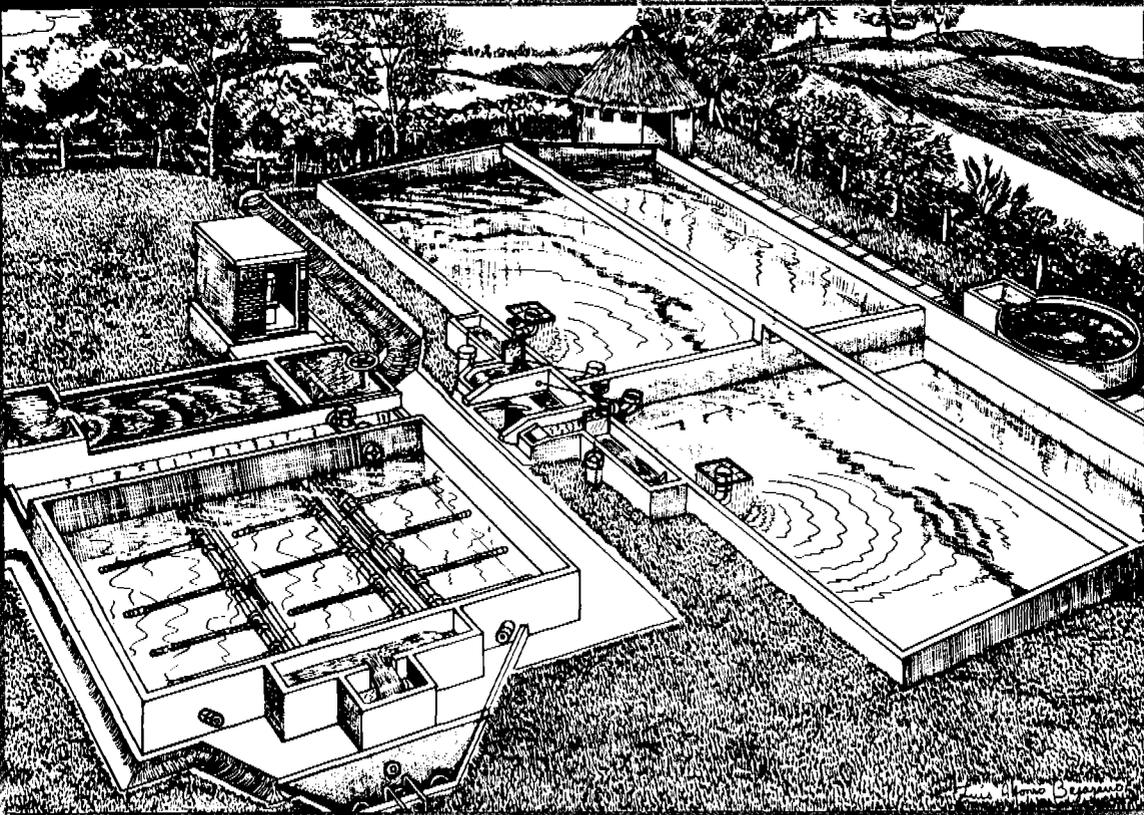


Filtración Lenta en Arena y Pretratamiento

255.1

87 FI

TECNOLOGIA PARA POTABILIZACION DE AGUA



PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA
PROYECTOS DE ESTUDIO, DESARROLLO Y PROMOCION DE TECNOLOGIA
APLICADA AL ABASTECIMIENTO DE AGUA



CIR
Centro Internacional de Referencia
para el abastecimiento
de agua y saneamiento
La Haya, Holanda



UNIVERSIDAD DEL VALLE
Facultad de Ingeniería
Cali, Colombia



MINISTERIO DE SALUD
Dirección de Saneamiento
Sección Acueducto
Colombia 255-1-87FI-4892

En la portada, Esquema ambientado de planta de filtración lenta en arena con pretratamiento en filtración gruesa ascendente en capas. EL RETIRO Cali-Colombia.

Estas ponencias se han producido con base en el desarrollo del proyecto internacional para el estudio y la promoción de la tecnología de FLA que el CIR adelanta en diferentes países con el apoyo del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Extranjería de Holanda.

El proyecto se ejecuta en Colombia con la dirección de la Universidad del Valle en coordinación con la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y en colaboración con diferentes instituciones del sector de abastecimiento de agua.

**Contiene las ponencias presentadas
en desarrollo del Seminario Internacional sobre
Tecnología Simplificada para Potabilización de Agua
Organizado por ACODAL Seccional Valle del Cauca
Cali, Colombia, Agosto 17 al 21 de 1987**

En la elaboración de las ponencias se ha aprovechado información del proyecto del CIR en diferentes países y de proyectos ejecutados por la UNIVERSIDAD DEL VALLE en mutua colaboración con las siguientes instituciones u organizaciones:

Gobernación del Valle
Infivalle
Beneficencia del Valle
CVC - Pladeicop
Servicios Seccionales de Salud de los Departamentos del Valle y del Cauca
Acuavalle
Comité Departamental de Cafeteros del Valle
Secretarías Municipales de Salud y de Obras Públicas de Cali
Empresas Municipales de Cali, EMCALI
Empresas Municipales de Servicios Varios de Cali - EMSIRVA

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 98190, 2509 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN:

LO:

WN 4092.
255.187F1

Información adicional sobre el tema

Ing. Gerardo Galvis Castaño
Area de Abastecimiento y Remoción de Agua
Depto. de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas
Facultad de Ingeniería
Universidad del Valle. Cali - Colombia
A.A. 25360 Cali

Ing. Jan Teun Visscher
IRC - International Reference Centre
For Community Water Supply and Sanitation
Princes Margrietplantsoen 20
The Hague
Postal Address: P.O. Box 93190
2509 AD The Hague
The Netherlands

Contenido

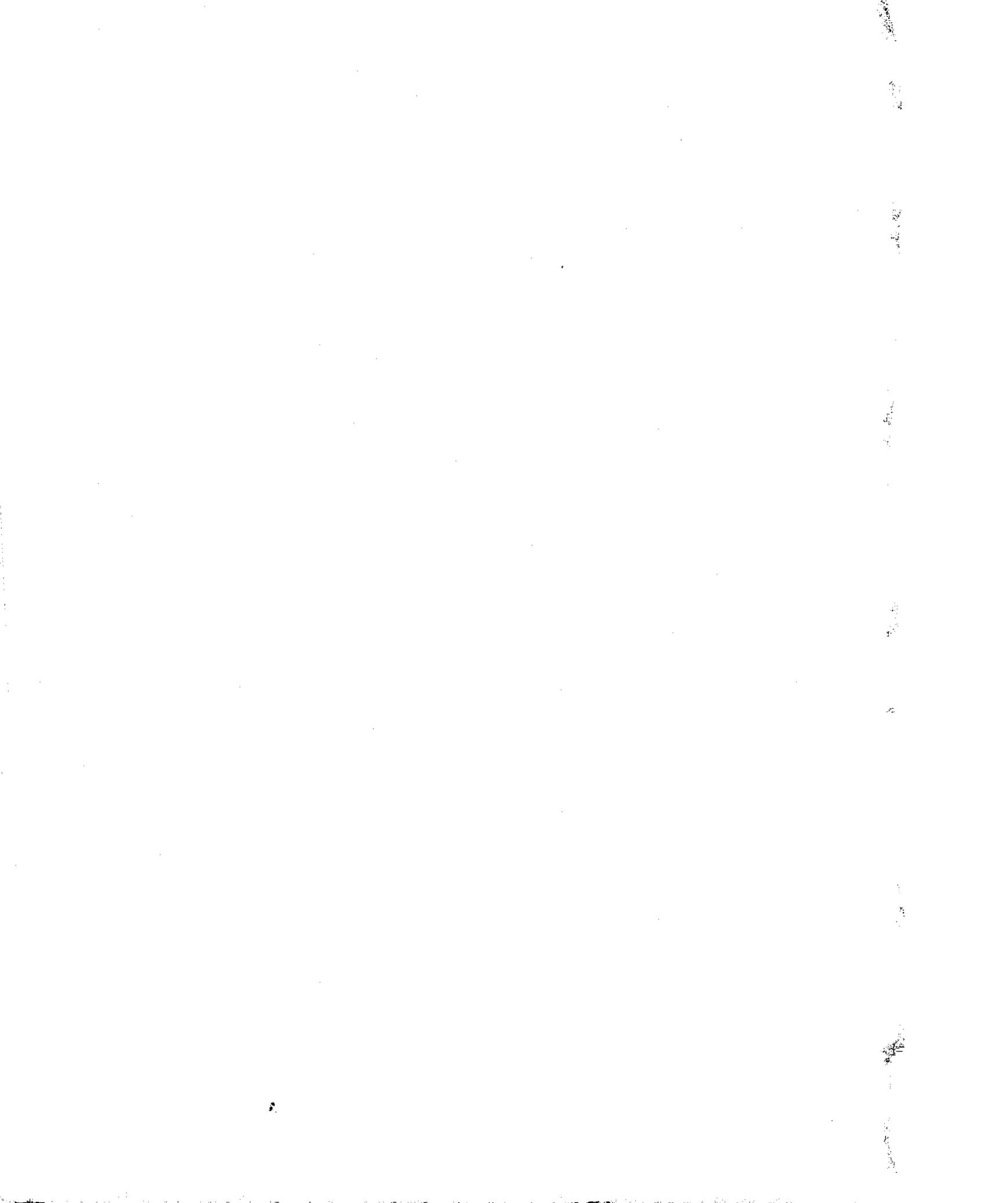
PAG.

LA FILTRACION LENTA EN ARENA RETOMA SU PAPEL EN LA POTABILIZACION DEL AGUA

Resumen	5
1. Introducción	7
2. Antecedentes	8
3. El CIR y la Filtración Lenta en Arena	9
4. El proyecto integrado de Filtración Lenta en Arena	10
5. Consideraciones sobre la Tecnología de FLA	12
5.1 Principios del Tratamiento	12
5.2 El Lecho Filtrante	13
5.3 Velocidad de Filtración	15
5.4 Estructuras de Entrada y Salida	15
5.5 Filtración Ascendente vs. Descendente	16
5.6 Consideraciones sobre Operación y Mantenimiento	16
5.7 Filtración a Velocidad Declinante	17
5.8 Consideraciones sobre el Diseño	18
5.9 Sistema de Drenaje	18
5.10 Formas y Materiales de Construcción	18
5.11 Consideraciones sobre Costos	19
6. Consideraciones sobre Pretratamientos	22
6.1 Filtración Dinámica Gruesa en Capas (FDGC)	22
6.2 Filtración Gruesa Horizontal (FGH)	22
6.3 Filtración Gruesa Descendente en Serie (FGDS)	22
6.4 Filtración Gruesa Ascendente en Serie (FGAS)	22
6.5 Filtración Gruesa Ascendente en Capas (FGAC)	23
7. Conclusiones	24
Referencias	25

PARTICIPACION Y PERSPECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE FILTRACION LENTA EN ARENA (FLA)

Resumen	29
1. Antecedentes	31
2. Marco legal	32
3. Plan de acción para posibilitar el cumplimiento del Programa Nacional de Calidad del Agua en el Departamento del Valle del Cauca	33
4. Estudio, desarrollo y promoción de la tecnología de Filtración Lenta en Arena	36
4.1 Limitaciones para el aprovechamiento de la tecnología	36
4.2 Consideraciones sobre la organización del Grupo de Trabajo para participar en el proyecto	36
4.3 Consideraciones sobre acciones ligadas con el estudio y desarrollo integral de la tecnología	37
4.4 Consideraciones sobre acciones ligadas con la promoción integral de la tecnología	49
5. Perspectivas en el Desarrollo del proyecto FLA	51
5.1 Proyecto para la transferencia de la tecnología de Filtración Lenta en Arena (FLA) en otras regiones de Colombia	51
5.2 Evaluación técnica y económica del funcionamiento, operación y mantenimiento de filtros dinámicos gruesos en capas (FDGC)	51
5.3 Evaluación de plantas de demostración de filtración gruesa horizontal (FGH) y FLA	51
5.4 Continuación a la promoción integrada de la tecnología de FLA	51
5.5 Convenio Univalle-Acuavalle	51
5.6 Proyecto de evaluación de remoción de hierro en sistemas de Filtración Lenta en Arena (FLA)	52
5.7 Proyecto Integrado de Investigación y Demostración de Tecnologías simplificadas de pretratamiento para sistemas de abastecimiento de agua	52
6. Consideraciones finales	53
Referencias Bibliográficas	55



**SEMINARIO INTERNACIONAL
SOBRE TECNOLOGIA SIMPLIFICADA
PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA**

**LA FILTRACION LENTA EN ARENA
RETOMA SU PAPEL EN LA
POTABILIZACION DEL AGUA**

CALI, AGOSTO DE 1987

La Filtración Lenta en Arena retoma su papel en la Potabilización del Agua

Por Jan Teun Visscher¹ y Gerardo Galvis C.²

Resumen

Para posibilitar el abastecimiento de agua de buena calidad en regiones con limitaciones en su desarrollo técnico y socioeconómico, se presenta una creciente necesidad de tecnologías que puedan ser utilizadas adecuadamente para el tratamiento de aguas superficiales.

La filtración lenta en arena (FLA), cuyos orígenes se remontan a la primera mitad del siglo XIX, es una tecnología que se ajusta muy bien a estos requerimientos y en muchos casos resulta ser la única respuesta apropiada al logro del suministro de agua potable en forma eficiente y confiable. Esta es una de las conclusiones más importantes del Proyecto Integrado de Investigación y Demostración del Centro Internacional para Abastecimiento de Agua y Saneamiento (CIR), desarrollado en colaboración con Instituciones de India, Tailandia, Kenia, Sudán, Ghana, Jamaica y Colombia.

El presente documento describe en forma general las características del proyecto integrado de filtración lenta en arena coordinado por el CIR y presenta los aspectos fundamentales sobre la tecnología, incluyendo los principios del tratamiento, los criterios básicos de diseño, características de los diferentes componentes del sistema, formas y materiales de construcción, y consideraciones sobre costos. Finalmente se incluyen aspectos inherentes a sistemas de pretratamiento en medios gruesos, mediante los cuales se han podido obviar las limitaciones al uso de la tecnología de FLA cuando las turbiedades del agua cruda presentan valores relativamente altos.

1/ Senior Programme Officer. Centro Internacional de Referencia (CIR) para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento, Holanda.

2/ Director Grupo de Trabajo en Abastecimiento de Agua. Coordinador Área de Abastecimiento y Remoción de Agua. F. de Ingeniería. UNIVALLE. Colombia.

1. Introducción

La filtración lenta en arena es una técnica de purificación en la que el agua a tratar pasa por una capa porosa de medio filtrante. Al pasar por este medio la calidad del agua se mejora considerablemente por el efecto de la degradación de la materia orgánica, reducción del número de microorganismos patógenos, por separación de la materia en suspensión y coloidal, y por cambios en su composición química.

Esta técnica para la potabilización del agua, cuyos orígenes datan de principios del siglo XIX, está jugando ahora un papel muy importante en el tratamiento de agua para consumo humano en los sectores rurales y municipalidades de los países en desarrollo. En estas zonas la filtración lenta en arena (FLA) ha sido reconocida, por varios investigadores y profesionales en agua potable y saneamiento requeridas en plantas convencionales, particularmente por las limitaciones para garantizar un adecuado suministro de productos químicos, combustibles o piezas de repuesto.

En estos países, normalmente ni la infraestructura ni el recurso humano de las instituciones relacionadas con el servicio podrían enfrentar directamente todas las actividades de operación y mantenimiento requeridas, en particular por las limitaciones para garantizar un adecuado suministro de productos químicos, combustibles o piezas de repuesto.

Una complicación adicional la constituye la escasez de recursos financieros. Consecuentemente con lo anterior, las alternativas de tratamiento viables deben basarse en procedimientos simples, confiables y de bajo costo global, incluyendo construcción, operación y mantenimiento. La tecnología de FLA se ajusta muy bien a estos requerimientos. Esta ha sido la conclusión más importante del proyecto de estudio y demostración del Centro Internacional de Referencia CIR, y de otras personas e instituciones, de acuerdo con lo presentado en publicaciones recientes sobre este tema.

2. Antecedentes

La primera referencia sobre los orígenes de esta tecnología se remontan a principios del siglo XIX. En 1804 J. Gibb construyó un filtro lento de arena para una pequeña comunidad en Paisly, Escocia. Sin embargo, quien construyó el primer sistema de tratamiento de un tamaño significativo, utilizando esta técnica, fue James Simpson en Londres en 1829. El agua de este sistema fue utilizada por una compañía londinense, que deseaba mejorar la parte estética y de sabor, del agua de suministro proveniente del río Támesis.

La acción más importante de la filtración lenta en arena, (la remoción de organismos patógenos para la producción de agua potable), sólo fue reconocida mucho tiempo después con el nacimiento de la bacteriología en la segunda mitad del siglo XIX. En esta época, en 1892, una prueba muy convincente de la efectividad de la tecnología de FLA fue el comportamiento de la incidencia en la morbilidad y la mortalidad por enfermedades de origen hídrico en la población de Altona (143.000 habitantes) en Alemania. En esta ciudad el efecto de estas enfermedades fue muy inferior en comparación con otras ciudades importantes de la misma región, entre ellas Hamburgo, donde no se contaba con un sistema adecuado para el tratamiento del agua.

Varias plantas de FLA de tamaños relativamente grandes han sido construidas en los últimos años en Europa, entre las más importantes están Amberes (Oeligem, 1966), Londres (Coppermills, 1967) y Amsterdam (Leidwin, 1968). En América la tecnología ha sido utilizada, entre otros países, por Estados Unidos, Jamaica, Argentina y Brasil. Sin embargo, en muchos casos estas plantas no funcionan adecuadamente, por problemas de diseño, operación o mantenimiento.

3. El CIR y la Filtración Lenta en Arena

El abastecimiento de agua de buena calidad y en cantidad suficiente, se ha reconocido como condición esencial para posibilitar el bienestar y el desarrollo de los asentamientos humanos.

El Centro Internacional para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento (CIR), está al servicio de los millones de habitantes que no disponen de un adecuado abastecimiento de agua y saneamiento, y a los miles que dedican sus vidas para posibilitar que esta situación sea superada. El CIR cree que mientras más información y experiencia esté disponible para estos miles, más eficiente y efectivo será su trabajo y más pronto podrá servir y trabajar en colaboración con los otros millones que requieren superar su situación.

El CIR fue fundado en 1968 con base en un acuerdo entre la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el gobierno de Holanda. El CIR es una fundación independiente que fue designada como un centro colaborante de la OMS en Abastecimiento Público de Agua y Saneamiento Básico. Su junta directiva incluye miembros de organizaciones internacionales como PNUD, UNICEF, Banco Mundial y OMS. En su trabajo el CIR enfatiza la integración de los aspectos sociales con los aspectos técnicos. Su trabajo incluye, en general, actividades como las siguientes:

- Recolección, generación, evaluación y adaptación de información básica a través de la investigación básica y aplicada.
- Recolección de información, procesamiento, selección y computarización.
- Transferencia de información a través de diferentes publicaciones y servicios.
- Transferencia de información a través de asistencia directa, entrenamiento, evaluación, asesoría y proyectos de desarrollo y demostración.

No puede asumirse que la disponibilidad de información será automáticamente apreciada, entendida o aplicada. Los cambios no se dan tan fácilmente. El CIR ha encontrado que proyectos de desarrollo y demostración constituyen un excelente medio de introducir novedosas ideas y de proveer una base para la utilización de la información. Esta aproximación no solamente permite la participación de organizaciones locales en la ejecución de las modificaciones necesarias en construcción u otras etapas de la planeación o ejecución, operación o mantenimiento de las alternativas, sino que también permite la conformación de recursos para el entrenamiento, la investigación y la generación de información.

4. El proyecto Integrado de Filtración Lenta en Arena

La necesidad de alternativas basadas en procedimientos simples confiables y económicos para el tratamiento del agua de fuentes superficiales motivó al CIR a iniciar, en estrecha colaboración con instituciones de siete países distintos, y en desarrollo, un proyecto integrado de investigación y demostración sobre la filtración lenta-en arena (Proyecto FLA). El proyecto se desarrolla en los siguientes países: India, Tailandia, Kenia, Sudán, Ghana, Jamaica y Colombia.

El proyecto FLA en su primera fase permitió comprobar la confiabilidad del proceso en condiciones tropicales. Después se inició la segunda fase tanto para demostrar a nivel de poblaciones la efectividad de la tecnología en la purificación del agua como para desarrollar guías generales del diseño. Esto se ha llevado a cabo con la instalación de plantas de demostración en comunidades previamente seleccionadas.

En desarrollo de la segunda fase se reconoció la importancia de otros elementos y en particular el papel que deberían jugar los miembros de las comunidades beneficiadas. Los objetivos del proyecto se ampliaron, de simplemente mejorar la calidad del agua suministrada, al más amplio de superación de las condiciones de salud. Las comunidades fueron involucradas en la planeación, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas. Además, se realizaron programas de educación sanitaria paralelamente con el desarrollo del proyecto de demostración.

Las actividades socio-económicas en el proyecto han sido responsabilidad de las agencias coordinadoras a nivel de cada país. Por esta razón los esquemas seguidos en cada país difieren sustancialmente.

Consecuentemente, los hallazgos del proyecto en este campo son de naturaleza general. En la Tabla No. 1 se relacionan los principales aspectos identificados para la toma de decisiones relacionadas con la planeación, construcción, operación, mantenimiento y evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua con participación comunitaria.

En la tercera fase del proyecto se organizarán seminarios nacionales e internacionales para transmitir la información general hasta la fecha y para estimular una mayor aplicación de la tecnología. A través de estos seminarios se recopilieron experiencias y se obtuvieron conclusiones importantes, sin embargo, resultó claro que algunos aspectos requerían un estudio y desarrollo adicional.

En el desarrollo de esta fase del proyecto se identificaron factores que estaban limitando una amplia aplicación de la tecnología, aún en países desarrollados, donde las características de simplicidad en la operación y el mantenimiento de la tecnología de FLA no se hacen tan necesarias como en el caso de vastas regiones en los países en desarrollo. Entre estos factores están:

- a. Limitada capacidad para tratar aguas superficiales con turbiedades altas.
- b. La existencia de filtros que trabajan inadecuadamente porque presentan deficiencias en el diseño, la operación o el mantenimiento.
- c. La tendencia de los ingenieros a seleccionar sistemas de tratamiento "más sofisticados" porque:
 - Poseen más experiencia y mejores conocimientos en estas técnicas "sofisticadas".
 - Hay mayor disponibilidad de información sobre otras tecnologías.
 - Falta de información sobre costos con base en experiencias regionales, que involucren tanto la componente de inversión como de operación y mantenimiento de los sistemas.

Consecuentemente se planeó una nueva fase del proyecto orientada a:

- Pretratamiento simplificado
- Adiestramiento y promoción
- Simplificación del diseño
- Utilización de materiales locales

Consecuentemente con lo anterior, el proyecto continuó con una etapa adicional. Los resultados de esta etapa, en Colombia, son presentados en más detalle en la ponencia: "Participación y perspectivas de la Universidad del Valle en el Desarrollo del Proyecto de Filtración Lenta en Arena (FLA)".

Tabla No. 1 Aspectos a considerar para la participación y la toma de decisiones de la comunidad en pequeños sistemas de abastecimiento de agua

FASE DEL PROYECTO	ASPECTOS A CONSIDERAR CON PARTICIPACION COMUNITARIA EN PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
Planeación	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar las características del sistema de distribución. Por ejemplo: pilas públicas, acometidas domiciliarias incluyendo o no conexiones intradomicilia-rias. • Acordar las contribuciones para el desarrollo del futuro sistema de abasteci-miento. • Definir tarifas, teniendo en cuenta las características del uso del sistema. • Seleccionar operadores responsables y motivados por su trabajo. • Establecer un Comité Local de Administración.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuir en servicios, especies, dinero o trabajo. • Precisar el período de construcción.
Operación	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger la fuente. Prevención de desperdicios en el sistema de distribución. Cuidados en el uso del agua. • Pagar las tarifas.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de apoyo laboral para el operador o el fontanero. • Contribuir eventualmente en especies o dinero para reparaciones mayores.
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar en discusiones informales las opiniones de los usuarios sobre el sistema y su operación.

5. Consideraciones sobre la Tecnología de FLA

En este aparte se presentan, en forma simplificada, una descripción de los procesos involucrados en la filtración lenta en arena y algunos aspectos técnicos relevantes en la aplicación de la tecnología, basados en los resultados preliminares del desarrollo del proyecto FLA.

En la Figura No. 1 se presenta de manera esquemática, un sistema de tratamiento de agua que incluye filtración lenta.

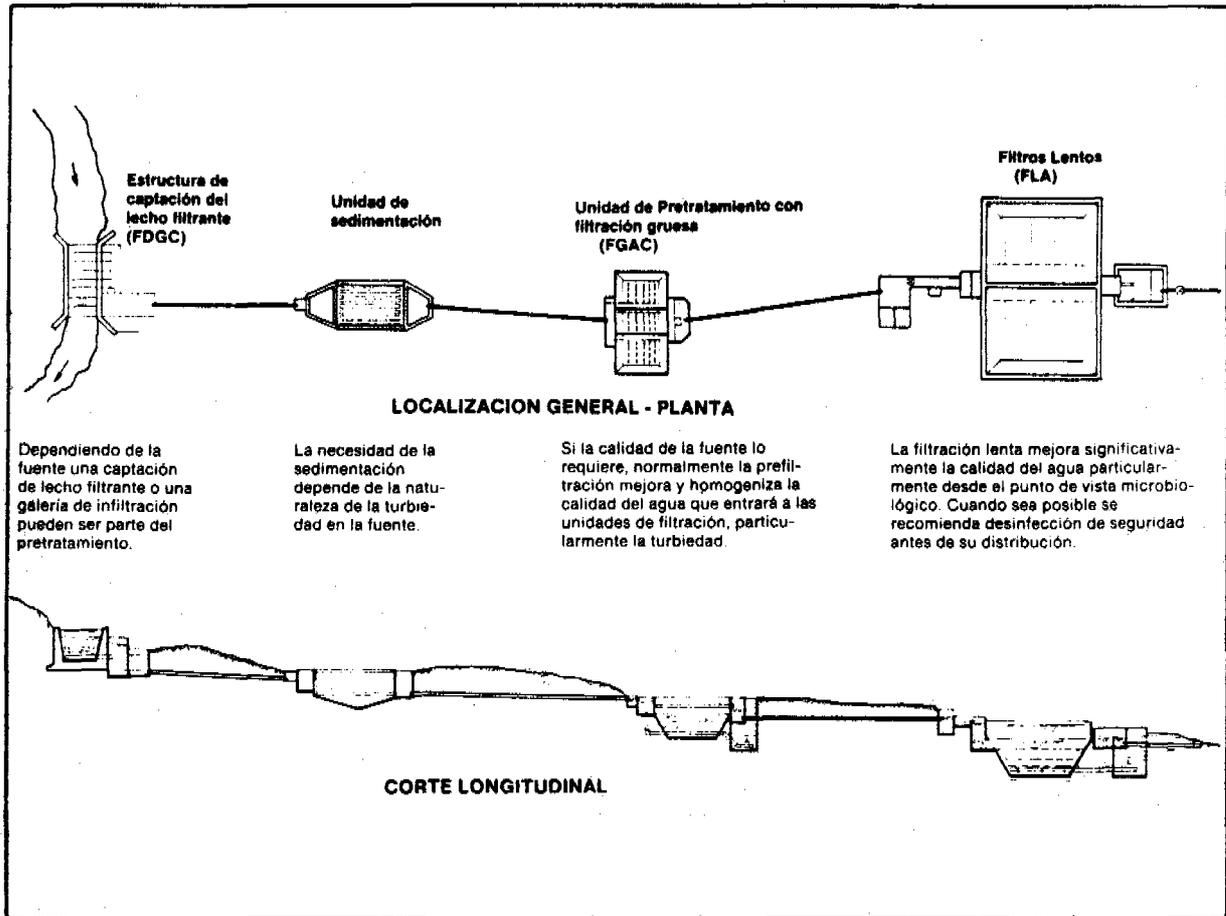


Figura No. 1. Esquema general de un sistema de filtración lenta incluyendo tres de las posibles modalidades de pretratamiento del agua cruda.

5.1. Principios del Tratamiento

A pesar de que el tratamiento de agua en un filtro lento es sencillo, no por esto debe dejarse de lado una visión al menos general, de la naturaleza de los procesos que se involucran en esta tecnología. En un filtro lento el agua percola a través de un lecho poroso de arena, mejorando considerablemente sus calidades físico-químicas y biológicas. La remoción de impurezas es consecuencia de una combinación de procesos de naturaleza física, química y biológica (Figura No. 2).

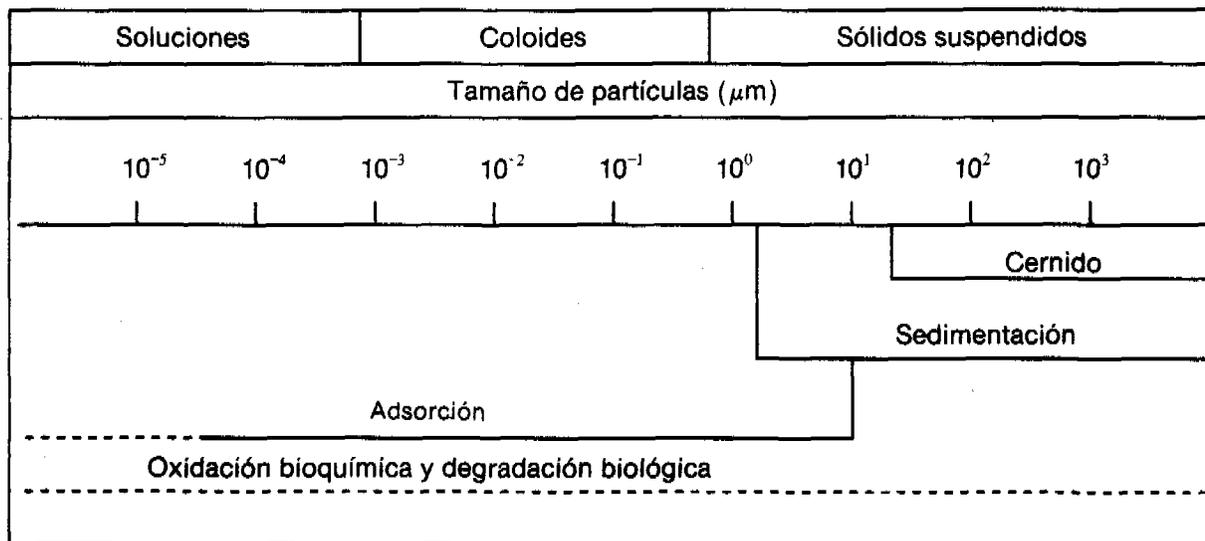


Figura No. 2. Algunos de los procesos en la filtración lenta y sus relaciones con el tamaño de las partículas.

Poco después de iniciarse la filtración, sobre la superficie libre del lecho de arena se forma una fina capa, que continuará siendo citada como generalmente llamada "schmutzdecke" o "membrana biológica". Esta membrana se convierte en un elemento importante del filtro. Consiste básicamente de una cubierta gelatinosa con una gran variedad de microorganismos biológicamente activos que se alimentan de materia orgánica. Ella reduce el tamaño de los poros de la parte superior del lecho filtrante mejorando la eficiencia del cernido de los sólidos suspendidos del agua.

Con el transcurso del tiempo, la membrana crece por la retención de partículas y por la multiplicación biológica, aumentando, como consecuencia, la resistencia al paso del agua. Después de varias semanas o meses, esta resistencia llega a ser tan grande que reduce el flujo. Lo anterior hace necesario la remoción periódica de arena de la parte superior del lecho filtrante raspando unos dos centímetros cada vez. Esta operación conlleva la remoción de gran parte de la membrana biológica. Esto implica que para asegurar la producción de agua potable en forma continua se requiera de un número mínimo de dos (2) unidades de filtración, operando en paralelo.

El suficiente desarrollo de la membrana biológica, componente importante para el comportamiento de la unidad de FLA, toma algún tiempo. Por eso la remoción de bacterias en la etapa inicial es insuficiente y de débil espesor para su adecuada conformación. Para un filtro completamente nuevo este período de desarrollo o maduración puede requerir del orden de 5 a 30 días dependiendo de la temperatura, calidad del agua y condiciones de operación.

El periodo de maduración después de una operación de raspado, es mucho más corto, siempre y cuando la unidad dure pocas horas fuera de servicio. En estas condiciones la unidad recuperará su eficiencia normalmente en menos de un día. En caso contrario, cuando el raspado toma mucho tiempo, la recuperación de la unidad será más lenta, limitando una adecuada operación del sistema de abastecimiento. Por esta razón, el tamaño de las unidades de FLA debe limitarse de acuerdo con las facilidades disponibles en la localidad. En general, un límite razonable para sistemas no mecanizados se considera de 200 m²

En la Tabla No. 2 se muestran algunos de los efectos en la calidad del agua por la filtración lenta en arena.

Los parámetros más importantes para obtener un efluente de buena calidad, mientras la operación y el mantenimiento sean bien ejecutados, son: la granulometría de la arena y la velocidad de filtración.

5.2. El Lecho Filtrante

Es aconsejable investigar la posibilidad de utilizar arenas locales ya que su uso puede producir ahorros en los costos de construcción. En la especificación del lecho filtrante, deben tomarse algunas consideraciones mínimas como el bajo contenido de materia orgánica —por lo cual es aconsejable en algunos casos el lavado del material antes de su colocación—, la granulometría y el espesor de la capa.

Tabla No. 2 Efecto de la filtración lenta en la potabilización del agua.

CARACTERISTICA	EFEECTO
Color	Reducción entre el 30 y el 100%
Turbiedad	El agua tratada tiene por lo general una turbiedad menor de 1 UNT.
Coliformes fecales	Remoción entre el 95-100%, y generalmente entre el 99-100%.
Cercaria	Remoción efectiva de cercarias, esquistosomas, quistes y huevos.
Virus	Prácticamente remoción completa.
Materia orgánica	Reducción del 60-75% de DQO.
Hierro y manganeso	Reducción significativa
Metales pesados	Reducción del 30-95%

La mayoría de las experiencias recogidas hasta la fecha muestran que materiales con tamaño efectivo entre 0.15 y 0.30 mm y coeficiente de desuniformidad entre 2.0 y 3.0 permiten obtener agua tratada de buena calidad. Algunas de estas experiencias evidencian que, para una misma calidad de agua de entrada, un aumento del tamaño efectivo no afecta adversamente la remoción de turbiedad, aumenta las carreras de filtración pero tiende a desmejorar la remoción de bacterias. Una muestra de esto se presenta en la Figura No. 3, la cual corresponde al estudio de 18 ensayos en plantas piloto con velocidades de filtración de 0.12 m/hora.

Hasta ahora se recomienda que el espesor del lecho tenga una altura mínima de 0.5 m para permitir los procesos de tratamiento que se dan tanto en la membrana biológica como en el interior del material filtrante y garantizar una buena calidad del agua. Sin embargo, cuando el filtro lento es el único proceso de tratamiento, se recomienda una altura mínima de 0.6 m. Se ha utilizado como espesor inicial o altura máxima del lecho valores entre 0.8 y 1.1 m. Esta altura va disminuyendo a medida que se hace necesario raspar la capa superficial, de aproximadamente 2 cm. del medio filtrante determinables en la operación. Este material retirado debe ser lavado inmediatamente y almacenado, con el fin de restituirlo al filtro cuando la altura llegue al nivel mínimo. Los procedimientos de lavado y reposición (rearenamiento) pueden ser consultados en la Referencia No. 3.

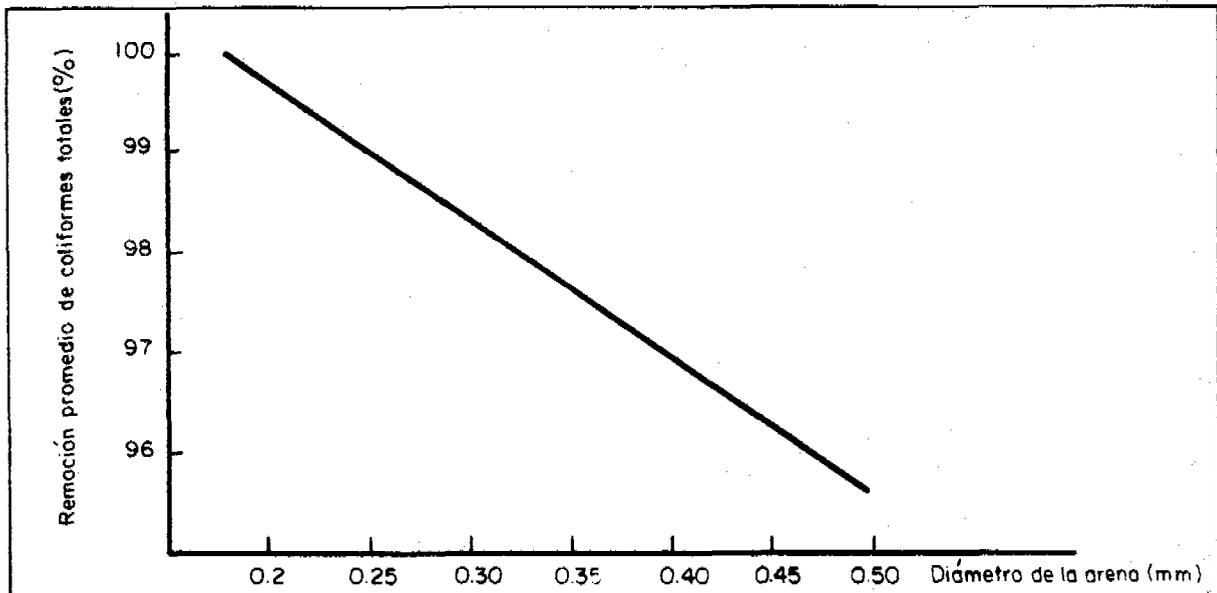


Figura No. 3. Efecto del tamaño de la arena en la remoción de bacterias coliformes totales en la filtración lenta en Arena. (Bellamy, 1985).

5.3 Velocidad de Filtración

La velocidad de filtración es una variable cuya precisión ha de determinarse, en la etapa de planeación y diseño del sistema, tomando en cuenta otras características particulares locales, tales como calidad del agua cruda, tipo de pretratamiento, y especialmente los costos de inversión y las facilidades para operación y mantenimiento.

Las experiencias de diferentes países muestran que es posible utilizar velocidades entre 0.1 v 0.3 m/h (2.4 - 7.2 m³/m²/h), dependiendo de la turbiedad del agua de entrada al filtro. Velocidades mayores producen una rápida colmatación del filtro, particularmente cuando la turbiedad del agua de entrada es superior a 20 o 30 UNT. En Europa, durante algunos períodos, se utilizan velocidades hasta de 0.6 m/h, pero sólo en aquellas plantas donde la filtración lenta en arena es la última fase de una serie de procesos que comprenden varias etapas.

De acuerdo con resultados obtenidos en el National Environmental Engineering Research Institute NEERI, de la India, no es necesario mantener una velocidad de filtración baja para obtener eficiencia en el tratamiento; sin embargo, una velocidad baja disminuye y simplifica las labores de operación y mantenimiento ya que reduce la frecuencia de lavado, aun cuando para esto se requiera una mayor inversión inicial porque el tamaño del filtro se aumenta. De otra parte, una velocidad baja aumenta la calidad bacteriológica del agua tratada y permite una mayor remoción de virus. En lo posible, la velocidad de filtración debe mantenerse constante, ya que fluctuaciones fuertes y rápidas conducen a deteriorar la calidad del agua filtrada.

5.4 Estructuras de Entrada y Salida

Las estructuras de entrada y salida de un sistema FLA requieren especial atención.

En la estructura de entrada es fundamental asegurar un suministro de agua a los filtros mediante un caudal constante. Esto se puede controlar mediante un vertedero de aforo que garantice una buena sensibilidad en la medida, y con un dispositivo de control de excesos que permita evacuar en forma eficiente las sobrecargas. El transporte del agua hasta el filtro debe ser de tal forma que no ocasione perturbaciones o daños a la membrana biológica por el golpe directo del agua sobre el lecho filtrante.

En la estructura de salida el vertedero debe estar ligeramente por encima del nivel máximo del lecho de arena, con el fin de prevenir el desarrollo de presiones inferiores a la presión atmosférica en el lecho filtrante (Ver figura No. 4).

Además esta condición permite que se presente caída libre del agua, haciendo la operación del filtro independiente de las variaciones de las estructuras ubicadas aguas abajo del filtro lento.

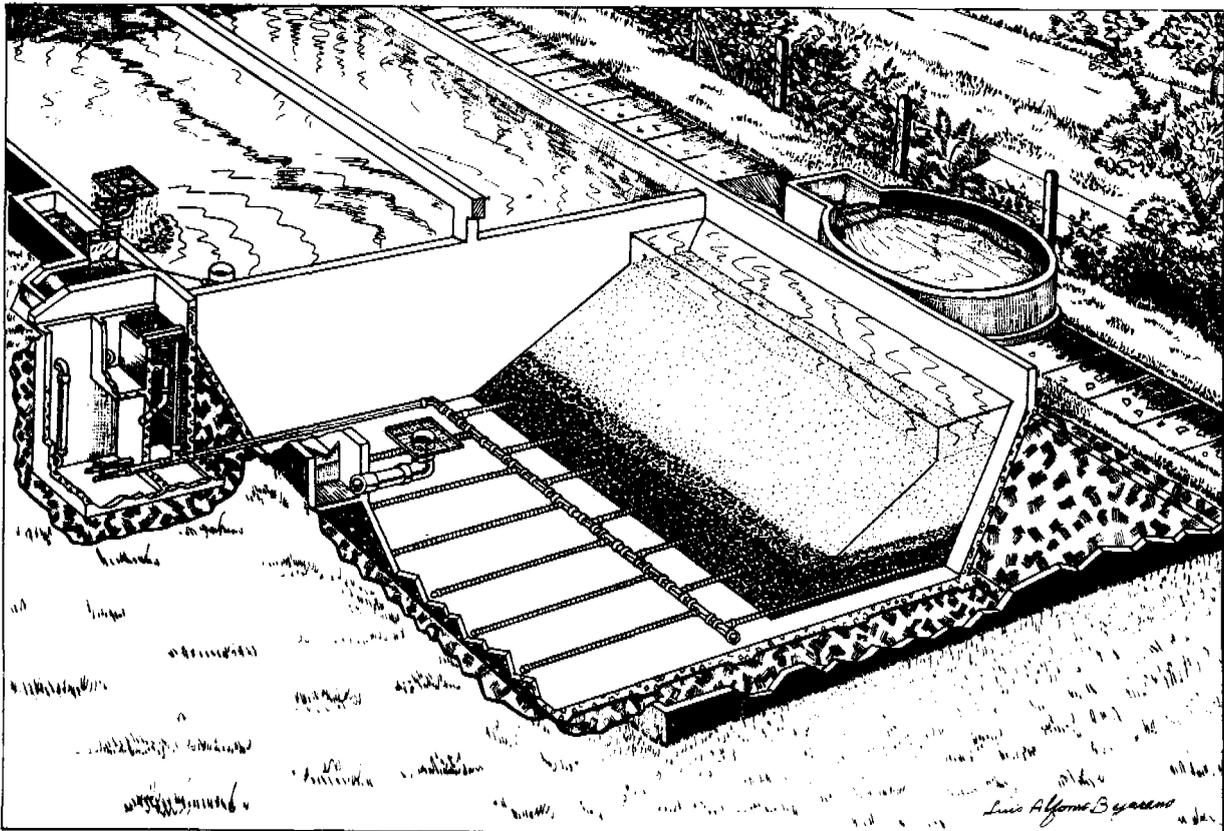


Figura No. 4. Corte isométrico de un filtro lento.

5.5 Filtración Ascendente Vs. Descendente

Normalmente el flujo del agua a través de los filtros lentos de arena es descendente, sin embargo, en Colombia se han construido algunos filtros con flujo ascendente.

Los resultados de la investigación en Alto de Los Idolos (Huila, Instituto Nacional de Salud) muestran que la filtración ascendente es menos efectiva que la descendente y que no puede utilizarse como único tratamiento. Estos resultados se obtuvieron comparando la reducción de hierro, color y turbiedad. En todos ellos, el filtro descendente mostró ser mejor que el ascendente. En el caso de la turbiedad, el filtro ascendente produjo agua tratada con valores de hasta 10 UNT. Cuando el flujo es ascendente resulta indispensable cubrir el filtro con el fin de evitar la recontaminación del efluente. Todo esto indica la conveniencia de utilizar filtración descendente en las unidades de FLA.

5.6 Consideraciones sobre Operación y Mantenimiento

La operación regular más importante es el control de la velocidad de filtración. La velocidad de filtración puede controlarse ya sea a la entrada o a la salida. En las figuras Nos. 5 y 6 se ilustran estas dos modalidades.

Control a la entrada

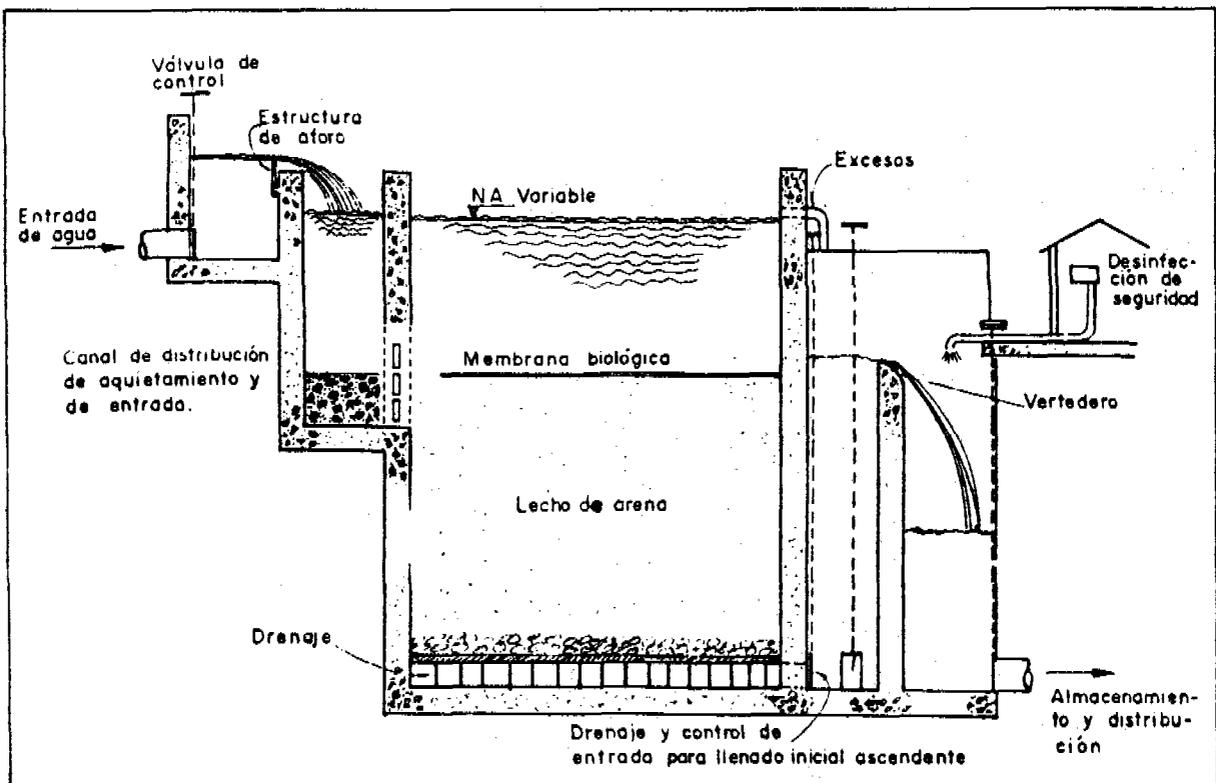
Para el caso de control a la entrada, la velocidad de filtración se fija mediante la ayuda de la válvula de ingreso de agua cruda al sistema. Una vez se obtenga el valor deseado no se requieren más manipulaciones de esta válvula.

El filtro funciona en este caso a una velocidad constante, lo cual se mantiene a través del tiempo, por el incremento gradual de la capa de agua sobrenadante para compensar el aumento de pérdida de carga al pasar el flujo a través del lecho de arena. Este incremento de pérdida de carga también es gradual, y se presenta principalmente por el aumento de espesor de la membrana biológica.

Una vez que el agua sobrenadante alcanza el nivel de la altura de rebose, la unidad de filtración debe salir de funcionamiento para su limpieza correspondiente.

Esta forma de operación reduce las actividades a sólo aquellas relacionadas con la limpieza del filtro. Así mismo, la velocidad de filtración, será siempre constante y el aumento de la resistencia hidráulica en la superficie del filtro (membrana biológica) podrá ser observada en forma directa.

De otra parte, el tiempo de retención del agua almacenada sobre el lecho es variable y esto puede tener influencia sobre la calidad del agua tratada porque pueden afectarse procesos que se producen en este almacenamiento, entre otros, fenómenos de sedimentación, reducción de bacterias por radiación solar y floculación pericinetica. Sin embargo, hasta ahora estas hipótesis no han sido plenamente comprobadas.



Control a la salida

En un filtro con control a la salida la velocidad de filtración se regula mediante la válvula de salida (E en la Figura No. 6). Diariamente, o cada dos días, se abre un poco más esta válvula para compensar el aumento de resistencia hidráulica del lecho filtrante, ya que siendo el espesor de la capa sobrenadante constante, el aumento de esta resistencia hidráulica ocasionaría una reducción en la velocidad de filtración.

Con esta forma de operación se producen variaciones en la velocidad de filtración porque el aumento de la resistencia hidráulica es continuo, mientras que la compensación que se produce con la apertura gradual de la válvula es discontinua. De otra parte hace que el operador se vea forzado a visitar la planta con regularidad, ya que si no la producción se reduciría notoriamente. Esta vigilancia continua puede ser ventajosa en ciertas circunstancias, como en el caso de tratamiento de agua con variaciones sensibles de calidad.

En general, la operación de un filtro lento es bastante simple y después de un corto entrenamiento puede encargarse a algún miembro de la comunidad. Es esencial que durante la capacitación, el futuro operador aprenda y comprenda la importancia de los principios del tratamiento. Sólo de esta manera se evitará que desarrolle sus "propios" procedimientos de operación, con posibles consecuencias adversas sobre la calidad del tratamiento.

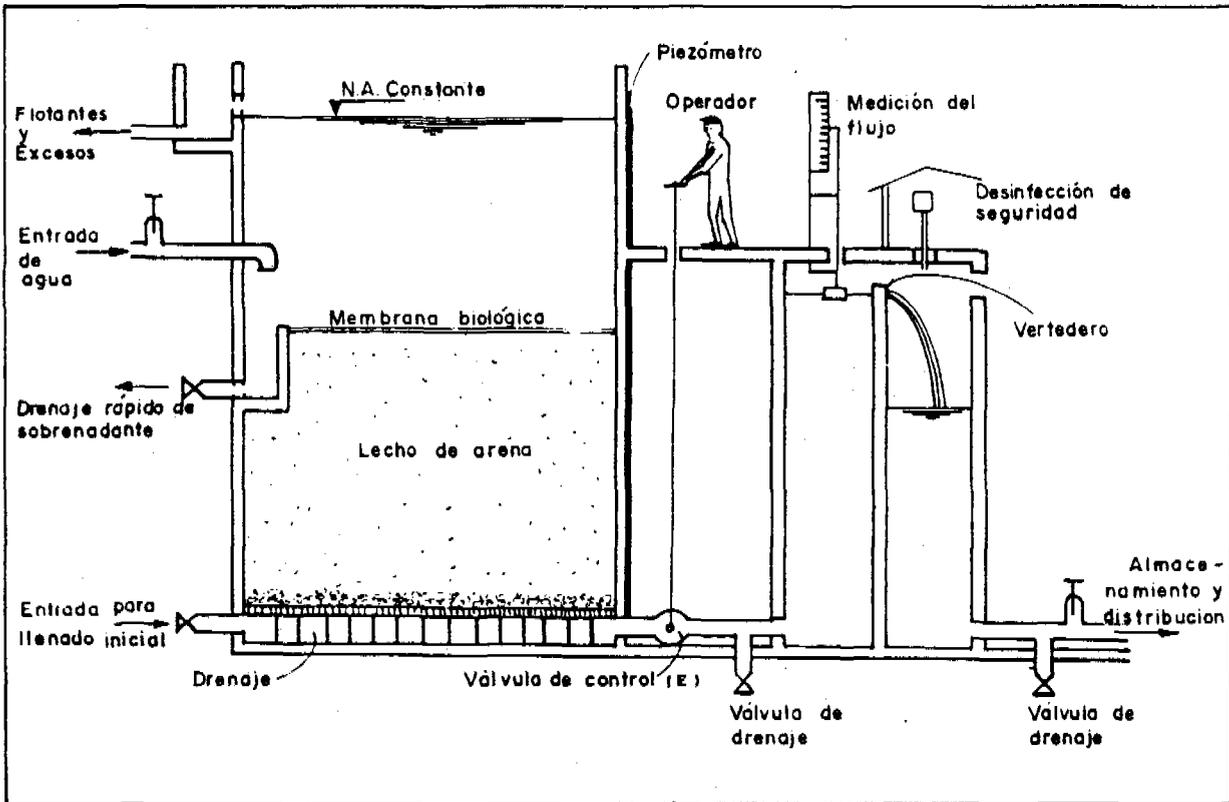


Figura No. 6. Esquema de un filtro lento con control a la salida.

5.7 Filtración a Velocidad Declinante

En el caso de un suministro intermitente de agua, es aconsejable investigar y evaluar la posibilidad de construir un almacenamiento de agua cruda que pudiera alimentar los filtros por gravedad.

Otra posibilidad para evitar la parada del proceso, en sistemas con control a la salida, es someter al filtro a una velocidad declinante. Cuando se suspenda el suministro de agua cruda todas las válvulas del filtro permanecen en su posición y la filtración continúa a una velocidad declinante a medida que la capa de agua sobre el lecho alcanza su punto original. Este procedimiento no se debe aplicar a filtros con control a la entrada.

Las investigaciones han mostrado claramente que la práctica existente en algunos países, de operar el filtro lento sólo una parte del día (filtración intermitente), no es aceptable, porque la calidad del efluente no es buena.

5.8 Consideraciones sobre el diseño

Los criterios generales de diseño se presentan en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3 Criterios generales de diseño para filtros lentos de arena

CRITERIO DE DISEÑO	VALOR RECOMENDADO
— Período de diseño	10 - 15 años
— Período de operación	24 horas/día
— Velocidad de filtración	0.1 - 0.2 m/hora
— Área de lecho filtrante	< 200 m ² por filtro, mínimo de dos unidades.
— Altura del lecho filtrante inicial	0.8 - 1.0 m.
mínima	0.5 - 0.6 m.
— Especificaciones para la arena tamaño efectivo	0.15 - 0.30 mm
coeficiente de desuniformidad	preferiblemente inferior a 3
— Altura del drenaje incluyendo la capa de grava	0.15 - 0.50 m
— Altura del agua sobrenadante	1.0 m

Un filtro lento operando continuamente con una velocidad de filtración de 0.1 m/hora, produce 2.4 m³ de agua tratada por m² de área de filtración por día. Si se tiene una velocidad de filtración de 0.15 m/hora se producirán 3.6 m³/m²/día. El área superficial total requerida puede ser determinada dividiendo el valor de la demanda de agua en un día, por la velocidad de filtración considerada. Esta área es la correspondiente a por lo menos dos unidades.

El área máxima por unidad debe restringirse a 200 m², para facilitar la operación de limpieza del filtro. Un indicativo del número adecuado de unidades rectangulares puede ser obtenido de la expresión $n = 0.5 \sqrt[3]{A}$; donde n = número de unidades y A es el área total de filtración, en m²; $n \geq 2$.

5.9 Sistema de Drenaje

En un filtro lento, el sistema de drenaje cumple dos funciones principales: soportar el lecho filtrante y asegurar una buena distribución hidráulica del agua tratada.

Generalmente está constituido por ramales de tubería perforada que desembocan en un colector principal que conduce el agua tratada a la estructura de salida. Estas tuberías están cubiertas por capas de grava clasificada por tamaño de mayor a menor, desde los drenes hacia la capa filtrante. En general se ha recomendado que las dimensiones de la grava vayan desde 20 mm hasta 2 mm de diámetro efectivo, con coeficientes de desuniformidad menores que 3, dispuesta en tres o cuatro capas y cuya altura total sea del orden de 0.3 m.

El uso de drenes hidráulicamente eficientes como la tubería corrugada perforada de PVC o de geotextiles permiten la disminución del espesor de la capa de grava de soporte y de sus especificaciones. En el desarrollo del Proyecto FLA en Colombia se ha utilizado esta tubería, con buenos resultados. Estudios adicionales se van a iniciar en el desarrollo de este mismo Proyecto.

Es esencial incluir un medio para facilitar el drenaje del agua sobrenadante y así asegurar un procedimiento rápido en la limpieza. La evacuación del agua sobrenadante a través del sistema de drenaje puede tardar hasta dos días creando inconvenientes en la operación de limpieza.

5.10 Formas y Materiales de Construcción

Varios tipos de materiales pueden ser utilizados para la construcción de las unidades de FLA: concreto reforzado, concreto ciclópeo, ladrillo y ferrocemento. Las formas geométricas de los compartimientos también pueden ser variadas: rectangulares, circulares y con paredes inclinadas. (Ver figuras Nos. 7 y 8).

La selección de la forma tiene relación, entre otros factores, con los materiales a utilizar, los cuales a su vez deben corresponder a la mejor alternativa técnica y económica de acuerdo con el tipo de suelo y disponibilidad de materiales en la región.

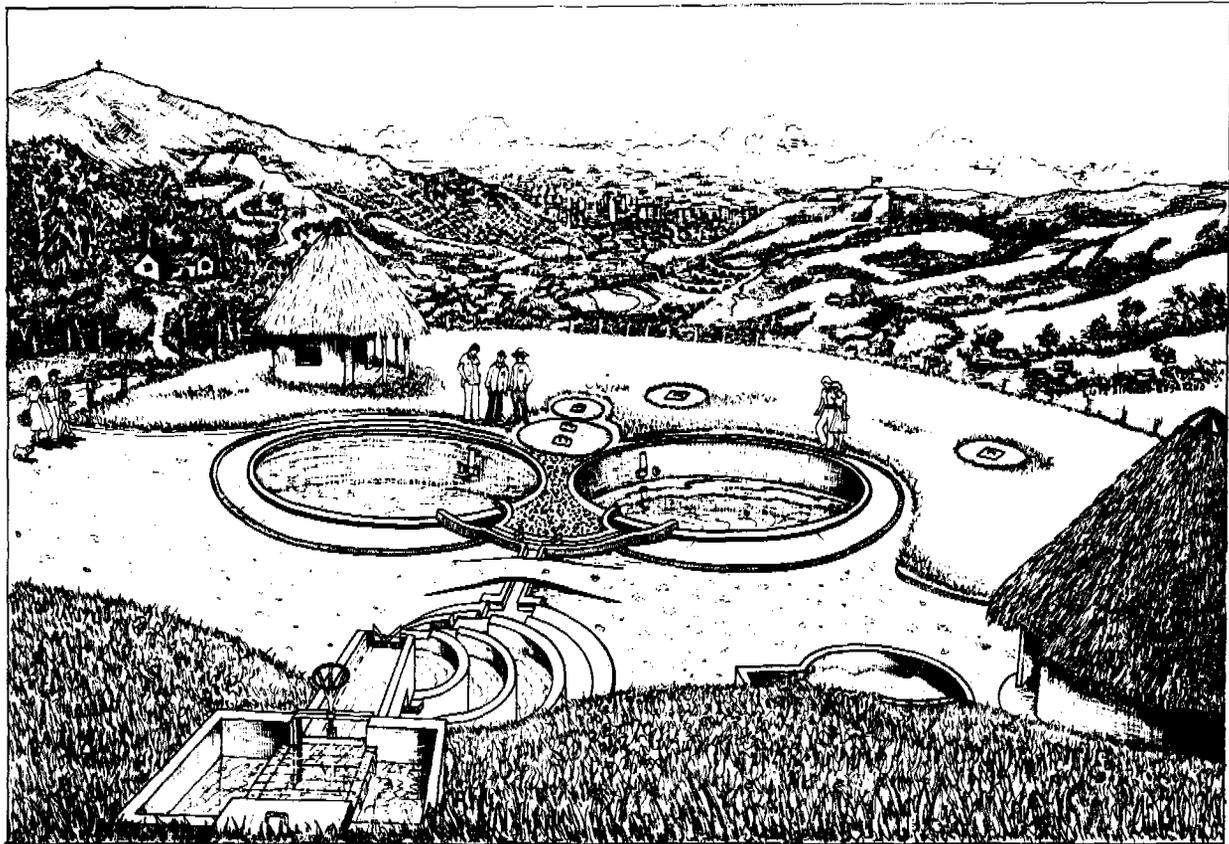


Figura No. 7. Filtros lentos circulares en ladrillo. La Sirena (Cali, Colombia)

5.11 Consideraciones sobre costos

El costo de construcción será definido principalmente por los costos de materiales (cemento, arena, grava y acero), con la mano de obra como segundo componente importante.

Los costos de construcción de filtros pequeños y medianos son a menudo menores que los de otros sistemas similares. La Tabla No. 4 muestra costos de construcción comparados entre filtración lenta en arena y filtración rápida, en India (precios de 1983).

Tabla No. 4. Costos de construcción de filtros lentos y filtros rápidos en India (Neeri, 1983).

CAPACIDAD		COSTOS (en miles de US\$)	
m ³ /día	1/s	Filtración lenta	Filtración rápida
1000	11.6	50	60
1500	17.4	60	80
2000	23.1	80	90
3000	34.7	120	120
4000	46.3	150	140
5000	57.9	190	160
7000	81.0	250	190

En India, la construcción de un filtro lento es más barata hasta la capacidad de 3000 m³/d. Sin embargo, si se toman en cuenta los costos de operación y mantenimiento, el punto de desequilibrio llega a los 800 m³/d (equivalentes a una población de 80.000 habitantes con una dotación diaria por habitante de 100 litros).

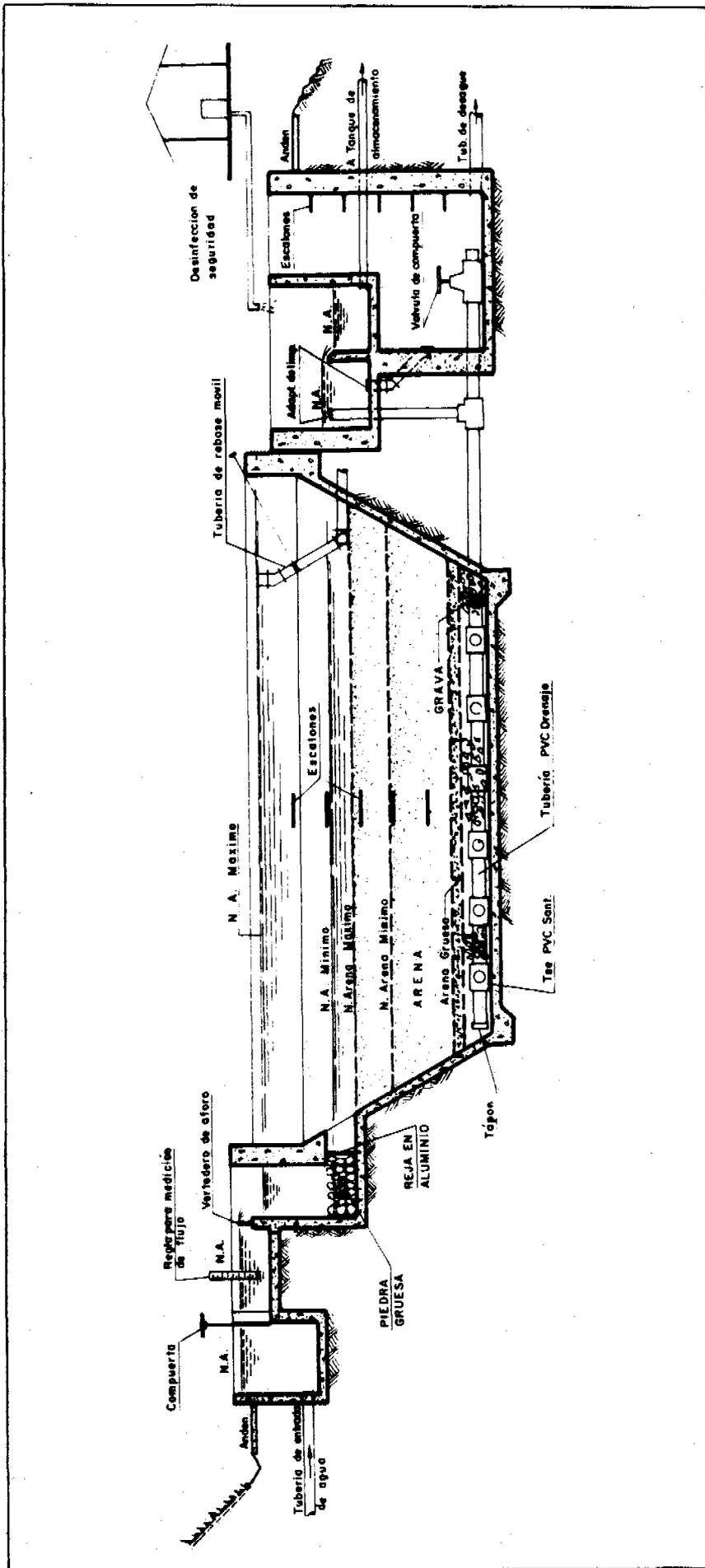


Figura No. 8. Esquema de un filtro lento con paredes inclinadas en concreto reforzado.

Además, cuando se utilizan otros materiales u otras técnicas de construcción (tanques de ladrillo, ferro-cemento, sistemas económicos de drenaje), los costos de filtración lenta se reducen considerablemente. Este tópico está siendo objeto de estudio en la Universidad del Valle dentro del Proyecto FLA.

A menudo se ha argumentado que el costo de la tierra para un sistema de filtración lenta es demasiado alto debido al área de terreno necesaria. Este argumento es poco válido en muchos países del mundo. En India, por ejemplo, en la zona rural este costo es menos del 1% del costo total. Además, es conveniente tener en cuenta que en muchos sectores esta es la única alternativa de tratamiento técnicamente factible, porque otras exigen de la comunidad recursos que no tienen o no pueden adquirir de manera permanente.

El Grupo de Trabajo en Abastecimiento de Agua de la Universidad del Valle está desarrollando, con base en las experiencias recopiladas en el desarrollo del proyecto para el Estudio, Desarrollo y Promoción de la Filtración Lenta en Arena, un modelo orientado hacia el estimativo de costos de sistemas de tratamiento que utilizan la tecnología FLA. Las características de este subproyecto se presentan en la conferencia "Participación y perspectivas de la Universidad del Valle en el Desarrollo del Proyecto de Filtración Lenta en Arena (FLA)", la cual se incluye en la segunda parte de este documento.

La economía de escala no es muy significativa en la construcción de sistemas de filtración lenta en arena. Esto indica que no se justifica construir plantas de tratamiento de FLA con períodos de diseño relativamente largos. Se considera que un período de diseño de 10 a 15 años resulta apropiado para la inversión inicial en sistemas de tratamiento que utilizan esta tecnología. Esto es particularmente cierto cuando mediante técnicas adecuadas de construcción, se logra eliminar o reducir la necesidad de materiales "importados" como acero estructural, cemento, etc.

Lo anterior explica la ventaja de construir filtros lentos con períodos de diseño cortos y con una inversión inicial relativamente baja, e incrementar el tamaño de la planta construyendo nuevas unidades a medida que los requerimientos de suministros aumentan. Además, se considera que el construir un mayor número de unidades, para una misma área total de filtración, resulta ser una ventaja desde el punto de vista de facilidad en el mantenimiento y en la operación, cuando se hace necesario sacar de servicio por lo menos una unidad.

Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que el incremento en el número de unidades puede tener diferente efecto en el costo de la obra dependiendo del tipo de construcción y de la forma de las unidades de FLA. Es así como en una planta de filtración lenta con unidades en forma cilíndrica, es decir, de base circular, el incremento en el número de unidades puede tener un efecto más significativo que en una planta de FLA con unidades de base rectangular, donde los diferentes módulos pueden compartir algunos parámetros.

Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación de una planta de FLA dependen de los costos del operario y de la energía cuando se requiere bombeo. Sin embargo, no es posible presentar consideraciones generales porque las condiciones varían de acuerdo con las condiciones locales. Por ejemplo, en pequeños abastos que funcionan por gravedad se requiere un mantenimiento mínimo, y las necesidades de operarios no van más allá de un fontanero. En estos casos las épocas de mayores requerimientos corresponden a los períodos de limpieza de los filtros.

Los costos de mantenimiento incluyen reparaciones menores en la planta, y el lavado y almacenamiento de la arena después de cada raspado. Aunque la arena resultante de cada raspado puede ser almacenada y vuelta a usar, aproximadamente el 20% de la arena se pierde en el proceso de lavado, y debe ser reintegrada al sistema al efectuar el proceso de rearenamiento.

En general, los costos de operación y mantenimiento de las unidades de FLA son considerablemente menores que en sistemas convencionales. En la parcelación El Retiro (Cali, Colombia) una planta de tratamiento convencional de 9.1 litros/segundo fue reformada y transformada en una planta de filtración lenta. En este caso los costos de operación y mantenimiento del sistema se redujeron a un 20% del valor de los costos cuando la planta funcionaba mediante procesos convencionales. De acuerdo con este ahorro, la inversión en la reforma, que fue de dos millones de pesos, (8.500 dólares, Junio de 1987), se espera recuperar en 10 meses, contados a partir de la fecha en que la planta empezó a operar, en enero de 1987.

6. Consideraciones sobre Pretratamientos

La aplicación de la tecnología de la filtración lenta en arena en los países en desarrollo, presenta como una de sus grandes dificultades su vulnerabilidad a turbiedades relativamente altas, (mayores de 50 UNT) y a variaciones amplias de turbiedad, lo cual reduce notablemente las carreras de filtración, intensificando las labores de mantenimiento y reduciendo la eficiencia de las unidades de FLA. Sin embargo, progresos significativos se han realizado en el desarrollo de técnicas simples de pretratamiento que funcionando bajo los mismos principios de la filtración lenta solucionan los problemas anteriormente mencionados.

Entre estos métodos tenemos:

6.1 Filtración Dinámica Gruesa en Capas (FDGC)

Este tipo de prefiltración consta de un filtro de grava, estratificado de gruesa en el fondo a fina en la superficie, localizada directamente en el lecho de la fuente. En la parte inferior del lecho se coloca una tubería perforada para la recolección del agua filtrada. Normalmente el espesor total del lecho es menor de 0.50 m. Las velocidades de prefiltración están normalmente entre 0.6 y 1.0 m/h. Una versión de este tipo de tratamiento fue desarrollada en el Departamento del Cauca, en Colombia (Ref. No. 22) encontrándose en operación varias estructuras de este tipo, siendo usadas junto con la desinfección como único tratamiento. El material filtrante está comprendido entre 7 y 10 mm con un coeficiente de uniformidad entre 1.6 - 2.2. Otras dos versiones han sido desarrolladas por el grupo de UNIVALLE en desarrollo del proyecto de FLA (Ref. No. 13) encontrándose en operación un filtro dinámico grueso, realizado sobre el canal de aducción a las unidades de FLA. Los conductos recolectores son de tubería PVC drenaje y se encuentran instalados bajo un lecho de grava fina. Otro modelo de prefiltro ha sido desarrollado por el grupo dentro del programa de promoción de la tecnología de FLA. Una planta de demostración utilizando este modelo se encuentra actualmente en construcción.

6.2 Filtración Gruesa Horizontal (FGH)

Este tipo de pretratamiento consiste en una estructura de superficie rectangular, compuesta de tres capas de gravas las cuales están gradadas de gruesa a fina en la dirección del flujo. Los tamaños de los diámetros de los diferentes tipos de gravas oscilan entre 15 y 3 mm y las velocidades de filtración están entre 0.5 y 1.5 m/h. (Ref. No. 23).

El IRCWD de Suiza tiene un proyecto de demostración de la filtración gruesa horizontal como pretratamiento de sistemas FLA, con instalaciones en Tailandia, Tanzania y Sudán (Ref. 23). En Suiza se han realizado investigaciones a nivel de modelos físicos obteniéndose resultados alentadores. En Sudán, en la planta de demostración, se ha tratado agua con valores máximos de turbiedad de 2.000 UNT, habiéndose reducido a valores entre 5 y 20 UNT.

6.3 Filtración Gruesa Descendente en Serie (FGDS)

Un filtro grueso descendente en serie consiste en dos o tres estructuras de 1.20 a 1.50 m de altura, encontrándose en cada una sólo un tamaño de grava. El agua cruda atraviesa las tres estructuras con flujo descendente desde la de grava gruesa hasta la de grava fina.

Una primera versión en esta línea de pretratamiento, pero con una sola fase y con una filtración adicional ha sido utilizada en varios pueblos del Sudeste Asiático. En estos países, utilizando cáscara de coco como medio filtrante y trabajando con agua cruda con turbiedades de hasta 150 UNT, se logran remociones relativamente altas y se mejora significativamente la calidad bacteriológica del agua.

Recientemente fue desarrollada la idea de utilizar la filtración gruesa descendente en serie, en estudios realizados a nivel de planta piloto en Cali, Colombia, dentro del proyecto de FLA. En este caso, se utilizaron tres columnas cada una con un tamaño diferente de grava, con gravas gruesa, media a fina y con una velocidad de 0.7 m/h. Los resultados mostraron reducciones en la turbiedad entre 70-90% y mejoramiento en la calidad bacteriológica del agua (90-99% reducción de coliformes totales).

6.4 Filtración Gruesa Ascendente en Serie (FGAS)

Este sistema es similar a FGDS pero la dirección del flujo en cada estructura es ascendente mientras que la limpieza del lecho filtrante es realizada por retrolavado, mediante la operación de una válvula de apertura rápida, facilitando así la remoción del material retenido en las capas gruesas cercanas a los drenes. En los experimentos a nivel de planta piloto en Cali, Colombia, los resultados en remoción de turbiedad (70-90%) y mejoramiento de la calidad bacteriológica del agua, obtenidos con una velocidad

de filtración de 0.7 m/h, fueron comparables a los de FGDS, lo cual motivó la aplicación de este sistema en el diseño de plantas de FLA actualmente en operación en el Valle del Cauca con muy buenos resultados.

6.5 Filtración Gruesa Ascendente en Capas (FGAC)

En este caso en una sola estructura se encuentra el lecho filtrante, instalado por capas de material grueso en el fondo a fino en la superficie. El material suspendido es retenido, principalmente en las capas gruesas cercanas a los drenes. El lavado es realizado mediante la operación de una válvula de apertura rápida, con un gradiente hidráulico que garantiza la remoción del material retenido.

En Cali, en vista de los buenos resultados obtenidos en el marco del proyecto FLA y dentro de los estudios a nivel de planta piloto para aguas de baja turbiedad, con problemas de color, hierro y contaminación bacteriológica, fue diseñada, construida y sometida a evaluación una planta de FLA con FGAC para tratar un caudal de 9.1 lps.

En la ponencia "Participación y Perspectivas de la Universidad del Valle en el Proyecto de Filtración Lenta en Arena (FLA)", se presentan algunos resultados preliminares obtenidos en esta evaluación, los cuales muestran altas remociones en turbiedades, color, hierro y sobre todo una gran eficiencia en la remoción bacteriológica.

Los alentadores resultados obtenidos en los pretratamientos utilizados durante la fase de investigación del proyecto de FLA en Colombia han motivado al CIR, al IRCWD y al grupo de trabajo de UNIVALLE a promover un nuevo proyecto para la investigación y demostración de alternativas simples de pretratamiento, en el que además de las cinco líneas presentadas anteriormente se evaluarán dos sistemas de acondicionamiento previo, recomendados especialmente para las alternativas de flujo ascendente particularmente cuando existe el riesgo de valores altos de sólidos suspendidos, con el fin de proteger los sistemas de distribución hidráulica. Los sistemas de acondicionamiento previo son:

- a. Sedimentación preliminar.
- b. Amortiguador de valores máximos de turbiedad o filtración gruesa de alta velocidad.

En este proyecto se evaluarán los diversos sistemas de pretratamiento con aguas que presentan turbiedades altas como la del río Cauca a su paso por la ciudad de Cali. Para esta evaluación se construirán plantas a escala técnica, en cada una de las líneas de pretratamiento anteriormente mencionadas, en las instalaciones de la planta de tratamiento de Puerto Mallarino gracias a la colaboración que brindan al desarrollo de este proyecto las Empresas Municipales de Cali, EMCALI.

7. Conclusiones

Al terminar de presentar la ponencia, a través de este documento, resulta claro concluir que la filtración lenta en arena está retomando un importante papel en la potabilización del agua. Las principales consideraciones que sustentan esta conclusión se presentan en forma resumida en la Tabla No. 5.

Con los resultados que se están obteniendo y los que se esperan obtener, en pretratamiento a nivel de plantas piloto, prototipo y de demostración, se presenta un futuro muy promisorio para la filtración lenta en arena, en muchos países.

A pesar de todas las bondades de la filtración lenta en arena, es importante tener en cuenta que el éxito de un proyecto de suministro de agua potable depende de la responsabilidad del ingeniero de diseño para seleccionar la mejor alternativa de tratamiento del agua, teniendo en cuenta las condiciones locales, las características de la comunidad, la disponibilidad de materiales y la calidad del agua cruda.

Un buen diseño no es garantía suficiente para asegurar una buena calidad del agua tratada. Además de una adecuada supervisión durante la construcción del sistema, es indispensable, una vez puesta en funcionamiento la planta, un control regular de la calidad del efluente. Si los operadores de la planta no han sido entrenados en las sencillas labores de operación y mantenimiento, los esfuerzos asociados con el diseño y construcción de la planta de tratamiento no serán suficientes para el logro del objetivo propuesto.

Tabla No. 5 Resumen de consideraciones sobre la filtración lenta en arena

CONSIDERACIONES	COMENTARIOS
Calidad del agua tratada.	El proceso más sencillo para mejorar la calidad física, química y bacteriológica de aguas superficiales. En muchas áreas rurales y urbanas, es la mejor alternativa para un tratamiento óptimo.
Facilidad de construcción	Los diseños relativamente simples facilitan la construcción utilizando materiales y mano de obra locales. Se requiere poco o ningún equipo especial.
Costo de construcción	La construcción utilizando materiales y mano de obra locales reduce los costos considerablemente. Generalmente no se requiere importar materiales ni equipos.
Facilidad de operación y mantenimiento	Después de un corto período de entrenamiento, operadores locales aún con baja escolaridad pueden operar adecuadamente el sistema.
Costos de operación	Los costos de operación y requerimientos de energía son más bajos que en otros sistemas con objetivos similares. No se requiere el uso de productos químicos.
Confiabilidad	El proceso es confiable y las fallas mecánicas son mínimas. Las fluctuaciones en la calidad del agua cruda pueden ser manejadas sin alterar la eficiencia del proceso.
Limpieza	La operación de limpieza es simple pero algunas veces laboriosa. Aunque el costo puede ser bajo, en muchos países desarrollados, la mano de obra no siempre se encuentra disponible en forma oportuna.
Area superficial grande	Se requiere un área superficial relativamente grande, sin embargo, el bajo costo de la tierra en muchos sectores rurales y urbanos, hace que el costo del terreno corresponda solamente entre el 1 y 2% de los costos totales de la construcción. No obstante esto puede ser inconveniente en zonas donde el terreno disponible es escaso.
Rápida colmatación de los filtros cuando la turbiedad es alta.	Turbiedades altas en el agua cruda pueden colmatarse rápidamente el filtro. Este inconveniente puede ser resuelto generalmente utilizando sistemas de pretratamiento, tal como se ha realizado en varios países incluyendo India, Tailandia, Sudán y Colombia.

Referencias

- (1) HUISMAN, L. WOOD, W.E. Slow Sand Filtration. Ginebra, Suiza, Organización Mundial de la Salud (OMS) 1974.
- (2) JOURNAL OF THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). Volumen 76 Diciembre, 1984.
- (3) CIR. Serie Boletín No. 18. La Haya, Países Bajos, Junio, 1983.
- (4) ACODAL. XXVII Congreso Nacional. Memorias, Seccional Valle del Cauca. Barranquilla, Colombia. Octubre, 1984.
- (5) HUISMAN, L. Slow Filtration. Delft, Países Bajos. Delft University of Technology. 1974.
- (6) CANEPA DE VARGAS, L. Filtros de arena en acueductos rurales. Informe final. Lima, Perú. CEPIS/OMS/OPS, Diciembre, 1982.
- (7) SUNDARESAN, B. PARAMASIVAM, R. Slow Sand Filtration. Research and demonstration project. Nagpur, India, NEERI, 1982.
- (8) IRCWD. News No. 20 Duebendorg, Suiza, Agosto, 1984.
- (9) CAMPOS, R. et al. Comparacao da eficiencia de amido de diversas fontes naturais, quando empregado como auxiliar de floculacao de águas para abastecimento. Sao Paulo, Brasil, DAE, Volumen 44, No. 137, Junio, 1984.
- (10) BELLAMY, W.D. et al. Slow Sand Filtration: Influences of Selected Process Variables Journal AWWA. Diciembre, 1985.
- (11) ELLIS, K.V. Critical Reviews on Environmental Control, Volume 15, Issue 4, 1985.
- (12) VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAM, R; RAMAN, A.; HEIJNEN H.A., Slow Sand Filtration for Community Water Supply. Planning, Design, Construction, Operation and Maintenance Technical Paper Series No. 24. IRC, The Hague, The Netherlands, 1987.
- (13) GALVIS, C., G. Memoria de Cálculo Proyecto de Abastecimiento de Agua. Parcelación Chorro de Plata. Cali, Colombia, Mayo, 1983.
- (14) HESPANHOL, J. Investigacao sobre o comportamento e aplicabilidade de filtros lentos no Brazil. Universidade de Sao Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública. Sao Paulo, Brasil, 1969.
- (15) HOUGHTON, G.U. Slow Sand Filtration and Biological Processes. Paper presented at the symposium on Water Treatment in the Seventies. January, 1970.
- (16) GUIDELINES FOR OPERATION AND MAINTENANCE OF SLOW SAND FILTRATION. Plants in Rural Areas of Developing Countries. La Haya, Holanda. CIR, 1983.
- (17) MITRA, D.D. The role for vital layer (or Schmutzdecke) in Slow Sand Bacteriological Purification. Indian medgaz, 1943.
- (18) PARAMASIVAM, R. Treatment Alternatives for Waters of Low Turbidity. Journal of the Indian Water Works Association, 1975. VII, No. 1.
- (19) WHITE, A. Community Participation in Water Supply and Sanitation, Concepts, Strategies and Methods. La Haya, Holanda, CIR. Documento técnico, 1982.
- (20) WHITE, A. Guidelines for Planning Community Participation in Water Supply and Sanitation Projects. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud, OMS. 1983.
- (21) WHITE-SIJBESMA C., Van. Participation and Education in Community Water Supply and Sanitation Programmes. A Literatura Review. La Haya, Holanda. Documento Técnico No. 12 CIR, 1981.
- (22) SALAZAR, L.G., Agua Potable para la Zona Rural Colombiana. Revista ACODAL No. 96. Bogotá, Octubre de 1980.
- (23) WEGELIN, M. Horizontal Roughing Filtration (HRG). A Desing, Construction and Operation Manual, IRCWD. Report No. 06/86. Suiza, Octubre de 1986.

**SEMINARIO INTERNACIONAL
SOBRE TECNOLOGIA SIMPLIFICADA
PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA**

**PARTICIPACION Y PERSPECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE
EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE
FILTRACION LENTA EN ARENA (FLA)**

CALI, AGOSTO DE 1987

Participación y perspectivas de la Universidad del Valle en el desarrollo del Proyecto de Filtración Lenta en Arena (FLA)

Gerardo Galvis¹ y Jan Teun Visscher²

Resumen

El presente documento da una visión general sobre el desarrollo, los logros y las perspectivas del proyecto de FLA en el marco de la cooperación establecida entre UNIVALLE y el CIR para el estudio y el desarrollo de la tecnología y de los convenios o acuerdos establecidos con diferentes instituciones colombianas para adelantar la promoción integral y crítica de la misma. Se incluyen además algunos resultados del avance del proyecto en Colombia.

Por considerarlo de interés en otras regiones y particularmente en otros centros académicos, se presenta inicialmente información sobre los antecedentes y los criterios de acción y de organización del grupo de trabajo en abastecimiento de agua, con énfasis en su participación en el proyecto de FLA el cual motiva principalmente la producción de este material.

1/ Director Grupo de Trabajo en Abastecimiento de Agua. Coordinador Area de Abastecimiento y Remoción de Agua. Facultad de Ingeniería. UNIVALLE, Colombia.

2/ Senior Programme Officer. Centro Internacional de Referencia (CIR) para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento, Holanda.

1. Antecedentes

Las bases para el trabajo que la Universidad del Valle realiza en el campo del abastecimiento de agua para consumo humano están en la creación, en 1961, del plan de estudios de Ingeniería Sanitaria a nivel de pregrado, uno de los primeros en América Latina.

Para la conformación de un grupo de trabajo en abastecimiento de agua en la Universidad del Valle fue importante su vinculación desde 1981 al programa de capacitación de recurso humano para el mejoramiento de la calidad del agua promovido por la OPS a través del CEPIS. Este programa fue dirigido en Colombia por la jefatura de la Sección de Acueductos del Ministerio de Salud, con la colaboración de la representación de la OPS.

En desarrollo de este programa, profesores de la Universidad y profesionales de diferentes instituciones del sector en Colombia recibieron capacitación en cursos especiales y en visitas técnicas a otros centros que desarrollan proyectos de abastecimiento de agua. Con base en esta experiencia y dando cumplimiento a los principios del programa, algunos de ellos fueron seleccionados para posibilitar su cumplimiento en el tiempo y en el espacio, sirviendo como docentes o asesores a corto plazo en cursos o actividades especiales realizados en diferentes regiones de Colombia y en algunos países de América Latina.

La participación de la Universidad en estas acciones le permitió confrontar en la práctica y organizadamente la situación de los sistemas de abastecimiento de agua con énfasis en los principales centros urbanos. Esta experiencia motivó la concepción y estructuración de diferentes proyectos académicos orientados a comprender mejor y posibilitar la superación de la situación encontrada. Varios de ellos se encuentran en ejecución en colaboración con instituciones del sector en Colombia.

La vinculación del CIR al grupo de trabajo en abastecimiento de agua de UNIVALLE fue también importante para conformar su actual esquema de trabajo, especialmente en proyectos ligados con asentamientos rurales, urbano-marginales y pequeños o medianos centros urbanos. El CIR inició su apoyo a la Universidad en 1982 con asesorías e informaciones técnicas y ahora lo hace de manera integral para el estudio, desarrollo y promoción de la tecnología de FLA. Teniendo en cuenta el motivo del presente documento el contenido de este párrafo se amplía en próximos apartes.

La actitud crítica y el apoyo técnico o económico de otras instituciones han sido apreciados y juegan papel significativo en las perspectivas presentes. Entre ellos la Escuela de Ingeniería de Sao Carlos de la Universidad de Sao Paulo, la Compañía Tecnológica de Saneamiento Ambiental de Sao Paulo (CETESB), El Grupo del Agua de la Universidad de Surrey, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), el Centro Internacional de Referencia para la Disposición de Desechos del Instituto Federal Suizo para los Recursos Hidráulicos y el Control de la Polución (EAWAG-IRCWD).

La Universidad se propone continuar el esfuerzo iniciado con el apoyo de otras instituciones del sector en Colombia y en la región, para jugar un papel serio en el estudio y desarrollo de tecnología aplicada al abastecimiento de agua, buscando superar algunas de las limitaciones actuales como son la falta de estudiantes regulares de postgrado y una mejor infraestructura para el ejercicio de la investigación.

2. Marco Legal

El trabajo de la Universidad ha sido estimulado con el establecimiento de un nuevo marco legal en aspectos sanitarios en Colombia. El 26 de Julio de 1983 el Gobierno Nacional promulgó el Decreto 2105 reglamentario parcial del Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a potabilización del agua.

Frente a la realidad sanitaria en abastecimiento de agua, el cumplimiento del Decreto antes mencionado representa un gran reto para la ingeniería nacional y en particular para instituciones que como la Universidad deben aportar su trabajo investigando y capacitando recurso humano, de tal manera que se posibilite su cumplimiento. Esto debe hacerse teniendo en cuenta la capacidad técnica y socioeconómica, no solamente en los grandes centros urbanos, si no también en los pequeños municipios y en los asentamientos rurales y urbano marginales, donde el aprovechamiento de cualquier tecnología depende de la capacidad de las comunidades para operarlas y mantenerlas con mínimo apoyo externo.

Procurando jugar su papel en las tareas orientadas a posibilitar el cumplimiento del Decreto 2105, la Universidad del Valle, en coordinación con la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, promovió la organización de un plan de trabajo con un conjunto de acciones orientadas a superar las limitaciones detectadas en diagnóstico preliminar (1). Teniendo en cuenta que el proyecto de FLA está comprendido en este plan de trabajo, se presenta una visión general del mismo en el próximo aparte.

3. Plan de acción para posibilitar el cumplimiento del Programa Nacional de Calidad del Agua en el Departamento del Valle del Cauca.

Este programa fue concebido para superar el conjunto de factores que limitan el mejoramiento de la calidad del agua y posibilita el cumplimiento de la reglamentación vigente. En el Cuadro No. 1 se presenta una visión general de estos factores y sus posibles soluciones.

Cuadro No. 1 Factores que limitan el adecuado abastecimiento de agua y acciones con las cuales se pueden superar

LIMITACIONES EN	ACCIONES PROPUESTAS
SISTEMA DE CAPTACION Vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales; erosión; escaso mantenimiento.	Manejo integral de la cuenca; coordinación interinstitucional; control de vertimientos; participación comunitaria, mejores diseños; elaboración y uso de manuales de mantenimiento.
SISTEMA DE TRATAMIENTO Deficiencias en la operación, el mantenimiento o el control interno; sistemas construidos parcialmente; deficiencias en el suministro de productos químicos; infraestructura de laboratorio incompleta; déficit de personal y capacitación insuficiente.	Capacitación de personal; evaluación y optimización de sistemas existentes; definición de políticas nacionales sobre disponibilidad; suministro y control de calidad de productos químicos; adecuación de laboratorios; definición de normas para toma, transporte y análisis de muestras; usos de tecnología apropiada.
SISTEMA DE DISTRIBUCION Pérdidas en el sistema; contaminación; presiones insuficientes; calidad de agua inadecuada; materiales utilizados inapropiadamente o sin control de calidad.	Programa de control de pérdidas; laboratorio de control de calidad de agua; continuidad del servicio; elaboración y uso de normas sobre materiales; participación comunitaria.
SISTEMA DE CONSUMO Hábitos y costumbres de consumo pobres desde el punto de vista sanitario; consumo excesivo, fugas de sistema interno de distribución; escasa participación en la administración y desarrollo de los sistemas.	Educación sanitaria; participación comunitaria; programa de mantenimiento y supervisión de tanques de almacenamiento domiciliarios e institucionales; control de pérdidas; campañas masivas de educación.
SISTEMAS DE APOYO Insuficiente investigación y desarrollo de tecnología; escasa capacidad para actualización educativa del personal; insumos y materiales de poca calidad y control deficiente de los mismos.	Desarrollo de recurso humano y físico en Universidades e Institutos; manejo integral de proyectos de investigación y desarrollo de tecnología; ejecución de programas de capacitación; laboratorio de apoyo para prueba de materiales y equipos.

La Universidad del Valle promovió en la región la presentación de un conjunto de acciones orientadas a superar de manera concertada y organizada estas limitaciones procurando así la búsqueda del cumplimiento del principio básico del programa: independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia, el agua suministrada para consumo humano debe ser potable. Otros objetivos más específicos del programa se enuncian a continuación:

- a. Verificar el cumplimiento de las normas legales establecidas para los sistemas de suministro de agua.
- b. Orientar los diferentes recursos físicos, humanos y financieros hacia el mejoramiento de los sistemas de suministro de agua.

- c. Mejorar la capacidad instalada en el país para el control de la calidad del agua en los sistemas de suministro.
- d. Coordinar desde el punto de vista sanitario los diferentes programas de protección de fuentes y hoyas hidrográficas y de divulgación sobre la importancia de la calidad del agua.

El documento que contiene el programa comprende un diagnóstico y presenta y sustenta un conjunto de doce acciones todas ellas orientadas a posibilitar el cumplimiento de los objetivos antes indicados. Una visión general de este conjunto de acciones se muestra en la Figura No. 1, esquema de organigrama operativo. De ellas, tres acciones están ligadas de manera esencial al quehacer universitario y en particular a la naturaleza académica del grupo de trabajo y a su objetivo de desarrollar una escuela de conocimiento en abastecimiento de agua, que corresponda a la realidad geográfica en la cual se debe trabajar. Estas acciones son:

- a. Diseñar, promover y poner en marcha acciones de capacitación a nivel profesional, tecnológico y operativo orientado al recurso humano ligado con sistemas de abastecimiento de agua.
- b. Mejoramiento de la infraestructura física y del nivel de capacitación del recurso humano en la región en general y en la Universidad en particular, para optimizar el aprovechamiento de las inversiones en abastecimiento de agua, la calidad en la investigación y el desarrollo de tecnología en este campo.
- c. Estructuración y ejecución de proyectos específicos de investigación y de desarrollo de tecnología orientados a superar los factores que limitan el mejoramiento de los sistemas de suministro de agua.

La Universidad ha venido ejecutando actividades en las líneas identificadas por estas tres acciones y los criterios considerados para estructurar el plan de acción en su conjunto han orientado el trabajo del grupo y han facilitado su integración con diferentes instituciones del nivel nacional, regional y municipal. Sin embargo, diferentes situaciones han impedido que el programa se haya ejecutado con la coordinación y dinámica que inicialmente se propusieron, entre ellas está el hecho de que Colombia haya tenido siete ministros de salud en los últimos cinco años, además de las limitaciones para mantener una coordinación ágil desde la provincia con instituciones del orden nacional como el INSFOPAL y el INS.

Dando respuesta a las limitaciones encontradas, el grupo de trabajo, con el apoyo de la Rectoría de la Universidad y de la Gobernación del Departamento, promovió y estableció un Comité Técnico Regional con el objetivo principal de continuar realizando las acciones de capacitación e investigación en armonía con las empresas del sector en el área de influencia principal de la institución. En la primera reunión formal de este comité ⁽²⁾, se seleccionaron cuatro proyectos específicos en cuya ejecución la Universidad contaría con el apoyo y la participación de las empresas representadas. Estos proyectos se enuncian a continuación:

- a. Laboratorio de control de calidad de insumos y equipos hidráulicos orientado a apoyar el programa de control de pérdidas en sistemas de abastecimiento de agua.
- b. Aprovechamiento de polímeros naturales en el tratamiento de agua para consumo humano.
- c. Conjunto de cursos especiales orientados a mejorar la capacidad de diseño de sistemas de tratamiento de agua.
- d. Continuación del desarrollo del proyecto de FLA con énfasis en el estudio de técnicas simplificadas de pretratamiento y en la divulgación organizada de esta tecnología.

La segunda reunión formal del Comité ⁽³⁾ fue citada para informar que la OPS había aprobado una propuesta que sentaba las bases para iniciar la ejecución de los proyectos (a), (b) y (c) con el apoyo del CEPIS, CETESB y la Escuela de Ingeniería de Sao Carlos de la Universidad de Sao Paulo. El proyecto (d) continuaba siendo apoyado por el CIR, ahora también con la vinculación del EAWAG - IRCWD de Suiza y el respaldo de la representación de la OPS en Colombia.

Los apartes siguientes están dedicados al proyecto de FLA, como un ejemplo concreto de lo que puede ser la ejecución de las acciones del programa ligados con la Universidad y ejecutados con el apoyo de agencias internacionales y nacionales y en mutua colaboración con diferentes organizaciones ligadas con la prestación del servicio de abastecimiento de agua.

ESQUEMA DE ORGANIGRAMA OPERATIVO

PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA
VALLE DEL CAUCA

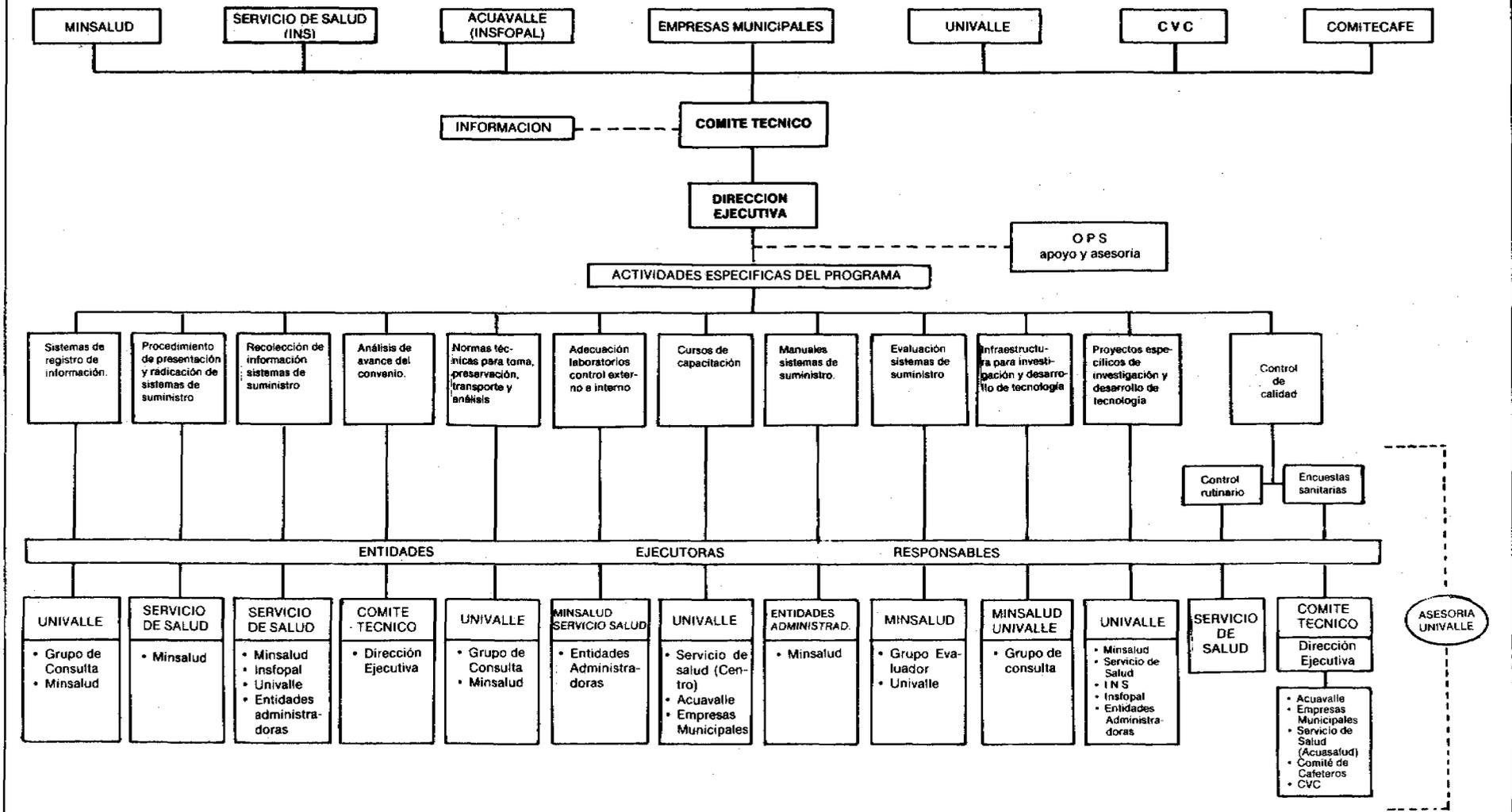


Figura No. 1 Esquema de organigrama operativo, programa de calidad del agua, Valle del Cauca.

4. Estudio, Desarrollo y Promoción de la Tecnología de Filtración Lenta en Arena

Una introducción general a la naturaleza y características de esta alternativa de tratamiento se incluye en el material titulado: La Tecnología de FLA Retoma su Papel en la Potabilización del Agua, que acompaña la presentación de este documento.

4.1 Limitaciones para el Aprovechamiento de la Tecnología

El aprovechamiento de esta tecnología se ha visto entorpecido por diferentes limitaciones. Con base en la experiencia del CIR, de diagnósticos elaborados por profesionales en América Latina^(4, 5) y de las discusiones en el grupo de trabajo, se identificaron las siguientes limitaciones:

- a. Carencia de técnicos conocedores de esta alternativa y su potencial en las instituciones responsables por el suministro de agua de buena calidad y por el control externo de la prestación de este servicio.
- b. Tendencia de los ingenieros a preferir otras técnicas más "convencionales" por falta de capacitación en otras tecnologías o por equivocada concepción del trabajo profesional.
- c. Operación y mantenimiento deficiente de plantas existentes por deficiencias en el diseño o la falta de guías adecuadas para orientar la ejecución de estas actividades.
- d. Necesidad de mejorar las experiencias sobre técnicas sencillas de pretratamiento, particularmente importantes para posibilitar el uso amplio de unidades de FLA frente a fuentes superficiales tropicales que pueden presentar frecuentes turbiedades altas.
- e. Las investigaciones desarrolladas han abarcado regularmente sólo aspectos parciales sobre el uso de la tecnología, lo que ha dificultado su consideración y promoción integral.
- f. Falta de equipo sencillo, adecuado para apoyar la operación o el control de sistemas de tratamiento en zonas rurales o pequeños y medianos asentamientos nucleados con pobre desarrollo y con personal de bajo nivel de escolaridad.
- g. Promoción inadecuada en la comunidad de las soluciones tecnológicas introducidas en sus sistemas de abastecimiento y remoción de agua.
- h. Información limitada sobre costos con consideraciones tanto sobre la inversión como sobre la operación y el mantenimiento.

Se considera de interés indicar que las limitaciones encontradas pueden presentarse para el desarrollo y la promoción de cualquier otra tecnología en países con desarrollo comparable a Colombia, de tal forma que la experiencia del grupo de trabajo en el proyecto de FLA puede ser útil para la ejecución de otros proyectos.

En desarrollo del proyecto promovido por el CIR y en los últimos años con la participación del grupo de trabajo de la Universidad del Valle, se está procurando dar respuesta a estas limitaciones.

4.2 Consideraciones sobre la Organización del Grupo de Trabajo para participar en el Proyecto

El grupo de trabajo de la Universidad del Valle vinculado a la ejecución de este proyecto es dinámico, manteniendo un núcleo de trabajo académico para el estudio de la tecnología e integrándose y aprovechando en lo posible la estructura disponible en la Universidad o en otras instituciones del sector en la región, evitando un crecimiento innecesario y la generación de costos fijos elevados.

La Universidad busca a través de proyectos integrados como este, hacer de la investigación y de la promoción de tecnología, actividades menos esporádicas y aleatorias, mejorando el beneficio de los recursos captados para su desarrollo académico y procurando un impacto real en las comunidades de la región.

El proyecto se ha venido ejecutando en dos grandes líneas como se ilustra en la Figura No. 2. Estas líneas son: Estudio y desarrollo de la tecnología y promoción integral de la misma en las instituciones del sector. En la práctica, ellas no son independientes, si no que interactúan entre sí, posibilitándose una retroalimentación al trabajo académico, que mejora las posibilidades de que la Universidad allegue recomendaciones o soluciones más útiles a la región.

El grupo está vinculado con organismos de orden internacional, nacional y regional de quienes reciben apoyo, asesoría y con los cuales comparte experiencias. Además, es apoyado por consultores locales en la solución de áreas específicas, tales como estructuras, hidráulica, suelos, producción de material didáctico, entre otras.

En los convenios con organizaciones del sector en la región el grupo procura intercambiar experiencias y confrontar sus criterios para mejorar su trabajo. Esto le ha ido abriendo un espacio y le está facilitando el cumplimiento de los objetivos. En cumplimiento de estos convenios se procura también

que profesionales y técnicos de las agencias del Estado involucrados se hagan partícipes del proyecto y aprendan de su desarrollo.

El período en que se produce este documento corresponde a una etapa de transición en la cual se preparan los informes finales de la primera fase de la línea de estudio y desarrollo y se presentan o inician la ejecución de propuestas con nuevos aspectos ligados con la búsqueda de un mejor entendimiento y aprovechamiento de la tecnología. Cosa semejante sucede con la promoción de la misma, cuando han empezado a operar las primeras plantas de demostración y son varios los proyectos en la fase de construcción, licitación o diseño.

A continuación se presenta una visión general sobre estas dos líneas de acción.

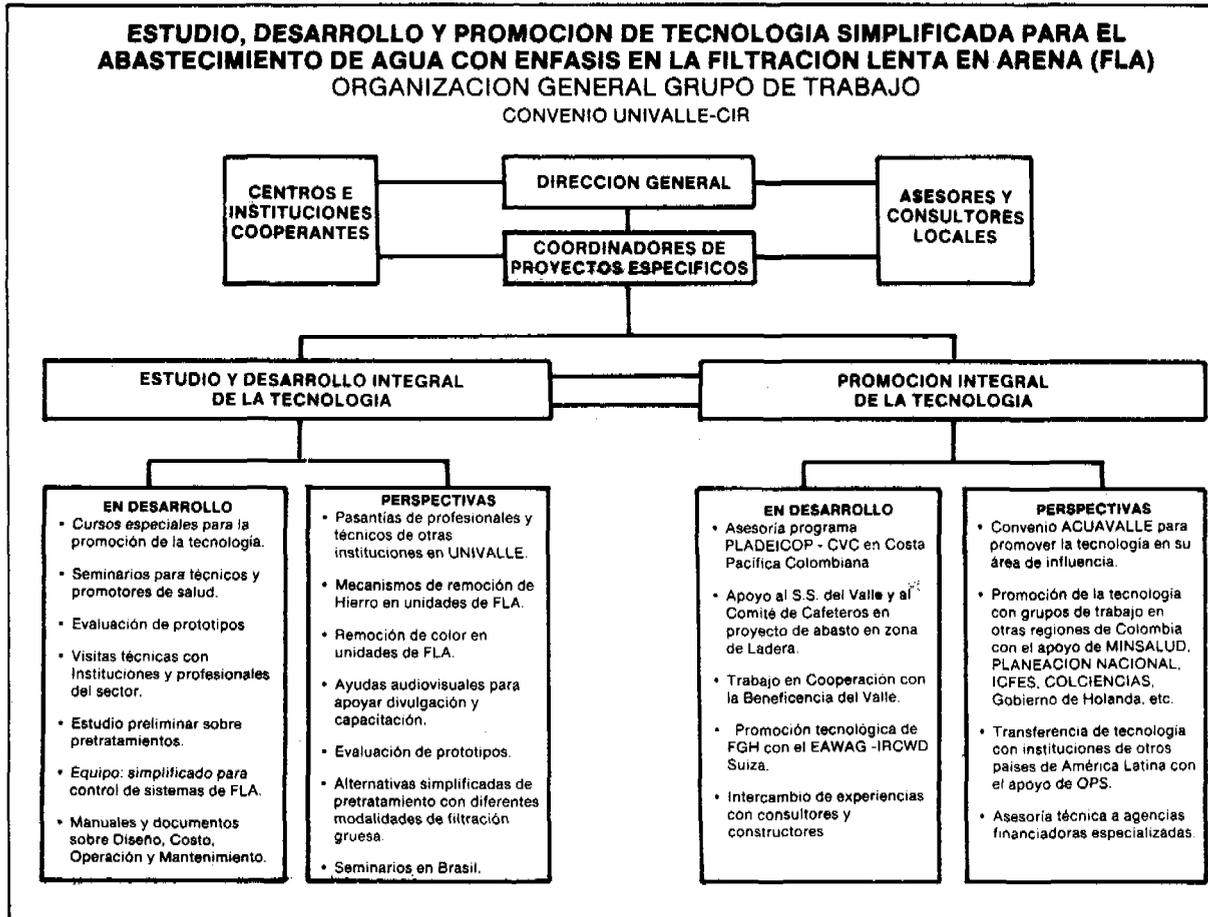


Figura No. 2 Estudio, desarrollo y promoción de tecnología simplificada para el abastecimiento de agua con énfasis en la filtración lenta en arena (FLA).

4.3 Consideraciones sobre acciones ligadas con el estudio y desarrollo integral de la tecnología

Las acciones fueron orientadas a superar parte de las limitaciones detectadas en las fases anteriores del proyecto del CIR en diferentes países, inclusive Colombia, con el Instituto Nacional de Salud (INS). A continuación se presentan algunas consideraciones sobre estas líneas de acción que serán motivo de informes específicos al concluir la primera fase del convenio con Holanda a finales del presente año.

a. Ejecución de cursos y seminarios especiales

Se han ejecutado dos cursos especiales de nivel nacional orientados a promover dentro de los profesionales del sector las posibilidades de la tecnología con base en el proyecto del CIR y en las experiencias del grupo de trabajo en el Suroccidente colombiano. El segundo de estos talleres se ejecutó con la coordinación de ACODAL Seccional Valle del Cauca. Ahora se promueve la conformación de grupos de trabajo en otras regiones, con actividades que incluirán el diseño, la construcción, la puesta en marcha y el seguimiento de plantas de demostración allí establecidas. Esta actividad se ampliará en el aparte 5 sobre perspectivas de la tecnología.

Especial importancia se dará a la capacitación de técnicos o promotores de salud y a la producción de material didáctico tanto para ellos como para apoyar la labor de asesoría y de adiestramiento de los operadores, especialmente de aquellos con bajo nivel de escolaridad. Un primer seminario de prueba ya se ejecutó en colaboración con CENTRA en el cual participaron ingenieros y promotores de los servicios seccionales de salud del Valle del Cauca y del Cauca de Colombia.

En este seminario además de considerar la tecnología se dio especial importancia a recoger y discutir las diferentes opiniones sobre la producción de material didáctico orientado a superar los problemas de operación y mantenimiento observados en los primeros proyectos de FLA construidos en Colombia y en otros países de América Latina como Brasil y Perú.

El grupo de trabajo de la Universidad se propone coordinar con otras organizaciones, para intensificar la labor de adiestramiento que debe acompañar la promoción integral de esta tecnología para posibilitar su adecuado aprovechamiento.

b. Charlas y visitas técnicas con profesionales e instituciones del sector

Aprovechando la infraestructura del grupo y la existencia de plantas de demostración en la región se atienden frecuentemente visitas técnicas y se presentan charlas con ayudas audiovisuales orientadas a promover su adecuada utilización. Esto ha facilitado la decisión de profesionales e instituciones del sector a incluir esta tecnología dentro de sus alternativas de tratamiento de agua y se confía que con la producción de material didáctico y la intensificación en los seminarios esta decisión se reforzará.

c. Revisión y producción de documentos y manuales técnicos

De utilidad han sido los documentos sobre la tecnología producidos por la OMS y aquellos en desarrollo de las primeras etapas del proyecto del CIR. Parte de estos documentos han sido publicados en español por el CEPIS. Actualmente está en impresión el nuevo libro *Slow Sand Filtration for Community Water Supply. Planning, Design, Construction, Operation and Maintenance*, dentro de la serie de documentos técnicos del CIR.

La representación de la OPS en Colombia ha expresado su interés de apoyar la publicación de manuales. El primero de estos documentos lo constituye una traducción revisada de los ingenieros M. Santacruz, R. Duque M. y su impresión está siendo coordinada por el ingeniero E. Quiroga R. Este manual está dirigido a profesionales no especializados y hace énfasis en la operación y el mantenimiento de las unidades de FLA.

Con el apoyo del Plan para el Desarrollo Integral de la Costa Pacífica, PLADEICOP-CVC, se producirán dos manuales orientados al nivel técnico y operacional. En la producción de estos manuales se aprovechará el documento *Slow Sand Filtration. Manual for Caretakers*, de la serie de entrenamiento del CIR, se recuperará la experiencia del grupo y se considerará el conjunto de recomendaciones hechas en desarrollo del seminario especial para ingenieros y promotores mencionado en el aparte 4.3 a.

Para facilitar la promoción organizada de la tecnología hacia otras regiones se han iniciado los contactos con el Ministerio de Salud, Planeación Nacional y la Embajada de Holanda, procurando recursos para producir videos didácticos orientados a reforzar el material dirigido a optimizar el aprovechamiento de esta alternativa de mejorar la calidad del agua para consumo humano.

d. Estudio preliminar sobre pretratamientos

Para enfrentar el problema de turbiedades altas se han hecho buenos progresos en la identificación de alternativas simples de pretratamiento ^(7, 8, 9, 10). El estudio preliminar sobre pretratamientos iniciado en el marco del Convenio UNIVALLE-CIR también ha producido resultados alentadores ⁽¹¹⁾.



Figura No. 3.
Planta piloto. Fuente: Río Cali. Predio planta San Antonio, Emcali, Colombia.

Con la coordinación del Ing. E. Quiroga R. se efectuó la evaluación preliminar en plantas piloto de la alternativa de filtración gruesa ascendente en serie (FGAS), de filtración gruesa descendente en serie (FGDS) y de la filtración gruesa ascendente en capas (FGAC). En las Figuras Nos. 3, 4 y 5 se ilustran estos sistemas pilotos.

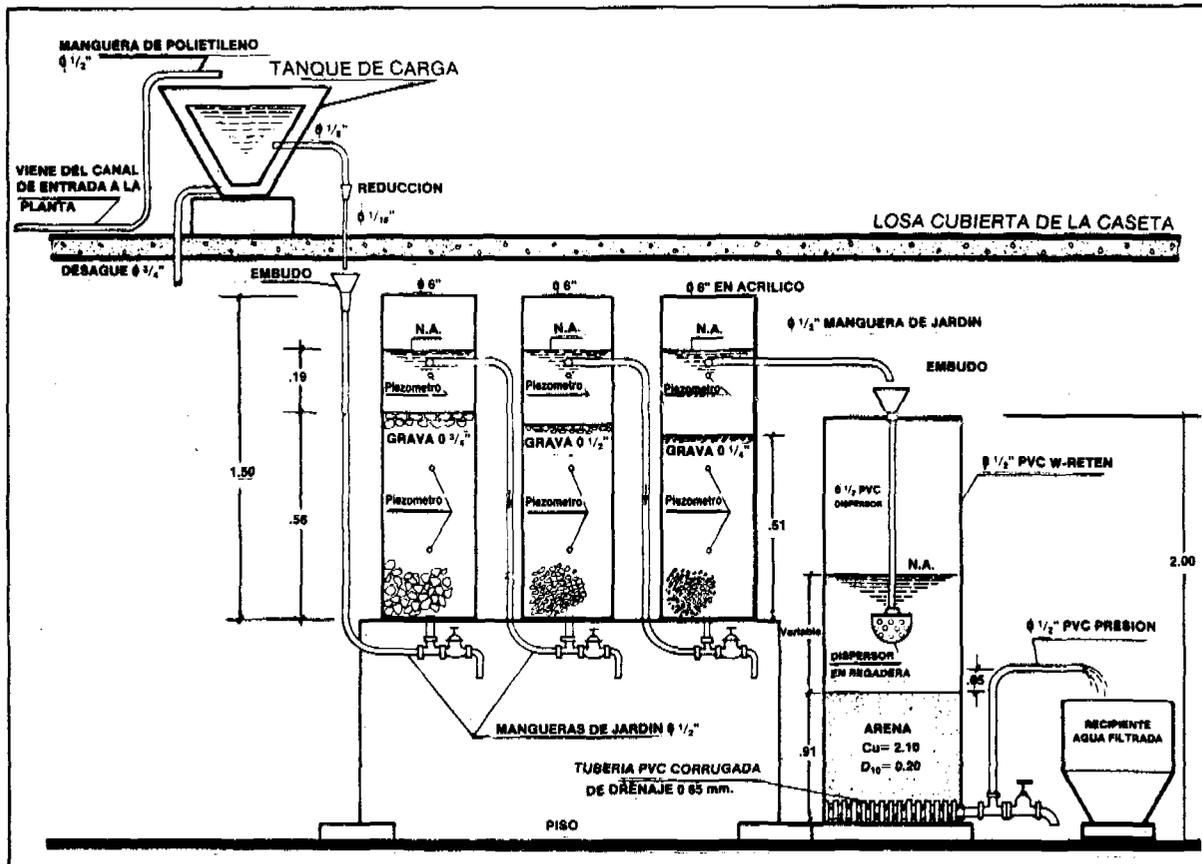


Figura No. 4. Esquema Planta Piloto San Antonio - Sistema de Filtración Gruesa Ascendente en Serie (FGAS).



Figura No. 5. Planta Piloto: puerto Mallarino. Fuente: Río Cauca, predio planta Puerto Mallarino, Emcali, Colombia.

En la región del Suroccidente colombiano están en operación prototipos de varias alternativas de pretratamiento. Los primeros, construidos por el Servicio Seccional de Salud del Cauca ⁽⁹⁾, son una modalidad de la filtración dinámica gruesa en capas (FDGC). Otra modalidad simplificada de esta misma alternativa fue proyectada en la Universidad y ya se tienen prototipos en operación. En las Figuras Nos. 6 y 7 se ilustran estas alternativas para cuya evaluación ya se ha preparado una propuesta conjunta con el Servicio Seccional de Salud del Cauca. También se tienen prototipos de los tipos FGAS con dos y tres compartimientos en serie (Ver Figura No. 8) y sistemas del tipo FGAC (Ver Figura No. 9).

La operación y el control de las plantas piloto fue difícil por su localización fuera de la Universidad, tratando agua de diferentes fuentes superficiales y por el tamaño en que fueron construidas. Sin embargo, tres de ellas operaron adecuadamente en el período Junio-Octubre de 1986, después de superados diversos problemas en las instalaciones y gracias a la vinculación de estudiantes de pregrado de ingeniería que apoyaron la operación de los sistemas.

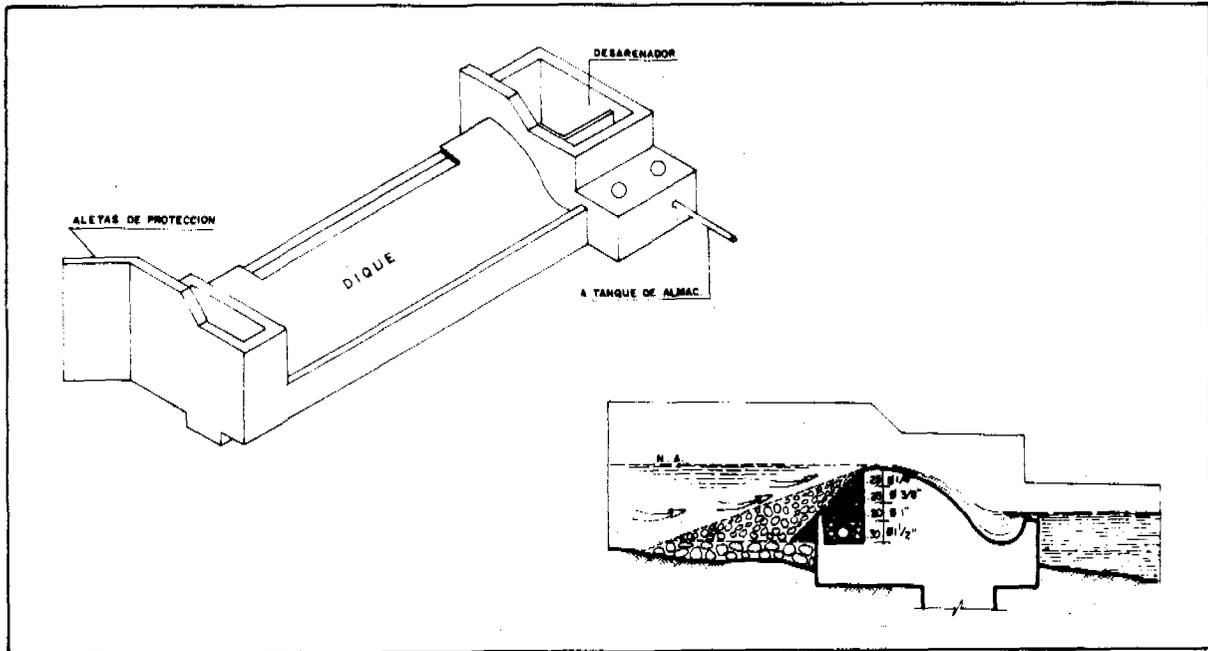


Figura No. 6. Esquema general de un filtro dinámico grueso. Experiencia en el Servicio Seccional de Salud del Cauca, Colombia.

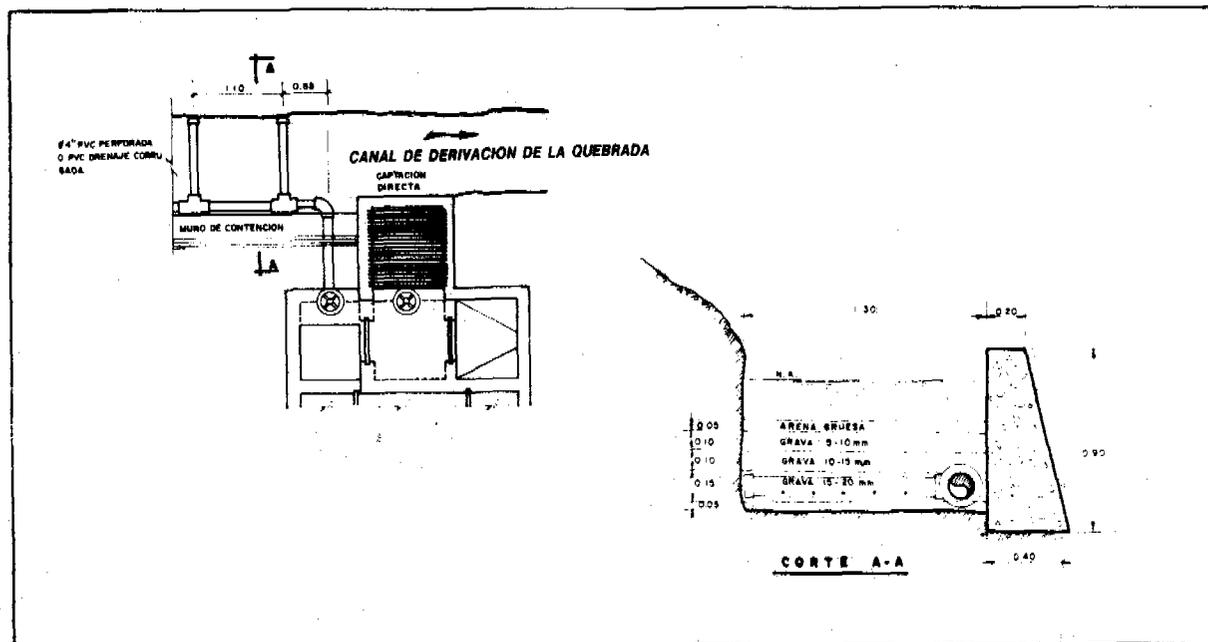


Figura No. 7. Esquema general de un filtro dinámico grueso. Experiencia del grupo de área de abastecimiento y remoción de agua. Univalle, Cali, Colombia.

El sistema piloto de El Retiro, tratando agua del Río Pance, tenía interés frente a la remoción de hierro y color; el sistema de San Antonio, tratando agua del Río Cali, tenía interés en invierno frente a cambios bruscos de turbiedad y color y el sistema de Puerto Mallarino, tratando agua del Río Cauca, es de interés todo el año por su calidad fisicoquímica. Todos los sistemas presentaban interés desde el punto de vista de mejoramiento de la calidad bacteriológica.

Los resultados obtenidos muestran en general remociones de turbiedad en el rango 75-90%, color aparente en el rango 50-70% y remoción de bacterias coliformes totales y coliformes fecales en el rango 70-99%. En el Cuadro No. 2 se amplía la información relacionada con la remoción de los indicadores de calidad bacteriológica en el período Septiembre-Octubre de 1986. Esta experiencia preliminar con pretratamientos sugiere que no deben ser considerados solamente como estructuras concebidas para proteger los filtros lentos si no como parte integral del proceso de tratamiento y en este sentido juegan papel muy importante en las perspectivas del grupo de trabajo de la Universidad para lo cual se está trabajando ahora. Sobre ésta y otras perspectivas se presentarán consideraciones al final de este documento.

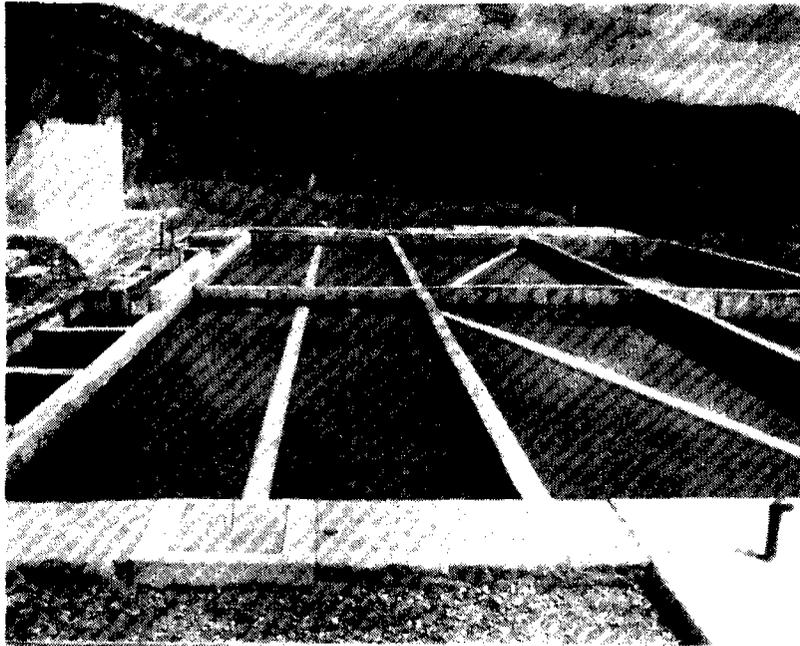


Figura No. 8. Prototipo filtro grueso ascendente en serie. "La Marina", Tuluá. Comité Cafeteros del Valle.

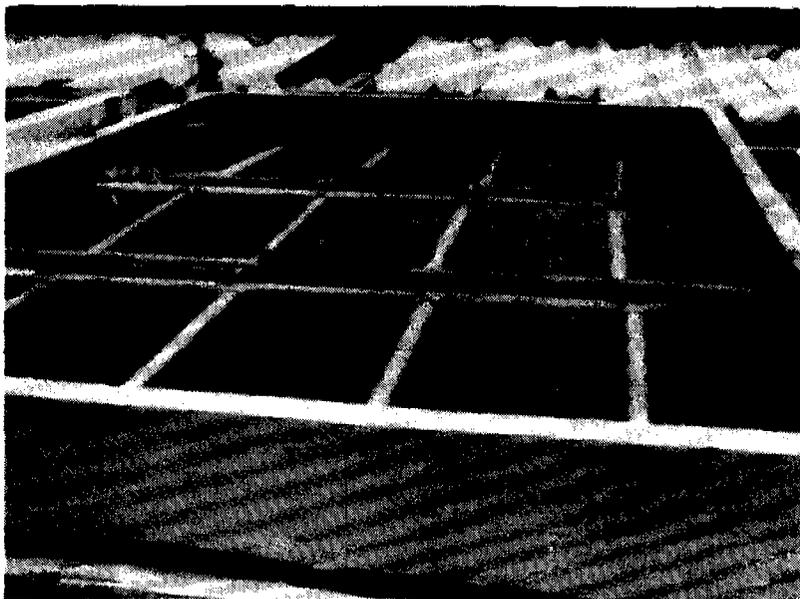


Figura No. 9. Prototipo filtro grueso ascendente en capas. Parcelación "El Retiro" Cali - Colombia

**Cuadro No. 2 Remoción de bacterias en diferentes alternativas de pretratamiento (utilizando bacterias coliformes como indicador - ensayo de tubos múltiples)
(Muestras correspondientes al periodo Septiembre - Octubre 1986). Estudio preliminar sobre pretratamientos.**

PLANTAS PILOTO (Ríos)	NMP x 10 ² /100 ml												PORCENTAJE DE REMOCION					
	Descendente (serie)				Ascendente (serie)				Ascendente (capas)				Descendente (serie)		Ascendente (serie)		Ascendente (capas)	
	Efluente		Afluente		Afluente		Efluente		Afluente		Efluente		Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal
	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal
Puerto Mallarino (Río Cauca)	2.1	1.7	1600	920	920	350	5.4	5.4	24	24	5.4	0.94	99.9	99.8	99.4	98.4	77.5	96
	5.4	1.1	1600	920	2400	240	540	2.2	2400	240	35	0.49	99.6	99.9	77.5	99.0	98.5	99.8
Parcelac. El Retiro (Río Pance)	2.2	1.3	70	46	28	22	5.4	5.4	—	—	—	—	96.8	97.2	80.7	75.4	—	—
	16	1.3	54	9.2	35	11	9.2	3.5	—	—	—	—	70.4	85.7	73.7	68.2	—	—
	5.4	3.5	540	170	540	350	24	24	—	—	—	—	99	97.9	95.5	93.1	—	—
San Antonio (Río Cali)	—	—	—	—	16	9.2	2.4	1.3	—	—	—	—	—	—	85	85.9	—	—
	7	1.3	240	160	—	—	—	—	240	160	54	11	91.1	99.2	—	—	77.5	93.1
	2.4	1.3	460	46	—	—	—	—	—	—	—	—	99.5	97.2	—	—	—	—
	2.4	0.49	160	35	35	3.5	5.4	2.4	35	24	3.5	2.4	98.5	98.6	84.6	31.4	90.0	90.0

Los resultados en el sistema piloto tratando agua del Río Pance motivaron a los miembros de la parcelación "El Retiro" y en especial a uno de ellos, el ingeniero Diego Rengifo, asesor estructural del Convenio UNIVALLE-CIR, a convertir su sistema de tratamiento de agua, que aproximaba una planta "convencional", en un sistema de filtración lenta en arena con pretratamiento en la modalidad de FGAC, aprovechando las estructuras existentes.

e. Evaluación de prototipos

Dentro de su línea de promoción integral de la tecnología el grupo de trabajo se propone hacer una evaluación a los prototipos de demostración que se construyan en la región y las nuevas propuestas están incluyendo recursos para adelantar esta importante actividad. Sin embargo, a pesar de las limitaciones se ha efectuado algún seguimiento. En los Cuadros Nos. 3 y 4 y Figuras Nos. 10, 11 y 12 se presenta alguna información del proyecto de El Retiro cuya coordinación estuvo a cargo del ingeniero C. H. Cruz en estrecha colaboración con el ingeniero D. Rengifo, asesor estructural del área.

f. Producción y evaluación de equipo simplificado para apoyar la operación y el control de los sistemas de FLA.

Con la coordinación del ingeniero R. Duque y el apoyo del técnico L. Cerón, se inició la evaluación de equipo simplificado para la medición de turbiedad, entre el cual se construyó y evaluó el Turbineff. En la actualidad el grupo trabaja con base en información suministrada por el Grupo del Agua de la Universidad de Surrey y por el EAWAG - IRCWD de Suiza. Esta última organización ha donado varios de los equipos desarrollados por ellos. Actualmente se estudian y se considera la posibilidad de producirlos para aprovechamiento en beneficio de la promoción integral del programa.

Dentro de esta misma línea y aprovechando la promoción integral se están desarrollando procedimientos simplificados que permitan a un operador de baja escolaridad controlar parámetros básicos como flujo, velocidad de pretratamiento, velocidad de filtración, pérdida de energía hidráulica, etc. De igual manera, se está diseñando equipo simplificado para reemplazar equipo más costoso. Dentro de esta línea se destacan las válvulas de apertura rápida para limpieza de pre-filtros y la tubería para control de rebose y drenaje del agua sobrenadantes en las unidades de FLA desarrolladas con la colaboración del ingeniero D. Rengifo y del técnico W. Sarkar. (Ver Figuras Nos. 13 y 14).

Cuadro No. 3 Proyecto "El Retiro". Resumen criterios de diseño

PARAMETRO	VALOR EN AMORTIGUADOR DE PICOS DE TURBIEDAD	VALOR EN LOS PREFILTROS	VALOR EN FILTROS LENTOS
TIPO DE FLUJO	HORIZONTAL	VERTICAL ASCENDENTE	VERTICAL DESCENDENTE
VELOCIDAD DE FILTRACION	18 m/hora	0.74 m/hora	0.15 m/hora
NUMERO DE UNIDADES	1	3	2
GRANULOMETRIA DE LAS CAPAS FILTRANTES (en la dirección del flujo)	1ra. - 100 cm ϕ 1" 2da. - 60 cm ϕ 3/4" 3ra. - 60 cm ϕ 1/2"	1ra. - 20 cm ϕ 3/4" 2da. - 15 cm ϕ 1/2" 3ra. - 15 cm ϕ 1/4" 4ta. - 15 cm ϕ 1/8"	1ra. - arena de FLA 117 cm De = 0.2 cm Cu = 2.5 2da. - arena gruesa 5 cm ϕ 2 - 4 mm
GRANULOMETRIA Y ESPESOR DE CAPA DE SOPORTE	30 cm ϕ 1" - 1 1/2"	30 cm ϕ 1"	30 cm ϕ 1/4"
VARIACION MAXIMA DEL AGUA (pérdida máxima de carga)	20 cm	30 cm	70 cm
AREA FILTRANTE DE DISEÑO (m x m) POR UNIDAD	2.00 x 0.90	3.20 x 4.60 (fondo estructura)	10.20 x 10.69 (0.60 del fondo de la estructura)

Cuadro No. 4 Proyecto "El Retiro". Características bacteriológicas del agua cruda, y del agua en los diferentes procesos de la planta. Fuente de agua cruda: Río Pance

FECHA	AGUA CRUDA (N M P) C. TOTALES C. FECALES	AGUA PRE-FILTRADA (N M P) C. TOTALES C. FECALES	AGUA FILTRADA		CLORADA	
			FLA No. 1	FLA No. 2	ALMACENADA	RED
31-III-87	35.000 9.200	28.000 350	*	240 49	*	0 0
7-IV-87	13.000 1.600	3.500 180	5 2	*	0 0	0 0
21-IV-87	5.400 5.400	2.400 2.400	4 4	4 4	0 0	0 0
28-IV-87	54.000 2.800	2.200 940	2 2	11 2	0 0	*
5-V-87	35.000 9.200	1.400 700	23 8	70 46	8 2	*
12-V-87	16.000 2.200	1.400 170	8 5	8 8	0 0	*
19-V-87	92.000 92.000	16.000 2.200	5 5	8 8	0 0	0 0
2-VI-87	16.000 5.400	5.400 3.500	2 2	5 5	0 0	0 0
8-VI-87	24.000 16.000	16.000 5.400	*	110 33	0 0	*
Promedios	32.267 15.978	5.678 1.680	7 4	57 19	0 0	0 0
Porcentaje de remoción	0 0	82.4% 89.4%	99.9 99.9	99.8 99.9	100 100	100 100

★ Análisis no realizado

g. Subproyecto experiencias típicas de diseño

Este subproyecto se realiza con la coordinación del ingeniero J. Latorre M. y tiene por objeto presentar un manual dirigido a personal profesional y técnico que se encuentra vinculado preferiblemente al campo del abastecimiento de agua. En este manual se recopilan los aspectos relacionados con los diseños y aspectos constructivos, de sistemas de tratamiento que utilizan la tecnología FLA, derivados de las experiencias del grupo de trabajo del Área de Abastecimiento y Remoción de Agua de la Universidad del Valle.

En los casos incluidos en el manual se consideran diseños hidráulicos y estructurales y la utilización de materiales locales, como también algunos detalles constructivos importantes a tener en cuenta en este tipo de obras. Se presentan proyectos diseñados en concreto reforzado, concreto ciclópeo, mampostería estructural y ferroconcreto. Las formas consideradas incluyen: rectangular, circular, con paredes inclinadas. Además de los planos técnicos, se incluyen perspectivas de cada tipo de proyecto y cortes isométricos ambientados; esto con el fin de ofrecer una idea clara de las obras al personal que no se encuentra familiarizado con el uso de la tecnología de FLA.

h. Estimación de costos de las unidades de FLA

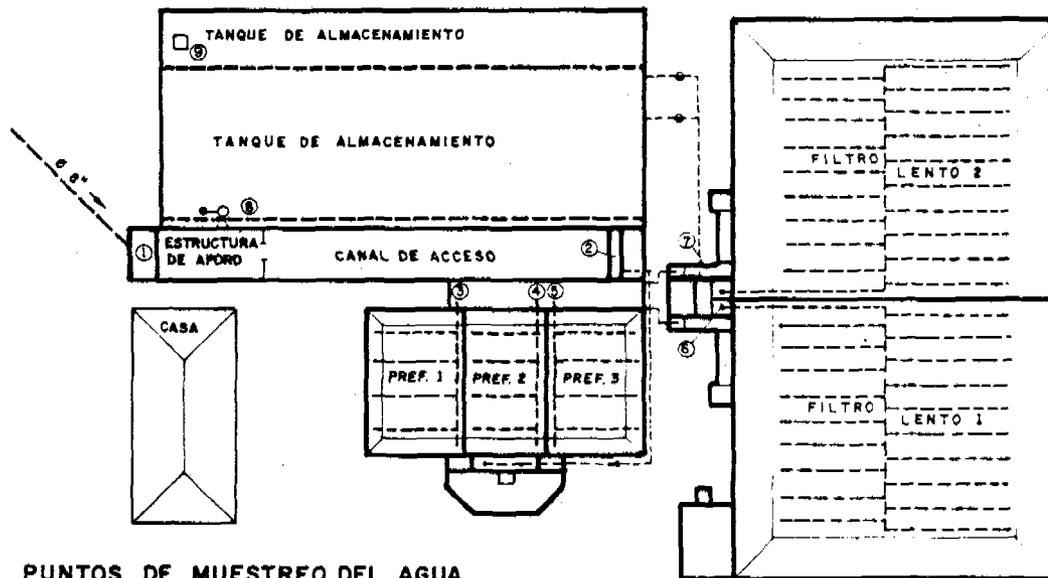
Este subproyecto se realiza bajo la coordinación del ingeniero Galvis C. y tiene inicialmente, el objetivo objetivo de desarrollar un modelo de conjunto que facilite la estimación de lo costos de inversión inicial, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento que utilicen la tecnología de FLA. La información utilizada en el desarrollo de este modelo ha permitido analizar, entre otros factores, la economía de escala y el costo por LPS/tratado.

CONTROL DE OPERACION PLANTA DE TRATAMIENTO
DE FILTRACION LENTA EN ARENA CON FILTRACION
GRUESA ASCENDENTE EN CAPAS

"EL RETIRO" Cali-Colombia

FIGURA N° 10

ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA Y PUNTOS DE MUESTREO



PUNTOS DE MUESTREO DEL AGUA

- | | |
|---|-----------------|
| ① | CRUDA |
| ② | CANAL DE ACCESO |
| ③ | PRETRATADA N° 1 |
| ④ | PRETRATADA N° 2 |
| ⑤ | PRETRATADA N° 3 |
| ⑥ | FILTRADA N° 1 |
| ⑦ | FILTRADA N° 2 |
| ⑧ | ALMACENADA |
| ⑨ | ALMACENADA |

NOTA.-

Proyecto de conversión de una Planta con procesos convencionales a una de FLA con pretratamiento en FGAC

Figura No. 10 Esquema general de la planta y puntos de muestreo.

El modelo está orientado básicamente hacia el estimativo de las cantidades de obra de una planta de FLA con una determinada área de lecho filtrante la cual a su vez se puede asociar con un determinado caudal y velocidad de filtración. El estimativo de costos en cada caso depende de los precios unitarios de materiales y mano de obra existentes en cada región. En el caso de nuestro país estos precios pueden tener variaciones significativas aún dentro de un mismo departamento, principalmente por los altos costos del transporte en sitios de difícil acceso como es el caso de la Costa Pacífica. La Figura No. 15 muestra los costos directos de filtración lenta para plantas construidas en la zona de ladera del departamento del Valle del Cauca.

Una segunda fase de este subproyecto incluye el análisis del comportamiento de las variables más importantes a tener en cuenta en el cálculo de costos que utilizan la tecnología de FLA. Entre estas variables están: el caudal, la velocidad de filtración, la forma de los filtros y los materiales de construcción utilizados.

Otro aspecto importante relacionado con los costos de las unidades de FLA es el análisis comparativo de los costos de tratamiento, teniendo en cuenta la inversión inicial y los costos por operación y mantenimiento, con otras alternativas de uso tradicional en nuestro medio. El Cuadro No. 5 presenta una comparación de los costos de operación y mantenimiento de procesos convencionales y la tecnología de FLA. El caso presentado en este cuadro corresponde a la planta de tratamiento de filtración lenta en arena con pretratamiento en medios gruesos de la parcelación "El Retiro" (Cali, Colombia). La planta inicialmente funcionaba mediante procesos convencionales, pero fue optimizada y empezó a funcionar utilizando la tecnología FLA en enero de 1987.

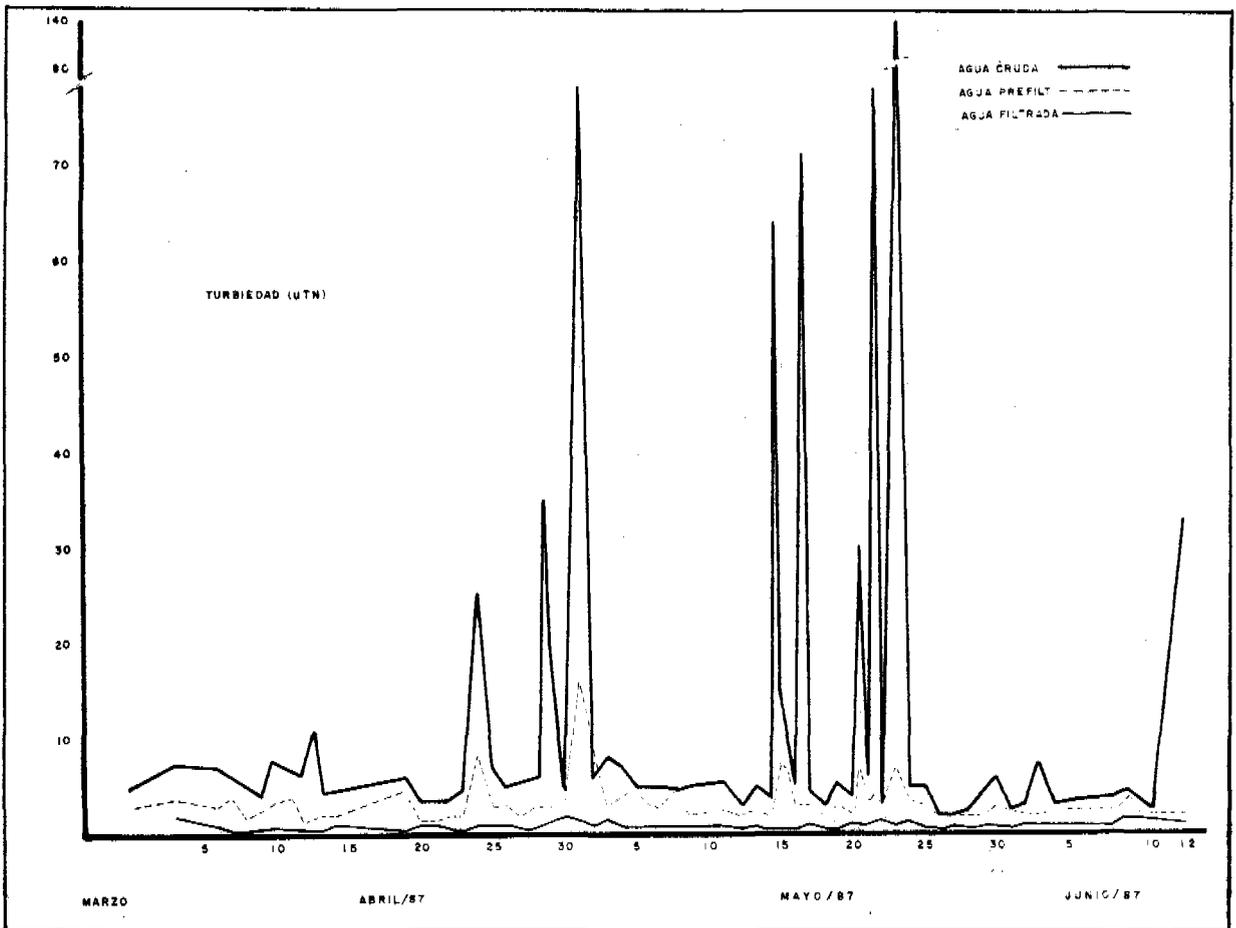


Figura No. 11 Control de operación planta de tratamiento de Filtración lenta en arena con prefiltración ascendente en capas "El Retiro" - Cali, Colombia.

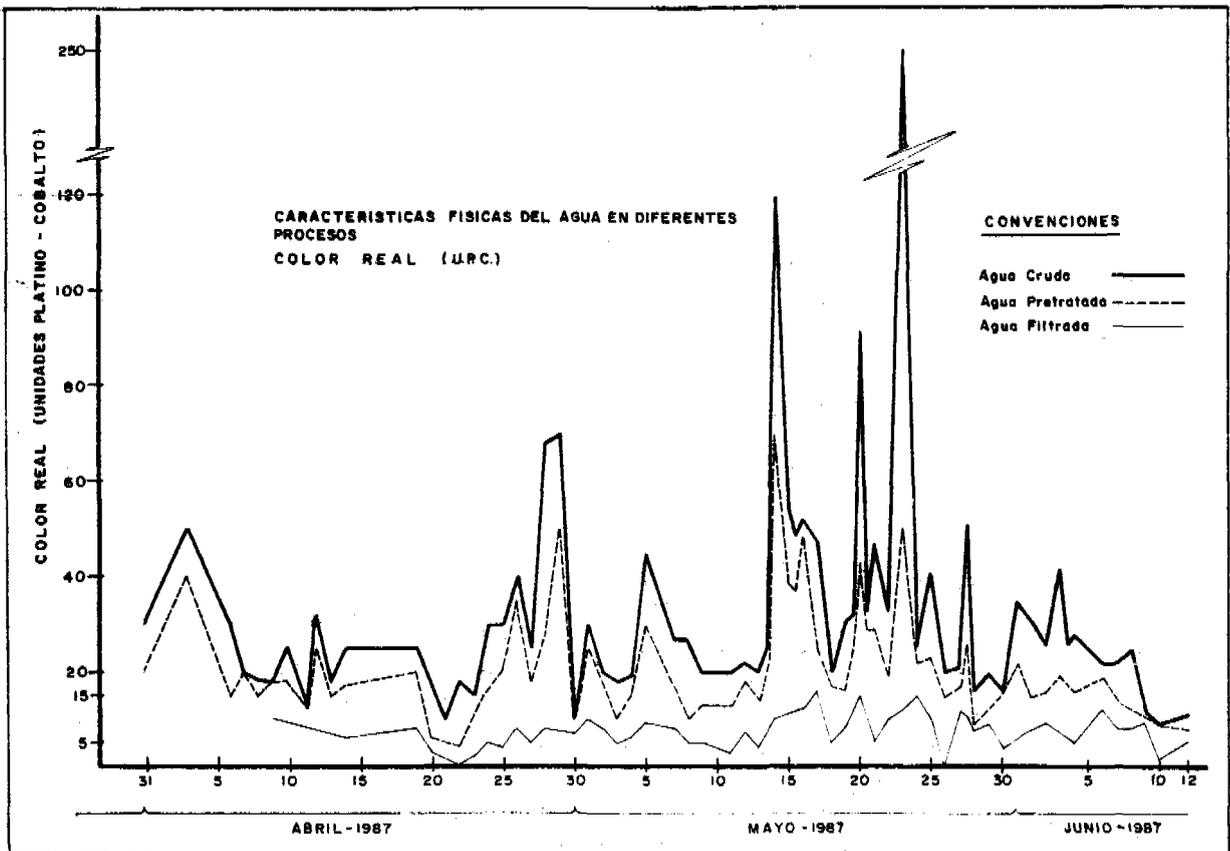


Figura No. 12 Evaluación de funcionamiento planta de tratamiento de filtración lenta en arena con pretratamiento con filtración gruesa ascendente en capas. "El Retiro" Cali - Colombia.



Figura No. 13.
Válvula para limpieza por retro-lavado de filtros gruesos fabricadas con tapas de vasija para transporte de leche.

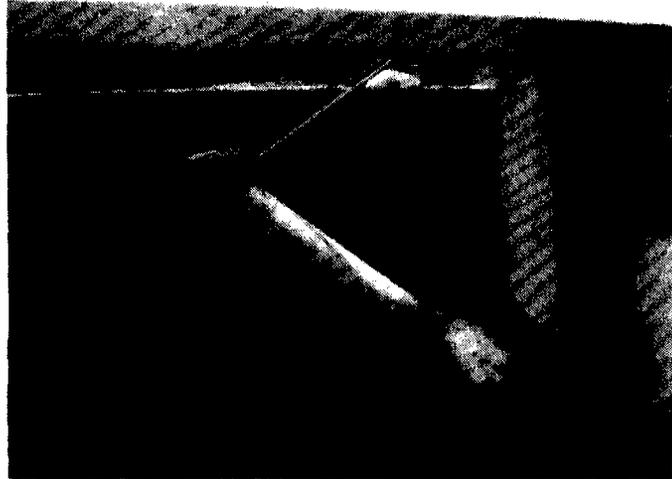


Figura No. 14.
Tubería móvil para rebose y drenaje de agua sobrenadante en unidad de FLA

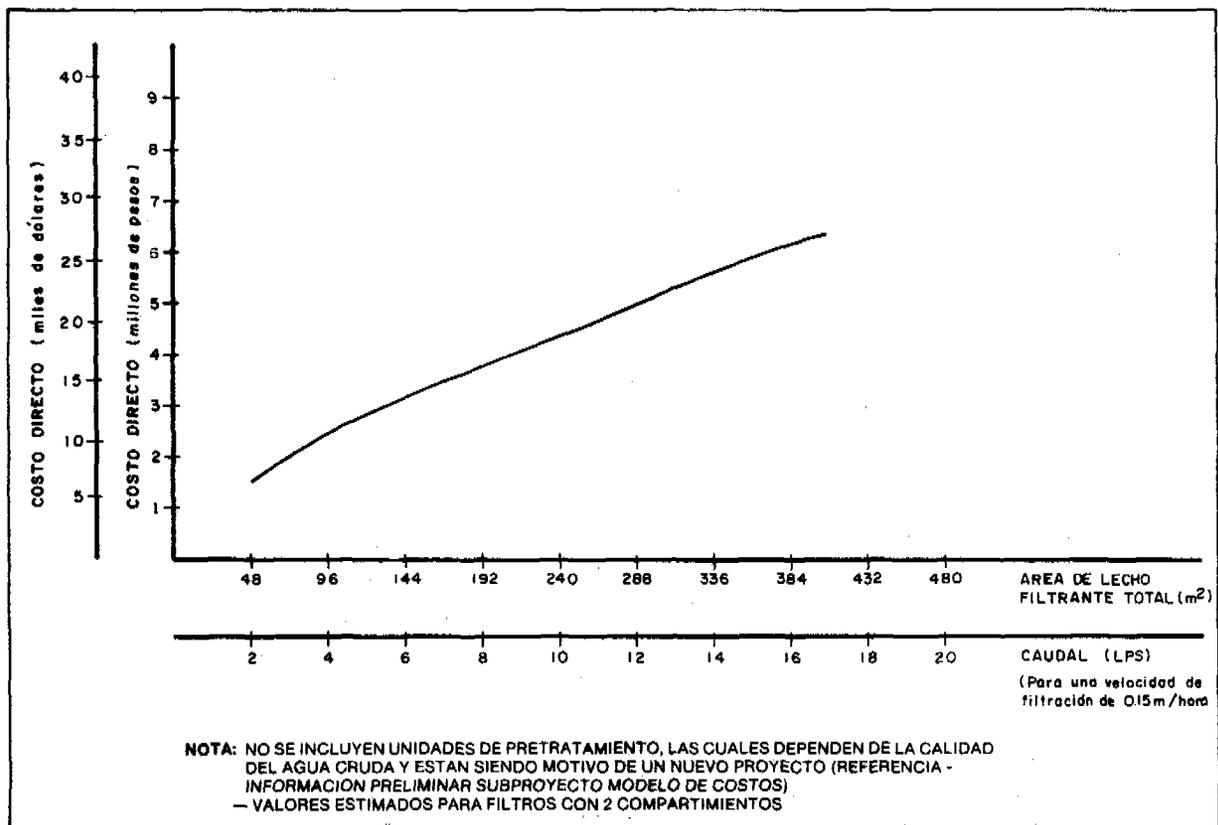


Figura No. 15. Costo directo de filtros lentos en la zona de ladera del Departamento del Valle del Cauca (Colombia). (Junio 1987).

Cuadro No. 5 Comparación de costos mensuales de operación entre la antigua planta, con procesos convencionales y la actual planta de Filtración Lenta en Arena con prefiltración ascendente en capas. "El Retiro" Cali - Colombia

TIPO DE PLANTA ITEM	PLANTA CON PROCESOS CONVENCIONALES				PLANTA DE FILTRACION LENTA EN ARENA		
	UN.	CANT.	VALOR PESOS	VALOR US\$	CANT.	VALOR PESOS	VALOR US\$
1. REACTIVOS QUIMICOS							
A. Sulfato de Aluminio (10% alúmina)	kg.	3000	88.110	373.35	0	—0—	—0—
B. Oxido de Calcio (cal viva, 60% pureza)	kg.	2000	18.000	76.27	0	—0—	—0—
C. Desinfectante							
—Hipoclorito de calcio (solución al 10%)	kg.	900	45.500	192.80	0	—0—	—0—
—Hipoclorito de sodio	kg.	638	37.710	159.79	200	11.821	50.09
SUB-TOTAL ITEM 1			189.320	802.21		11.821	50.09
2. ENERGIA			5.250	22.25		—0—	—0—
3. OPERARIOS			38.999	165.25		26.000	110.17
4. ADMINISTRACION Y GASTOS IMPREVISTOS			58.393	247.43		18.910	80.13
TOTAL COSTOS DE OPERACION			291.965	1.237.14		56.732	240.39

Fecha Junio 1 de 1987

1 dolar = 236 pesos

4.4 Consideraciones sobre acciones ligadas con la promoción integral de la tecnología

De especial importancia es la promoción adecuada de la tecnología para procurar con ello la conformación de grupos de expertos en las diferentes instituciones del sector ligados con el diseño, la administración y el control de la prestación del servicio de agua potable.

Para que estas acciones sean posibles, la Universidad misma ha necesitado y está viviendo su propia experiencia y con base en ella las acciones se intensificarán hacia el futuro y se tiene previsto tener profesionales residentes en la Universidad que compartan esta experiencia en actividades ligadas con el planeamiento, el diseño, la operación y el mantenimiento de este tipo de unidades. Como se explica en el aparte de perspectivas ya se tienen las primeras reacciones positivas para financiar un proyecto amplio en este sentido.

En los Cuadros Nos. 6 y 7 se presenta una visión general de sistemas proyectadas por el grupo y que estarán probablemente integrados a otras acciones de promoción como seguimiento, capacitación de ingenieros y promotores, evaluación de costos de operación y mantenimiento, asesoría en la producción de manuales para las plantas y similares.

Cuadro No. 6 Proyectos ligados con la Promoción Integral de la Tecnología

POBLACION	PROMOCION EN COLABORACION CON	POBLACION PROYECTADA	CAUDAL DE DISEÑO	TIPO DE PRETRATAMIENTO	VELOCIDAD DE PRE-FILTRACION	FILTRO LENTO		
						VELOC. FILT.	TIPO DE ESTRUCT.	MATERIAL
LA SIRENA (Cali)	Beneficencia del Valle	4000	7.5 ips	-Filtro dinámico Grueso en capas FDGC	0.70 m/h	0.15 m/h	Cilindrico	Ladrillo
LA MARINA (Tuluá)	Comité de Cafeteros del Valle	3410	7.0 ips	-Desarenador -FGAS	0.60 m/h	0.15 m/h	Rectangular	FGDS en Concreto y FLA en ladrillo
PARCELA-CION EL RETIRO (Cali) (Optimización de planta existente)	Junta Comunal de la parcelación	1500	9.1 ips	-Protección drenes prefiltro -FGAC	18.14 m/h 0.68 m/h	0.15 m/h	Tanque cubierto con paredes inclinadas	Concreto reforzado
QUEBRADA NUEVA (Zarzal)	Servicio de Salud del Valle	2317	5.0 ips	-Desarenador -FGAC	0.60 m/h	0.15 m/h	Paredes inclinadas	Concreto ciclópeo
SANTA MARIA (Timbiquí)	CVC y servicio de Salud del Cauca	2179	4.0 ips	-Desarenador -FGAC	0.60 m/h	0.15 m/h	Paredes inclinadas	Concreto ciclópeo
CIDER RESTREPO	IRCWD Comité de Cafeteros del Valle	380	0.7 ips	-Desarenador -Filtro grueso horizontal (FGH)	0.75 m/h	0.15 m/h	Paredes inclinadas	Concreto reforzado y ciclópeo
SALONICA	Comité de Cafeteros del Valle SS del Valle	4283	9.3 ips	Presedimentador -FGAS	0.75 m/h	0.15 m/h	Paredes inclinadas	Concreto reforzado y ciclópeo

Cuadro No. 7 Promoción de la Tecnología de Filtración Lenta en Arena. Estado actual de los proyectos.
Fecha: Agosto 1987

CONVENIO/ PROYECTO	PROMOCION EN COLABORACION CON	POBLACION PROYEC- TADA	CAUDAL DE DISEÑO	COORDI- NACION	ESTADO ACTUAL
LA SIRENA (Cali)	Beneficencia del Valle, y otras entidades entre ellas: EM-CALI, Secretaría de Obras Públicas, PAVCO, INVICALI, Embajada de Holanda.	4500	10 lps	J. Latorre M. Zuluaga	La obra se encuentra suspendida por falta de presupuesto. Se reiniciarán obras con el apoyo económico de la Embajada de Holanda y la Beneficencia del Valle. En la actualidad falta impermeabilizar paredes, instalar accesorios hidráulicos en la estructura de salida y colocar los medios de soporte y filtrante.
PARCELACION EL RETIRO (Cali)	Junta Comunal Parcelación El Retiro.	1500	9.07 lps	C.H. Cruz	En este proyecto se optimizó una planta de tratamiento convencional, acondicionando y complementando sus obras civiles, para que utilizara la tecnología de filtración lenta en arena. Las obras se terminaron el 28 de Enero/87 y actualmente se encuentra en la fase inicial de funcionamiento. Evaluaciones preliminares están siendo realizadas.
LA MARINA (Tuluá)	Comité Departamental de Cafeteros del Valle	3410	7.0 lps	E. Quiroga	En la construcción por el Comité de Cafeteros con asesoría del grupo de trabajo de la Universidad del Valle, se encuentran en su primera fase de operación los filtros gruesos.
ZANJON HONDO (Buga)	SS del Valle	1500	3.2 lps	A. Galvis R. Zuluaga	Diseño entregado y próxima su licitación para construcción.
QUEBRADA NUEVA (Zarzal)	SS del Valle	2137	5.0 lps	A. Galvis R. Zuluaga	Diseño realizado
LA BUITRERA (Palmira)	SS del Valle	1550	3.2 lps	A. Galvis	Diseño realizado
CENTRO INTEGRADO DE DESARROLLO RURAL (CIDER) RESTREPO - Valle	IRCWD-SUIZA Comité de Cafeteros del Valle		0.70 lps	C. H. Cruz E. Quiroga	Diseño entregado para revisión para el IRCWD
SALONICA (Riofrio)	Comité de Cafeteros del Valle del SS del Valle	4283	9.3 lps	E. Quiroga C. H. Cruz	Diseño en un 70% de ejecución

5. Perspectivas en el Desarrollo del Proyecto FLA

Seguidamente se presentan de manera general las perspectivas del grupo de trabajo de la Universidad del Valle, relacionadas con el desarrollo del Proyecto de Fla.

5.1 Proyecto para la transferencia de la tecnología de Filtración Lenta en Arena (FLA) en otras regiones de Colombia.

Aprovechando las experiencias y resultados obtenidos por el grupo de trabajo de la Universidad del Valle en el uso de la Tecnología de FLA en el Suroccidente colombiano, se propone la difusión y transferencia dinámica de la tecnología a otras regiones del país, estimulando la participación de Universidades regionales junto con otras instituciones del sector, que vinculen a sus profesionales y técnicos y promover así la formación de grupos de trabajo que inicien el proceso de estudio y promoción de la tecnología en su zona.

El proyecto contempla la realización de visitas y cursos especiales de promoción de la tecnología en las regiones previamente seleccionadas; residencia en la Universidad del Valle de los profesionales que participarían del proyecto para compartir experiencias en actividades ligadas con el planeamiento, diseño, operación y mantenimiento de este tipo de sistemas; producción de material didáctico audiovisual para apoyar el proceso de transferencia de la tecnología; preparación, diseño, construcción, seguimiento y evaluación de una planta piloto y una planta de demostración por parte del grupo de trabajo local con apoyo de instituciones del sector en la región y la asesoría de Univalle-CIR. Se incluye también la realización de actividades de capacitación de recurso humano profesional y técnico para iniciar la fase de promoción general de la tecnología en la región.

Este esquema ha sido presentado a consideración de Planeación Nacional, ICFES, Ministerio de Salud y Embajada de Holanda, obteniéndose las primeras reacciones favorables para la financiación del proyecto. La propuesta está en preparación.

5.2 Evaluación técnica y económica del funcionamiento, operación y mantenimiento de filtros dinámicos gruesos en capas. (FDGC).

Esta propuesta se ha presentado, conjuntamente con el Servicio Seccional de Salud del Cauca, al EAWAG-IRCWD de Suiza, para su financiación. Este sistema de filtración ha sido utilizado por más de 10 años como único proceso de tratamiento en pequeños sistemas de abastecimiento para comunidades de la zona rural caucana y más recientemente con algunas modificaciones proyectadas en la Universidad, en sistemas cercanos a la ciudad de Cali; este proyecto tiene particular importancia dado que no existe una información adecuada del funcionamiento, operación y mantenimiento de estos sistemas.

5.3 Evaluación de plantas de demostración de filtración gruesa horizontal (FGH) y FLA.

Con el apoyo del EAWAG-IRCWS y la participación del Comité Departamental de Cafeteros del Valle, se ha diseñado una planta de demostración para el Centro Integrado de Desarrollo Rural "Julio Fernández Medina" ubicado en el municipio de Restrepo (Valle). Una vez construida la planta se iniciará una fase de seguimiento al comportamiento del sistema, la cual tendrá una duración de un año y permitirá su evaluación en un ciclo hidrológico. Se espera definir dos comunidades ubicadas en un sector preferiblemente cerca a la Universidad para contar con dos plantas de demostración adicionales, en este proyecto.

5.4 Continuación a la promoción integrada de la tecnología de FLA.

Se encuentran dentro de las perspectivas del grupo de trabajo convenios para la promoción de la tecnología para los pequeños centros urbanos del departamento del Valle del Cauca. Estos proyectos incluirían el diseño, la asesoría en la construcción, la capacitación del personal profesional, técnico y de los operarios encargados del adecuado funcionamiento de los sistemas proyectados. En el desarrollo de estos proyectos estarían vinculadas varias municipalidades y el Comité Departamental de Cafeteros, cuando las comunidades involucradas estén localizadas en su área de influencia.

5.5 Convenio Univalle-Acuavalle

En la estrategia trazada en la promoción integral de la tecnología de filtración lenta en arena y pretratamiento estaba lograr una aproximación a ACUAVALLE aprovechando los resultados a presentar en los informes del primer convenio con el CIR, los cuales se estarán terminando a finales del presente año. Sin embargo, y como estímulo para el grupo de trabajo, esta empresa de servicios ha solicitado su apoyo con el propósito de hacer uso de esta tecnología, inicialmente en cuatro cabeceras

municipales del Valle del Cauca. Consecuentemente con la solicitud se efectuó una reunión en ACUAVALLE en la cual se subrayó la conveniencia de introducir la tecnología en esta institución de manera integral: estudio básico, diseño hidráulico y estructural, investigación de materiales locales, asesoría en la construcción, puesta en marcha de las obras y capacitación del recurso humano a nivel profesional, técnico y operacional. Se busca de esta manera que la tecnología sea adecuadamente utilizada para que brinde sus beneficios en este tipo de comunidades de orden municipal.

En un futuro y de acuerdo a decisiones de ACUAVALLE, se estudiará la conveniencia de convertir algunas plantas existentes de tratamiento convencional a plantas de filtración lenta en arena con pretratamiento.

5.6 Proyecto de evaluación de remoción de hierro en sistemas de Filtración Lenta en Arena (FLA).

Teniendo en cuenta los estudios preliminares realizados en un prototipo (La Rosa) y en un sistema piloto (El Retiro) donde se mostró el potencial de la tecnología en la remoción de hierro, se inició la fase siguiente del estudio con énfasis en los aspectos químicos y biológicos. La doctora María del Carmen Zúñiga de Cardozo profesora de la Sección de Saneamiento Ambiental de Univalle, ha iniciado una investigación sobre los mecanismos de remoción de hierro en las unidades de FLA con el apoyo de la estudiante de último año de biología Neyla Benítez.

5.7 Proyecto integrado de investigación y demostración de tecnologías simplificadas de pretratamiento para sistemas de abastecimiento de agua.

La experiencia preliminar en la evaluación en plantas piloto de diferentes alternativas de pretratamiento además de los resultados alentadores que se están obteniendo con los primeros prototipos, han motivado a la Universidad del Valle y al CIR a presentar una propuesta para el estudio y el desarrollo de diferentes tecnologías de pretratamiento con el apoyo de EMCALI y del Ministerio de Salud de Colombia.

Este proyecto se considera de vital importancia porque de acuerdo con el estudio preliminar, las eficiencias de los sistemas de prefiltración fueron relativamente altas en tres casos analizados, con fuentes superficiales diferentes. Estos resultados indican que el pretratamiento no es sólo un proceso de protección de los filtros lentos sino una parte esencial del tratamiento. Las conclusiones que este proyecto genere permitirá definir criterios básicos para la selección, diseño, operación y mantenimiento de estos sistemas.

En la Figura No. 16, se presentan aspectos relacionados con las diferentes líneas a incluir en la investigación. Este sistema piloto utilizará agua cruda del Río Cauca y se localizará en predio de la planta de potabilización de Puerto Mallarino de la ciudad de Cali.

Para el desarrollo de este proyecto se ha previsto la conformación de un grupo asesor de profesionales de reconocida experiencia en tratamiento de agua, vinculados a instituciones del sector en Suiza, Inglaterra, Estados Unidos, Brasil, Perú y Colombia. Este grupo conocerá y podrá orientar el desarrollo del proyecto y facilitará tanto la recolección como la divulgación de la información relacionada con esta alternativa tecnológica para la potabilización del agua, de especial importancia para regiones con limitaciones para aprovechar tecnologías con requerimientos intensos de equipos mecánicos e insumos químicos.

6. Consideraciones Finales

La participación de la Universidad del Valle y en particular del área de abastecimiento y remoción de agua, en el desarrollo del proyecto del FLA ha sido importante para el ejercicio de sus actividades académicas y ha estimulado seriamente la conformación de un grupo de trabajo en abastecimiento de agua. Esta participación también ha posibilitado el cumplimiento de los objetivos del CIR de promover organizadamente el aprovechamiento más amplio de esta tecnología y la conformación de grupos de expertos en diferentes partes de este campo.

El trabajo del grupo en Colombia muestra resultados concretos no sólo en la promoción de la tecnología sino en su desarrollo, como lo es la aplicación de la tubería corrugada perforada como nuevo sistema de drenaje que permite reducir la altura de la camada de grava y posibilita con otras observaciones bajar en un metro aproximadamente la altura de los muros de las unidades de FLA, lo que abre paso a soluciones estructurales más sencillas y a reducir los costos de inversión.

En este trabajo también se ha procurado el aprovechamiento de materiales locales como la aplicación de procedimientos sencillos de selección y preparación de arena que han llevado a una significativa reducción en los costos de inversión en este material esencial para el uso de la tecnología.

Se está iniciando un conjunto de acciones orientadas a facilitar tanto la planeación y el diseño como la adecuada operación, mantenimiento y control de las unidades de FLA. En estos últimos aspectos se considerará no sólo cursos para profesionales en la Universidad sino también el adiestramiento del nivel técnico y operacional para lo cual se requerirá la producción de los documentos y ayudas didácticas correspondientes. Las primeras propuestas presentadas para esta actividad tienen respaldo y se confía conseguir el apoyo adicional necesario para cumplir con estas acciones cuyos resultados pueden ser de utilidad también para el ejercicio de la consultoría en relación con esta tecnología.

El estudio preliminar sobre pretratamiento en desarrollo del convenio UNIVALLE-CIR ha permitido observar todo el potencial de las alternativas consideradas de filtración gruesa como parte integral de los procesos de tratamiento de agua y no solamente como estructuras orientadas a proteger el trabajo de las unidades de FLA. En la segunda fase del convenio con Holanda se hará énfasis en el estudio, desarrollo y la promoción integral de diferentes líneas de pretratamiento.

La Universidad tiene una función importante que cumplir para ayudar al desarrollo económico y social del país y se confía que la presentación de este documento permita mostrar a otras organizaciones y profesionales, que la Universidad oficial en Colombia y en América Latina puede jugar su papel en el estudio, desarrollo y promoción de tecnología a pesar de las limitaciones económicas y de infraestructura para la investigación en que regularmente se labora. Se requiere creatividad y atrevimiento para buscar formas que le permitan trabajar en la investigación y el desarrollo de tecnologías orientadas según la realidad técnica y socioeconómica en que sean aprovechadas y no renunciar de ninguna manera a estas actividades ligadas a su razón de ser.

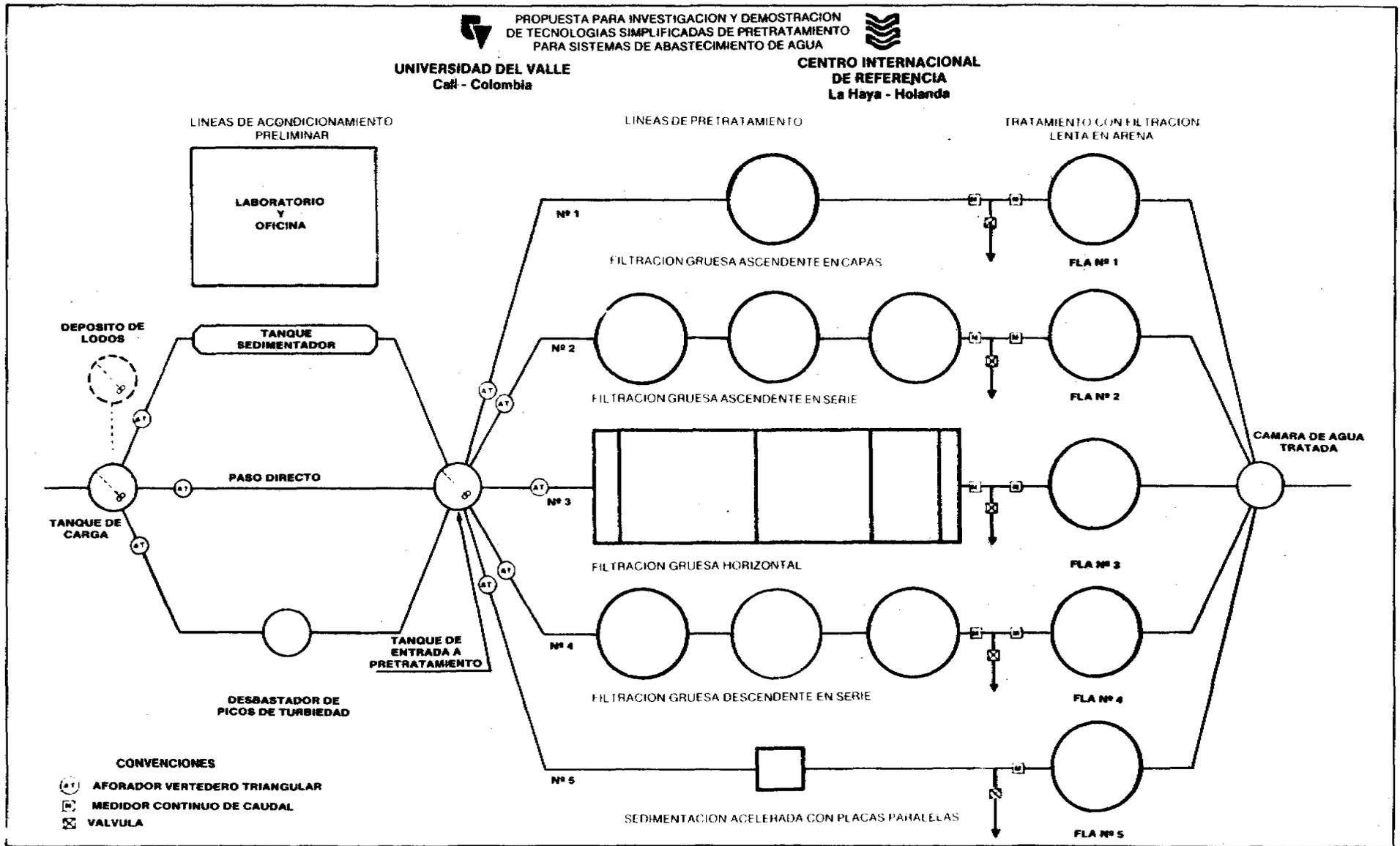


Figura No. 16. Esquema general planta para investigación y demostración de tecnologías simplificadas de pretratamiento para sistemas de abastecimiento de agua.

Referencias Bibliográficas

1. GALVIS C. G; DUQUE M. R. Programa Nacional de Calidad de Agua en el Departamento del Valle del Cauca. XXVII Congreso Nacional de ACODAL, Seccional Valle del Cauca, Memorias. Barranquilla. Octubre de 1984.
2. Documento Resumen Instalación Comité Coordinación de Actividades dentro del Programa para el Estudio, Desarrollo y Promoción de Tecnología Aplicada al Abastecimiento de Agua. Club de Ejecutivos . Cali, Colombia, Octubre 8 de 1986.
3. Documento Resumen Segunda Reunión Comité Coordinación de Actividades. Programa para el Estudio, Desarrollo y Promoción de Tecnología Aplicada al Abastecimiento de Agua. Rectoría Univalle. Cali, Colombia. Febrero de 1987.
4. HESPANHOL, J. Investigaçao sobre o Comportamento e Aplicabilidade de filtros lentos no Brazil. Universidade de Sao Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública. Sao Paulo, Brazil, 1969.
5. CANEPA, L. Filtros Lentos de Arena en Acueductos Rurales. Informe Final Investigación No. 3. Lima, Perú. CEPIS/OMS/OPS. Diciembre, 1982.
6. VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAN, R; RAMAN, A; HEIHNNEN, H.A. Slow Sand Filtration for Community Water Supply. Planning, Design, Construction, Operation and Maintenance. Technical Paper Series No. 24 IRC, The Hage, The Netherlands, 1987.
7. SUNDARESAN, B.B.; PARAMASIVAN, R. Slow Sand Filtration. Research and Demostration Project. India. Final Report. NEERI-CIR. 1982.
8. PEREZ, J.M.; PARDON, M; LAVADO, I; DE MAYO, C.V. Informe Preliminar de la Investigación sobre Prefiltros de Grava. CEPIS, Lima. 1985.
9. SALAZAR, L.G. Agua Potable para la Zona Rural Colombiana. Revista ACODAL No. 96. Octubre de 1980. Pag. 9-24.
10. WEGELIN, M. Horizontal - Flow Roughing Filtration (HRF). A Design, Construction and Operation Manual. IRCWD - Report No. 06/86.
11. Documentos preliminares. Informes. Convenio UNIVALLE-CIR. No. 35. 861.