del Análisis							
4. Color (UPC)							
Resultado del Análisis							
5. Conductividad (µS/cm) -- (kΩ*cm)							
Resultado del Análisis (µS/cm)							
(1 µS/cm = 1 micromhos/cm)							
(1000 µS/cm = 1mS/cm) (kΩ*cm)							
6. STD (mg/L)							
Resultado del Análisis							
15. DBO5							
Resultado del Análisis							
16. Floruros (mg/L)							
Resultado del Análisis							
17. Coliformes Totales (NMP)							

Resultado del Análisis							

18. Coliformes Fecales (NMP)

Resultado del Análisis							

Codificación:

s. : muestra simple
c. : muestra compuesta

P. : plastico
V. : Vidrio

A. : Ambar
N.R. : No realizada

N.A. : No aplica

OBSERVACIONES:

Tecnico Instructor Laboratorio

Coordinador Laboratorios de Quimica Sanitaria y Plantas de tratamiento e Hidraulica de tuberrias