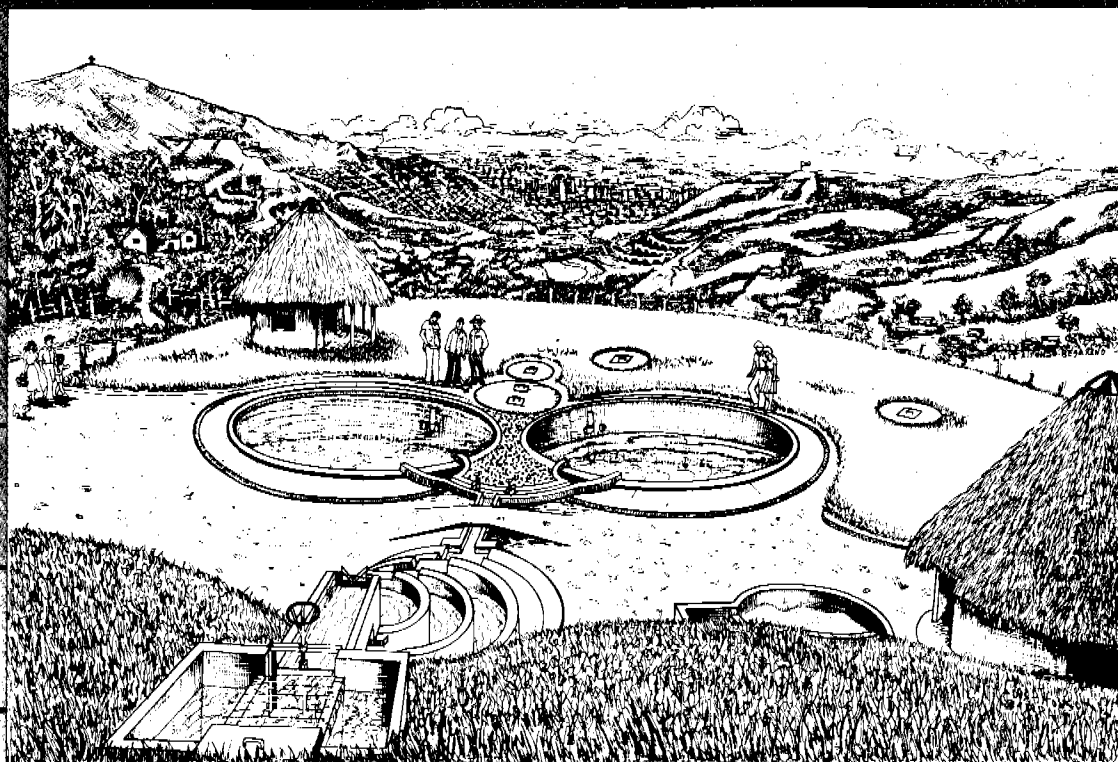


255.1
87 SE

Segundo Taller Nacional para la Promoción de la Filtración Lenta en Arena



ACODAL
Asociación Colombiana de
Ingeniería Sanitaria
y Ambiental
Seccional Valle del Cauca.



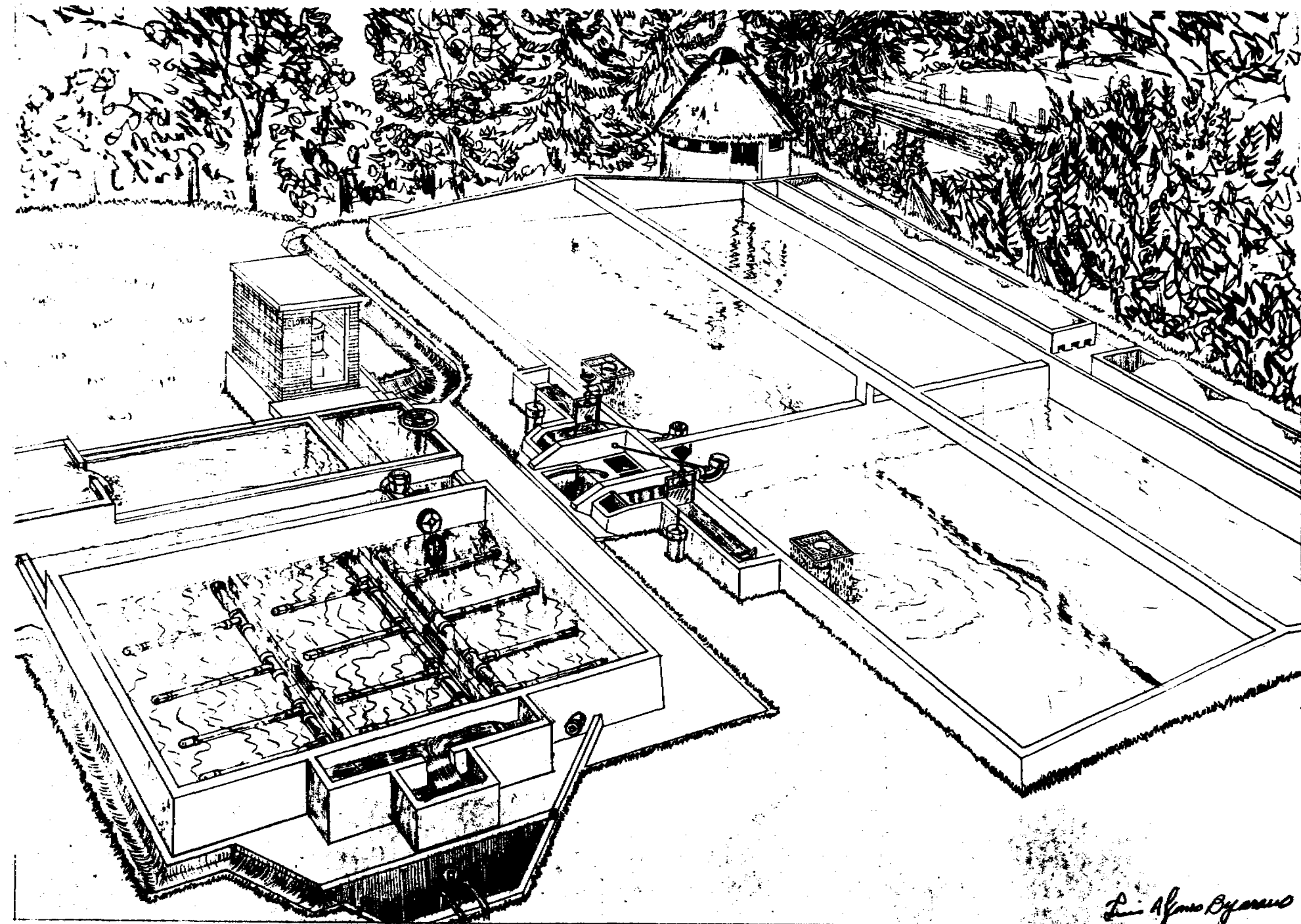
UNIVERSIDAD DEL VALLE
Grupo de trabajo en
abastecimiento de agua
Facultad de Ingeniería,
Cali, Colombia.



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

Santiago de Cali, 10, 11, 12 y 13 de febrero de 1987

255-1-87SE-2709



Luigi Alfano Byarano



ACODAL
Asociación Colombiana de
Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Seccional Valle del Cauca.



UNIVERSIDAD DEL VALLE
Grupo de trabajo en
abastecimiento de agua -
Facultad de Ingeniería,
Cali, Colombia.



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

Segundo Taller Nacional para la Promoción de la Filtración Lenta en Arena

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (CIR)
P.O. Box 93190, 2300 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

ISBN: 2709

LO: 255.1 07 SE

Santiago de Cali, 10, 11, 12 y 13 de febrero de 1987

INDICE

INTRODUCCION

OBJETIVOS DEL TALLER

PRESENTACION DE ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

CONFERENCIAS

- . CENTRO INTERNACIONAL DE REFERENCIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y EL SANEAMIENTO. VISION GENERAL SOBRE SU CAMPO DE ACCION.

J. T. Visscher

- . GRUPO DE TRABAJO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

G. Galvis C.

- . FILTRACION LENTA EN ARENA. CONSIDERACIONES SOBRE EL USO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES.

G. Galvis C., R. Duque M., M. Santacruz Ch., J. T. Visscher

- . LA FILTRACION LENTA ANTE LA REALIDAD SANITARIA NACIONAL.

R. Duque M.

- . PROYECTO INTEGRADO DE INVESTIGACION Y DEMOSTRACION SOBRE FILTRACION LENTA EN ARENA.

J. T. Visscher y G. Galvis C.

PRESENTACION DE EXPERIENCIAS NACIONALES

- . CORREGIMIENTO DE SANTA MARIA
MUNICIPIO DE TIMBIQUI, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

A. Galvis C.

- . CORREGIMIENTO DE ZANJON HONDO
MUNICIPIO DE BUGA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

R. Zuluaga B.

- . CORREGIMIENTO LA MARINA
MUNICIPIO DE TULUA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

E. Quiroga R.

- . PARCELACION EL RETIRO
CORREGIMIENTO LA BUITRERA
MUNICIPIO DE CALI, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

C. Cruz V.

- . VEREDA LA SIRENA
CORREGIMIENTO DE VILLACARMELO
MUNICIPIO DE CALI, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

J. Latorre M.

INTRODUCCION

El estudio, desarrollo y promoción de la tecnología orientada a posibilitar un mejoramiento de la calidad de la vida en las comunidades, es uno de los objetivos de la Universidad del Valle.

El abastecimiento de agua de buena calidad y en cantidad suficiente, se ha reconocido como condición esencial para posibilitar el bienestar y desarrollo de los asentamientos humanos. Este tema constituye una de las mayores preocupaciones de ACODAL, del CIR y del Grupo de Trabajo en Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ingeniería, para lo cual adelanta variadas acciones, entre ellas la promoción y ejecución del presente Taller.

Alentadores resultados se han conseguido con la Filtración Lenta en Arena, tecnología en cuya adecuada transferencia, desarrollo y adopción a nuestras condiciones técnicas y socio-económicas, ha venido trabajando el Grupo de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. Estos resultados corresponden a experiencias tanto a nivel de modelos físicos como de prototipos de demostración.

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer los fundamentos sobre la naturaleza y la utilización de la Filtración Lenta en Arena, e intercambiar experiencias a nivel nacional sobre la aplicación de esta tecnología. Se utilizará como base de estudio las investigaciones adelantadas por el CIR, la Universidad del Valle y los proyectos de demostración que actualmente se promueven con diferentes instituciones en Colombia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- . Promover la capacitación de profesionales colombianos en la adecuada utilización de esta tecnología.*
- . Presentar experiencias de proyectos hechos en Colombia y considerarlos críticamente en un ambiente académico.*
- . Considerar los problemas de operación y mantenimiento de plantas de potabilización ligadas a la realidad tecnológica y socio-económica de nuestras regiones.*
- . Alentar el avance del Grupo de Trabajo para el Estudio, Desarrollo y Promoción de Tecnología en Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, mediante su presentación ante*

las entidades del sector ambiental en Colombia.

IGNACIO RESTREPO
Director Ejecutivo
Asociación Colombiana de Ingeniería
Sanitaria y Ambiental - ACODAL,
Seccional Valle del Cauca

J. T. VISSCHER
Programme Officer
Centro Internacional de Referencia
para el Abastecimiento de Agua y
Saneamiento - CIR

GERARDO GALVIS C.
Director
Grupo de Trabajo en
Abastecimiento de Agua
Facultad de Ingeniería
Universidad del Valle - UNIVALLE

PRESENTACION DE ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ACODAL - Seccional Valle del Cauca, se estableció como Seccional de Acodal Nacional en el año de 1983 de acuerdo a una solicitud de varios socios del Valle del Cauca. A lo largo de estos tres años ha sido su principal preocupación el difundir la teoría y práctica de todos los temas relacionados con la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, que redunden en el fortalecimiento de la conservación de los Recursos Naturales, el Medio Ambiente y la Salud de la Comunidad.

Es así como hasta el momento, ACODAL - Seccional Valle del Cauca cumpliendo con su programa de capacitación, ha realizado 20 cursos de Operación y Control de Piscinas, 3 cursos de Operación de Plantas de Potabilización, 2 cursos de Desinfección de Agua con Cloro y Ozono, y cursos sobre Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, Seminario para Gerentes de Aseo, Administración de Piscinas Públicas y de uso restringido, Taller sobre Bombas y Estaciones de Bombeo, Manejo de Cloro Gaseoso y Control de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Igualmente la Seccional del Valle en los dos últimos años ha realizado dos eventos principales de carácter internacional que han sido pro

gramados con un año de anticipación cada uno, contando entre sus expositores las figuras más relevantes de la Ingeniería Sanitaria en el ámbito mundial. Estos eventos han sido el Seminario Latinoamericano de Tratamiento de Aguas Residuales, celebrado en 1985, y el Taller Internacional sobre el Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos, llevado a cabo en 1986.

En todos estos cursos y seminarios se han capacitado a nivel operativo, técnico y profesional cerca de 950 personas en las que se incluyen asistentes regionales, nacionales e internacionales.

ACODAL - Seccional Valle del Cauca, paralelamente a su programa de capacitación ha desarrollado otra serie de actividades en beneficio del gremio y de sus asociados, tales como : la realización de conferencias y mesas redondas para escuchar y discutir diferentes temas de actualidad sobre aspectos importantes relacionados con la Ingeniería; homenajes a personas que por sus méritos y experiencias han contribuido al desarrollo de la Ingeniería Sanitaria y han colaborado de una u otra manera con el engrandecimiento del gremio; apoyo a instituciones regionales por medio de asesorías en aspectos que tienen que ver con la situación sanitaria, el estado de sistemas de tratamiento, soluciones a problemas de la comunidad y programación de actividades en la salud entre otras; colaboración con la comunidad, manifestándose permanentemente por medio de comunicados que son publicados en los periódicos locales y nacionales, además de estar en contacto por medio de su Junta Directiva en la

asistencia a programas radiales en defensa de la comunidad, impartiendo medidas de seguridad, prevenciones y actitudes que deba tomar la ciudadanía en defensa de los Recursos Naturales.

ACODAL - Seccional Valle del Cauca reconoce la laboriosa tarea que han desempeñado sus Juntas Directivas en estos tres años de exitosas realizaciones y logros, y el apoyo de Industrias, Instituciones y Firmas privadas de Ingeniería y comercialización de productos en la financiación y patrocinio de material para ser difundido a todo el sector.

CENTRO INTERNACIONAL DE REFERENCIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y EL
SANEAMIENTO. VISION GENERAL SOBRE SU CAMPO DE ACCION

J.T.Visscher ^{1/}

1 INTRODUCCION

El Centro Internacional de Referencia para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento (CIR) fué fundado en 1968 con base en un acuerdo entre la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Gobierno Holandés y fué designado como un Centro colaborante de la OMS en Abastecimiento Público de Agua.

En 1981, al comienzo de la década, el CIR recibió el carácter de fundación independiente, sin ánimo de lucro, de acuerdo con la legislación holandesa. El carácter internacional del CIR se refleja en su Junta de Gobierno que incluye miembros de organizaciones internacionales como PNUD, UNICEF, Banco Mundial, OMS. En el desarrollo de sus actividades el CIR recibe y brinda asistencia a estas organizaciones o a otras que se interesan en colaborar con la ejecución de proyectos particulares.

^{1/} Jan Teun Visscher, Programme Officer. Coordinación y Contenido de programas. CIR.

El Centro opera con base en un presupuesto principal suministrado por el Gobierno de Holanda, el cual es adicionado con fondos provenientes de donaciones bilaterales y multilaterales para la realización de programas y proyectos específicos.

El recurso humano adscrito al Centro incluye profesionales en Ingeniería Sanitaria, Ciencias Sociales, especialistas en desarrollo y entrenamiento de recurso humano, lo mismo que en el manejo de información y documentación. Especialistas externos son empleados como consultores para el cumplimiento de actividades específicas.

El CIR promueve la colaboración internacional para el abastecimiento de agua y el saneamiento y trabaja dentro del espíritu de cooperación técnica entre países en desarrollo, según el llamado hecho por la Organización de las Naciones Unidas.

Finalizando 1983, el CIR celebró el décimo quinto aniversario del acuerdo entre la OMS y el Gobierno Holandés para su fundación. Con tal motivo se realizó un Seminario Internacional en Amsterdam en junio de 1984 el cual tuvo como tema principal la participación comunitaria con énfasis en la identificación del papel de la mujer en el abastecimiento de agua y el saneamiento.

Ahora el Centro continúa haciendo énfasis en la integración de lo que puede llamarse componentes de "software" (participación comuni

taria, educación sanitaria, el papel de la mujer en los sistemas de abastecimiento de agua, etc.) con los componentes de "hardware" (la tecnología). Una visión general de las actividades del Centro se presentan a continuación.

2 EL CENTRO Y SU CAMPO DE ACCION

Los pueblos y los gobiernos de los países en desarrollo enfrentan diversos problemas. La falta de adecuados sistemas de abastecimiento de agua y la existencia de un deficiente saneamiento constituyen todavía uno de los más lamentables, pues esta situación está ligada con la muerte diaria de cerca de 30.000 de sus habitantes, siendo la mayoría de ellos niños menores de cinco años de edad. Adicionalmente a este trágico resultado, a la morbilidad e incapacidad asociada, está la significativa cantidad de tiempo gastado por mujeres y niños trayendo agua desde sitios alejados. Tiempo que podría dedicarse al desarrollo de la comunidad y a la educación de los niños.

El reconocimiento de estos problemas fue estimulado significativamente por las Naciones Unidas cuando se declaró el período 1981-1990 como la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento. Conjuntamente con la disponibilidad de adecuadas alternativas tecnológicas, se requiere adicionalmente de una considerable aceleración de la inversión para construir y recuperar infraestructura institucional y del aumento de la capacidad administrativa.

Para conseguir lo anterior los programas de abastecimiento de agua y saneamiento necesitan ser integrados dentro de los programas de desarrollo, los cuales deben comprender el desarrollo de recurso humano a todos los niveles de la sociedad y promover la participación comunitaria y la ayuda mutua. Estos programas deben responder a la realidad socio-económica y al contexto cultural de las comunidades involucradas.

El CIR está al servicio de los millones de habitantes que no disponen de 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 entre 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.

La contribución del CIR a este complejo problema se hace a través de información dirigida a administradores, profesionales y técnicos de organizaciones ligadas con la planeación, ejecución o supervisión de programas para la instalación, administración y aprovechamiento de infraestructura para el abastecimiento de agua y el saneamiento en zonas rurales y urbano marginales en los países en desarrollo.

Con los años el CIR ha llegado a ser una organización de orientación práctica, que se empeña por cerrar la brecha entre los nuevos desa

rollos, el conocimiento disponible y la experiencia, con las necesidades prácticas a nivel nacional. En su trabajo el CIR enfatiza la integración de los aspectos sociales con los aspectos técnicos. Su trabajo incluye, en general, actividades tales como las siguientes :

- . Generación , evaluación y adopción 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 y asesoría.

Desde su fundación, el CIR ha desarrollado un profundo conocimiento de documentos disponibles, proyectos y fuentes de información; una extensa red de contactos, incluyendo recursos de expertos; una excelente colección de documentos sobre abastecimiento de agua y saneamiento; un grupo políglota de profesionales de técnicos de apoyo y amplios recursos para entrenamiento.

En las páginas siguientes se incluye una visión general sobre servi

cios de información, proyectos de desarrollo y demostración y algunas breves anotaciones sobre otras actividades.

3 SERVICIOS Y REDES DE INFORMACION

Desde 1971, el CIR ha distribuido más de 35.000 publicaciones en inglés, francés y español y 450.000 copias de "The IRC Newsletter". Ventidos documentos técnicos han sido publicados con información sobre "el estado del arte" en diferentes tópicos, tales como diseño de la filtración lenta en arena y teoría y práctica de la participación comunitaria. "The IRC Newsletter" alcanza ahora alrededor de 5.400 suscriptores en ediciones en inglés y francés. También son presentados materiales en español a través de publicaciones como la carta de noticias del CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente).

La amplia serie de boletines, documentos ocasionales y documentos técnicos publicados por el CIR ofrecen a los lectores detalles de desarrollos recientes en aspectos técnicos y socio-económicos sobre abastecimiento de agua y saneamiento. Las últimas publicaciones incluyen "Participation of women in water supply and sanitation: roles and realities"; and "Manual for caretakers of slow sand filtration".

Actualmente el CIR está adelantando las siguientes acciones dentro de esta actividad :

- Documento guía sobre la aplicación de fuentes renovables de energía en sistemas de abastecimiento de agua de zonas rurales de los países en desarrollo.
- Preparación de un manual para trabajadores en pequeños sistemas de abastecimiento de agua incluyendo tanto aspectos técnicos como programáticos.
- Actualizando el documento técnico sobre pilas públicas para sistemas de abastecimiento de agua, recogiendo los hallazgos durante el proyecto integrado de investigación y demostración.
- Iniciando un estudio sobre pretratamiento de agua superficial para reducir turbiedad y posibilitar un uso más amplio y confiable de la filtración lenta en arena.

Una serie de actividades están en desarrollo para expandir el conocimiento base en varias áreas críticas. Por ejemplo, con el uso de bombas de mano se han encontrado muchos problemas de diseño, manufactura y mantenimiento, junto a limitaciones de tipo económico y de organización, a pesar de que varios millones de personas dependen de ellas para su adecuado abastecimiento de agua.

La disponibilidad de información adecuada puede ayudar a algunos de los problemas antes indicados. Consecuentemente el CIR está actuali

zando su documento técnico sobre bombas de mano. Para tener en cuenta los desarrollos recientes en la revisión se incluirá un mayor rango de tópicos, incluyendo participación comunitaria, diseño de la plataforma, aplicación de materiales plásticos y materiales locales y pautas para la instalación.

Otro serio problema identificado lo constituyen las fallas de los equipos en los sistemas de abastecimiento de agua como consecuencia de inadecuado mantenimiento. Un documento en preparación describe los actuales criterios sobre mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua con base en la revisión de literatura y en el diálogo con organizaciones locales. El documento también incluye consideraciones claves para el desarrollo de sistemas para mantenimiento.

El mejoramiento de las condiciones sanitarias y de las prácticas de higiene personal pueden probablemente hacer tanto para reducir la muerte y la enfermedad como pueden hacerlo los mejores sistemas de abastecimiento de agua. Sin embargo esto es frecuentemente subestimado. El CIR está ampliando su colección de documentos en saneamiento y planea publicar una lista práctica de referencias disponibles.

Existe una creciente demanda por información sobre administración financiera de programas de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental. La mayoría de los fondos para gastos periódicos, operación y mantenimiento son generados internamente y son escasos. El CIR está

investigando esta situación y se propone publicar un documento sobre las oportunidades locales de financiamiento.

La recarga artificial de aguas subterráneas ofrece a muchas áreas un importante recurso para mantener niveles adecuados de este recurso. Esta alternativa también tiene un gran potencial como tratamiento simple de agua sin el uso de químicos o de complicados procesos. Holanda, en particular, ha tenido considerable experiencia en el uso exitoso de la tecnología de recarga artificial. El CIR está también revisando la literatura para identificar la aplicación potencial de la recarga artificial para sistemas de abastecimiento de agua de mediano y pequeño tamaño, describiendo incluso experiencias prácticas.

El CIR se considera como parte integral de una red más amplia de organizaciones interesadas en abastecimiento de agua y saneamiento. El CIR procura fortalecer la efectividad de esta red a través de actividades como la preparación de directorios de recursos, y la publicación de las muy necesitadas colecciones de términos en inglés, francés y español para especialistas en información, lo cual se hace en cooperación con el CIID del Canadá.

El CIID y el CIR conjuntamente están apoyando el fortalecimiento de las actividades de intercambio de información en Sri Lanka, Tailandia e Indonesia. Estas actividades enfatizan la creciente necesidad de información a nivel nacional. Recientemente el CIR se ha ligado

con el Banco Mundial y con las Naciones Unidas para probar y promover la red de entrenamiento en administración de agua, incluyendo la preparación de un módulo sobre intercambio de información, el cubrimiento de "Newsletter" y la organización de un Taller en Indonesia.

4 PROYECTOS DE DESARROLLO Y DEMOSTRACION

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 de 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 también que permite la conformación de recursos para el entrenamiento, la investigación y la generación de información.

El CIR empezó a jugar papel activo en proyectos de desarrollo y de demostración desde 1973 cuando apoyó evaluaciones en sistemas de filtración lenta en arena. En la primera fase del proyecto se investigó sobre diferentes aspectos de ingeniería con la participación de instituciones de cinco países en desarrollo. La segunda fase se centró en la ejecución de plantas de demostración en estos países.

Posteriormente la diseminación de información se ha concretado a través de artículos técnicos, sumarios nacionales de entenamiento, publicación de documentos sobre generación y mantenimiento en inglés, español, árabe y tailandés. Por la naturaleza del evento en que se incluye el presente material, lo concerniente al proyecto de filtración lenta en arena se amplía en documento aparte.

De manera semejante, se está ejecutando un proyecto de desarrollo y demostración sobre sistemas de abastecimiento de agua con pilas públicas. En este proyecto se está enfatizando en la combinación de la tecnología con significativa participación de la comunidad con base en un serio conocimiento de aspectos socio-culturales, organización comunitaria, y principio de educación. Utilizando un acercamiento integrado, se está dando la debida atención a la planeación, ejecución y administración. Proyectos de demostración con activa participación comunitaria se han ejecutado en Indonesia, Malawi, Sri Lanka y Zambia.

Una lógica extensión de lo anterior la constituye el desarrollo del nuevo proyecto sobre sistemas entubados de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades. Este proyecto que involucrará varios países debe iniciarse en 1987 y ampliar la experiencia alcanzada con pilas públicas. Especial énfasis se hará en la integración de la tecnología de abastecimiento de agua con saneamiento ambiental, organización comunitaria, educación sanitaria y administración opera

cional, incluyendo financiación y mantenimiento.

5 ACTIVIDADES Y PROYECTOS ESPECIALES

Con el apoyo técnico y económico de diferentes agencias internacionales el CIR ha emprendido notables actividades en áreas como evaluación de proyectos, entrenamientos, educación y participación comunitaria. Por ejemplo, el CIR apoya :

- . Asistencia directa para el diseño, ejecución y evaluación de proyectos, incluyendo la República Árabe de Yemen, Togo, Colombia, Burkina, Foso y Nigeria.*

- . Participación comunitaria. Un ejemplo lo constituye el directorio de fuentes de información sobre participación comunitaria realizado en colaboración con "USAID/Water and sanitation for health project". El CIR está asistiendo a Tanzania para fortalecer la participación comunitaria en abastecimiento de agua y saneamiento a través de la preparación y evaluación de materiales de entrenamiento para trabajadores de campo.*

- . Desarrollando el papel de la mujer en los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. El documento técnico sobre este tópico ha sido circulado ampliamente. Con base en solicitudes, el CIR revisa el papel potencial de la mujer para participar en proyectos*

en ejecución en la etapa de planeación.

- *Mejorar la evaluación de proyectos con base en la preparación y prueba del contenido y materiales de cursos de entrenamientos preparados a solicitud de UNICEF.*
- *Fortalecimiento al procesamiento local y regional de información y a su posterior diseminación a través de variados esfuerzos, incluyendo estrecha cooperación con organizaciones en Asia, África y Latinoamérica.*
- *Actividades regulares en el CIR comprenden la preparación de glosarios, materiales de entrenamiento para especialistas en el manejo de la información, listas de libros seleccionados y rápidas respuestas a preguntas para reportes especiales.*

Con su énfasis continuado sobre aplicación práctica de tecnología apropiada, promoción de información y reconocimiento del papel esencial de los hombres, mujeres y niños de cada comunidad, el CIR anhela colaborar con usted en la solución a los problemas que impiden un adecuado abastecimiento de agua y saneamiento.

GRUPO DE TRABAJO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

G. Galvis C.^{1/}

1 INTRODUCCION

El presente documento pretende dar una visión general sobre el origen, avance, situación actual y perspectivas del grupo de trabajo para el estudio, desarrollo y promoción de tecnología aplicada al abastecimiento de agua.

Con el fin de posibilitar una comprensión de las circunstancias en que se ha venido estructurando el grupo se inicia el material con la presentación de unas consideraciones generales sobre el origen y el marco académico e interinstitucional en que se ha desarrollado. Al final se hacen algunas consideraciones sobre su esquema de trabajo y su organización frente a proyectos específicos.

^{1/} Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle.

2 ORIGEN Y BREVES CONSIDERACIONES SOBRE EL MARCO GENERAL EN QUE SE DESARROLLA EL GRUPO

Las primeras bases para el presente grupo de trabajo están indudablemente en la creación, en 1961, del Plan de Estudios de Ingeniería Sanitaria a nivel de pregrado, uno de los primeros en América Latina.

Con la reorganización de la Universidad a comienzos de la década del 70, aparecen en la Facultad de Ingeniería la Rama Académica, dividida en Departamentos con sus diferentes Secciones y en algunos de ellos las áreas específicas de trabajo. A los Departamentos se adscribe el recurso humano y físico según líneas de conocimiento, que además de brindar docencia a los diferentes Planes de Estudio de la Rama Curricular, deberían mejorar o al menos facilitar otras actividades como las de Investigación y de Extensión o Prestación de servicios a la comunidad.

En el marco anterior se crea el área de Acueductos y Alcantarillados dentro de la Sección de Mecánica de Fluidos. Esta área, además de los cursos contenidos en su nombre, ofrecía entre otros, cursos sobre Diseño de Estaciones de Bombeo, Instalaciones hidráulicas y sanitarias para edificaciones y Diseño de plantas de tratamiento.

Diferentes problemas son detectados en esta área entre finales de la década del 70 y comienzos de la década del 80, algunos de ellos se

enuncian a continuación :

- a. La existencia regular de un mercado mínimo de Consultoría en el país, conjuntamente con la jubilación de algunos docentes, van produciendo lentamente una reducción de los profesores de tiempo completo a profesores vinculados por hora cátedra.
- b. La docencia y el desarrollo de tecnología, se concentran únicamente en los aspectos hidráulicos, descuidando entre otras cosas, el marco social e institucional en que se planifican, construyen, operan y mantienen obras sanitarias en el país y la debida continuidad e interrelación que se debe dar con otros cursos de recursos adscritos a otras unidades académicas.
- c. Una tendencia a estudiar o desarrollar tecnología en otras áreas del conocimiento diferentes al abastecimiento de agua, posiblemente por ser más novedosas.

La situación enunciada en (a) llegó a tal extremo que a comienzos de 1981 todos los profesores ligados al área de Acueducto y Alcantarilla eran hora cátedra, en desmendo de la vida académica en este campo. Inclusive los materiales didácticos previamente producidos, se habían agotado y no habían vuelto a ser publicados. Tampoco se llevaban artículos o ponencias a eventos Regionales o Nacionales y mucho menos se presentaban propuestas de investigación.

Para superar lo anterior y con la colaboración de la Administración Académica de la Facultad, se amplió la planta de profesores de tiempo completo o de medio tiempo y se redujo a un valor razonable los profesores de hora cátedra.

Consecuentemente con lo enunciado en (b) se inició la promoción del área con el nuevo nombre de Área de Abastecimiento de Agua y de Remoción de Aguas Residuales donde el Cálculo hidráulico, por ejemplo, de una estación de bombeo, un acueducto, o Estructura en un canal o planta de tratamiento, debe considerarse teniendo en cuenta la capacidad técnica y socio-económica de la comunidad a servir, las características hidráulicas o morfológicas de las fuentes, la calidad del agua disponible y su comportamiento frente a un proceso de tratamiento, el uso de las fuentes en los cuales se proyecta una descarga, la disponibilidad y calidad de los suelos, arenas y demás materiales locales, etc.

El proceso iniciado con base en los criterios anteriores no ha sido lineal, ni está próximo a concluirse. Dentro de la misma unidad académica ha implicado la aproximación a otras áreas buscando apoyo, por ejemplo, en el desarrollo de la hidrología urbana, en la necesidad de comprender los aspectos básicos de la hidráulica fluvial o de las ventajas o limitaciones del modelaje físico o matemático de una estructura hidráulica y más recientemente de conocer los principios sobre fuentes alternas de energía para aprovecharlos, por ejemplo, en el tratamiento

o bombeo de agua.

En relación con otras unidades académicas, se dió importancia a la promoción de proyectos de mutuo interés con la Sección de Saneamiento Ambiental. La integración con esta Sección se comienza a formalizar organizadamente en la preparación y promoción del Programa Nacional de Calidad de Agua en el Valle del Cauca y cristaliza con la presente ejecución del Convenio No.35.861 entre UNIVALLE y el CIR de Holanda. Información adicional sobre estos programas se incluye más adelante.

El Ingeniero Ramón Duque M. coordina, por la Sección de Saneamiento Ambiental, las actividades que el grupo adelanta o promueve con participación de recursos adscritos a ella. Considerando las perspectivas del grupo y la naturaleza de los proyectos en gestación esta integración es requerida para facilitar el cumplimiento de los objetivos en ellos propuestos.

La integración con el Departamento de Información y Sistemas también se prevé en la preparación y en la ejecución del Programa de Calidad de Agua en el Valle del Cauca. Por los recursos adscritos a esta unidad académica se espera una mayor vinculación con ella en el próximo futuro, con un impacto significativo en la docencia y en el manejo eficiente de la información en general.

Especial interés tiene la integración del grupo con el Departamento

de Sólidos y Materiales. Aunque esta integración no se planificó inicialmente, es significativo el impacto que ha tenido en el cumplimiento de varias actividades el apoyo recibido de recurso humano o físico adscrito a esta unidad académica o de profesionales independientes con experiencia en áreas de conocimiento propias de ella, como lo son los Ingenieros Diego Rengifo D. y Carlos Vivas T. Ejemplos concretos son la información y el apoyo recibido para la Evaluación de arenas locales útiles para los sistemas de Filtración Lenta en Arena (FLA) y la búsqueda de soluciones estructurales sencillas y económicas en la promoción de tecnología.

Dentro de las perspectivas del grupo se tiene el Proyecto de Diseño, Construcción y Promoción de un Laboratorio para prueba de materiales y equipos utilizados en Abastecimiento de Agua. Parte de la financiación está ya solicitada. La vinculación formal del Departamento de Sólidos y Materiales a este proyecto se considera muy conveniente.

La integración con otras áreas del conocimiento en la Universidad ha sido considerada también en la medida en que los proyectos específicos lo hacen conveniente. La necesidad de estructurar y promover un Modelo Integrado de Promoción de Tecnología en Abastecimiento de Agua con acciones en Saneamiento Ambiental, Educación en Salud y Participación comunitaria han acercado al grupo a profesionales de las Facultades de Humanidades y de Salud.

Los estudiantes que como auxiliares de ingeniería o monitores han estado ligados con el grupo reflejan los aspectos antes mencionados. Ellos han estado vinculados a diferentes Planes de Estudio de Ingeniería como Sanitaria, Civil, Química e Industrial y de otras Facultades como Ciencias y Humanidades. Con base en recientes conversaciones con la Facultad de Salud es posible también la vinculación de estudiantes ligados con algunos de sus Planes de Estudio.

Es de esperar que la organización de los Proyectos de Grado de los estudiantes en la Facultad de Ingeniería, mejore y haga más eficiente su importante participación en el futuro.

Las actividades que adelanta el grupo son posibles gracias al apoyo que recibe de la Administración Académica en la Universidad y en particular al decidido respaldo de la Rectoría de la Institución. Como se ilustra más adelante, esto es posible también por su interacción y mutua colaboración con diferentes agencias del nivel Nacional, Regional y Municipal ligadas con la prestación del servicio de agua para consumo humano en Colombia. Importante ha sido también el apoyo de ACODAL Nacional y de su Seccional en el Valle del Cauca especialmente en acciones de divulgación y capacitación.

El apoyo técnico o económico de agencias internacionales a los proyectos del grupo han sido importantes y juegan papel significativo en las perspectivas presentes. El esquema y actual espíritu de trabajo ha si

do influenciado por el intercambio con profesionales o asesores de Instituciones como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la Escuela de Ingeniería de Sao Carlo de la Universidad de Sao Pablo, La Pontificia Universidad Católica del Paraná, La Compañía Tecnológica de Saneamiento Ambiental, Sao Paulo, Brasil (CETESB), el Grupo de Agua de la Universidad de Surrey, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), el Instituto Federal Suizo para los Recursos Hidráulicos y el Control de la Polución (EAWAG) y muy especialmente por el Centro Internacional de Referencia para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento (CIR).

3 VISION GENERAL DE EXPERIENCIAS O PROYECTOS LIGADOS CON LAS ACTIVIDADES DEL GRUPO

La idea de conformar el grupo fue seriamente estimulada por la vinculación al programa de capacitación de recurso humano para el mejoramiento de la Calidad del Agua promovido por la OPS a través del CEPIS. El Programa fue dirigido en Colombia por la Jefatura de la Sección de Acueductos, de la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, con la colaboración de la representación de la OPS. La participación en su desarrollo en varias regiones del país fue importante para captar realmente la situación de los sistemas convencionales de tratamiento de agua y concebir proyectos ahora en ejecución o en la etapa de búsqueda de financiación.

Durante el desarrollo del programa antes mencionado, el 26 de julio de 1983, el Gobierno Colombiano promulgó el Decreto 2105 reglamentario parcial del Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a potabilización del agua. Para posibilitar el cumplimiento de este Decreto, la Universidad del Valle en colaboración con la Dirección de Saneamiento Ambiental, del Ministerio de Salud, promovió la presentación de un plan de trabajo con un conjunto de acciones orientadas a atacar las deficiencias del sector de Abastecimiento de Agua, detectadas en un Diagnóstico preliminar hecho con la información disponible. Un resumen del documento, donde se hace un reconocimiento a varios de los profesionales consultados para su elaboración, fue presentado en el XXVII Congreso Nacional de ACODAL (1).

En colaboración con la OPS y en desarrollo del mismo programa de mejoramiento de la calidad del agua, fue posible también participar como docente en talleres de capacitación en Perú y México y realizar visitas técnicas a Centros de trabajo en Brasil, Argentina y Perú (2). Parte de las acciones adelantadas en estas visitas se han revertido en propuestas concretas de proyectos que cuentan con el respaldo de las principales empresas del sector en la región (3).

De importancia ha sido también la participación directa de profesionales de la región en los programas del CEPIS, como el desarrollo del año sabático de la Doctora Olga Rojas Ch. de la Universidad del Valle (UNIVALLE) y del Ingeniero Eduardo Arbelde de las Empresas Municipa

les de Cali (EMCALI).

Entre otras actividades la Doctora Rojas coordinó el Programa de Control de Calidad Analítica de Agua a nivel de América Latina y dentro de la misma línea y en colaboración con la OPS acaba de prestar asesoría a la Secretaría de Recursos Agrícolas e Hidráulicos de México (SARH). El Ingeniero Arbeldéz trabaja actualmente dentro del Programa Internacional de Control de Pérdidas en Sistemas de Abastecimiento de Agua con la orientación del Ingeniero Augusto Hueb, asesor de la OPS.

La vinculación del Centro Internacional de Referencia (CIR) al grupo fue esencial para conformar su actual espíritu y esquema de trabajo. El CIR inició su apoyo con asesoría e información técnica y ahora lo hace de manera integral para el estudio, desarrollo y promoción de la tecnología de FLA y en su etapa más reciente con énfasis en capacitación y alternativas de pretratamiento. Actualmente se promueve el apoyo del Centro para incluir de manera específica las componentes de Educación en Salud y Participación comunitaria en general, aspectos esenciales cuando se considera la promoción adecuada de tecnología en asentamientos rurales, urbano-marginales o pequeños centros urbanos.

En esta última línea de aproximación integral a la promoción de la tecnología de FLA se presentó un proyecto al CIID. Después de conocidas las observaciones a la primera propuesta se harán los ajustes correspondientes procurando obtener así el soporte necesario para su ejecu

ción.

Para superar las limitaciones encontradas para participar en la ejecución del Programa de Calidad del Agua en el Valle del Cauca ⁽¹⁾, y consecuentemente con la aceptación que empezaba a ganar el grupo en la región se promovió y conformó un Comité regional de coordinación con el fin de agilizar varias de las decisiones, principalmente las de capacitación y transferencia, estudio y divulgación de tecnología.

En la reunión de instalación de este Comité ⁽³⁾ se acordó trabajar en mutua cooperación en los siguientes proyectos: Programa Internacional de Control de Pérdidas, el uso de polímeros naturales en sistemas de Potabilización de Agua, Talleres internacionales de capacitación en Diseño de Plantas de Tratamiento y continuar además con la misma infraestructura con que se venía promoviendo la tecnología de Filtración Lenta en Arena (FLA).

En relación con las primeras tres líneas de trabajo ya se presentó una propuesta a OPS dentro de la estrategia acordada para obtener luego, la financiación adicional posiblemente con el apoyo de otras agencias como el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales (COLCIENCIAS).

En relación con Filtración Lenta en Arena, las nuevas acciones hacen énfasis en los pretratamientos simplificados necesarios para posibili

tar una mejor y más amplia aplicación de esta tecnología. Estas nuevas acciones se resumen en los siguientes párrafos :

Con la colaboración del CIR fue posible precisar recientemente los términos en que el Eidg. Anstalt für wasserversorgung Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), colaboraría con el grupo de trabajo en la línea de pretratamiento con énfasis en la alternativa de prefiltración horizontal gruesa ⁽⁴⁾. Esta colaboración será recibida a través del International Reference Centre for Wastes Disposal (IRCWD), Centro que hace parte del EAWAG. A la fecha el protocolo del convenio está en trámite para la firma.

Dentro de la línea de pretratamientos se preparó conjuntamente con el CIR la propuesta para un proyecto que daría continuidad al Convenio actualmente en ejecución. Este nuevo proyecto está orientado a investigar, desarrollar, capacitar y divulgar diferentes alternativas simplificadas en esta tecnología. La propuesta presentada al Ministerio de Relaciones Exteriores de Holanda cuenta ahora con el respaldo de la Gerencia de Acueducto y Alcantarillado de EMCALI y de la Dirección de Saneamiento Ambiental del Servicio Seccional de Salud del Valle, agencias oficiales que colaborarían en su ejecución. Las acciones incluidas se promoverán ante otras agencias del sector. Parte de los seminarios y talleres se han previsto con carácter internacional. Además en la ejecución y desarrollo de las actividades de este posible convenio se ha previsto el intercambio y el apoyo de grupos de trabajo con

sede en otros países.

4 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA ESTRATEGIA DEL GRUPO DE TRABAJO

La orientación, promoción y administración general del grupo está a cargo de la Dirección quien adelanta sus actividades apoyado en un Comité de Coordinación, ahora conformado por los Ingenieros Ramón Duque M., Jorge Latorre M., Alberto Galvis C., Edgar Quiroga R. y el Director, quienes con excepción del Ingeniero Quiroga adelantan regularmente otras actividades propias de la vida universitaria adicionalmente a las acciones directamente ligadas con los proyectos.

La Dirección de proyectos específicos puede estar a cargo de miembros del Comité de Coordinación o de otros profesores de las unidades académicas que de manera permanente o transitoria están integrados a las actividades del grupo.

Para la ejecución de los proyectos y dependiendo de sus tareas se vincula personal profesional o técnico que colabora con el trabajo del personal nombrado por la Universidad.

En resumen, puede verse que el grupo que aquí se presenta procura ser dinámico y manteniendo un núcleo de trabajo en la Tecnología Aplicada al Abastecimiento de Agua se integra y trata de utilizar y ser útil a la infraestructura o recursos en otras instancias, evitando un

crecimiento innecesario y la generación de costos administrativos fijos elevados.

Criterios adicionales que orientan el trabajo del grupo se enuncian a continuación :

- a. Hacer de la investigación y de la promoción de Tecnología en Abastecimiento de Agua en la Universidad del Valle actividades menos esporádicas y aleatorias circunstancias en que aumentan los costos y se reduce el beneficio real para las comunidades en la región.*
- b. Las actividades del grupo se enmarcan en dos (2) grandes líneas :*
 - . Estudio y desarrollo integral de la tecnología, y*
 - . Promoción o fase de la industrialización crítica de la tecnología.*

La primera actividad incluye acciones desde investigación básica hasta capacitación de recurso humano a diferentes niveles y divulgación amplia a través de diferentes medios.

La segunda actividad comprende la promoción de la tecnología con juntamente con las instituciones del sector mediante lo cual se asegura una adecuada utilización de ella y permite una retroali

mentación a la Universidad que siempre permitirá mejorar su trabajo.

- c. El grupo está vinculado con instituciones de orden Internacional, Nacional y Regional de quienes recibe apoyo y asesoría. Además, en aquellas áreas que lo ameritan se ha buscado consultores que colaboran en el desarrollo de diferentes aspectos de la tecnología mejorando la calidad de los resultados.
- d. El grupo se aproxima a las instituciones del Estado a intercambiar experiencias, a ser criticado y mejorar así su trabajo. Esto le ha merecido aceptación y le ha facilitado el cumplimiento de sus objetivos.
- e. La experiencia del grupo no se queda en uno (1) o dos (2) profesores, sino que está compartida ampliamente, inclusive creando mecanismos en los Convenios para facilitar a los profesionales o técnicos de otras agencias del Estado a que se hagan partícipes en el desarrollo de los proyectos.

5 CONSIDERACIONES SOBRE ALGUNOS DE LOS PROYECTOS EN QUE PARTICIPA EL GRUPO

Por la naturaleza del evento en que se presenta este documento se harán algunas consideraciones adicionales sobre algunos de los proyectos en que participa el grupo.

5.1 PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DE 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 posibilitar el cumplimiento de la reglamentación vigente. En el Cuadro No.1 se presenta una visión general de estos factores y sus posibles soluciones⁽⁵⁾.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle promovió y lideró en la región la presentación de un programa orientado a superar de manera concertada y organizada estos factores.

El principio básico del Programa Nacional de Calidad del Agua es : independiente de las características del agua cruda y de su procedencia, el agua suministrada para consumo humano debe ser potable.

Los objetivos del programa son :

- 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 calidad instalada en el país para el control de la ca

CUADRO No.1 FACTORES QUE LIMITAN EL ADECUADO ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ACCIONES CON LAS CUALES SE PUEDEN SUPERAR

LIMITACIONES EN	ACCIONES PROPUESTAS
<p>SISTEMA DE CAPTACION</p> <p>Vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales; erosión; escaso mantenimiento.</p>	<p>Manejo integral de la cuenca; coordinación interinstitucional; control de vertimientos; participación comunitaria, mejores diseños; elaboración y uso de manuales de mantenimiento</p>
<p>SISTEMA DE TRATAMIENTO</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</p> <p>Pérdidas en el sistema; contaminación; presiones insuficientes; calidad de agua inadecuada; materiales utilizados inapropiadamente o sin control de calidad.</p>	<p>Programa de control de pérdidas; laboratorio de control de calidad de agua; continuidad del servicio; elaboración y uso de normas sobre materiales; participación comunitaria.</p>
<p>SISTEMA DE CONSUMO</p> <p>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.</p>	<p>Educación sanitaria; participación comunitaria; programa de mantenimiento y supervisión de tanques de almacenamiento domiciliarios e institucionales; control de pérdidas; campañas masivas de educación.</p>
<p>SISTEMAS DE APOYO</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>

alidad 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 presenta el programa comprende un diagnóstico y un conjunto de doce (12) acciones todas ellas orientadas a cumplir los objetivos antes indicados.

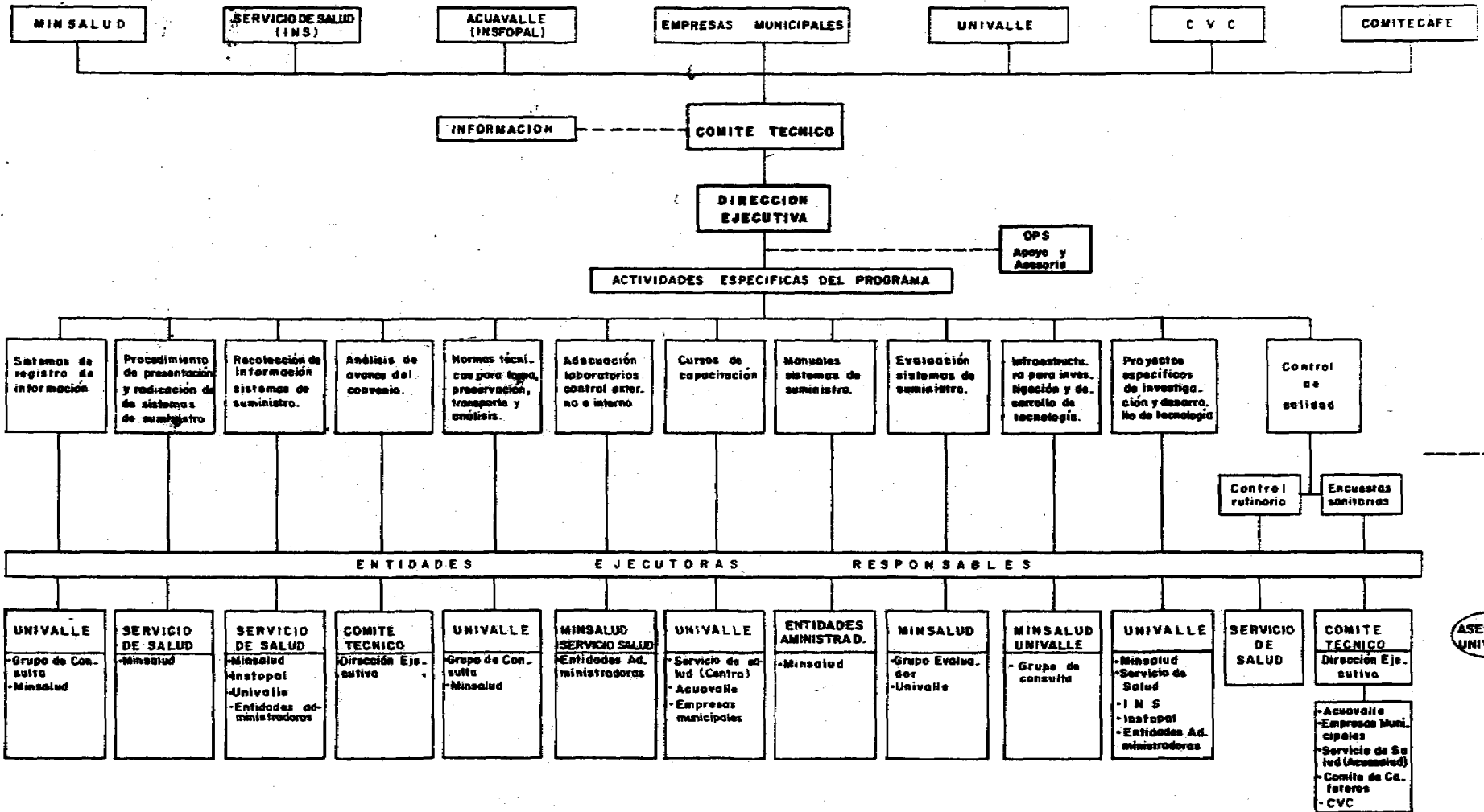
Una visión general del conjunto de acciones se presenta en el esquema de organigrama operativo que se adjunta.

De las doce (12) acciones propuestas cinco (5) de ellas se ejecutan con participación directa del grupo de trabajo en Abastecimiento de Agua. Estas son :

- a. Diseño y puesta en marcha del sistema de registro e información.
- b. Desarrollo de normas técnicas para toma, preservación, transporte y análisis de muestra de agua.
- c. Montaje y puesta en marcha de cursos de capacitación para profesionales, técnicos y auxiliares en el campo del suministro de agua.

ESQUEMA DE ORGANIGRAMA OPERATIVO

PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA VALLE DEL CAUCA



- d. *Adecuación de la infraestructura de la Universidad del Valle para la investigación y el desarrollo de tecnología en abastecimiento de agua.*
- e. *Proyectos específicos de investigación y desarrollo de tecnología.*

Las primeras dos (2) acciones enunciadas fueron financiadas por la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud. La primera fue programada para ser ejecutada en colaboración con el Departamento de Información y Sistemas y la segunda con el Departamento de Procesos Químicos y Biológicos, Sección de Saneamiento Ambiental de la Universidad del Valle.

Las últimas tres (3) acciones están ligadas de manera esencial a la Universidad, a la naturaleza académica del grupo de trabajo y a su objetivo de desarrollar la escuela del conocimiento en Abastecimiento de Agua. Un ejemplo concreto de lo que puede ser la realización de estas actividades lo constituye la ejecución del proyecto que está permitiendo estudiar, desarrollar y promover Tecnología simplificada en Abastecimiento de Agua con énfasis en la Filtración Lenta en Arena (FLA), cuyo esquema de trabajo se considera de manera global en el próximo aparte.

Dentro del esquema del programa antes presentado y para facilitar y posibilitar el trabajo del grupo se promovió, con el respaldo de la

Rectoría de la Universidad, la conformación de un Comité de Coordinación general de actividades con representantes de empresas del sector en la región⁽³⁾.

Gracias a los acuerdos logrados en este Comité se ha facilitado la presentación de propuestas o precisar los términos de convenios en agencias internacionales como OPS, EAWAG/IRCWD y CIR, los cuales ya cuentan con su correspondiente protocolo y aprobación preliminar.

5.2 ESTUDIO, DESARROLLO Y PROMOCION DE TECNOLOGIA SIMPLIFICADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA CON ENFASIS EN LA FILTRACION LENTA EN ARENA

Una introducción general a la naturaleza y características de esta tecnología se incluye en otros de los materiales contenidos en este documento.

Producto del intercambio con el Ingeniero J. T. Visscher, del CIR, de la discusión en el grupo de trabajo y del intercambio con profesionales de otras instituciones, se identificaron las siguientes limitaciones para que no se hubiese dado un uso más amplio de la tecnología de FLA en nuestro medio.

- a. Carencia de técnicos conocedores de esta alternativa en las instituciones responsables por el suministro de agua de buena calidad.

- b. *Información limitada sobre costos.*
- c. *Deficiencia en la operación y el mantenimiento de las plantas existentes.*
- d. *Limitaciones de conocimientos y experiencias sobre técnicas sencillas de pretratamiento, particularmente importantes para posibilitar el uso de la filtración lenta frente a ríos tropicales con posibilidades de turbiedades altas.*
- e. *Las investigaciones desarrolladas abarcan sólo aspectos parciales sobre el uso de la tecnología.*
- f. *Tendencia de los ingenieros a preferir técnicas más "sofisticadas" por falta de capacitación en otras técnicas o por equivocada concepción del trabajo profesional.*
- g. *Falta de adecuación de equipo sencillo para la operación y el mantenimiento de los sistemas por personal de bajo nivel de escolaridad.*
- h. *Inadecuada promoción en la comunidad de las soluciones.*

Es interesante observar que las limitaciones mencionadas pueden presentarse para el desarrollo y promoción de cualquier otra tecnolo

gla en países como el nuestro, de tal forma que la experiencia del grupo de trabajo para el Abastecimiento de Agua puede ser útil para la ejecución de otros proyectos de naturaleza semejante o aún diferente.

La organización general del grupo de trabajo para adelantar este proyecto se adjunta. Con base en este organigrama puede ilustrarse algunos aspectos antes mencionados :

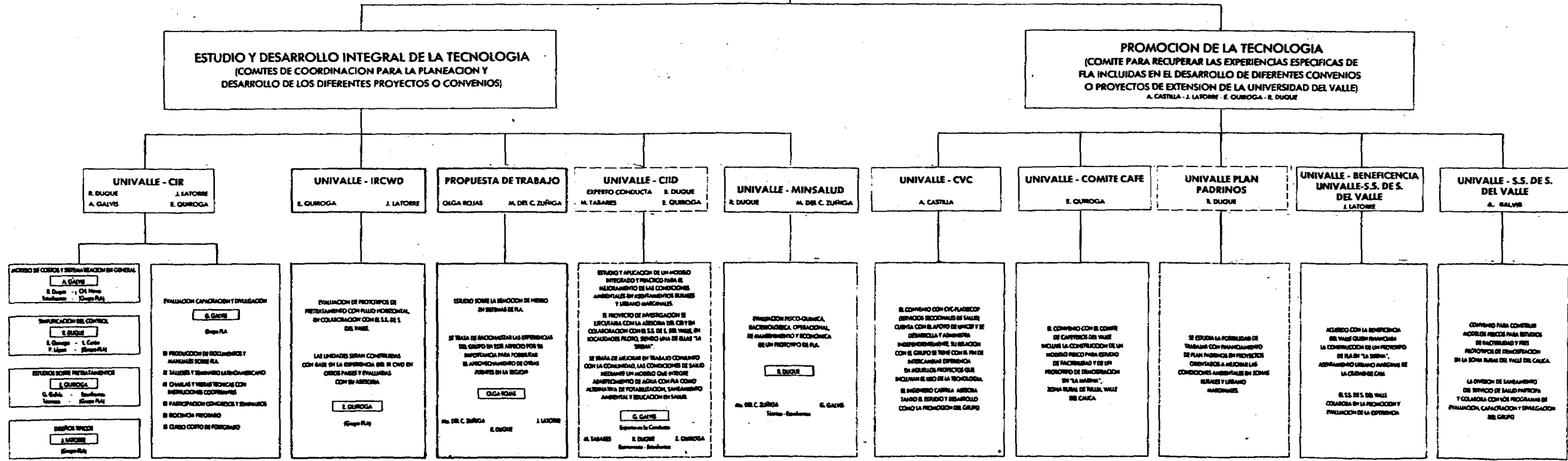
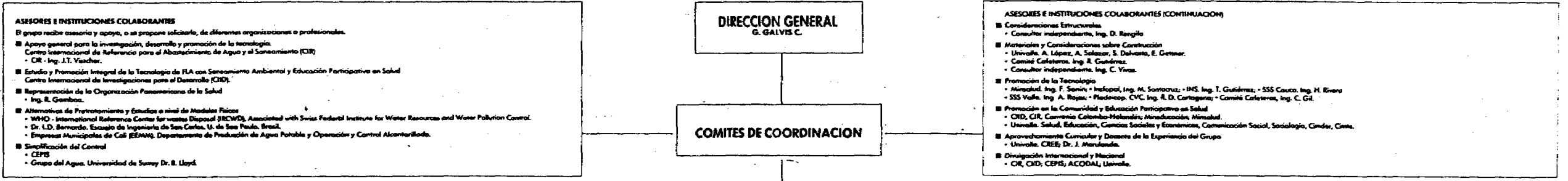
- a. El grupo de agencias internacionales, instituciones profesionales o técnicas que de diferentes maneras aseguran o apoyan el trabajo del grupo.
- b. Las dos grandes líneas de trabajo del grupo en investigación y promoción de la tecnología.

En relación con el punto (b) vale indicar que en la práctica no se pueden separar mecánicamente, como aparece por simplicidad en el esquema de organización general adjunto.

El Convenio con el CIR ha posibilitado estudiar la tecnología, desarrollar algunos de sus aspectos, como aquellos ligados con pretratamiento, sistema de drenaje y alternativas de control; capacitar y divulgar y a su vez ha servido de base para promover críticamente la tecnología ante instituciones como el Comité de Cafeteros, el Servi



ESTUDIO, DESARROLLO Y PROMOCION DE TECNOLOGIA SIMPLIFICADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA CON ENFASIS EN LA FILTRACION LENTA EN ARENA (FLA) ORGANIZACION GENERAL GRUPO DE TRABAJO



cio Seccional de Salud del Valle y la Beneficencia del Valle. Actualmente se promueve su apoyo para mejorar la componente social y de participación comunitaria en la promoción de tecnología en la Costa Pacífica, aspecto que si no es suficientemente bien manejado puede limitar significativamente los resultados de la promoción de la tecnología en la Costa Pacífica Colombiana.

El convenio con el EAWAG/IRCWD también combina el estudio a nivel de plantas a escala técnica con la construcción y evaluación de pequeñas plantas de demostración orientadas a promover la tecnología de pretratamientos. Este convenio se articula con la nueva propuesta elaborada conjuntamente con el CIR, la cual no se incluye en el esquema de organización general adjunto.

El estudio preliminar sobre factibilidad de remoción de hierro ya permitió la construcción de tres prototipos en la vecindad de la ciudad de Cali. Se promueve ahora la financiación de una fase orientada a los aspectos químicos y biológicos ligados con estas experiencias positivas.

A pesar de no ser el objetivo de este material presentar detalles del desarrollo o características de un proyecto o subproyecto específico, se ha considerado de interés ilustrar con algunas fotos, experiencias del proyecto de FLA. (Ver Anexo).

La presentación personal del material, va acompañada de ayudas audio visuales disponibles en el grupo de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (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) GALVIS C., G. Informe Comisión Académica Brasil, Argentina, Perú. Con apoyo OPS y CIR. Octubre de 1985.
- (3) 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.
- (4) WEGELIN, M. Horizontal-Flow Roughing Filtration (HRF). A Design, Construction and Operation Manual. IRCWD Report No. 06/86. October, 1986.
- (5) MINISTERIO DE SALUD PUBLICA. REPUBLICA DE COLOMBIA. DIRECCION DE SANEAMIENTO AMBIENTAL. Programa Nacional de Calidad del Agua. Bogotá, D.E. Enero de 1984.

ANEXO

**ALGUNAS ILUSTRACIONES SOBRE ACTIVIDADES DEL
PROYECTO FILTRACION LENTA EN ARENA (FLA)**

PRESENTACION DEL GRUPO DE TRABAJO EN ABASTECIMIENTO DE AGUA
ANTE EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

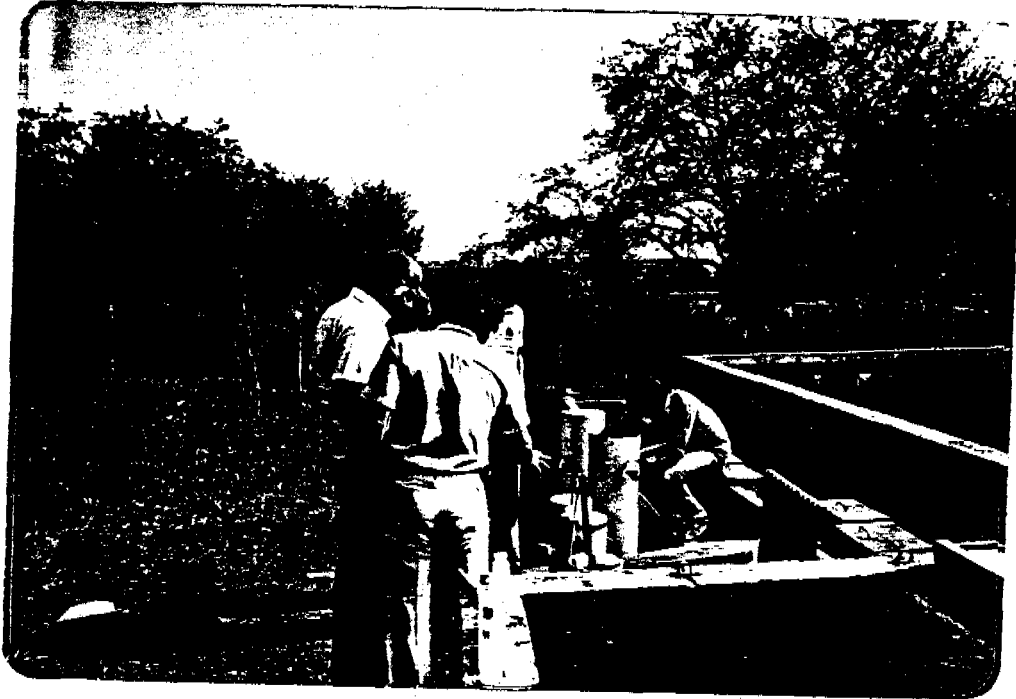


PRESENTACION ANTE EL GOBERNADOR, EL RECTOR DE LA
UNIVERSIDAD Y REPRESENTANTES DE LAS PRINCIPALES
INSTITUCIONES DE LA REGION LIGADAS CON ABASTECIMIENTO
DE AGUA



CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DEL
GOBERNADOR AL FINAL DE LA PRESENTACION

VISITAS DE ADMINISTRADORES ACADEMICOS Y MIEMBROS DEL GRUPO, A SISTEMAS QUE USAN LA TECNOLOGIA FLA



PARCELACION EL RETIRO, MUNICIPIO DE CALI

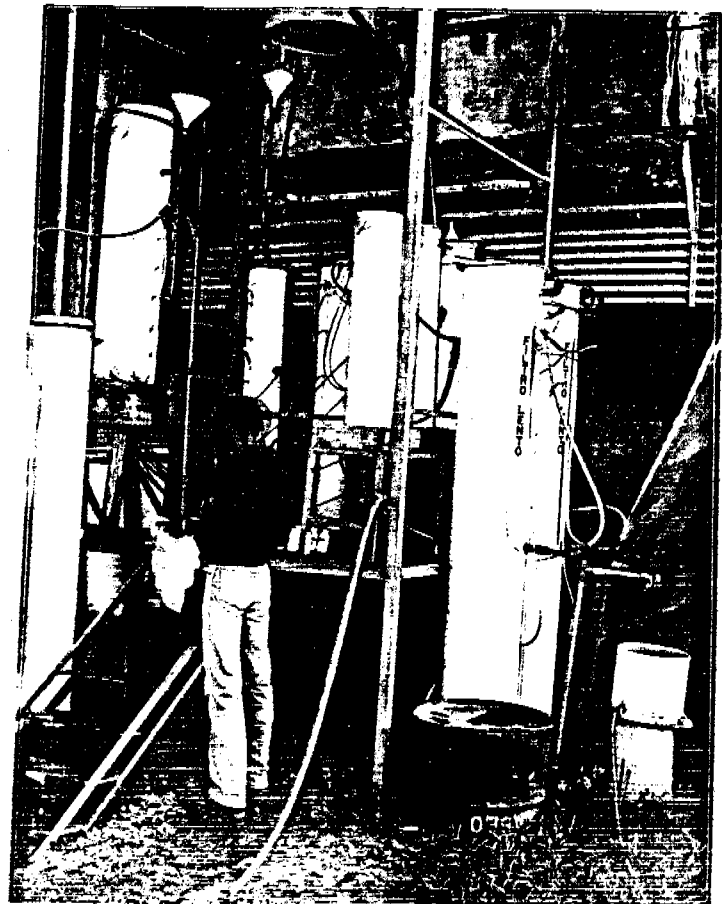


PLANTA DEL JUNCAL (HUILA). INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS)

PLANTAS PILOTO, ESTUDIOS DE PRETRATAMIENTOS

RIO CAUCA, PUERTO MALLARINO

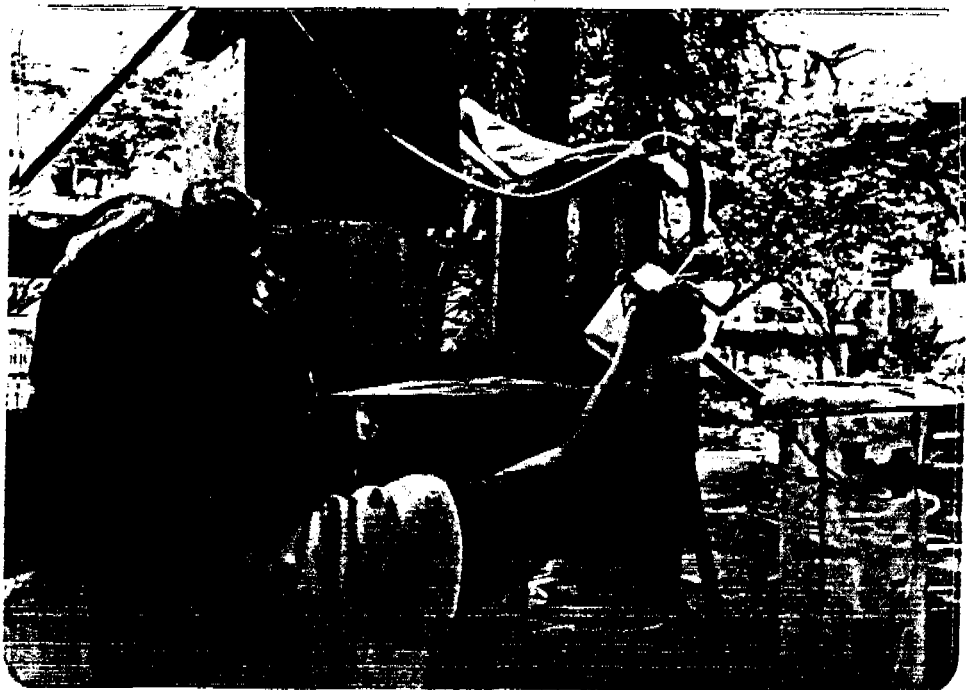
UNIVALLE - CIR - EMCALI



PLANTAS PILOTO, ESTUDIOS DE PRETRATAMIENTOS

RIO CALI, SAN ANTONIO

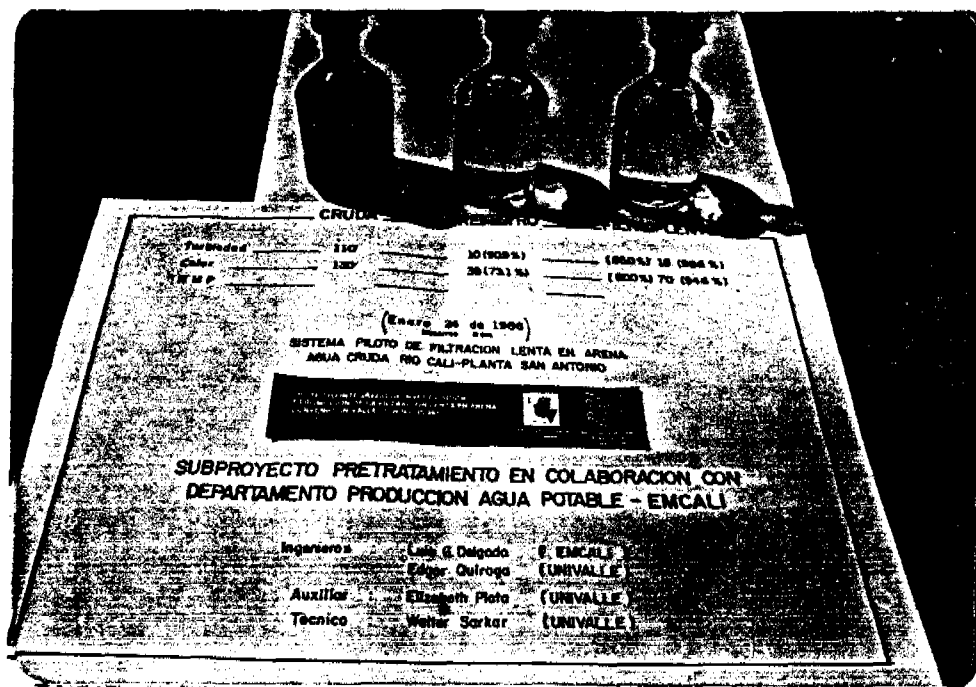
UNIVALLE - CIR - EMCALI



ESTUDIO DE LA TECNOLOGIA



PLANTA PILOTO, SAN ANTONIO. RIO CALI



EN COLABORACION CON EMCALI

PROMOCION DE LA TECNOLOGIA



PLANTA PILOTO. CORREGIMIENTO QUEBRADA NUEVA, MUNICIPIO DE ZARZAL. UNIVALLE - CIR - S.S.S. DEL VALLE



PROMOCION DE LA TECNOLOGIA

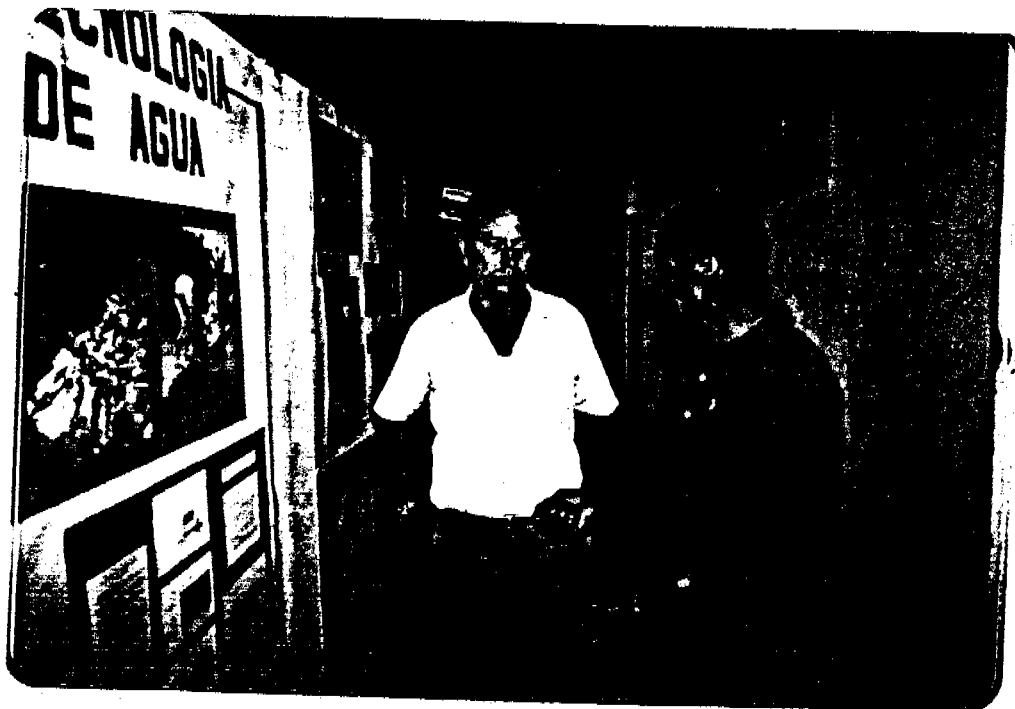


VISTA GENERAL. CORREGIMIENTO QUEBRADA NUEVA, MUNICIPIO DE ZARZAL



UBICACION SITIO DE PLANTA DE FILTRACION LENTA EN ARENA.
QUEBRADA NUEVA, MUNICIPIO DE ZARZAL

PROMOCION Y PARTICIPACION COMUNITARIA
VEREDA LA SIRENA, CORREGIMIENTO DE VILLACARMELO
MUNICIPIO DE CALI



ACTIVIDADES DE DIVULGACION
PRIMER TALLER NACIONAL SOBRE FILTRACION LENTA EN ARENA
CALI FEBRERO 5-7 DE 1986

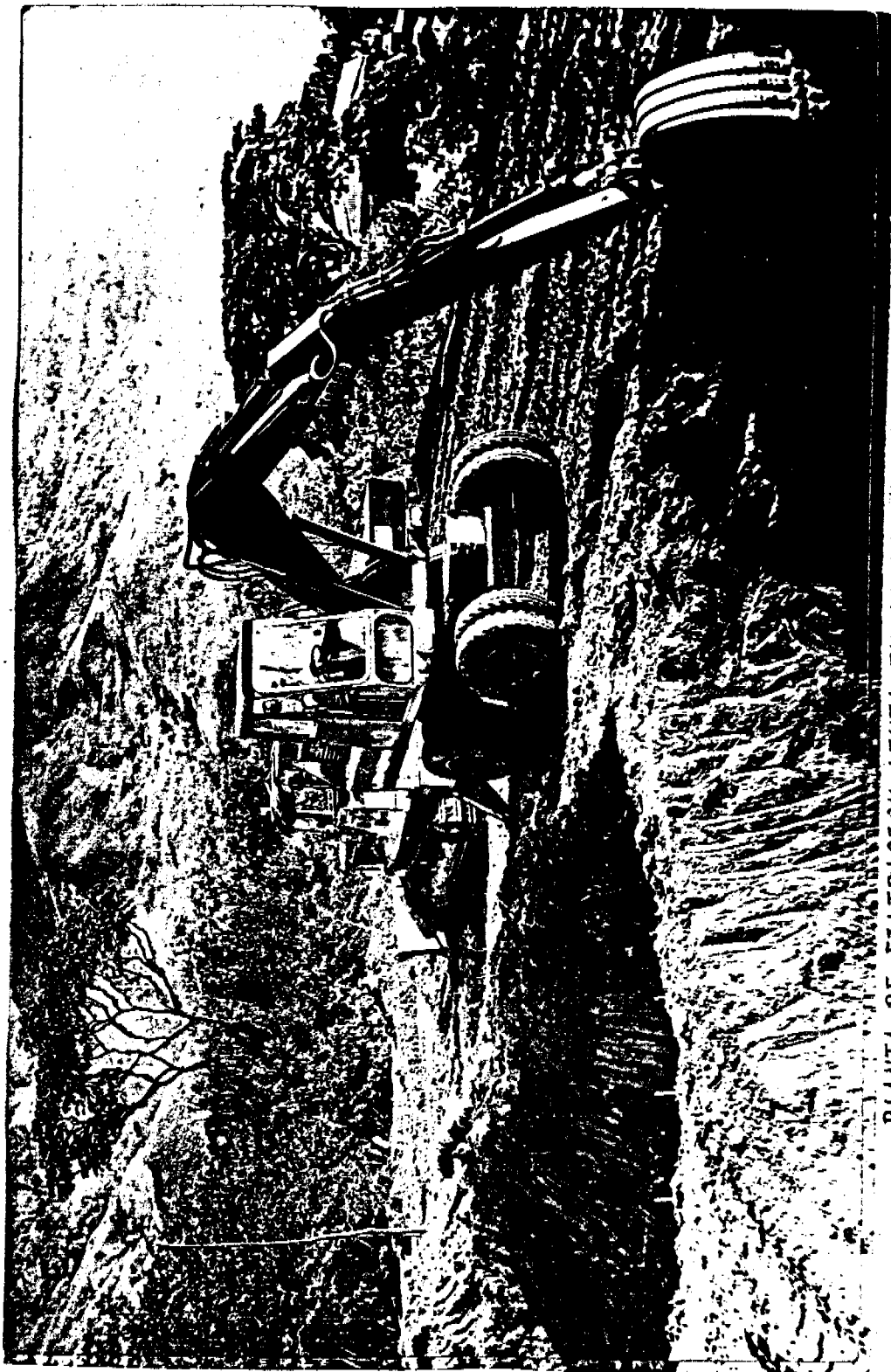
VISITAS TECNICAS



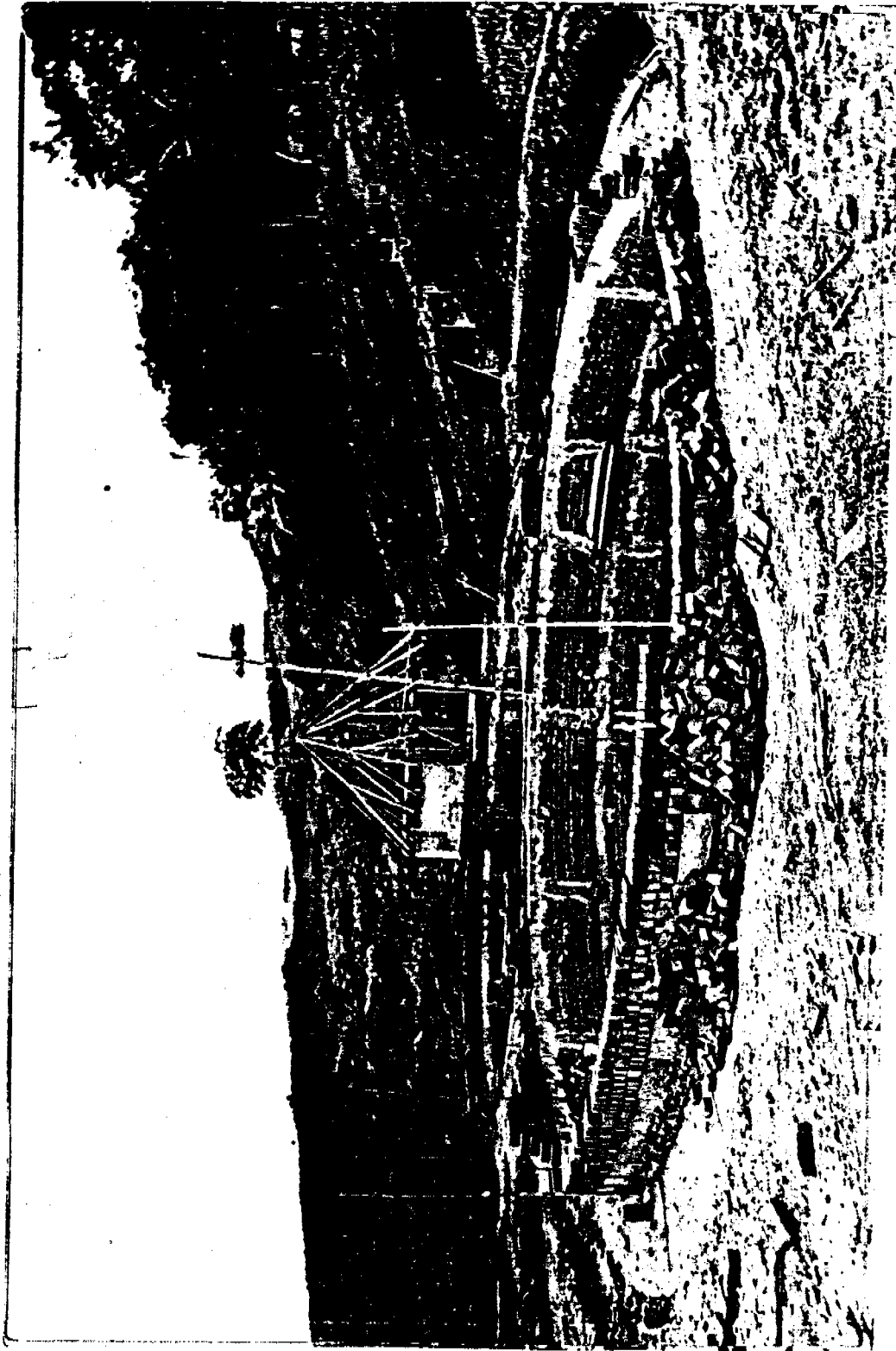
PROTOTIPO PARCELACION CHORRO DE PLATA



PROTOTIPO PROYECTO LA ROSA



PLANTA DE FILTRACION LENTA EN ARENA: La Sirena. Terreno
cedido por INVICALI y participación de la Secretaría Municipal
de Obras Públicas en el movimiento de tierra.



*Vista general de la Planta de Filtración Lenta en Arena.
Utilización de materiales locales*

FILTRACIÓN LENTA EN ARENA. CONSIDERACIONES SOBRE EL USO EN EL TRATAMIENTO
DE AGUAS SUPERFICIALES

Gerardo Galvis C.^{1/}, Ramón Duque M.^{2/}, Mario Santacruz Ch.^{3/},
Jan Teun Visscher^{4/}

RESUMEN

Para posibilitar el abastecimiento de agua de buena calidad en regiones con limitaciones en su desarrollo técnico y socio-económico, particularmente en áreas rurales nucleadas y pequeños asentamientos urbanos se presenta una creciente necesidad de procesos que pueden ser utilizados adecuadamente para el tratamiento de aguas superficiales.

La filtración lenta en arena reúne estos requerimientos como puede verse

-
- ^{1/} Profesor Titular. Universidad del Valle. Director Grupo de Abastecimiento de Agua, Facultad de Ingeniería.
- ^{2/} Profesor Titular. Universidad del Valle. Coordinador Grupo de Abastecimiento de Agua, Sección de Saneamiento Ambiental, Departamento de Procesos Químicos y Biológicos.
- ^{3/} Gerente EMPOPASTO. Director hasta agosto de 1984 del Proyecto de Filtración Lenta. INS, Colombia.
- ^{4/} Gerente Proyecto Filtración Lenta en Arena. CIR, Centro Colaborante de la OMS.

del desarrollo del proyecto integrado de investigación y demostración del Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento de Agua y Saneamiento (CIR) en colaboración con instituciones de India, Tailandia, Kenia, Sudán, Ghana, Jamaica y Colombia.

Ante la necesidad de tratar el agua de una fuente superficial, la filtración lenta en arena resulta normalmente la alternativa más simple, económica y segura para abastecer agua de buena calidad. Los criterios de diseño deben conciliar la economía en la inversión del proyecto con las labores de operación y mantenimiento del sistema, las cuales pueden estar a cargo de un miembro de la comunidad con un mínimo de supervisión de personal técnico intermedio.

Se subraya que la participación de la comunidad local es esencial para asegurar la atención de sus necesidades y la movilización y aprovechamiento de los recursos locales. Se enfatiza también que la educación sanitaria es clave para que la comunidad identifique y cambie costumbres y procedimientos perjudiciales para la salud. Sin estos cambios el impacto del abastecimiento de agua de buena calidad en el bienestar de la comunidad será muy limitado.

1 INTRODUCCION

El tratamiento del agua de fuentes superficiales está recibiendo cada vez más atención en los sistemas de suministro tanto para áreas rurales como para zonas urbanas con limitaciones técnicas o socio-económicas. Las fuentes superficiales son particularmente importantes en áreas donde la alternativa de aprovechar el agua subterránea no sea viable bien por razones económicas o porque la calidad del agua en el acuífero no es adecuada para consumo humano.

El tratamiento del agua superficial se hace difícil en las regiones de poco desarrollo. 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 químicos, combustibles o piezas de repuestos. Una complicación adicional lo 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.

Se presenta en este artículo una aproximación global a los resultados de las primeras experiencias organizadas en la promoción de la tecnología en siete países tropicales, incluyendo aspectos que fueron o es

tán siendo motivo de estudio en diferentes instituciones de estos países, particularmente India y Colombia. El documento no pretende profundizar en ningún aspecto particular sino presentar una visión general de asuntos relevantes en la aplicación de la tecnología. Otras publicaciones, con objetivos más específicos, se presentarán en desarrollo del programa de promoción de la tecnología en Colombia.

2 LA PROMOCION DE LA FILTRACION LENTA EN ARENA EN SIETE PAISES

La necesidad de alternativas basadas en procedimientos simples, confiables y económicos para el tratamiento del agua de fuentes superficiales motivó al Centro Internacional de Referencia (CIR) a iniciar, en estrecha colaboración con instituciones de siete países, un proyecto integrado de investigación y demostración sobre la filtración lenta en arena (Proyecto FLA). Una relación de estas instituciones se presenta al final de este documento.

La investigación aplicada en diferentes aspectos del proceso y de la ingeniería del sistema de filtración lenta en arena ha sido hecha y continúa siendo adelantada por diferentes institutos en India, Tailandia, Kenia, Sudán, Ghana, Jamaica y Colombia. La filtración lenta en arena es parte esencial de las estructuras de tratamiento de agua de varias ciudades en Europa (p.e. Londres, Amsterdam). Estas experiencias y otras reflejadas en publicaciones como la realizada por la OMS (1) han sido una buena base para la investigación.

Recientes publicaciones ⁽²⁾ siguen mostrando la importancia y la vigencia del estudio de la filtración lenta en arena como una buena alternativa tecnológica; aún en países desarrollados, donde las características de simplicidad en la operación y el mantenimiento que presenta la filtración lenta en arena no se hacen tan necesarias como en el caso de vastas regiones en los países en desarrollo.

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.

En la tercera fase del proyecto se han organizado seminarios nacionales e internacionales para transmitir la información generada hasta la

fecha y para estimular una mayor aplicación de la tecnología.

Los proyectos actuales en Colombia claramente muestran que tal transferencia intensa de información está dando sus frutos. Los esfuerzos anteriores de dos profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle para promover esta tecnología en su región fueron estimulados seriamente con motivo de su participación en el Seminario Internacional realizado en julio de 1982 por el Instituto Nacional de Salud en colaboración con el CIR ⁽³⁾.

Estos esfuerzos se han cristalizado en un frente de investigación, promoción y desarrollo de la tecnología ⁽⁴⁾ que está siendo adelantada en colaboración con entidades privadas, el Comité de Cafeteros, la Beneficencia del Valle, CVC, Servicios Seccionales de Salud, la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Parte esencial de este frente lo constituye la participación de la Universidad del Valle conjuntamente con el Instituto Nacional de Salud (INS) en la extensión de la tercera fase del proyecto del CIR, la cual se realizarla con la participación de dos países : India y Colombia ⁽⁵⁾. Esta extensión se encuentra en su fase final de aprobación.

El trabajo de promoción de la tecnología en el área de influencia del grupo de la Universidad del Valle ha cristalizado en 15 proyectos, al

gunos de ellos ya construidos y otros en etapa de construcción. Dentro de estos proyectos se incluyen dos (Conduto e Itsmina) cuyo interés particular radica en que están orientados a reemplazar plantas convencionales de filtración rápida, las cuales no están operando actualmente por ser de tecnología inapropiada para la región donde fueron construidas. Los proyectos actuales utilizan las estructuras existentes reduciendo los costos de inversión.

3 ASPECTOS TECNICOS Y EXPERIENCIAS SOBRE FILTRACION LENTA EN ARENA

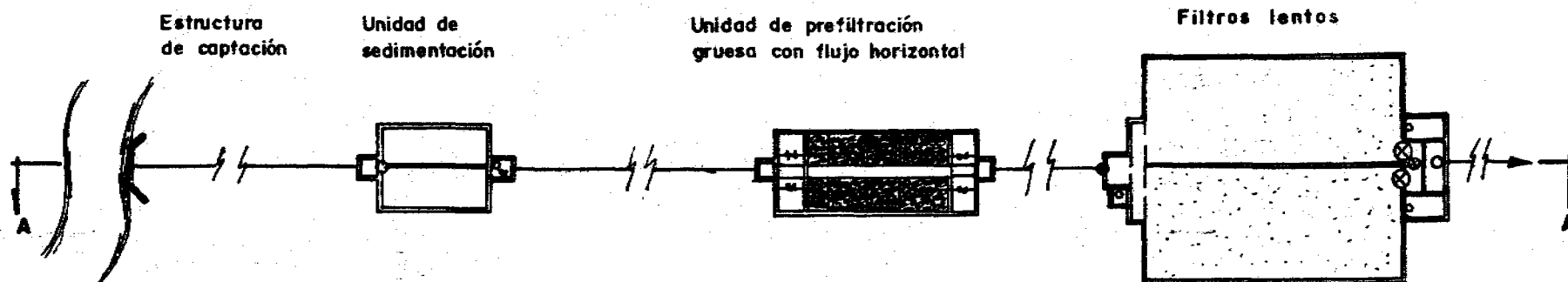
En este aparte se presentan, en forma simplificada, una descripción de los procesos involucrados en la filtración lenta en arena y algunos aspectos técnicos relevantes en la aplicación de la tecnología, basados en los resultados preliminares del desarrollo del proyecto FLA.

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

3.1 PRINCIPIOS DE 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 un filtro lento el agua percola a través de un lecho poroso de are



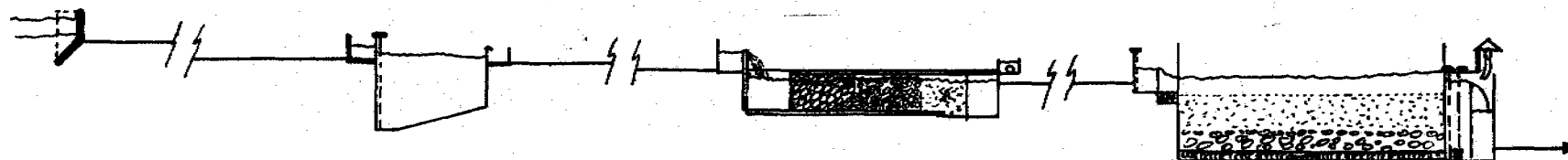
PLANTA

Dependiendo de la fuente una captación de lecho filtrante o una gglería de infiltración pueden ser parte del pretratamiento.

La necesidad de la sedimentación depende de la naturaleza de la turbiedad en la fuente.

Si la calidad de la fuente lo requiere, normalmente la prefiltración mejora y homogeniza la calidad del agua que entrará a las unidades de filtración, particularmente la turbiedad.

La filtración lenta mejora significativamente la calidad del agua particularmente desde el punto de vista microbiológico. Cuando sea posible se recomienda desinfección de seguridad antes de su distribución.



CORTE A-A

FIG. No. 1 ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE FILTRACION LENTA INCLUYENDO DOS DE LAS POSIBLES MODALIDADES DE PRETRATAMIENTO DEL AGUA CRUDA.

na, 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.

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 "smutzdecke", "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 de la remoción de 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, o reduce excesivamente el flujo, o demanda demasiada carga hidráulica sobre la capa, dependiendo de la forma de control del filtro. Lo anterior hace necesaria la remoción de la arena de la parte superior del filtro y por ende de gran parte de la membrana biológica. Esta circunstancia implica la necesidad de un número mínimo de dos (2) unidades de filtración, operando en paralelo.

La nueva formación de esta "piel de filtro", su elemento primordial, toma algún tiempo. Al comienzo de esta nueva etapa, la piel será débil y no podrá remover suficientemente las bacterias presentes en el agua cruda. Sin embargo, después de algunos días (1-2 para filtros en uso, 10-20 para filtros completamente nuevos) el número de microorganismos de la membrana biológica crece considerablemente y la remoción de bacterias es prácticamente total.

Además de este proceso fundamental se dan lugar otros de diversa naturaleza, los cuales aparecen descritos, en forma general, en la literatura (6). La Figura No.2 ilustra los principales procesos y en el Cuadro No.1 se muestran algunos de los efectos en la calidad del agua por la filtración lenta en arena.

El grupo de trabajo de la Universidad del Valle, apoyado por el CIR y el INS, continuará publicando trabajos que incluirán estos aspectos, ilustrados con experiencias locales.

3.2 VELOCIDAD DE FILTRACION

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 y especialmente los costos de inversión y las facilidades para operación.

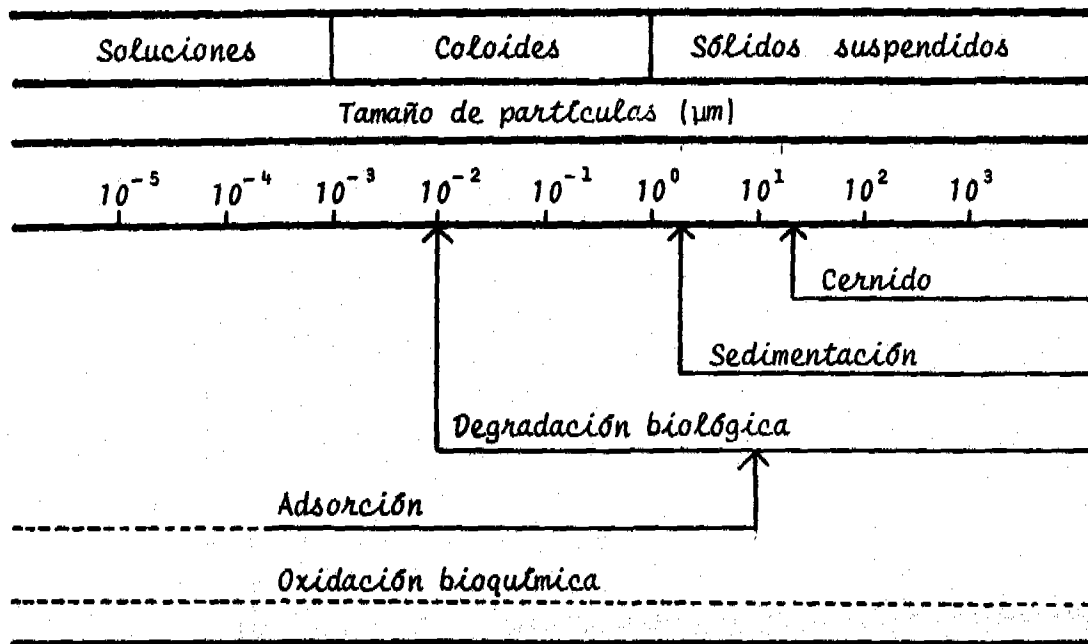


Figura No.2 Algunos de los procesos en la Filtración Lenta y sus relaciones con el tamaño de las partículas (7).

CARACTERÍSTICAS	EFEECTO
Color	. A menudo se reduce significativamente.
Turbiedad	. El agua tratada tiene una turbiedad por lo general menor que 2 UNT.
Bacterias	. Las bacterias patógenas se reducen hasta un 99.9%.
Otros microorganismos	. Hasta 99.9% en remoción de cercarias, quistes y helmintos.

Cuadro No.1 Algunos efectos en la calidad del agua por la filtración lenta en arena.

Las experiencias de diferentes países muestran que es posible utilizar velocidades entre 0.1 y 0.5 m/h ($2.4 - 12.0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$), 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 excede de 10 UNT.

El Instituto Indio NEERI ⁽⁸⁾ ha llevado a cabo comparaciones entre diferentes velocidades de filtración - 0.1; 0.2 y 0.3 m/h para tratar agua superficial con 10 UNT. Las eficiencias resultantes son prácticamente iguales para los parámetros más relevantes, excepto para la turbiedad: aunque la remoción de ésta fue aceptada para todos los casos, fue mejor para las velocidades de filtración más altas.

De otra parte, la carrera promedio de los filtros, esto es, el periodo entre lavados, fue de 45 días para 0.1 m/h; 26 días para 0.2 m/h y sólo 13 días para 0.3 m/h. El profesor L. Huisman presenta experiencias semejantes, trabajando en la planta de Amsterdam con velocidades de 0.1, 0.25 y 0.45 m/h.

Estos resultados muestran que 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, aún cuando para esto se requiera una mayor inversión inicial porque el

tamaño del filtro aumenta.

En otros casos, cuando se disponga de facilidades para operación y mantenimiento especialmente mano de obra y organización comunitaria, cabe la posibilidad de utilizar velocidades relativamente altas.

En lo posible la velocidad de filtración debe mantenerse constante, ya que fluctuaciones fuertes y rápidas conducen a la deterioración de la calidad del agua filtrada.

3.3 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE FILTRACION

La velocidad de filtración puede controlarse ya sea a la entrada o a la salida. En las Figuras Nos. 3 y 4 se ilustran estas modalidades.

En un filtro con control a la entrada, la velocidad de filtración se fija mediante el manejo de la válvula de ingreso de agua cruda. Una vez que se llega a la velocidad deseada, no se requiere más manipulación de esta válvula. En los comienzos de la carrera del filtro, el espesor del agua sobre el lecho filtrante es poco, pero va creciendo gradualmente para compensar la resistencia hidrúlica creciente de la membrana biológica que se forma.

Una vez que el nivel alcanza la altura del rebose, se debe sacar de

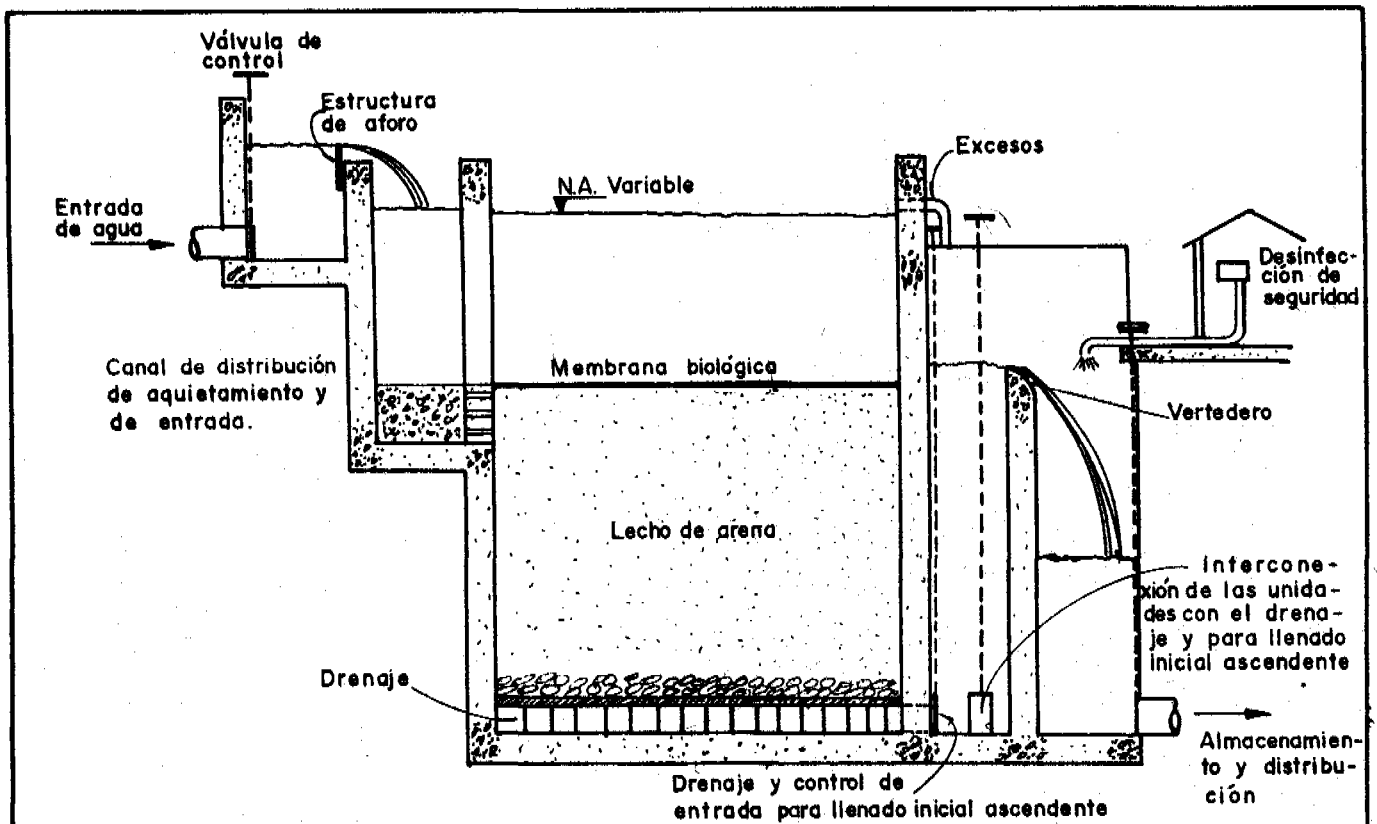


FIG. No. 3 - ESQUEMA DE UN FILTRO LENTO CON CONTROL A LA ENTRADA.

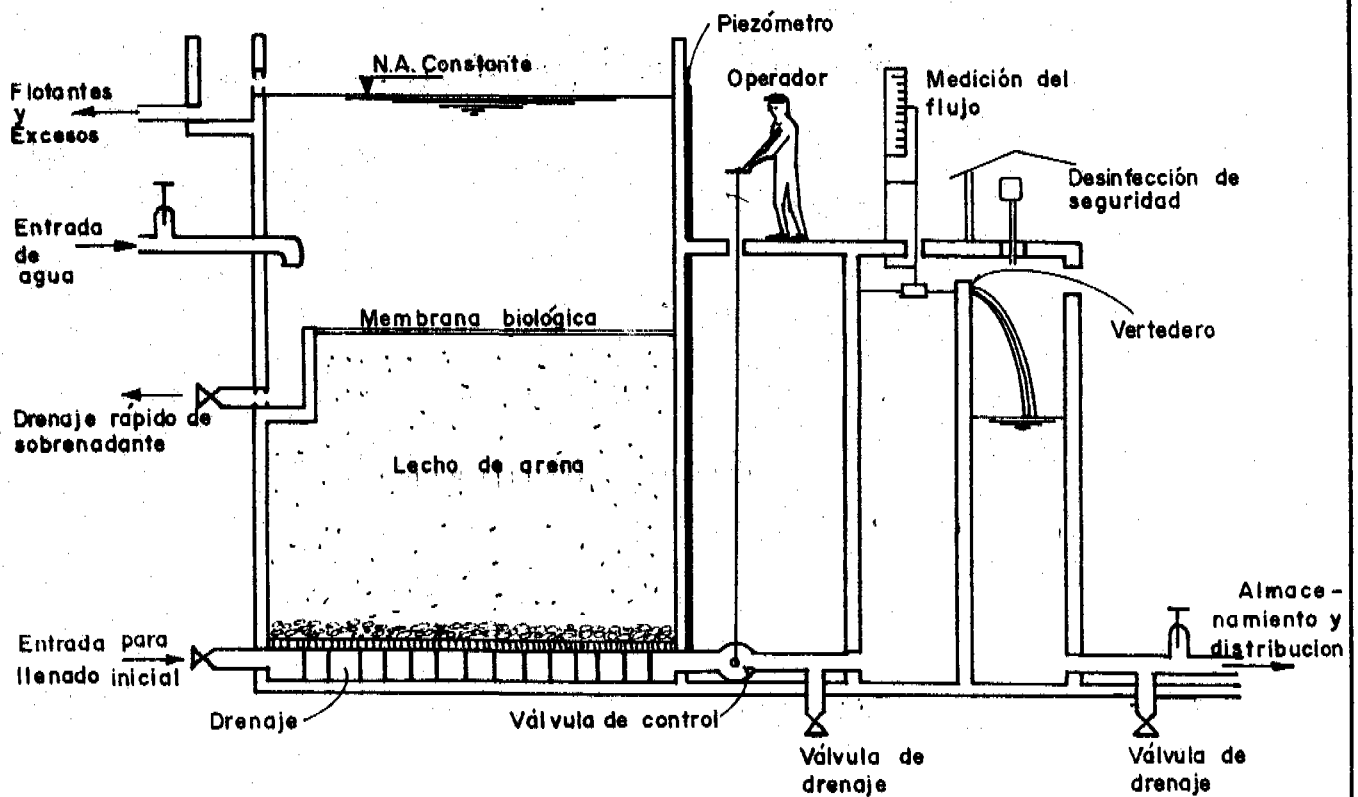


FIG. No. 4 - ESQUEMA DE UN FILTRO LENTO CON CONTROL A LA SALIDA.

línea al filtro para su limpieza.

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 de manera 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 se afectan procesos que se producen en este almacenamiento, entre otros, fenómenos de sedimentación, reducción de bacterias por radiación solar y floculación pericinetica. (Este tema es objeto de investigación en la Universidad del Valle, Colombia).

En un filtro con control a la salida, la velocidad de filtración se establece con la operación de la válvula de salida (E en la Figura No.4). Diariamente, o cada dos días, se abre un poco más esta válvula para compensar el aumento de resistencia hidráulica en el filtro.

En este método 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.

Comparativamente con el control a la entrada, el nivel del agua es más estable y el tiempo de retención sobre el lecho no presentará variaciones significativas, manteniendo la eficiencia de los procesos que ocurren en esta parte del sistema.

En ambas formas de control, debe limitarse la pérdida de carga hidráulica máxima en el filtro. Esta pérdida máxima está definida por la diferencia entre el nivel máximo de la capa de agua sobre el lecho filtrante (rebose) y el nivel de descarga de la estructura de salida, el cual se recomienda se coloque como mínimo a la altura de la superficie del lecho de arena. Se aconseja que esta diferencia de niveles no sea mayor que 1 m porque valores mayores aumentan la inversión inicial. Es importante que la descarga sea libre para permitir la aereación del agua tratada.

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 trata-

miento. Sólo de esta manera se evitará que desarrolle sus "propios" procedimientos de operación, con posibles consecuencias adversas sobre la calidad del tratamiento.

Como ejemplo de lo anterior, puede citarse el caso de un grupo de inspección en India, que encontró un filtro lento con extraños agujeros en la arena. Al ser inquirido, el operador explicó que frecuentemente utilizaba una pértiga de madera para hacer tales agujeros y restablecer así la velocidad de filtración. Naturalmente los resultados sobre la calidad del agua filtrada no eran buenos, pero al operador nadie le había explicado por qué la capa filtrante no debería sufrir daño alguno, por ninguna circunstancia.

3.4 FILTRACION DESCENDENTE vs ASCENDENTE

Los primeros 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.

Lo anterior indica la conveniencia de utilizar la filtración ascenden

te como un tratamiento preliminar, con velocidades mayores de filtración seguida de una filtración descendente. Esta posibilidad es interesante porque la limpieza del filtro ascendente podría realizarse con purgas periódicas descendentes, simplificando las labores de operación del sistema. La Universidad del Valle incluye estudios en este sentido, dentro de la propuesta de extensión de la tercera fase del proyecto del CIR.

3.5 FILTRACION INTERMITENTE

Existen plantas de filtración lenta que en algunas ocasiones funcionan solamente una parte del día por razones diversas, entre ellas la falta de un suministro continuo de energía. Las investigaciones han mostrado que esta práctica conduce a serios problemas con la calidad del agua filtrada y que debe evitarse al máximo, ya que afecta adversamente la actividad biológica del filtro ⁽⁸⁾.

En el caso de un suministro intermitente de energía, 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, particularmente en sistemas con control a la salida, es someter al filtro a una velocidad declinante. Cuando se corte 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.

3.6 LECHO DE ARENA

El costo de este material puede llegar a tener una fuerte incidencia sobre la inversión total debido a las grandes cantidades que se requieren. Es aconsejable investigar la posibilidad de utilizar arenas locales ya que su uso puede producir importantes ahorros en los costos de construcción.

Una experiencia en este sentido la constituye el trabajo de los autores de este artículo en la planta de Chorro de Plata construida por una entidad privada (Parcelación Chorro de Plata). Se evaluaron diferentes arenas comunes de la región y se encontró que la mezcla de dos clases de material tomadas del río Cauca producían las especificaciones requeridas en este proyecto, con un mínimo de cribado adicional para retirar gruesos. El costo de esta arena representó sólo el 10% del correspondiente a arenas comerciales gradadas. El costo de la arena comercial hubiese representado más del 10% en la construcción de los filtros mientras que en el proyecto el valor del lecho fue un poco menos del 1.5%.

En la especificación del lecho filtrante, deben tomarse algunas consideraciones mínimas como el bajo contenido de materia orgánica - lo

cual hace aconsejable en algunos casos el lavado del material antes de su colocación-, la granulometría y el espesor de la capa.

La mayoría de las experiencias recogidas hasta la fecha muestran que materiales con tamaño efectivo entre 0.15 y 0.35 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.

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. La importancia de la altura del lecho con respecto a los cambios de la calidad del agua será motivo de estudio adicional en la tercera fase del proyecto del CIR.

Se ha utilizado como espesor inicial o altura máxima del lecho valores entre 0.8 y 1.2 m. Esta altura va disminuyendo a medida que se hace necesario raspar la capa superficial (1 a 3 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. El procedimiento para

lavado y reposición (rearenamiento) puede ser consultado en las Referencias 3 y 9.

Lo anterior indica que la altura inicial del medio filtrante determina la frecuencia de rearenamiento.

En general la especificación del lecho de arena, así como la de otros factores que se involucran en el diseño y construcción de un sistema de filtración debe ser hecha tomando en consideración aspectos tanto de calidad de agua, facilidades para operación y disponibilidad de recursos para la ejecución de la obra.

3.7 DRENAJE DEL AGUA FILTRADA

En un filtro lento, el sistema de drenaje cumple dos funciones principales : soportar el lecho filtrante y asegurar una buena distribución hidrúlica 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 permite la disminución del espesor de la capa de grava de soporte y de sus especificaciones. En la planta de Chorro de Plata se usó esta tubería, con buenos resultados. Estudios adicionales se van a iniciar en el proyecto FLA.

3.8 CONTROL DE ALGAS

En circunstancias en donde el agua de entrada al filtro es clara, rica en nutrientes y hay radiación solar intensa, el crecimiento de algas puede llegar a ser un problema para la operación del sistema. En tales casos, particularmente cuando el agua cruda es pre-tratada, el filtro puede ser cubierto para controlar la radiación y así reducir el crecimiento de algas.

En algunas experiencias ⁽⁸⁾ se ha encontrado que esto influye únicamente sobre el contenido de oxígeno del agua filtrada, que en un filtro descubierto muestra una amplia variación debido a la actividad fotosintética de las algas.

Podría pensarse que también influye sobre la carrera del filtro. Sin embargo, se ha observado que esto no sucede y una posible explicación puede radicar en el hecho de que las algas hayan estado presentes co

mo fitoplancton en el sobrenadante del filtro.

Para las áreas en donde el crecimiento de algas es excesivo, un método alternativo para su control es la remoción manual, especialmente en filtros pequeños.

3.9 COSTOS DE CONSTRUCCION

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. El Cuadro No.2 muestra costos de construcción comparados entre filtración lenta en arena y filtración rápida, en India (precios de 1983).

En dicho país, la construcción de un filtro lento es más barata hasta la capacidad de $3000 \text{ m}^3/\text{d}$. Sin embargo, si se toman en cuenta los costos de operación y mantenimiento, el punto de desequilibrio llega a los $8000 \text{ m}^3/\text{d}$ (equivalentes a una población de 80.000 habitantes con una dotación diaria por habitante de 100 litros).

Además, cuando se utilizan otros materiales u otras técnicas de construcción (tanques de ladrillo, ferro-cemento, sistemas económicos de

CAPACIDAD		COSTOS (EN MILES U.S.\$)	
m ³ /d	L/d	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

Cuadro No.2 Costos de construcción de filtros lentos y filtros rápidos en India (NEERI, 1983).

drenaje), los costos de filtración lenta se reducen considerablemente. Este tópico será objeto de un proyecto de investigación de la Universidad del Valle dentro del proyecto de FLA.

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

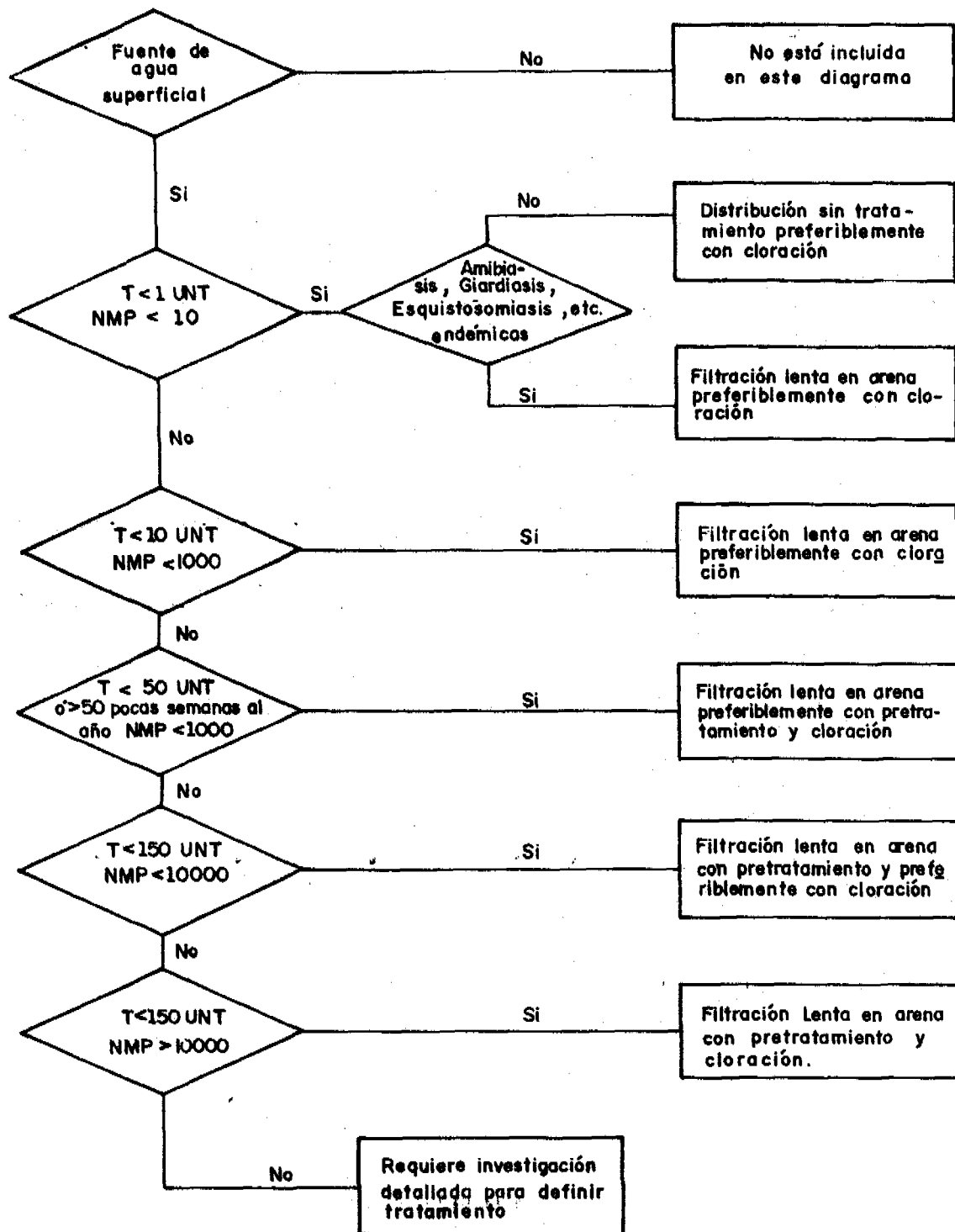
3.10 LIMITACIONES DE LA FILTRACION LENTA

A pesar de las bondades de la tecnología, ella, como cualquier otra, tiene limitaciones para su uso. Estas limitaciones deben ser tomadas muy en cuenta para evitar la aplicación indiscriminada, la cual puede conducir a resultados pobres.

Una visión simplificada para la selección de la tecnología sobre la base de la calidad del agua cruda medida como turbiedad y Número más probable de E. coli se ilustra en la Figura No.5. Sin embargo, otros factores deben también ser tomados muy en cuenta como : organización comunitaria, disponibilidad de recursos locales, usos y costumbres sanitarias de la población.

Las limitaciones más frecuentes que aparecen en la literatura incluyen : disponibilidad y costo de la tierra, tecnología de la construcción, disponibilidad de mano de obra calificada, factores climáticos y calidad del agua cruda.

Aún cuando el área necesaria para una filtración lenta es mucho mayor que para las demás alternativas de tratamiento, ya se ha mencionado que el costo de la tierra, al menos en nuestras áreas rurales y sub urbanas, no tienen un peso ponderado grande con respecto al costo total del proyecto. Sin embargo, esta restricción puede llegar a ser importante en áreas densamente pobladas, en donde la disponibilidad



Convenciones :

T = Turbiedad en U.N.T.
NMP = Número más probable de E.Coli por 100 ml.

FIG. No 5 - FLUJOGRAMA SIMPLIFICADO PARA SELECCION DE TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO DE AGUA CON EN FASIS EN LA FILTRACION LENTA EN ARENA.

de tierra sea poca.

En regiones en donde la tecnología de la construcción está altamente desarrollada y exista disponibilidad de mano de obra calificada permanente, la simplicidad en la construcción y operación de los sistemas de filtración lenta deja de ser una ventaja notable.

En zonas con climas extremos, especialmente donde existan posibilidades de congelamiento, se hace necesaria la inversión en estructuras de protección contra este factor, las cuales son costosas. Sin embargo, en los países tropicales ésta no es una restricción común.

Además de problemas que se presentan con variaciones de turbiedad en la fuente de agua cruda, discutidos ya en este artículo, el filtro lento tiene limitaciones para manejar aguas con un alto contenido de materia orgánica ya que esto puede estimular el crecimiento de organismos que afectan adversamente la calidad de la membrana biológica y pueden llevar a que durante el tratamiento se presenten condiciones anaeróbicas, con la consecuente producción de compuestos que causan rechazo del agua tratada. De otra parte, la naturaleza del filtro lento, no permite la presencia de desechos industriales tóxicos a los microorganismos en el agua cruda.

El manejo de aguas con contenido orgánico puede ser resuelto con pretratamientos que incluyan procedimientos simples de aeración, para

reducir el contenido de materia orgánica y garantizar un buen nivel de oxígeno en el filtro. En la filtración lenta se recomienda, en general, que la entrada de agua a las unidades de filtración sea en descarga libre, procurando así mejorar el nivel de oxígeno disuelto en el agua a tratar.

Con respecto a la turbiedad, en el aparte siguiente se enuncian algunos procedimientos de pretratamiento que posibilitan la utilización del sistema de filtración lenta con aguas de fuertes variaciones de turbiedad.

Es importante observar que la mayoría de las limitaciones indicadas son aplicables a regiones industrializadas. Sin embargo, las ventajas de la filtración lenta son tales que, aún cuando parezca paradójico, es en estas regiones en donde existen hoy las mayores instalaciones del mundo, que incluyen esta modalidad de tratamiento.

Para la mayoría de las regiones de nuestro país, en donde las limitaciones pierden fuerza, la filtración lenta en arena es, sin lugar a dudas, el más simple y eficiente método para tratar agua superficial.

4 PRETRATAMIENTO PARA FILTRACION LENTA EN ARENA

Una alta turbiedad en la fuente puede ser una limitante para el adecuado funcionamiento de la filtración lenta en arena, puesto que bajo estas

condiciones, la carrera de filtración sería muy corta y se intensificarían las labores de mantenimiento del sistema. Además, cuando se presentan altas turbiedades, el filtro se ve sometido a cargas "pico" que tienen efectos adversos sobre su eficiencia.

En estos casos es necesario disponer de un pretratamiento que logre reducir los niveles de turbiedad a aquellos que puede manejar la filtración lenta, al igual que amortiguar los valores máximos.

Las condiciones de facilidad de manejo que se han subrayado sobre la filtración lenta, imponen a los pretratamientos estas mismas características, en forma tal que las técnicas convencionales de clarificación de agua (coagulación, floculación, decantación) no resultan adecuadas para estos casos.

Se han utilizado diferentes procedimientos que guardan relación con la naturaleza de la filtración lenta. Algunos han sido probados a escala de laboratorio, en plantas piloto y otros aplicados a escala real con buenos resultados, aún cuando no han sido evaluados suficientemente como para poder suministrar criterios seguros de operación y diseño.

Existe un creciente interés por el estudio sistemático de diferentes alternativas de pretratamiento. Un ejemplo de lo anterior lo constituye el artículo de la Referencia 10. Dentro de la extensión de la tercera fase del proyecto del CIR se ha previsto que la Universidad

del Valle adelante estudios sobre diferentes formas de pretratamiento, tales como prefiltración horizontal gruesa, vertical gruesa de flujo descendente o ascendente, captaciones con lecho filtrante, galerías de infiltración y filtración lenta ascendente.

Las experiencias disponibles muestran que las bocatomas filtrantes son adecuadas para ríos con turbiedades fluctuantes (10-20 UNT) y valores máximos por encima de 400 UNT. El Servicio Seccional del Cauca ha obtenido resultados prometedores utilizando este sistema. En la planta de Chorro de Plata se utilizó una variante con el uso de tubería corrugada perforada, de PVC. La evaluación de esta modalidad será ejecutada por la Universidad del Valle.

En la filtración horizontal gruesa, el agua se hace pasar por capas de grava de diferentes tamaños, que pueden oscilar entre 15 y 2 mm a velocidades entre 0.5 y 2.0 m/h. La longitud del filtro varía entre 2 y 15 m. En Tailandia, Tanzania y en Suiza, a nivel de modelos físicos en este último país, se ha conseguido que filtros lentos, con velocidades de 0.15 m/h, trabajen con carreras de más de 20 días, a pesar que el agua cruda mantenía turbiedades de 60 UNT o más. En la Referencia 10 se puede encontrar mayor información al respecto.

La información disponible parece indicar que en la prefiltración se dan no solamente procesos de naturaleza física puesto que se encuentran reducciones en otras variables diferentes a la turbiedad.

Por último, ante la posibilidad de tener turbiedades difíciles de remover por los procedimientos enunciados, se ha previsto el estudio de unidades de pretratamiento que incluyan el uso de polímeros "naturales" locales. En Brasil se han desarrollado buenas experiencias usando estos polímeros dentro del tratamiento convencional de aguas superficiales, las cuales parece posible que puedan ser trasladadas a las unidades de pretratamiento en los sistemas de filtración lenta en arena (11).

5 PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD

Cada vez es mayor el reconocimiento de que la participación de la comunidad es un factor esencial en los proyectos rurales de abastecimiento de agua. En estos aspectos Colombia tiene muy buena experiencia.

El ingreso de la comunidad desde las etapas iniciales del programa puede evitar fallas en el diseño y conduce a una aceptación mutua de las contribuciones tanto de la comunidad como de la agencia oficial responsable del proyecto.

Muy a menudo los sistemas de abastecimiento de agua han fracasado por que fueron transferidos a una comunidad impreparada.

5.1 CONOCIMIENTO DE LA SITUACION LOCAL

Los lugareños y en particular las mujeres tienen un amplio conocimiento

to de la situación local, lo cual puede ayudar a evitar errores graves. Por ejemplo, en una isla del Caribe, una hermosa planta de tratamiento no puede ser usada durante 3 meses del año porque la fuente se seca. Una simple consulta a la población y una mejor planeación podrían haber prevenido este hecho.

Los pobladores también pueden sugerir soluciones apropiadas. En una de las experiencias del CIR, el agua cruda era contaminada por reses que pastaban aguas arriba de la bocatoma. El ingeniero sugirió cercar el área, pero la población replicó que sería más fácil que alguien robara el alambre de la malla. Sin embargo, como todos estaban convencidos de la necesidad de proteger adecuadamente la fuente, propusieron sembrar arbustos espinosos alrededor de la bocatoma para evitar la entrada de las reses. Esta solución se seleccionó como la mejor y probó ser exitosa.

5.2 PARTICIPACION EN LA CONSTRUCCION

En muchos de los proyectos de filtración lenta que se han usado como demostración, la población ha participado activamente en la construcción del sistema de suministro de agua. Esto es posible sobre todo en aquellas comunidades que se benefician directamente de su participación. En Tailandia, por ejemplo, las conexiones domiciliarias y la red de distribución, excepto los ramales principales, son instalados por la población local.

La participación de la comunidad es muy común en los países latino americanos. En Colombia se establece un contrato entre la población y el Instituto Nacional de Salud en donde se fijan las condiciones para la participación y la contribución de las partes. Mediante la entrega de mano de obra, la comunidad suministra parte de los costos del proyecto en forma tal que su aporte monetario se reduce considerablemente. Esta mano de obra puede ser utilizada de múltiples maneras, como en el procesamiento de arenas locales para ajustar las a las especificaciones del medio filtrante.

5.3 LOCALIZACIÓN DE DERIVACIONES DE AGUA

La comunidad y particularmente las mujeres, pueden jugar un papel importante en la decisión sobre localización de derivaciones (como conexiones de patio o pilas públicas). Una localización inadecuada de estas derivaciones conduce a problemas de drenaje, poco uso y acceso limitado.

5.4 EDUCACION SANITARIA

El diseño y construcción de un sistema de suministro de agua debe garantizar que el producto que se entrega a los consumidores sea potable. En el caso de que esta entrega se haga mediante conexiones de patio o por pilas públicas, esta seguridad es difícil de garantizar. A menudo el agua tratada es recogida de un grifo y almacenada antes

de su uso. Si este almacenamiento no se hace apropiadamente, el agua puede recontaminarse, echando a perder todos los esfuerzos dedicados a tratar el agua.

La comunidad no solamente debe comprender y apreciar la necesidad de un agua pura sino que debe disponer de medios para evitar su recontaminación. Para ello es requisito indispensable una buena educación en higiene, al igual que una estrecha colaboración entre las entidades oficiales relacionadas con el agua, salud, desarrollo comunal y otras.

Por tanto, en los programas de educación en higiene y salud, se debe tomar en cuenta no solamente la importancia del agua, sino también de otros aspectos del saneamiento ambiental.

En los proyectos de filtración lenta, los esfuerzos conjuntos de todas las entidades involucradas han tenido un impacto positivo sobre la situación en salud de las comunidades objeto de demostración. Este impacto favorable puede verse estimulado aún más si se incorporan los habitantes locales en los programas de educación.

6 INSTITUCIONES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE FILTRACIÓN LENTA, CIR

NATIONAL ENVIRONMENTAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

Nagpur, India

ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Bangkok, Thailand

PROVINCIAL WATERWORKS AUTHORITY

Bangkok, Thailand

UNIVERSITY OF KHARTOUM

Khartoum, Sudan

NATIONAL ADMINISTRATION FOR WATER

Khartoum, Sudan

UNIVERSITY OF NAIROBI

Civil Engineering Department

Nairobi, Kenya

MINISTRY OF HEALTH

Public Health Department

Nairobi, Kenya

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Civil Engineering Department

Kumasi, Ghana

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

División de Saneamiento Básico Rural

Bogotá, Colombia

NATIONAL WATER COMMISSION

Kingston, Jamaica

UNIVERSIDAD DEL VALLE

Facultad de Ingeniería

Cali, 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) CIR. *Proposal for the extension of the third phase of the SSF project*. Documento interno. La Haya, Países Bajos. Septiembre, 1984.
- (6) HUISMAN, L. *Slow Filtration*. Delft, Países Bajos. Delft University of Technology. 1974.
- (7) CANEPA DE CARGAS, L. *Filtros de arena en acueductos rurales*. Informe final. Lima, Perú. CEPIS/OMS/OPS. Diciembre, 1982.
- (8) SUNDARESAN, B.: PARAMASIVAM, R. *Slow Sand Filtration. Research and demonstration project*. Nagpur, India. NEERI. 1982.
- (9) CEPIS-CIR. Documento Técnico No.11. Lima, Perú. Diciembre, 1978.
- (10) IRCWD. News No.20 Duebendorf, Suiza. Agosto, 1984.
- (11) CAMPOS, R. et al. *Comparacao da eficiencia de amido de diversas fontes naturais, quando empregado como auxiliar de floculacao de aguas para abastecimento*. Sao Paulo, Brasil. DAE, Volumen 44, No.137. Junio, 1984.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- GALVIS C., G. *Memoria de Cálculo Proyecto de Abastecimiento de Agua Parcelación Chorro de Plata. Cali, Colombia. Mayo, 1983.*
- HESPANHOL, J. *Investigação sobre o comportamento e aplicabilidade de filtros lentos no Brasil. Universidade de São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública. São Paulo, Brasil. 1969.*
- Investigation on the performance and application of slow sand filters in Brazil (portuguese).*
- HOUGHTON, G.U. *Slow Sand Filtration and Biological Processes. Paper presented at the Symposium on Water Treatment in the Seventies. January, 1970.*
- GUIDELINES FOR OPERATION AND MAINTENANCE OF SLOW SAND FILTRATION. *Plants in Rural Areas of Developing Countries. La Haya, Holanda. CIR. 1983.*
- MITRA, D.D. *The role for vital layer (or Schmutzdecke) in Slow Sand Bacteriological Purification. Indian med. Gaz., 1943. 78 p. 440.*
- PARAMASTIVAM, R. *Treatment alternatives for waters of low turbidity. Journal of the Indian Water Works Association. 1975. VII, No.1, pp. 27-32.*
- WHITE, A. *Community Participation in Water Supply and Sanitation, Concepts, Strategies and Methods. La Haya, Holanda. CIR. Documento técnico. 1982.*
- WHITE, A. *Guidelines for Planning Community Participation in Water Supply and Sanitation Projects. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud. 1983.*
- WHITE-SIJBESMA C., Van. *Participation and Education in Community Water Supply and Sanitation Programmes. A Literature Review. La Haya, Holanda. Documento técnico No.12. CIR. 1981.*

LA FILTRACION LENTA EN ARENA ANTE LA REALIDAD SANITARIA NACIONAL

*... porque ni el libro ni la arena tienen
ni principio ni fin.*

J.L. Borges. *El Libro de Arena* (1975)

Ramón Duque M. ^{1/}

INTRODUCCION

La Asamblea General de las Naciones Unidas comprometió a los años entre 1981 y 1990 como la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento. La meta de esta Década es la que al finalizar 1990, todas las personas tengan un abastecimiento adecuado de agua y medios higiénicos para deshacerse de excretas y aguas residuales.

Colombia aceptó el compromiso. Sin embargo, a comienzos de 1986 la evaluación de la situación mostraba una realidad muy diferente. Un informe del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INSFOPAL) establece que :

^{1/} Ingeniero Sanitario. Profesor Titular, Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Universidad del Valle.

"El comportamiento de la cobertura de acueducto y alcantarillado en los últimos cuatro (4) años - 1982-1985 - nos dice que el incremento de la población servida con acueducto ha sido 0.7 veces al de la población administrada; el de agua confiable 1.5 veces y el de alcantarillado 2.2 veces lo que significa que para 1990 no estaremos cumpliendo los compromisos adquiridos, ante el Decenio Internacional del Agua Potable y el Saneamiento Ambiental. La anterior situación es igualmente un reflejo de la poca prioridad que la actual política económica y social del país le ha dado al Sector Salud y muy específicamente al subsector de acueductos y alcantarillados al asignarle recursos que no le permiten siquiera mantener los servicios de acuerdo al crecimiento vegetativo de la población". ^{2/}

Aún cuando la información presentada por el INSFOPAL admite mucha discusión, la conclusión global evidente es que, en términos prosaicos, como vamos vamos muy mal.

Esta situación seguramente ha obligado a un replanteamiento de la política gubernamental hacia el sector, el cual ha sido formulado en el "Plan de Ajuste Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1987-1992". (PAS).

^{2/} INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL. Ministerio de Salud. Colombia. Estado Sanitario 1985. Oficina de Planeación. División Planeamiento físico-financiero. Bogotá. Abril de 1986.

El objetivo del Plan es "elevar el nivel de cobertura del país del 60% al 80% en el área de acueducto y del 44% al 54% en el área de alcantarillado durante el período 1987-1992". ^{3/}

Esta meta, un poco más real que la planteada en 1981, será lograda mediante la ejecución de una estrategia que "consiste en llevar la participación de las inversiones del Sector a un 0.6% en promedio del PBI durante el período 1987-1992, aumentar la disponibilidad relativa de recursos financieros en el período en mención, y disminuir los costos de inversión per cápita, mediante mejoras en la operación y mantenimiento de los sistemas, subprogramas de rehabilitación de sistemas, diseño de mínimo costo y utilización de tecnologías apropiadas". ^{3/}

Esta última componente de la estrategia abre las posibilidades para la filtración lenta en arena y otras tecnologías similares en su concepción. Pero antes de analizar cuáles son estas posibilidades, es conveniente visualizar las condiciones, al menos sanitarias y de salud, que enmarcarían la ejecución del Plan de Ajuste del Sector.

^{3/} Departamento Nacional de Planeación. Plan de Ajuste Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1987-1992. Documento DNP-2.282 - UINF-DIS. Bogotá. Octubre 1986.

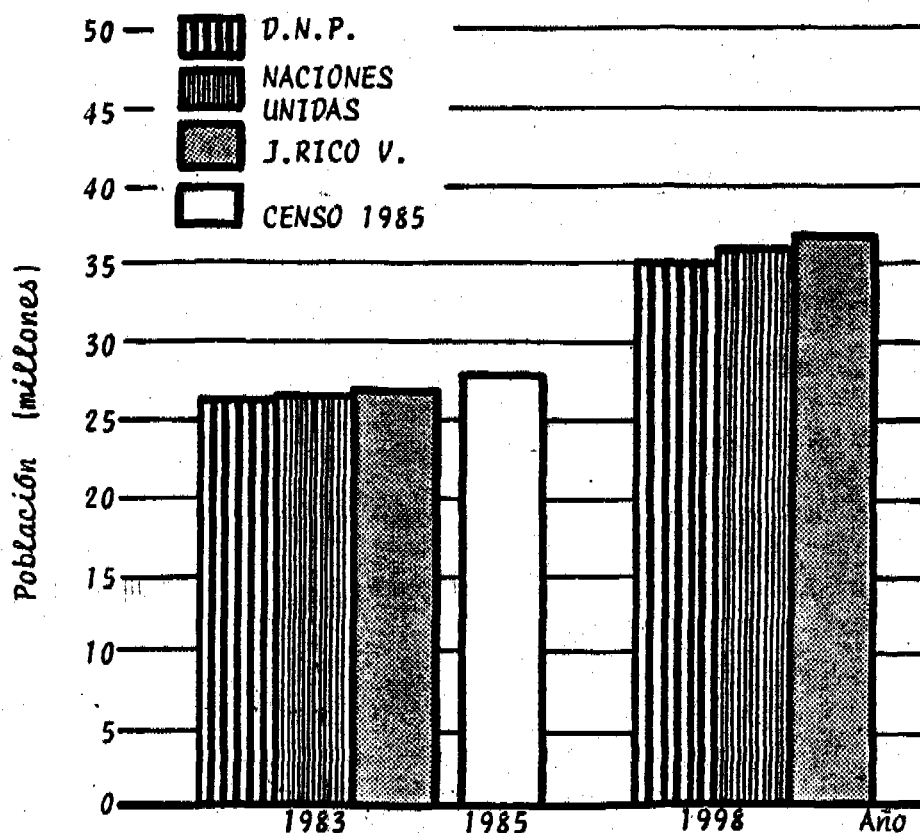
1 POBLACION Y TENDENCIAS DEMOGRAFICAS

En 1973, Colombia tenia 22'900.000 habitantes. Para 1983 se estimó un total de 27 millones aproximadamente y el censo de 1985 dió un resultado de 27.8 millones.

En el Gráfico No.1 se muestran las proyecciones de población del

GRAFICO No.1

POBLACION DE COLOMBIA SEGUN PROYECCIONES DE VARIOS AUTORES
1983 - 1998



FUENTES: MINSALUD. Colombia. Diagnóstico de Salud, Políticas y Estrategias. Bogotá. Junio de 1984.

DANE. Censo de población y vivienda. 1985.

pais, por diferentes autores, a 1983 y 1998 junto con el resultado del censo de 1985. Según datos del censo de 1973, aproximadamente el 60% de la población residía en áreas urbanas; para 1985 resultó ser 65% y para final de siglo, se estima que esta proporción será del 75%.

La población está concentrada principalmente en la región Andina y secundariamente en la región de la Costa Atlántica. Las cuatro principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla) concentran el 25% de la población total y se calcula que para 1998, 8 ciudades tengan más de 500.000 habitantes, con un 40% de la población colombiana.

En 1964, las ciudades mayores de 100.000 habitantes reúnan el 27.4% de la población total; en 1973 la proporción fue de 28.2% y ya en 1985, se elevó al 47.4%.

Lo anterior es simplemente un producto de la urbanización creciente del país, con núcleos mayores que cada vez tendrán más población suburbana y con muchas localidades entre 20.000 y 500.000 habitantes.

La distribución de la población por edades continuará variando con un marcado descenso de la proporción de menores de 15 años que en 1964 era del 46.6%, en 1973 de 45.23%, en 1985 de 36.1% y una proyección al año 2000 de 31.2%.

2 SITUACION DE SALUD

Los indicadores más comunes para medir la situación de salud del país han sido mortalidad y morbilidad.

La mortalidad general, Cuadro No.1, ha descendido a niveles por debajo del 7.5 por mil, aún cuando existen muchas diferencias de este indicador, según las diferentes regiones del país.

CUADRO No.1

PRIMERAS CAUSAS DE MUERTE EN COLOMBIA
1973, 1975, 1977 Y 1981

(AGRUPACION DE 51 CAUSAS E.N.S./TASAS POR MILLON)

CCD.	DIAGNOSTICO	1973	1975	1977	1981
00	Infecciosas Intestinales	991	761	673	340
13	Tumores malignos	577	598	619	650
31	Infecciosas respiratorias agudas	750	624	533	350
26	Otras enfermedades del corazón	518	515	480	480
25	Enfermedades isquémicas del corazón	448	514	475	430
27	Enfermedades cerebrovasculares	398	437	423	370
47	Otros accidentes	336	307	289	290
49	Homicidios			281	370
32	Afecciones respiratorias crónicas	394	335	250	
44	Otras perinatales	254	238	213	220
16	Deficiencias nutricionales	323	273		
24	Enfermedades Hipertensivas				210

FUENTES: Mortalidad 1981 Información DANE ajustes Estudio Nacional de Salud (datos preliminares).
Bayona, Alberto, Pabón A. La mortalidad en Colombia. Volumen II. Estudio Nacional de Salud,
Minsalud, I.N.S. Ascofame, Bogotá, julio de 1983.

Sin embargo, tienen aún un peso relativo muy grande las causas de mortalidad asociadas con un deficiente saneamiento ambiental, incluyendo en este factor el suministro de agua permanente y potable.

Este hecho se hace notorio cuando se analizan las tasas de mortalidad infantil, cuyas proyecciones se muestran en el Gráfico No.2 y en el Cuadro No.2.

CUADRO No. 2

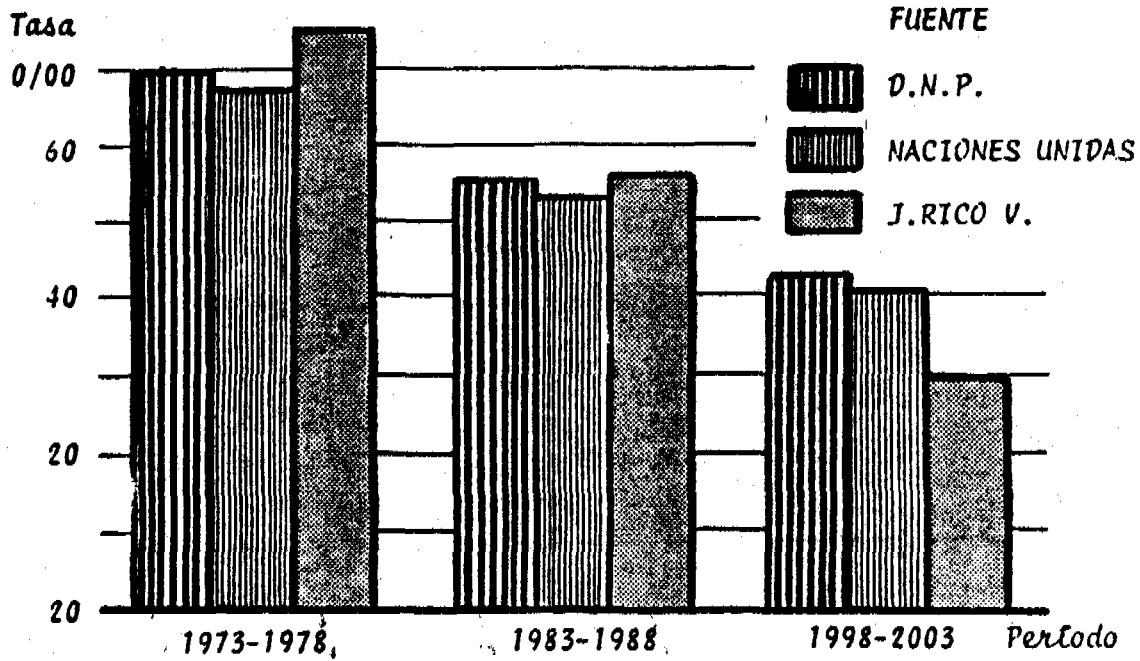
PRIMERAS CAUSAS DE MUERTE DE 0 - 4 AÑOS. COLOMBIA 1973-1975-1977-1981
(AGRUPACIÓN DE 51 CAUSAS E.N.S./TASAS POR MILLON)

COD.	DIAGNOSTICO	1973	1975	1977	1981
00	Infecciones intestinales	5.492	4.573	4.338	2.208
31	Infecciones respiratorias agudas	3.586	3.020	2.759	1.813
44	Otras perinatales	1.654	1.629	1.541	1.646
32	Afecciones respiratorias crónicas	1.809	1.613	1.235	706
43	Afecciones Andricas hip.	1.171	1.377	1.169	1.215
16	Deficiencias nutricionales	1.605	1.441	958	863
42	Anomalías congénitas	428	513	464	538
21	Meningitis	478	452	433	382
24	Otras enfermedades bacterianas		347	420	390
47	Otros accidentes		386	353	409
06	Sarampión	559			
18	Anemia	399			

FUENTES: Mortalidad 1981 información PAPE ajustes Estudio Nacional de Salud (datos preliminares). Bayona, Alberto, Pabón, A. La mortalidad en Colombia. Volumen II. Estudio Nacional de Salud, Minsalud, I.N.S. Asculame. Bogotá, julio de 1983.

GRAFICO No.2

TASA DE MORTALIDAD INFANTIL EN COLOMBIA
(POR 1.000 NACIDOS VIVOS) SEGUN ESTIMACIONES DE VARIOS AUTORES
1973, 1983, 1998



FUENTE: MINSALUD. Colombia. *Diagnóstico de Salud. Políticas y Estrategias*. Bogotá. Febrero de 1984.

En cuanto a morbilidad y aun cuando los registros son menos confiables debido a la estructura de la atención médica en Colombia - la cual causa un subregistro alto -, es posible visualizar la situación general mediante el análisis del Cuadro No.3, donde se observa que únicamente las infecciones respiratorias agudas, las infecciones intestinales y los accidentes y consecuencias, conservan su importancia como problemas tanto de mortalidad como de morbilidad.

DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORBI-MORTALIDAD GENERAL
COLOMBIA. 1981 - 1982

COD.	CAUSAS	MORTALIDAD		MORBILIDAD				
		1981	Preval. real 1977-1980*		Sentida 1977-1980		Hospitalaria Ambulatoria	
			Orden Tasa x 1.000	Orden Tasa x 1.000	Tasa x 1.000	Orden 1	Orden 1	Orden 1
018	Tumores malignos	1o. 0.65						
031	Otras del corazón	2o. 0.48						
030	Isquémicas del corazón	4o. 0.43						
032	Cerebrovasculares	4o. 0.37						
054	Homicidio	5o. 0.37						
035	Infecciosas respiratorias (agudas)	6o. 0.35	5o. 97.3	93.5*	7o. 3.6	1o. 9.8		
001	Infecciosas intestinales	7o. 0.34		49.6*	5o. 5.6	4o. 7.0		
052	Los demás accidentes	8o. 0.29		15.2*				
019	Originadas en período perinatal	9o. 0.22						
029	Hipertensivas	10o. 0.21						
015	Parto normal				1o. 25.0			
014	Otras del embarazo, parto y puerperio					2o. 10.0		
040	Aparato digestivo		6o. 93.4		3o. 6.4	9o. 4.0		
038	Aparato genitourinario		2o. 225.6		4o. 6.2	3o. 9.4		
043	Aborto				6o. 4.6			
055	Por naturaleza de la lesión				8o. 3.3	5o. 5.7		
027	Sistema nervioso		1o. 330.2		9o. 2.3	6o. 5.0		
039	De los dientes					2o. 9.7		
016	Helminiasis		4o. 102.6			7o. 4.9		
046	Infecciosas de piel		8o. 70.6			8o. 4.9		
037	Aparato respiratorio		3o. 129.1					
034	Aparato circulatorio		7o. 82.4					
047	Aparato osteomuscular		9o. 62.2					
021	Avitaminosis y otras		10o. 61.1					

* En su orden enfermedad diarreica, enfermedad respiratoria, accidentes.

FUENTE: Mortalidad. MINSALUD. Datos preliminares. Prevalencia E.N.S. Hospitalaria u ambulatoria. MINSALUD.

En general, para el grupo de menores de 1 año la morbilidad y la mortalidad son bastante similares y para el resto de los grupos de edad empieza a aparecer la diferenciación entre los dos indicadores.

Sin embargo, y a pesar de la muy posible mejora en el estado de salud de la población, el Departamento Nacional de Planeación estima

en 1986, que anualmente mueren aproximadamente 50.000 niños por enfermedades de origen hídrico ^{3/}.

Así entonces, es posible enlazar esta situación de salud con el estado sanitario del país y sus proyecciones.

^{3/} Departamento Nacional de Planeación. Plan de Ajuste Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1987-1992. Documento DNP-2.282 - UINF-DIS. Bogotá. Octubre 1986.

3 ESTADO SANITARIO

Refiriéndose en este aspecto a lo relacionado con el suministro de agua y la disposición de excretas y aguas servidas, la situación del país se muestra en el Cuadro No.4, el cual ha sido conformado a partir del Estado Sanitario al finalizar 1981 y de la población a 1985.

CUADRO No.4

ESTADO SANITARIO DEL PAIS AL FINALIZAR 1985

(ESTIMACION)

	T O T A L E S						
	POBLACION (miles hab)	POBLACION SERVIDA					
		Acueducto	%	Alcantarillado	%	Agua potable	%
I Urbana	18.178.2	14.724.3	81.0	11.815.8	65.0	12.004.7	66.0
II Rural	9.659.8	1.904.9	19.7	1.452.5	15.0	29.2	0.3
TOTAL	27.838.0	16.629.2	59.7	13.268.3	47.7	12.033.9	43.2

FUENTE: Información del Ministerio de Salud
DANE

Esta información es importante porque permite visualizar la calidad del agua que se suministra. Está ampliamente demostrado el papel que juega el abastecimiento de agua en el mejoramiento de la calidad de vida de una comunidad. Sin embargo para obtener su real beneficio ha de consumirse un agua de buena calidad, que sea potable, y además ejecutar obras complementarias de saneamiento ambiental : disposición de excretas y residuos líquidos, disposición de residuos sólidos, higiene de alimentos, educación sanitaria y demás componentes de salud ambiental.

Si se toma, de acuerdo con la información de Minsalud, a la población con agua potable, esta llega a 12 millones de habitantes, menos del 50% de la total. Si a esto desagregamos las grandes ciudades (7 millones) se comprenderá la situación real del país con respecto a la calidad del agua de suministro, no sólo en la zona rural sino también en la zona urbana de ciudades de menos de 500.000 habitantes.

En estas condiciones es de esperarse que aquellas enfermedades que tienen una mayor relación con el suministro de agua no disminuyan su importancia dentro de las causas de mortalidad y morbilidad, especialmente dentro de los grupos de menor edad.

4 PROYECCIONES FUTURAS

Colombia ha de tener, en 1992, alrededor de 32.5 millones de habitantes. Esto implica, tomando las metas del PAS, que en 6 años habrá de adecuarse el suministro de agua a 2.5 millones de pobladores urbanos y construir sistemas completos de abastecimiento de agua potable para 7.7 millones de habitantes rurales y para 3.8 millones de nuevos colombianos.

A un costo unitario de suministro adecuado de agua de \$20.000.00 por persona y de adecuación de \$6.000.00 por persona, se necesitarán \$247.000 millones de pesos de 1986.

Si se toma en cuenta que la mayor parte de la inversión ha de hacerse en las ciudades intermedias y menores y en las comunidades rurales, este presupuesto supera con amplitud el monto total correspondiente del PAS (\$165.000 millones), máxime si se recuerda que este último incluye obras en disposición de excretas y aguas servidas y en aseo urbano.

Por tanto si se quiere aprovechar al máximo este esfuerzo grande que se hará mediante el PAS, no solamente habrá de aumentarse la disponibilidad de recursos financieros del sector, sino también ejecutarse las acciones necesarias para remediar las deficiencias actuales que el documento del Departamento Nacional de Planeación identifica plenamente.

han presentado demasiados inconvenientes en la operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento. En cada una de las regiones del país existen suficientes ejemplos para mostrar este tipo de problemas. Al final todo se pierde por falta de capacidad comunitaria para manejar sus propios recursos sanitarios, la cual se inicia y acrecienta en la poca participación de la comunidad en el desarrollo de las obras.

Tal como se describió en el aparte 1, la tendencia futura de la población es la de concentrarse en este tipo de poblaciones urbanas, mayores de 20.000 habitantes, lo cual plantea la urgente necesidad de generar estrategias para obtener la participación comunitaria.

El otro gran problema, ligado muy íntimamente con el primero es la carencia de tecnologías con las cuales se construyen los sistemas, especialmente de potabilización del agua para consumo. Ingenieros y técnicos desconocen mucha de la tecnología apropiada que pudiera utilizarse en estos casos y, en la mayoría de las veces, no toman en cuenta la naturaleza, cultura y capacidad de la población local para aceptar y manejar los sistemas construidos. Resultan así proyectos demasiado costosos, de difícil tecnología para los locales y que a la vuelta de pocos años, incluso meses, producen en algunos casos una situación peor a la que existía antes sin ellos.

5 ALGUNOS PROBLEMAS POR RESOLVER

El documento "Estrategias para la Extensión y Mejoramiento de los servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de Excretas para el Decenio de 1980", resultado de las Discusiones Técnicas de la XXVI Reunión del Consejo Directivo de la OPS, en 1979, plantea las principales restricciones que se presentan para desarrollar con éxito las metas del Decenio del Agua Potable.

En mayor o menor intensidad estas restricciones se aplican para Colombia, en la posible ejecución del PAS. Sin embargo, además del problema financiero ya descrito, hay dos principales obstáculos que se plantean y sobre los cuales se hace énfasis: el primero se refiere a la aceptación y participación de la comunidad dentro de los programas de Saneamiento. Son innumerables los casos que se podrían presentar para comprobar que la ejecución de programas de este tipo, en donde la comunidad no participa o lo hace muy tangencialmente, ha sido un completo fracaso.

Esta participación ha de lograrse no solamente durante la fase de construcción, sino también en la fase de planificación, programación y luego utilización y mantenimiento de las obras.

Colombia ha tenido relativa buena experiencia en el área rural en los programas de abastecimiento de agua y disposición de excretas. Pero a nivel de las zonas urbanas de pequeño o mediano tamaño, se

6 LA FILTRACION LENTA COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

Es evidente que al plantear soluciones al problema presentado se hace necesario mirar con mayor detalle y espíritu crítico, entre otras muchas cosas, las posibilidades que brinda la tecnología, seleccionando las más apropiadas no solamente desde el punto de la eficiencia técnica sino de su costo total, de su aceptación comunitaria y de su integración con la tecnología local, que facilite la operación y el mantenimiento.

La filtración lenta en arena como alternativa para el tratamiento del agua para consumo presenta muchas ventajas en comparación con varios otros métodos de tratamiento diseñados para la remoción de materia tanto inorgánica como orgánica, de organismos patógenos, de turbiedad, color e incluso hierro. Estas se pueden resumir como :

- Es la única operación unitaria conocida que consigue tan alto grado de mejora simultánea en la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.
- La sencillez del diseño, construcción y operación que permite la aplicación de materiales y capacidades localmente disponibles, con supervisión técnica limitada; sólo se requieren tuberías y dispositivos comunes y no necesita equipo o instrumentación especial.

- . Si se dispone de suficiente material para el lecho filtrante, el costo de la construcción es relativamente bajo.
- . Casi no existe la necesidad de importar materiales y equipo y, fuera de una posible desinfección o cloración del efluente para seguridad, no se necesitan compuestos químicos.
- . La operación y mantenimiento pueden ser llevados a cabo por mano de obra no especializada, disponible en la comunidad y que logra capacitarse rápidamente.
- . No se necesita energía suplementaria para el proceso en sí mismo; la filtración es llevada a cabo por gravedad; no hay otras partes mecánicas que precisen de energía para funcionar.

Sin embargo, se le anotan algunas limitaciones, mucho más conocidas que sus ventajas y que se analizan a continuación :

- . La filtración lenta en arena tiene dificultades para el tratamiento de aguas con turbiedades altas, o con fuentes con amplias variaciones de turbiedad.

Esto es cierto. Con turbiedades mayores de 100 UNT (límite que se da como guía), la filtración lenta se torna inoperante por la necesidad del mantenimiento frecuente, que no permite el desarrollo del proceso.

Sin embargo, existen métodos de pretratamiento que guardan la misma naturaleza sencilla de la filtración lenta y que en muchos de los casos solucionan este problema. Algunos de estos métodos incluyen :

- Prefiltración en el lecho del río
- Prefiltración de flujo horizontal
- Prefiltración vertical de flujo ascendente
- Prefiltración vertical de flujo descendente
- Galerías de infiltración.

El Programa Integrado de Promoción y Desarrollo de la Filtración Lenta en Arena del Centro Internacional de Referencia (CIR) tiene dentro de sus proyectos el mayor estudio y difusión de estos métodos, mediante un Convenio con la Universidad del Valle, dentro del cual se utilizará la experiencia que existe en Colombia acerca de este tema y algunos de cuyos resultados serán expuestos durante el desarrollo de este Taller.

Los costos de construcción a la filtración lenta son altos

Esta es una afirmación discutible. En muchas ocasiones se origina de la simple comparación de la filtración lenta versus la filtración rápida, olvidando que esta última requiere de estructuras previas, que son a su vez costosas. Además, es posible, mediante un cambio en la mentalidad de los diseñadores, utilizar

métodos y técnicas de construcción que logren abaratar las estructuras. Son, por ejemplo, la utilización de tanques en tierra, la construcción con ladrillo común, el uso de la tecnología del ferro-cemento. Los casos presentados en este Taller permitirán hacer evidentes ~~estas posibilidades~~.

Una gran opción en este sentido la ofrece el aprovechamiento de arenas locales en lugar de las tradicionalmente utilizadas para filtración, las cuales tienen costos altos. Las experiencias en Colombia han mostrado que en muchas ocasiones, con una pequeña búsqueda local, se logra encontrar arenas que cumplen las especificaciones requeridas para la filtración lenta en arena.

Existe ahora suficiente información para elaborar un modelo de costos de la filtración lenta en arena, trabajo que será presentado en un evento posterior por la Universidad del Valle como resultado del convenio con el CIR.

Sin embargo, a manera de orden de magnitud los costos totales de construcción, a precios de 1986, van desde \$1 millón para caudales hasta 5 L/s, \$0.6 millones hasta 10 L/s y \$0.5 millones hasta 15 L/s.

Esto muestra la enorme potencialidad de la filtración lenta cuando se utilice para poblaciones que requieran caudales mayores y en donde puede aprovecharse el efecto de la economía de escala.

- La filtración lenta en arena demanda grandes extensiones de terreno

Cierto. Pero la pregunta es : qué tan grande ? Y es esto importante ?.

Esta es una afirmación que ha sido traducida, sin beneficio de inventario, de la literatura técnica de los países industrializados.

La ciudad de Londres tiene una planta de tratamiento de agua con filtración lenta en arena que produce 300.000 m³/d. Y es su área grande ?.

Tómese en nuestro país y en muchos también, una población de 50.000 habitantes, que requiere 12000 m³/d para su abastecimiento. Con una velocidad de filtración de 0.20 m/h, se necesitarán 2500 m² de filtros, que pueden llevarse a 3600 m² con las estructuras de pretratamiento, si se necesitan y con las edificaciones adicionales.

Es un terreno de 3600 m² demasiado grande en una población de 50.000 habitantes de nuestro país ? . La respuesta aclarará la validez de la desventaja planteada para la filtración lenta en arena.

- La filtración lenta en arena sólo es apropiada para el área ru

ral

Falso. Este es un craso error de nosotros los ingenieros y de los administradores, que toman decisiones acerca de la asignación de recursos.

Se presume, equivocadamente, que lo sencillo es sinónimo de pequeño. Y que entre más complejo sea un sistema, tanto más será eficiente. Costosa presunción.

Si la filtración lenta da buenos resultados en el área rural en donde los medios tecnológicos son escasos, qué le impide en las áreas más pobladas, en donde las disponibilidades son mayores ?.

La falta de percepción de esta posibilidad ha conducido al derroche de nuestros recursos de todo tipo. Dejando de lado el desarrollo de mano de obra local, de tecnología propia, de promoción de la comunidad y de otros factores y mirando sólo el aspecto económico y financiero, se olvida que los costos de inversión de la filtración lenta en arena son menores que los de otras alternativas. / Y si en gracia de discusión se suponen iguales, se tendrá que los costos de operación y mantenimiento de la filtración lenta son mucho menores que los de cualquier otra forma de tratamiento. Y estos costos, a pesar de ser de muchos días, muchos meses, muchos años, se olvidan muchas veces.

El costo de producción de un m^3 de agua con los métodos tradicionales puede ser de aproximadamente \$8.00 (Una mirada a la facturación del servicio doméstico de agua de cualquier población demostrará que este es un valor bondadoso).

Si se utiliza filtración lenta en arena, no hay costos de productos químicos, ni de energía. La mano de obra es no especializada. Los repuestos y reparaciones son mínimos. Los costos de financiación son menores porque es posible utilizar mucho recurso local. Así, un valor de \$2.00 por metro cúbico puede ser excesivo.

Entonces, para la misma población de 50.000 habitantes, los ahorros serían de \$70.000/día; \$2'200.000/mes; 25'000.000/año.

En tal caso : por qué no plantear la filtración lenta en arena como una alternativa atractiva para el tratamiento del agua de poblaciones medianas y aún de mayor tamaño ?. Si se quiere que el PAS sea una realidad, ha de tomarse en cuenta a la filtración lenta.

A pesar de todo este balance, la realidad es que la filtración lenta en arena ha sido muy poco utilizada. Las principales razones pueden ser :

. La poca experiencia local, regional o nacional en la filtración

lenta en arena.

- . La información actualizada limitada sobre costos de plantas de filtración lenta y su comparación con otros métodos de purificación.*
- . Las dudas existentes sobre las ventajas en la operación y mantenimiento de estas plantas, originadas por la escasa experiencia en ellas y su poca evaluación.*
- . Los métodos de investigación preliminar que se utilizan para la selección del tratamiento adecuado, no suministran la información suficiente que permita tomar decisiones con respecto a la factibilidad del uso de la filtración lenta en arena.*
- . La tendencia de los ingenieros a preferir técnicas más sofisticadas, de igual costo de construcción o mayor pero con mayores dificultades de operación y mantenimiento que el filtro lento, debido a la falta de conocimiento sobre la técnica.*
- . La escasa divulgación de la técnica, incluso en las Universidades.*

La calidad de los participantes en este Segundo Taller, permite alentar la esperanza de que en él se plantearán soluciones a estos problemas.

Por su parte la Universidad del Valle se compromete a continuar sus trabajos sobre este tema, con el apoyo del Centro Internacional de Referencia para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento (CIRA) y con la colaboración de las entidades locales, regionales, nacionales e internacionales que tienen relación con el abastecimiento de agua para consumo humano, con la finalidad de que la Filtración Lenta en Arena sea tomada en cuenta como una alternativa real y factible para resolver el problema del suministro de agua de buena calidad para nuestras comunidades tanto rurales como urbanas, y, en último término para mejorar la calidad de vida de nuestra población.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CTR. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua y Saneamiento de la OMS. Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Agua en Países en Desarrollo. Manual de Diseño y Construcción. Documento Técnico No.11. Publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Diciembre de 1978.
- DANE. XV Censo Nacional de Población y IV de Vivienda. Colombia. Volumen I. Bogotá. Julio de 1986.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION : República de Colombia. Plan de Ajuste Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1987-1992. Documento DNP-2,282-41NF-DIS. Bogotá. Octubre de 1986.
- HUISMAN, L. Slow Sand Filtration. Delft University of Technology. Netherlands. 1979.
- INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL. Ministerio de Salud. Colombia. Estado Sanitario 1985. Oficina de Planeación. División Planeamiento físico-financiero. Bogotá. Abril de 1986.
- MINISTERIO DE SALUD. República de Colombia. Desarrollo de una Política de Salud. 1978-1981. Informe al Honorable Congreso de la República de Colombia. Agosto de 1981.
- . Diagnóstico del Sector Salud. Plan Nacional de Salud. 1972-1982.
- . Evaluación del desarrollo del Plan Nacional de Atención al Medio Ambiente (PLANAM) durante el pasado 1982-1986. Bogotá. Junio de 1986.
- MINISTERIO DE SALUD. República de Colombia. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. OPS/OMS, Colombia. Diagnóstico de Salud. Políticas y Estrategias. Bogotá. Junio de 1984.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, OPS/OMS. Salud Ambiental. Actividades Nacionales y Regionales en las Américas. Serie Ambiental No.2. Washington, 1982.
- RICO, V.J. Tendencias Futuras de la Población Colombiana. Universidad del Valle. División de Salud. Departamento de Medicina Social. Cali. 1983.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Biological or Slow Sand Filters.*
Community Water Supply. Research and Development Programme.
Background Paper WHO & CWS/ RD / 70.1.

PROYECTO INTEGRADO DE INVESTIGACION Y DEMOSTRACION SOBRE FILTRACION
LENTA EN ARENA

J.T. Visscher ^{1/} y G. Gálvis ^{2/}

1 INTRODUCCION

El proyecto para la promoción de la filtración lenta en arena (FLA) comprende investigación aplicada, programas de demostración, programas de entrenamiento, el intercambio de información y la transferencia de conocimientos y experiencias. Todas las actividades del proyecto son ejecutadas en países en desarrollo y a cargo de organizaciones nacionales. El CIR juega principalmente el papel de catalizador, coordinador general y asesor.

Para este proyecto el CIR ha sido financiado principalmente por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Dirección general de cooperación del Ministerio de Asuntos extranjeros de Holanda, lo que le ha permitido apoyar técnica y económicamente el trabajo de instituciones y organismos en los países involucrados en su ejecu

^{1/} Jan Teun Visscher, Programme Officer. Director Proyecto FLA (CIR).

^{2/} Gerardo Gálvis, Dirección Grupo Abastecimiento de Agua, Facultad de Ingeniería, (UNIVALLE).

ción.

En Colombia el CIR ha desarrollado el proyecto principalmente a través del Instituto Nacional de Salud (INS) y del grupo de trabajo en Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle (UNIVALLE). UNIVALLE, a su vez, ha podido organizar su esquema de trabajo y mantenerlo en la ejecución del presente proyecto, gracias al interés y el respaldo encontrado en diversas organizaciones e instituciones como la Representación de la OPS en Colombia, la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, la CVC, la Gobernación del Valle, los Servicios Seccionales de Salud del Valle del Cauca y del Cauca, la Beneficencia del Valle, EMCALI, INVICALI, Secretaría de Salud y la Secretaría de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio de Cali, entre otras instituciones.

Se presenta a continuación una visión general de las principales fases del proyecto con énfasis en el Convenio UNIVALLE-CIR, actualmente en ejecución, y en las perspectivas que presenta el desarrollo y la promoción de la tecnología.

2 PRINCIPALES FASES DEL PROYECTO

2.1 INVESTIGACION APLICADA. FASE I

Esta fase comprendió el periodo 1976-1978 y fue ejecutada por ins

tituciones en Ghana, India, Kenya, Sudán y Tailandia ⁽¹⁾.

En la ejecución de esta fase se procuró ganar experiencia con la tecnología de filtración lenta en arena y el desarrollo de criterios apropiados para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas bajo las condiciones que presentaban los países involucrados.

Específicamente el comportamiento de FLA fue investigado en relación con : calidad del efluente bajo diferentes calidades de agua cruda; consideración sobre pretratamiento; el efecto de velocidades de filtración superiores a 0.1 m/h ($2.4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$); influencia de la colocación de coberturas en las unidades de FLA; efecto de la operación intermitente; efecto de sobrecargas orgánicas o bacteriológicas; uso de materiales no gradados en las unidades de FLA.

La ejecución de la Fase I confirmó la confiabilidad y la eficiencia de la filtración lenta en arena y llevó a la producción de un manual sobre diseño y construcción que considera los resultados obtenidos. Este manual es el Tp11 ⁽²⁾ y fue publicado en español con la colaboración del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

2.2 DEMOSTRACION. FASE II

La segunda fase se orientó principalmente a demostrar a nivel de

asentamientos nucleados la efectividad de los sistemas FLA como alternativa simple y confiable para el tratamiento de agua a bajo costo.

En cada uno de los países participantes se tuvieron en cuenta aspectos como los siguientes para seleccionar los asentamientos : la calidad del agua cruda; el abastecimiento de agua como prioridad en las necesidades de la comunidad; condiciones para estimular y contar con la activa participación de la comunidad en la planeación, construcción y administración del sistema de abastecimiento de agua.

Los modelos de participación comunitaria y educación en salud se basaron en los procedimientos existentes en los países involucrados, aunque se procuró ejecutarlos y controlarlos con mayor intensidad. Se consideró que, de ser necesario, esto facilitaría un cambio gradual hacia otras nuevas formas de trabajo con comunidad.

En la ejecución de la Fase II se construyeron once (11) plantas : cuatro (4) en la India; tres (3) en Tailandia; dos (2) en Sudán y dos (2) en Colombia. La construcción de las plantas en Colombia estuvo a cargo de la Dirección de Saneamiento Básico Rural del INS. Una de las plantas fué construída en el Alto de los Idolos (Huila) y la otra en Puerto Asís (Putumayo).

Alrededor de 1.3 millones de US\$ fueron invertidos en los 11 sistemas de abastecimiento de agua, de los cuales más del 95% fueron

aportados por las agencias gubernamentales de los respectivos países. El apoyo del CIR en esta fase fue principalmente orientado hacia el control de los sistemas.

2.3 DISEMINACION. FASE III

Esta fase fue orientada a la diseminación de los resultados y experiencias de las fases anteriores, a través de seminarios nacionales e internacionales en los países participantes, publicación de los resultados y reportes de país. Los seminarios permitieron el intercambio de información entre ingenieros, especialistas en educación sanitaria y especialistas en participación comunitaria.

Los seminarios internacionales fueron organizados en Camerún, Colombia, India y Jamaica (200 participantes). Además fueron organizados también cinco (5) seminarios nacionales en India, Kenya, Sudán y Tailandia (400 participantes).

Los seminarios permitieron precisar las ventajas de la tecnología y las limitaciones que debían superarse para facilitar una aplicación más amplia de la misma.

En esta fase del proyecto se incluyeron también varios tópicos de investigación los cuales se adelantaron en India y Colombia. Estos tópicos incluyeron filtración a velocidad (declinante, diseño y prueba de un sistema de control a la entrada; efecto de la altu

ra del lecho en la calidad bacteriológica del efluente en condiciones sub-tropicales; comparación entre filtración lenta ascendente y descendente).

Dentro de la diseminación se han hecho publicaciones o presentaciones de documentos técnicos en diferentes revistas (Agua H₂O, Indian Journal of Environmental Health, Journal of American Water Works Association, Waterlines, World Water, ACODAL) y Congresos (Bélgica, India, Singapur, Tailandia, Trinidad, Panamá, Holanda y Colombia).

La participación de UNIVALLE en el seminario internacional realizado en Colombia (Neiva, julio de 1982) estimuló seriamente los esfuerzos iniciados en esta institución para conformar un grupo de trabajo en abastecimiento de agua. Significativo impulso se dió a la promoción crítica de la tecnología involucrando en ello diferentes instituciones de orden nacional, regional y local con la importante colaboración de la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, del INS y con el apoyo del CIR.

2.4 PROMOCIÓN Y ENTRENAMIENTO. FASE IV

En desarrollo de la tercera fase se identificaron diferentes factores que estaban limitando una aplicación amplia de la tecnología de FLA :

- 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 estimular adicionalmente el uso de la tecnología de FIA con base en el desarrollo específico de información y de herramientas que faciliten la planeación, el diseño, la operación, el mantenimiento y la supervisión de los sistemas de FIA, con énfasis en la producción, prueba y ajuste de documentos y estrategias orientadas al entrena

miento de personal profesional, técnico y operacional ligado con la aplicación de la tecnología.

La ejecución de esta fase debe elevar el potencial para que la multiplicación de la tecnología y su adecuado sostenimiento se den con el mínimo apoyo externo posible. Para el cumplimiento de las actividades en ella incluidas el CIR trabaja en colaboración con dos países La India y Colombia. En la India el proyecto está a cargo del NEERI (National Environmental Research Institute) y en Colombia de UNIVALLE que trabaja en colaboración con diferentes organizaciones de orden nacional, regional y local (3.4).

La ejecución de esta fase está orientada a posibilitar los siguientes resultados :

- a. Libros y manuales para informar y capacitar profesionales y técnicos en el aprovechamiento de la tecnología.
- b. Esquema de instrucción, evaluado en terreno, para la capacitación de operadores de los sistemas de FLA.
- c. Capacitación de instructores de las instituciones involucradas en la promoción de la tecnología dentro del esquema de infraestructura para capacitación de operadores.
- d. Adaptación y desarrollo de equipo simplificado para la evalua

ción y el control de la operación de sistemas de FLA.

- e. Revisión, evaluación y producción de información sobre diferentes alternativas de pretratamiento en conjunto con la filtración lenta en arena.*
- f. Evaluación a nivel de prototipo y de modelo físico de diferentes alternativas de control hidráulico de las unidades de FLA.*
- g. Evaluación de sistemas de FLA en operación y producción de un plan general de rehabilitación con base en los resultados obtenidos.*
- h. Recuperación en un documento de diferentes experiencias de diseño, considerando los resultados de la evaluación de los sistemas de FLA y demás hallazgos del proyecto.*
- i. Producción de un modelo, ajustado con base a las realizaciones del proyecto, que facilite el estudio económico de nuevos sistemas en los cuales se desea evaluar la alternativa de FLA considerando condiciones locales.*

3. ALCANCES Y PERSPECTIVAS DEL PROYECTO. CONSIDERACIONES GENERALES

Los alcances y las perspectivas del proyecto pueden clasificarse en tres amplias categorías. La mayoría ligada con la tecnología de la

filtración lenta en arena. Las otras dos categorías se relacionan con aspectos socio-económicos y organizacionales.

3.1 CATEGORIA TECNOLÓGICA

Algunos de los alcances del proyecto, junto con las experiencias de otras instituciones en Europa y América, en el estudio de la tecnología, permiten las siguientes precisiones y comentarios en relación con el diseño, la construcción o la administración de sistemas de FLA.

- a. La filtración lenta en arena es un método muy apropiado de tratamiento de agua para las zonas rurales, urbanas y urbano marginales (2, 5, 6, 7, 8, 9).*

En el abastecimiento de agua superficial para pequeños asentamientos humanos, con limitaciones técnicas y socio-económicas para operar obras tecnológicas más "sofisticadas", la filtración lenta en arena es normalmente la única respuesta adecuada en la búsqueda de una alternativa de tratamiento simple, confiable y económica.

La tecnología ofrece también grandes posibilidades para proyectos de mayor tamaño, donde los requerimientos de mano de obra sin alto grado de especialización para operación y limpieza, junto con las necesidades de empleo en países como Colombia,

pueden constituirse en una importante ventaja, particularmente cuando la calidad de agua cruda permita su tratamiento sin procesos previos o complementarios a aquellos que se dan normalmente en las unidades de FIA.

Cuando la calidad del agua cruda permite prolongar periodos de turbiedad alta se requiere un previo acondicionamiento. Si se usan técnicas "sofisticadas" de pretratamiento, involucrando el uso de sustancias químicas y equipo mecánico importado se invalida entonces parte importante de las ventajas de la tecnología de FIA. Tecnologías simplificadas de pretratamiento en lechos granulares, actualmente en etapa de desarrollo, evaluación o de demostración para pequeños sistemas, requieren de investigación adicional antes de ser utilizadas regularmente en sistemas grandes. La presencia de nutrientes y radiación solar pueden originar significativos crecimientos de algas, regularmente superados de manera sencilla en pequeñas instalaciones, pero que pueden ocasionar dificultades en unidades grandes.

Las unidades de FIA remueven color aparente pero pueden presentar limitaciones para la remoción de color real. Esta situación junto con otros parámetros necesarios para diseño pueden ser evaluados en modelos físicos, cuando se estime técnica y económicamente conveniente, antes de la ejecución de los proyectos.

- b. La principal limitación de FLA la constituye su vulnerabilidad a afluentes con alta turbiedad (3, 4, 8, 9, 10).

Agua con turbiedades promedio superiores a 25 UNT no pueden ser entregadas directamente a las unidades de FLA porque las longitudes de las carreras de filtración se harían inaceptablemente cortas. Para enfrentar el problema de turbiedades altas, se han hecho buenos progresos en la identificación de alternativas simples de pretratamiento y en su aplicación a pequeños sistemas de abastecimiento.

La filtración horizontal gruesa en capas sucesivas de gravas (FHGC) ha sido una de las mejores investigadas, aunque todavía se requiere evaluación y desarrollo adicional para precisar el diseño ante diferentes circunstancias. Sin embargo, resultados muy alentadores se han obtenido a escala de laboratorio y en algunos proyectos de demostración adelantados por el IRCWD (International Reference Center for Wastes Disposal), Centro cooperante de la OMS, asociado con el EAWAG (Federal Institute for Water Resources and Water Pollution Control) ⁽¹¹⁾. Un caso de demostración en Sudán muestra que picos de turbiedad del orden de 10000 UNT fueron reducidos a valores bajos, en el rango de 5-20 UNT.

El estudio sobre pretratamiento iniciado por el grupo de UNIVALLE en colaboración con el CIR también ha producido resul

tados muy alentadores ⁽¹⁰⁾. Este estudio incluye la evaluación de prototipos con diferentes modalidades de filtración dinámica gruesa en capas (FDGC), aprovechando los lechos de pequeñas fuentes superficiales o construidas aprovechando canales de derivación de fuentes mayores. También se ha adelantado la evaluación a nivel de modelo físico con diferentes fuentes de agua cruda de filtración gruesa ascendente en serie (FGAS), filtración gruesa ascendente en capas (FGAC) y de filtración gruesa descendente en serie (FGDS).

En los primeros cuatro (4) meses de seguimiento de los sistemas piloto (julio-octubre de 1986) y a pesar de las limitaciones para una óptima operación por su ubicación dispersa para estudiar su factibilidad tratando aguas de diferente calidad en varios ríos del Valle del Cauca, los resultados obtenidos muestran remociones de turbiedad en el rango del 75-90%, color aparente en el rango del 50-70% y remoción de bacterias coliformes totales y fecales en el rango 75-99%. Con base en esta etapa de factibilidad las diferentes alternativas de pretratamiento estudiadas presentan un buen potencial como proceso de acondicionamiento para FLA. Consideraciones adicionales sobre facilidades de operación, mantenimiento y de construcción ante diferentes calidades de suelo y topografías son importantes para la selección de una modalidad en particular.

Para proteger los sistemas de distribución hidráulica de las

unidades de pretratamiento, particularmente en las alternativas de flujo ascendente y particularmente cuando exista el riesgo de valores altos de sólidos suspendidos, se recomienda un proceso de desbaste, con periodos de retención cortos. El grupo de UNIVALLE está considerando las siguientes posibilidades en la promoción de la tecnología de FIA : Sedimentación preliminar como la recomienda el IRCWD en combinación con el FHGC, prefiltración dinámica gruesa (FDGC) según la experiencia en el suroccidente colombiano o prefiltración horizontal gruesa descendente en serie (FGDS) de alta velocidad y baja profundidad según experiencia en Europa de la casa francesa Puez Chabal.

Estudio adicional conjuntamente con la evaluación de los prototipos en construcción en diferentes proyectos de demostración promovidos por el grupo de UNIVALLE están en las perspectivas del trabajo sobre pretratamientos en Colombia. El estudio a nivel de modelos físicos se concentrará principalmente en predios de la planta de Puerto Mallarino, gracias a la colaboración que EMCALI brinda al presente proyecto y aprovechando la calidad del agua del río Cauca que en el periodo octubre 1985-septiembre 1986 trae un promedio 80 UN, 35 UC y 25000 NMP/100 mL; el 20% del tiempo presentó valores superiores a 200 UN, 150 UC y 90000 NMP/100 mL y el 10% del tiempo tuvo valores superiores a 300 UN, 250 UC y 200000 NMP/100 mL. La estabilidad de la turbiedad y el color de este río de baja velocidad resulta de especial interés en el desarrollo de la tecnología de acondi

cionamiento previo a las unidades de FLA (1).

- c. La aplicación de velocidades mayores de filtración durante cortos periodos no afecta la calidad del agua tratada

Consecuentemente cuando una unidad está fuera de operación para limpieza, las unidades restantes pueden ser operadas a velocidades un poco mayores. Esto reduce la necesidad de construir unidades de reserva, lo que fue práctica común en India, encareciendo la aplicación de la tecnología.

- d. La operación intermitente, práctica común en varios países es una inaceptable forma de operación de FLA debido al riesgo de deterioración de la calidad del efluente (1, 12).

En casos de abastecimiento discontinuo de energía eléctrica con sistemas que incluyan bombeo de agua cruda se puede construir un tanque de compensación a una elevación tal que permita la alimentación continua a las unidades de FLA. Esto puede resultar mejor que poner el sistema de tratamiento a trabajar con velocidad declinante, alternativa que aunque no desmejora la calidad del efluente requiere de la construcción de unidades de tratamiento de mayor tamaño.

- e. La filtración lenta ascendente utilizada en algunos proyectos en Colombia es menos eficiente que la filtración lenta descen

dente (1).

No se recomienda la filtración lenta ascendente como único proceso de tratamiento. Una modificación de esta modalidad (FGAC), optimizando el aprovechamiento de la porosidad del lecho en el sentido del flujo, está siendo evaluada por el grupo de UNIVALLE como alternativa de pretratamiento (10).

- f. La eliminación de la radiación solar reduce el crecimiento de algas sin que esto afecte la longitud normal de las carreras de filtración (1).
- g. La aplicación de los resultados del proyecto, conjuntamente con la experiencia en la aplicación de la tecnología en Europa y en los hallazgos de otras instituciones como la Universidad de Surrey y la Universidad de Tecnología de Loughborough, en Inglaterra y la EPA en EE.UU., permiten resumir las características de la tecnología de FLA como se indican en la Tabla No.1 (1, 2, 6, 9, 16).
- h. La amplia variación de los resultados enunciados en la Tabla No.1 claramente muestran que el comportamiento de la tecnología de FLA puede cambiar de un proyecto a otro.

Este comportamiento depende de la calidad del agua cruda; de la disponibilidad, especificación y adecuada selección de los mate

TABLA No.1 COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES DE FLA.
 CONSIDERACIONES GENERALES CON BASE EN LA EXPERIEN
 CIA ACTUAL DEL PROYECTO DE FLA

PARAMETRO DE CALIDAD DE AGUA	EFECTO ESPERADO DE LA FILTRACION LENTA EN ARENA COMO PROCESO DE TRATAMIENTO
Color	30 - 100% de reducción.
Turbiedad	es generalmente reducida a valores al rededor de 1 UN.
E. coli	reducción esperada entre 95 - 100% con valores frecuentes en el rango de 99 - 100%.
Cercaria y otros parásitos	remoción prácticamente completa de cer caria, quistes y huevos.
Virus	99 - 100% de reducción.
Materia orgánica	60 - 75% de reducción, cuantificada co mo D.Q.O.
Fe y Mn	porcentajes importantes de remoción re portados con frecuencia.

riales, especialmente de los lechos de la grava y arena; del di
 seño y construcción de los sistemas y muy particularmente de su
 adecuada operación, mantenimiento y supervisión. Cuando las
 circunstancias lo ameriten el uso de unidades piloto para defi
 nir sobre la factibilidad de un proyecto debe ser considerada,
 teniendo en cuenta que la obtención de resultados confiables en

algunas regiones apartadas pueden hacer muy costosa la ejecución de esta deseable actividad.

Con base en la experiencia presente del proyecto se enuncian en la Tabla No.2 algunas pautas para diseño.

TABLA No.2 PAUTAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UNIDADES DE FLA EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

CRITERIO DE UNIDADES DE FLA	PAUTAS GENERALES PARA DISEÑO
Periodo de diseño	10 - 15 años
Periodo de operación	24 horas
Velocidades de filtración	0.1 - 0.2 m/h
Area de los lechos	10 - 100 m ² /filtro. Mínimo 2 unidades.
Altura inicial de los lechos de arena *	0.8 - 1.3 m
Especificaciones de la arena **	De 0.15 - 0.30 mm; Cu < 3
Altura del sistema de drenaje incluyendo capa de grava **	0.3 - 0.5 m
Altura de sobrenadante ***	1 m

En relación con la Tabla No.2 se presentan las siguientes consideraciones :

- * La arena debe ser preferiblemente redondeada y libre de arcilla y materia orgánica. Con la mezcla de diferentes clases de arena se puede conseguir el De especificado cuidando de no perder la uniformidad deseada. Aunque la arena fina mejora la calidad del efluente, una reducción excesiva en el valor del De puede producir altas pérdidas de energía. Si se requiere un margen de seguridad adicional puede resultar más aconsejable aumentar la altura del lecho antes que reducir el tamaño de la arena. La evaluación con plantas piloto pueden resultar de gran ayuda en la selección de los lechos para un proyecto en particular (2, 6, 13).

- ** El uso de tubería corrugada perforada de PVC iniciada por el grupo de UNIVALLE en diámetros de 4" y 2 1/2" abre la posibilidad de reducir la altura de la camada de grava, por su comportamiento hidráulico y mecánico. Dentro de las perspectivas de trabajo de este grupo se tiene la ejecución de evaluación adicional para optimizar el diseño de esta parte de las unidades de FIA lo que permitirá validar la conveniencia de alturas de grava del orden de los 15 cm.

*** Esto supone control a la salida en la unidad y altura constante del sobrenadante, lo que asegura periodos de retención del agua en el rango de cinco a diez horas en esta parte del sistema. Esta alternativa constituye la práctica común en Europa y otros países. La opción con control a la entrada, tiene ventajas de operación y mantenimiento pero presenta cortos periodos de retención del sobrenadante al comienzo de la carrera de filtración y su impacto en la calidad del efluente es motivo de estudio comparativo (15, 17).

- i. Interesantes desarrollos se han observado con el uso de materiales locales como el ladrillo y se promueve ahora el uso de otros materiales como el ferro-cemento. El uso adecuado de estos materiales permitirá una utilización más amplia y económica de la tecnología de FLA (9).
- j. Con las limitaciones de recursos con que regularmente deben enfrentarse los programas de abastecimiento de agua resulta de importancia indicar que en 1983 en la India, el NEERI encontró que la alternativa de FLA resultaba más económica que el tratamiento convencional para capacidades de hasta $8000 \text{ m}^3/\text{d}$ (cerca de 100 L/s) (19).

El grupo de la Universidad del Valle aprovechando su experiencia en la promoción de la tecnología y con la asesoría del CIR,

adelanta la preparación de un modelo con información sobre cantidades de obra y costos para diferentes posibles alternativas de diseño y construcción.

- k. Se están desarrollando programas de capacitación para profesionales, técnicos y operadores en India y Colombia, orientados a posibilitar una más amplia y adecuada utilización de la tecnología de FLA.

3.2 CATEGORIA SOCIO-ECONOMICA

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 ⁽¹⁾.

Consecuentemente, los hallazgos del proyecto en este campo son de naturaleza general. En la Tabla No.3 se relacionan los principales aspectos identificados para toma de decisiones, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua con participación comunitaria.

Se considera conveniente la ejecución de los trabajos de abastecimiento de agua con la realización de acciones integradas en saneamiento ambiental y educación en salud todo esto con adecuada participación comunitaria. Actualmente el grupo de UNIVALLE, con base en la experiencia del presente proyecto, procura el financiamiento

TABLA No.3 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA PARTICIPACION 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
<i>Planeación</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Selección de las características del sistema de distribución. Por ejemplo : pi las públicas, acometidas domiciliarias incluyendo o no conexiones intradomiciliarias. . Contribuciones en especies, trabajo o dinero. . Selección y preparación del sitio. . Selección de operadores responsables y motivados por su trabajo. . Establecimiento del Comité local de Admon.
<i>Construcción</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Contribución en servicios, especies, dinero o trabajo. . Precisiones sobre el periodo de construcción
<i>Operación</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Protección de la fuente. Prevención de desperdicios en el sistema de distribución. Observación de la calidad del agua. Cuidados en el uso del agua. . Pago de las tarifas.
<i>Mantenimiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Disposición de apoyo laboral al operador o fontanero. . Contribuciones eventuales en especies o dinero para reparaciones mayores.
<i>Evaluación</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Considerar en discusiones informarles las opiniones de los usuarios sobre el sistema y su operación.

y el apoyo para promover y evaluar proyectos de demostración con esta aproximación integrada, aprovechando al máximo la infraestructura existente en las instituciones encargadas de la prestación de estos servicios en Colombia. Consecuentemente, el grupo ha incluido en su infraestructura la participación de un Educador y de un Sociólogo y se considera la conveniencia de involucrar también trabajadores sociales.

3.3 CATEGORIA ORGANIZACIONAL

En desarrollo del proyecto se encontró que la formación de comités interinstitucionales resultan de utilidad para cerrar la brecha entre las agencias ligadas con el abastecimiento de agua y aquellas ligadas con el saneamiento ambiental o la salud en general. Sin embargo, se considera conveniente investigación adicional para allegar actividades y procedimientos que posibiliten y hagan más fructífera esta integración.

El grupo para el estudio, desarrollo y promoción de tecnología en abastecimiento de agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle consciente de la necesidad de integrar su trabajo académico con el de otras instituciones encargadas de la prestación del servicio de agua para consumo humano o de su control, ha promovido la organización de un comité de coordinación general de actividades en su área de mayor influencia ⁽¹⁸⁾. La realización del proyecto de filtración lenta fue muy importante para conseguir en la

práctica la integración con varias de las instituciones que constituyen el comité.

Acciones organizacionales como este comité seguramente posibilitarán que sea menor el tiempo necesario, entre el estudio y el desarrollo de tecnología en las Universidades y Centros de Investigación y su adecuada promoción y amplia utilización por parte de las instituciones encargadas de procurar la construcción, administración o el control de estos servicios.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) IRC, Research and Demonstration project on slow sand filtration. Final summary report. Phase II and III. January 1979 - December 1985.
- (2) CEPIS-CIR. Documento técnico No.11. Lima, Perú, Diciembre de 1978.
- (3) CIR. Proyecto integrado de investigación y promoción de la filtración lenta en arena. Esquema general para la Fase IV. Julio de 1985.
- (4) CONVENIO UNIVALLE-CIR-No. 35.861. Noviembre de 1985.
- (5) URRRA, J.L.; FERNANDEZ, A.F. Hidrología urbanística. Editorial Dossat S.A. Madrid, 1955.
- (6) ELLIS, K.V. Critical reviews on environmental control. Volume 15. Issue 4. 1985.
- (7) VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAM, R.; SANTACRUZ, M. IRC's Slow sand filtration project. WATER LINES. Vol. 4 No.3, January 1986.

- (8) PESCOD, M.B.; ABUZZAID, H. y SUNDARESAN, B.B. *Slow Sand Filtration: A Low Cost Treatment for Water Supplies in Developing Countries*, Published for WHO's Regional for Europe by WRC of VIC in Collaboration with IRC of NL.
- (9) VISSCHER, J.T.; GALVIS, G. *Slow Sand Filtration Back in Business*. Volumen 78, No.12, AWWA, pág.92-94. Diciembre, 1985.
- (10) CONVENIO UNIVALLE-CIR No.35.861. Documentos preliminares. Informes. Octubre de 1986.
- (11) WEGELIN, M. *Horizontal Roughing Filtration (HRF). A Design, Construction and Operation Manual*, IRCWD. Report No.06/86. Octubre, 1986.
- (12) PARAMASIVAN, R.; JOSHI, N.S.; DHAGE, S.A.; TYNE, D.S. *Effect of Intermittent Operation of SSF on Filtered Water Quality*, Indian J. Environmental Health, Vol. 22, N2, 136-150. 1980.
- (13) BELLAMY, W.D.; HENDRICKS, D.N. y LOGSDON, G.S. *Slow Sand Filtration: Influences of Selected Process Variables*. Journal AWWA. Diciembre, 1985.
- (14) CASTILLA, A.; GALVIS, G. *Diseño de Múltiples*. ACODAL, Colombia.
- (15) GALVIS, G. *Parcelación Chorro de Plata. Abastecimiento de Agua. Memoria Técnica*. Cali, Mayo, 1983.
- (16) VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAM, R.; RAMAN, A.; HEIJNEN, H.A. *Slow Sand Filtration for Community Water Supply*, IRC. (en preparación).
- (17) VISSCHER, J.T.; VENÉSTRA, S. *Slow Sand Filtration: Manual for Caretakers*, IRC. Training series No.1, IRC.
- (18) Documento Resumen Instalación Comité de 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.

CORREGIMIENTO DE SANTA MARIA, MUNICIPIO DE TIMBIQUI

1 ORIGEN DEL PROYECTO

La planta de filtración lenta en arena para el Corregimiento de Santa María, Municipio de Timbiquí, forma parte del Proyecto del sistema de abastecimiento de agua. Este proyecto está incluido en el Convenio No.393, entre la Universidad del Valle, el Servicio de Salud del Cauca y la CVC, a través del Plan de Desarrollo Integral de la Costa Pacífica (Pladeicop).

2 INFORMACION GENERAL

2.1 CARACTERISTICAS DE LA LOCALIDAD

El corregimiento de Santa María pertenece al municipio de Timbiquí en el Departamento del Cauca. El sector urbanizado del corregimiento se encuentra a orillas de la quebrada Sesé, la cual pertenece a la cuenca del río Timbiquí.

La principal ocupación de los habitantes del sector es la minería en la explotación del oro. Otras actividades como la pesca y la

agricultura están poco desarrolladas y sólo cubren el consumo de la comunidad.

2.2 CLIMATOLOGIA

Esta comunidad presenta las características climatológicas de la costa pacífica colombiana. La temperatura promedio se estima en 25°C y la precipitación promedio anual en 4000 mm.

2.3 ACCESO A LA LOCALIDAD

Una de las mayores dificultades que presentan las poblaciones de la Costa Pacífica caucana es la comunicación entre las comunidades del sector y con el interior del país.

La cabecera municipal de Timbiquí (corregimiento de Santa Bárbara) se encuentra aproximadamente a doce (12) horas por vía marítima de Buenaventura.

Para llegar a Timbiquí también se puede utilizar la ruta Cali-Guapi-Timbiquí. El viaje entre Cali y Guapi se puede realizar en avión bi motor, en aproximadamente 45 minutos, mientras que el viaje Guapi-Timbiquí se debe realizar en lancha, con una duración entre tres y cuatro horas.

La comunicación entre Santa Bárbara, cabecera municipal de Timbiquí,

y el corregimiento de Santa María, es aún más difícil, pues debe efectuarse en lanchas con motores relativamente pequeños o en pequeñas embarcaciones llamadas "potrillos". El viaje, entre Timbiquí y Santa María, puede durar aproximadamente seis (6) horas, utilizando una lancha con un motor fuera de borda de 25 hp.

2.4 ASPECTOS URBANISTICOS

La distribución de las manzanas es irregular. Las calles son empedradas y las casas han sido construidas en madera, sobre columnas de aproximadamente 2.20 m de altura. El área de asentamiento actual es de aproximadamente 4.1 Has.

2.5 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

La población actual de Santa María es de 1330 habitantes. Por las características de la comunidad es difícil precisar su crecimiento histórico, que permita inferir el comportamiento de la tasa de crecimiento a utilizar en la proyección de la población.

De acuerdo con la información suministrada por los líderes de la comunidad, la zona de futuro desarrollo se ubicaría en el sector alejado a la quebrada Sesé, aguas abajo del embarcadero o sitio de llegada de las lanchas.

Santa María cuenta con las siguientes edificaciones de carácter pú

blico : Puesto de salud; Colegio Julio Arboleda, con 60 alumnos; Escuela San Francisco de Asís, con 200 estudiantes, Iglesia y Casa Cultural.

2.6 RECURSOS DE LA COMUNIDAD

Debido a que la población está dedicada a la minería y actividades agrícolas menores, no existe mano de obra calificada para la construcción de obras civiles. Para conseguir los servicios de un maestro de construcción es necesario recurrir a los centros urbanos más cercanos, Timbiquí o Guapi.

El sistema de disposición de excretas se realiza en las playas de los ríos y quebradas cercanas. El agua para consumo doméstico es obtenida por acarreo de la quebrada Sesé.

Existe una planta de energía eléctrica, la cual funciona con gasolina, sin embargo el servicio eléctrico es deficiente por los inconvenientes asociados con el suministro del combustible, debido a los altos costos derivados de los problemas de transporte.

3 SISTEMA DE TRATAMIENTO

3.1 PRETRATAMIENTO

3.1.1 Necesidad de pretratamiento

La calidad del efluente de los filtros lentos de arena puede ser afectada por turbiedades relativamente altas, generalmente superiores a 50 unidades, por lo cual resulta recomendable tratamientos o acondicionamientos previos que faciliten el funcionamiento del filtro lento.

Para el caso del corregimiento de Santa María estos elementos serán el desarenador y la filtración en medios gruesos a través de los prefiltros.

3.1.2 Desarenador

Las características del desarenador se presentan a continuación :

- . Caudal de diseño = 4.0 lps
- . Diámetro número de partículas a remover = 0.1 mm
- . Dimensiones de la zona de sedimentación :
 - Longitud, L = 2.20 m
 - Ancho, B = 0.80 m
 - Altura, H = 0.75 m

3.1.3 Prefiltros

Las características del prefiltro se presentan a continuación :

- . Número de unidades : 2
- . Caudal de diseño : 4.0 lps; 2.0 lps/unidad
- . Tipo de flujo : vertical ascendente
- . Velocidad de prefiltración : $0.60 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} = 0.60 \text{ m/h}$
- . Dimensiones de cada unidad : ancho, a = 3.0 m
largo, b = 4.0 m
profundidad, h = 1.50 m
- . Características del medio filtrante, empezando por el material de soporte : 0.15 m de 1/2"
0.20 m de 3/8"
0.35 m de 1/4"

3.2 FILTROS LENTOS

3.2.1 Consideraciones hidráulicas

ESTRUCTURA DE ENTRADA

La tubería de conducción que viene de los prefiltros llega a una cámara de quietamiento, la cual se comunica con la estructura de entrada a los filtros lentos mediante un canal, el cual presenta un fondo en forma escalonada, formado por cinco (5) estructuras de caída de 0.36 m de altura cada una. Este canal sirve de estructura de disipación de energía a la vez que permite airear el efluente de los prefiltros.

Este canal se comunica directamente con la cámara donde se encuentra ubicado el vertedero de excesos. De esta cámara sale un canal del cual parten las derivaciones para cada uno de los dos compartimientos del prefiltro. Los canales correspondientes a cada una de estas derivaciones tienen una válvula para controlar el caudal que entra a cada compartimiento y un vertedero triangular para el aforo de este caudal.

CRITERIOS DE DISEÑO

- . Número de unidades : 2
- . Caudal de diseño : 4.0 lps = 2.0 lps/unidad
- . Tipo de flujo : vertical descendente
- . Velocidad de filtración : $0.20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} = 0.20 \text{ m/h}$
- . Control : a la entrada

DIMENSIONAMIENTO

Se proyectan dos unidades de filtración lenta de base cuadrada con taludes de 60° de inclinación. Tal como se muestra en los planos correspondientes la figura geométrica resultante es una pirámide truncada con las siguientes dimensiones :

- . Base : cuadrada de 4.85 m de lado
- . Sección superior : cuadrada de 7.05 m de lado

- . Profundidad de la zona que incluye talúdes : 1.90
- . Profundidad de la zona que no incluye talúdes : 0.45
- . Profundidad total = $1.90 + 0.45 =$ 2.35

MEDIO FILTRANTE

Se recomienda para este proyecto 0.20 m de grava de ϕ 1/2" como lecho de soporte y un lecho filtrante con las siguientes características :

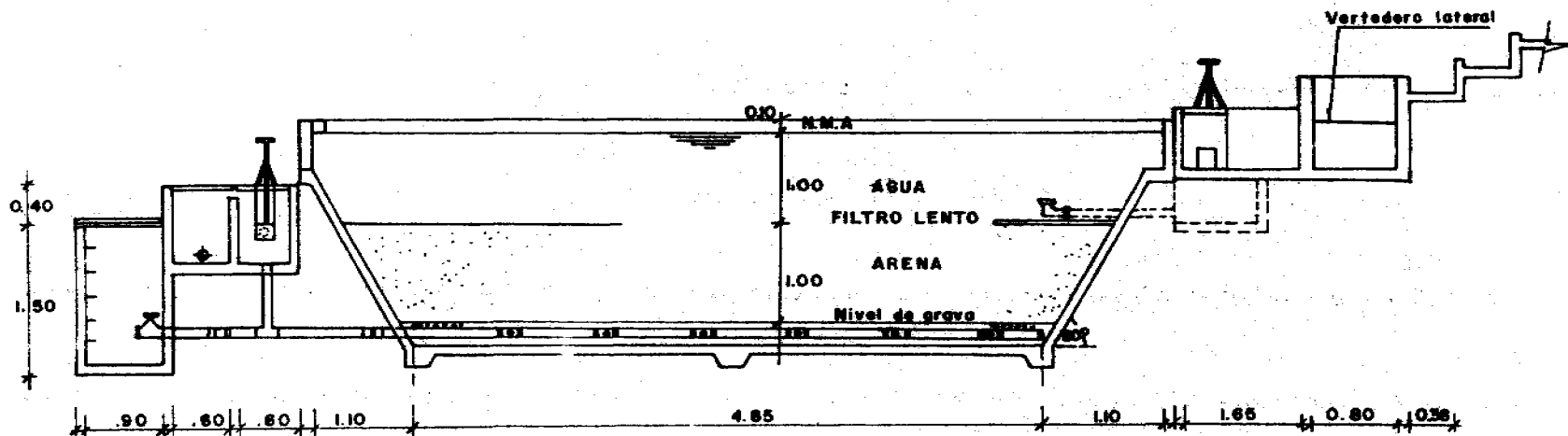
- . Coeficiente de uniformidad, $C_u =$ 2-3
- . Diámetro efectivo = 0.15 - 0.35
- . Espesor del lecho : mínimo = 0.70 m
máximo = 1.00 m

TUBERIAS

- . Conducto principal : ϕ 4" PVC sanitaria
- . Laterales : 6 unidades
 ϕ 65 mm PVC drenaje, sin filtro
- . Velocidad en el conducto principal : 0.25 m/s
- . Velocidad en cada lateral : 0.10 m/s

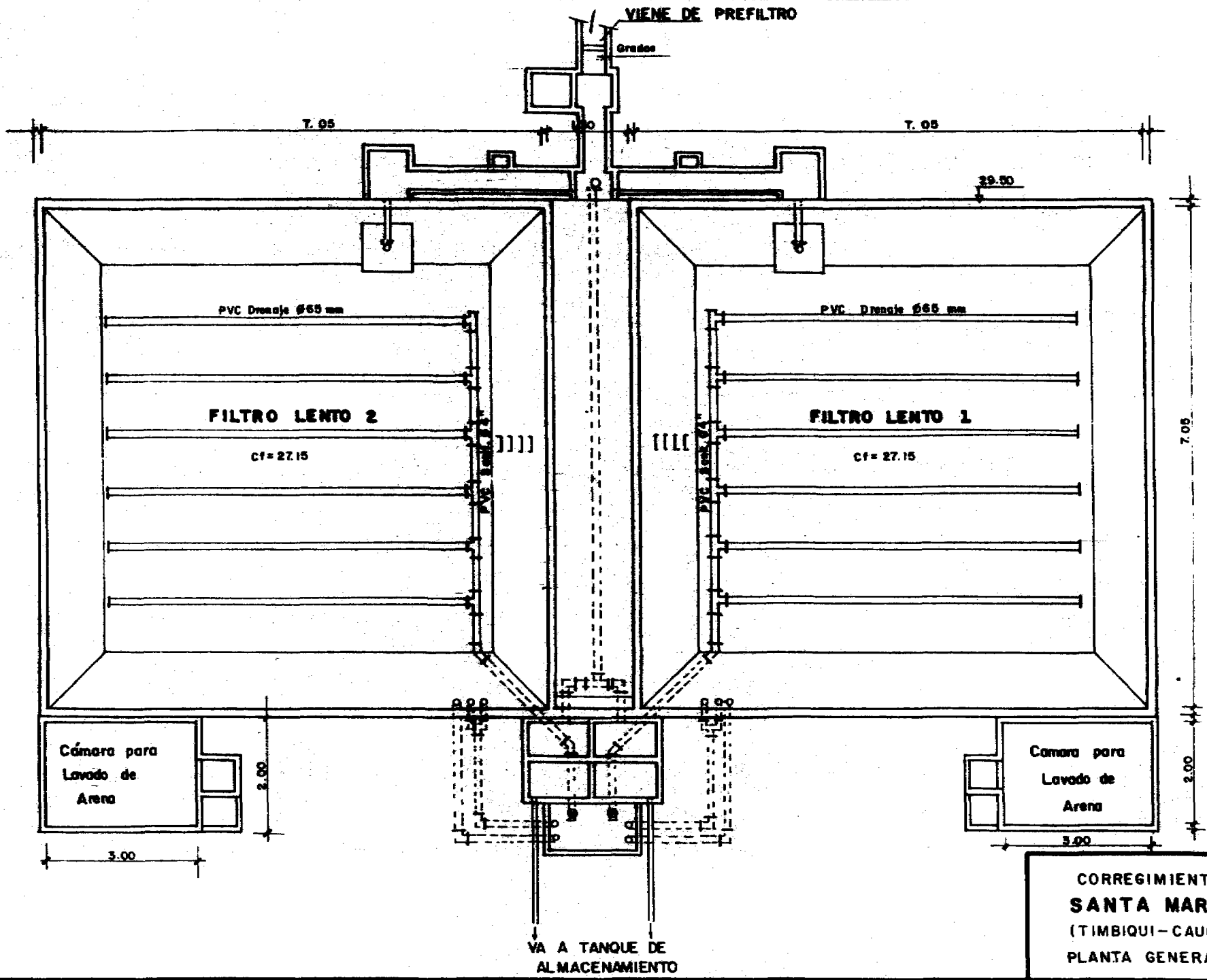
ESTRUCTURA DE SALIDA

La estructura de salida de los filtros proyectada para el corregi



FILTRO LENTO

CORREGIMIENTO
SANTA MARIA
 (TIMBIQUI-CAUCA)
 CORTE GENERAL



**CORREGIMIENTO
SANTA MARIA
(TIMBIQUI-CAUCA)
PLANTA GENERAL**

miento de Santa María consta de cuatro (4) compartimientos : dos reciben el efluente de los filtros lentos, mientras que los otros dos reciben los desagües y las descargas de las tuberías de rebose y de desagüe a nivel de la arena.

Las características de la estructura de salida se pueden apreciar con mayor detalle en el plano correspondiente.

La distribución de compartimientos, válvulas y tapones tienen por objeto facilitar los procesos de operación y mantenimiento del sistema. Entre otras se mencionan las siguientes condiciones : llenado inicial de un filtro, maduración de un filtro, maduración de los dos filtros, funcionamiento de un filtro, funcionamiento de los dos filtros, llenado de un filtro con otro, etc.

3.2.2 Consideraciones sobre Operación y Mantenimiento

Las experiencias derivadas del uso de la filtración lenta han de mostrado que uno de los aspectos más importantes ha tener en cuenta para el éxito de este tipo de sistemas de tratamiento es la operación y mantenimiento del sistema. Estas labores son relativamente sencillas pero deben ser conocidas en forma clara y precisa por las personas que tengan relación con el suministro de agua a la comunidad.

Los procedimientos de operación más importantes ha considerar para

el correcto funcionamiento del filtro se resumen a continuación :

- . Puesto en servicio de un filtro
- . Operación rutinaria
- . Limpieza del filtro
- . Rearenamiento
- . Lavado de arena
- . Control de calidad.

Se considera que cada uno de estos procedimientos debe ser presentado al personal responsable del normal funcionamiento del sistema de filtración lenta en arena.

En los planos de construcción del proyecto de filtración lenta se deben presentar en forma específica la apertura o cierre de válvulas o tapones para las diferentes operaciones necesarias para el funcionamiento adecuado del sistema. Algunas de estas operaciones se presentan a continuación :

- . Llenado inicial de uno o de los dos filtros
- . Maduración de uno o de los dos filtros
- . Funcionamiento de uno o de los dos filtros
- . Llenado de un filtro con otro
- . Salida de servicio de uno o de los dos filtros.

Resulta recomendable incluir estas instrucciones específicas en al

gún lugar visible de la planta de tratamiento, donde el operario pueda consultar en forma fácil y oportuna los pasos a seguir para una determinada operación.

3.2.3 Consideraciones sobre el diseño estructural

La forma geométrica adoptada para los filtros permite obtener una estructura relativamente económica.

Para las paredes inclinadas se utilizará piedra pegada, el remate final de los muros se ha proyectado en concreto ciclópeo; la placa de fondo de la estructura se ha previsto en concreto ciclópeo.

Cada una de las cuatro paredes que conforman el compartimiento principal incluye una columna de amarre. Estas columnas de amarre se reúnen en un punto común, en el centro de la placa de fondo.

Las estructuras de entrada y salida se han proyectado en concreto ciclópeo y concreto reforzado.

Los planos de diseño estructural del proyecto presentan en forma detallada las características de cada una de las unidades.

3.3 DESINFECCION

Se recomienda el uso de solución de hipoclorito bien sea de calcio

o de sodio, aplicado al efluente de los filtros lentos, en el tanque de almacenamiento, con un sistema simple como el dosificador de carga constante el cual puede regularse manualmente y su operación es sencilla.

La dosis requerida de hipoclorito puede definirse por medio de ensayos de laboratorio, pero se estima que por la calidad del efluente de un filtro lento esta dosis puede estar por debajo de 1.0 mg/L.

Considerando una dosis de 1.0 mg/L utilizando hipoclorito de sodio comercial, el cual posee un 11% en peso como cloro, se requieren 2.55 kg/día de esta solución.

Esta cantidad se disuelve en agua y el dosificador de carga constante se ajusta para que entregue la solución al efluente durante un día.

3.4 ESTIMATIVO DE PRESUPUESTO

Seguidamente se presenta un resumen del estimativo de presupuesto del proyecto de filtración lenta para el Corregimiento de Santa María. Se indica el estimativo para los filtros lentos con el porcentaje correspondiente a cada ítem y posteriormente el estimativo para todo el proyecto de abastecimiento de agua, también con el porcentaje del costo de cada componente del sistema.

ESTIMATIVO DE PRESUPUESTO DE LOS FILTROS LENTOS

CORREGIMIENTO DE SANTA MARIA, MUNICIPIO DE TIMBIQUI (CAUCA)

Fecha : Mayo de 1986

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
1	Localización, replanteo, limpieza, descapote. Excavación manual en tierra en seco hasta 3.0 m de profundidad, incluyendo conformación de taludes y perfilamientos	\$ 672.880.00	21.24
2	Suministro y colocación de concretos y acero de refuerzo	1'589.718.00	50.17
3	Suministro e instalación de lechos para filtros según especificaciones. Arena Cu 2-3; Grava de ϕ 1/2"	171.450.00	5.41
4	Suministro e instalación de compuertas circulares y rectangulares	280.000.00	8.84
5	Suministro e instalación de tuberías y accesorios	254.751.00	8.04
6	Suministro e instalación de vertederos triangulares en lámina galvanizada o acrílico, según especificaciones de planos	36.000.00	1.14
7	Caseta para almacenamiento de arena	163.440.00	5.16
	TOTAL ...	\$ 3'168.239.00	100.00%

CORREGIMIENTO DE SANTA MARIA

MUNICIPIO DE TIMBIQUI (CAUCA)

ABASTECIMIENTO DE AGUA

ESTIMATIVO DE PRESUPUESTO

FECHA : Mayo de 1986

DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
Bocatoma	\$ 1'295.732.00	7.27
Desarenador	1'348.293.00	7.56
Prefiltros	1'654.350.00	9.28
Filtros lentos	3'004.799.00	16.85
Tanque de almacenamiento	1.780.512.00	9.99
Caseta para almacenamiento de arena	163.440.00	0.92
Caseta para almacenamiento y dosificación de cloro	157.000.00	0.88
Desagues de la planta de tratamiento	862.417.00	4.84
Conducciones internas de las unidades de tratamiento	548.390.00	3.08
Conducciones	3'563.821.00	19.99
Red de distribución	3'447.043.00	19.34
TOTAL ...	<u>\$17'825.798.00</u>	<u>100.00%</u>

CORREGIMIENTO ZANJÓN HONDO (BUGA)

1 ORIGEN DEL PROYECTO

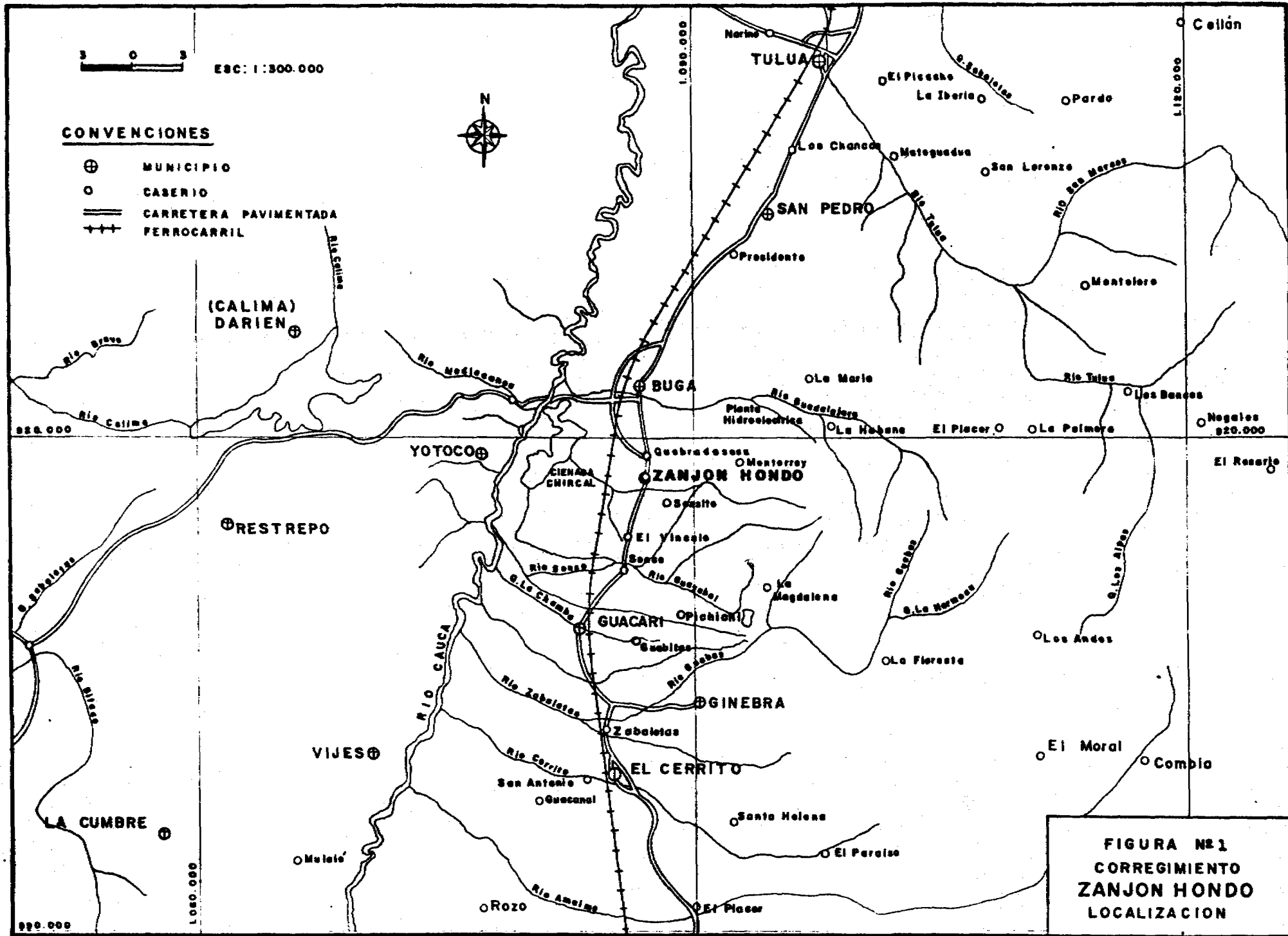
Este proyecto se originó mediante el convenio de la Universidad del Valle y el Servicio de Salud del Valle del Cauca, el cual tiene por objeto el desarrollo e implantación del plan integral de Abastecimiento de Agua con énfasis en la Filtración Lenta en Arena en el Departamento del Valle del Cauca, con especial atención a los campos del diseño, asesoría, evaluación y capacitación.

2 INFORMACION GENERAL DEL CORREGIMIENTO DE ZANJÓN HONDO (BUGA)

2.1 LOCALIZACION

El corregimiento de Zanjón Hondo pertenece al municipio de Buga en el Departamento del Valle del Cauca.

El sector urbanizado del corregimiento se encuentra a orilla de la carretera Panamericana que comunica Buga y Tulud.



2.2 CLIMATOLOGIA

La temperatura promedio se estima en 23°C y la precipitación promedio anual en 1100 mm. La altura sobre el nivel del mar es 970 m.

2.3 ACCESO A LA LOCALIDAD

Tal como se indicó anteriormente, Zanjón Hondo se encuentra a orilla de la carretera Panamericana, a 78 km de la capital del Departamento y a 5 km del municipio de Buga.

2.4 ASPECTOS URBANISTICOS

De acuerdo con el estudio socio-económico y sanitario elaborado por la División de Saneamiento Básico Rural del Servicio de Salud del Valle el corregimiento de Zanjón Hondo cuenta con las siguientes edificaciones de carácter público :

- . Escuela Angel Cuadros con 110 alumnos
- . Iglesia
- . Inspección de Policía
- . Centro de Salud.

2.5 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

Según el estudio mencionado anteriormente la población actual de

Zanjón Hondo es de aproximadamente 1400 habitantes. Se estima que son 200 familias con un promedio de 7 personas por familia.

De acuerdo con comunicación enviada por el Servicio Seccional de Salud del Valle en mayo 16 de 1986, la población futura a beneficiar por este proyecto es de 1500 habitantes.

2.6 MATERIALES Y MANO DE OBRA

Debido al fácil acceso y a la cercanía a centros urbanos importantes como Cali, Buga, y Tuluá, la mano de obra y los materiales para la construcción del proyecto se pueden encontrar fácilmente.

La principal ocupación de los habitantes del sector es la agricultura y otra parte de la población se ocupa en las industrias ubicadas en el municipio de Buga.

2.7 SERVICIOS PUBLICOS

El sistema de disposición de excretas se hace por medio de letrinas. Algunas viviendas tienen tanque séptico y la gran mayoría tienen tazas sanitarias.

En la actualidad el agua para consumo doméstico es obtenida a través del acueducto cuya fuente es el río Sonsito.

Este acueducto no cuenta con sistema de tratamiento que permita garantizar la potabilización del agua.

Existe servicio de energía eléctrica.

Como se mencionó anteriormente, también se cuenta con un Centro de Salud.

3 SISTEMA DE TRATAMIENTO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

La planta de tratamiento proyectada en el Corregimiento de Zanjón Hondo consiste de cuatro unidades de prefiltración y dos unidades de filtros lentos. Esta planta se proyectó para un caudal de diseño de 3.2 lps.

La Universidad Valle junto con el Centro Internacional de Referencia (CIR) ha instalado en diferentes sitios del Valle plantas piloto para estudiar la filtración en medios gruesos, como son los pre filtros, con el fin de obtener parámetros de diseño en dichos sistemas.

Basados en los resultados experimentales que se presentaron durante la operación de la planta piloto de Zanjón Hondo durante el periodo marzo-junio de 1986 y a pesar de las limitaciones en la recolección,

se encontraron resultados satisfactorios en la remoción de turbiedad y color, lo que permitirá una operación adecuada de los filtros lentos.

El prefiltro proyectado consta de dos (2) estructuras de entrada y dos de salida, las cuales reparten el caudal a cada una de las dos unidades de prefiltración correspondientes.

El medio filtrante de cada prefiltro presenta las siguientes características, empezando por el material de soporte :

TABLA No.1 CARACTERISTICAS DEL LECHO FILTRANTE

<u>DIAMETRO DEL MATERIAL</u> (pulg)	<u>ESPEJOR DE LA CAPA</u> (m)
1"	0.30
3/4"	0.20
1/2"	0.15
1/4"	0.15
1/8"	0.10

Estos prefiltros están diseñados para una velocidad de prefiltración de 0.5 m/h.

3.2 FILTROS LENTOS

3.2.1 Consideraciones hidráulicas

- Estructura de entrada

La tubería de conducción llega a una cámara de quietamiento cuyo flujo es en forma ascendente y a la vez sirve de disipación de energía.

El nivel de agua en esta cámara es condicionado por un vertedero frontal adyacente a la cámara.

Seguidamente se pasa a un canal, el cual tiene dos (2) vertederos de excesos cada uno con una longitud de 1.0 m. De este canal se derivan los canales que llevarán el agua a cada unidad de filtración, al final de cada canal existe un vertedero triangular que descarga a una cámara de la cual se deriva el conducto que ingresa a cada filtro lento.

- Criterio de diseño

Las unidades de filtración se han proyectado en forma de pirámide truncada con una inclinación de 60° .

La velocidad de filtración es de 0.15 m/h.

Para efectos de diseño se asocia la tasa de filtración con el área de fondo del filtro lento.

. Medio filtrante

El medio filtrante presenta un material de soporte de ϕ 1/2" y 0.20 m de espesor.

La arena presenta las siguientes características :

Coefficiente de uniformidad, $C_u = 2.14$

Diámetro efectivo = 0.14 mm

Espesor máximo del lecho = 1.00 m

Espesor mínimo del lecho = 0.70 m

. Tuberías

Los conductos laterales se proyectaron en ϕ 65 mm PVC drenaje. Estos se unen con una tubería principal de ϕ 4" PVC sanitaria la cual transporta el caudal hacia la estructura de salida del filtro lento.

. Estructura de salida

El agua filtrada es conducida a una cámara independiente para cada filtro la cual se puede comunicar mediante una compuerta.

En esta cámara se encuentra un vertedero frontal que condiciona

el nivel de agua por encima del lecho filtrante y garantiza la formación de la capa biológica.

Seguidamente se pasa a una cámara de donde sale la conducción para el tanque de almacenamiento.

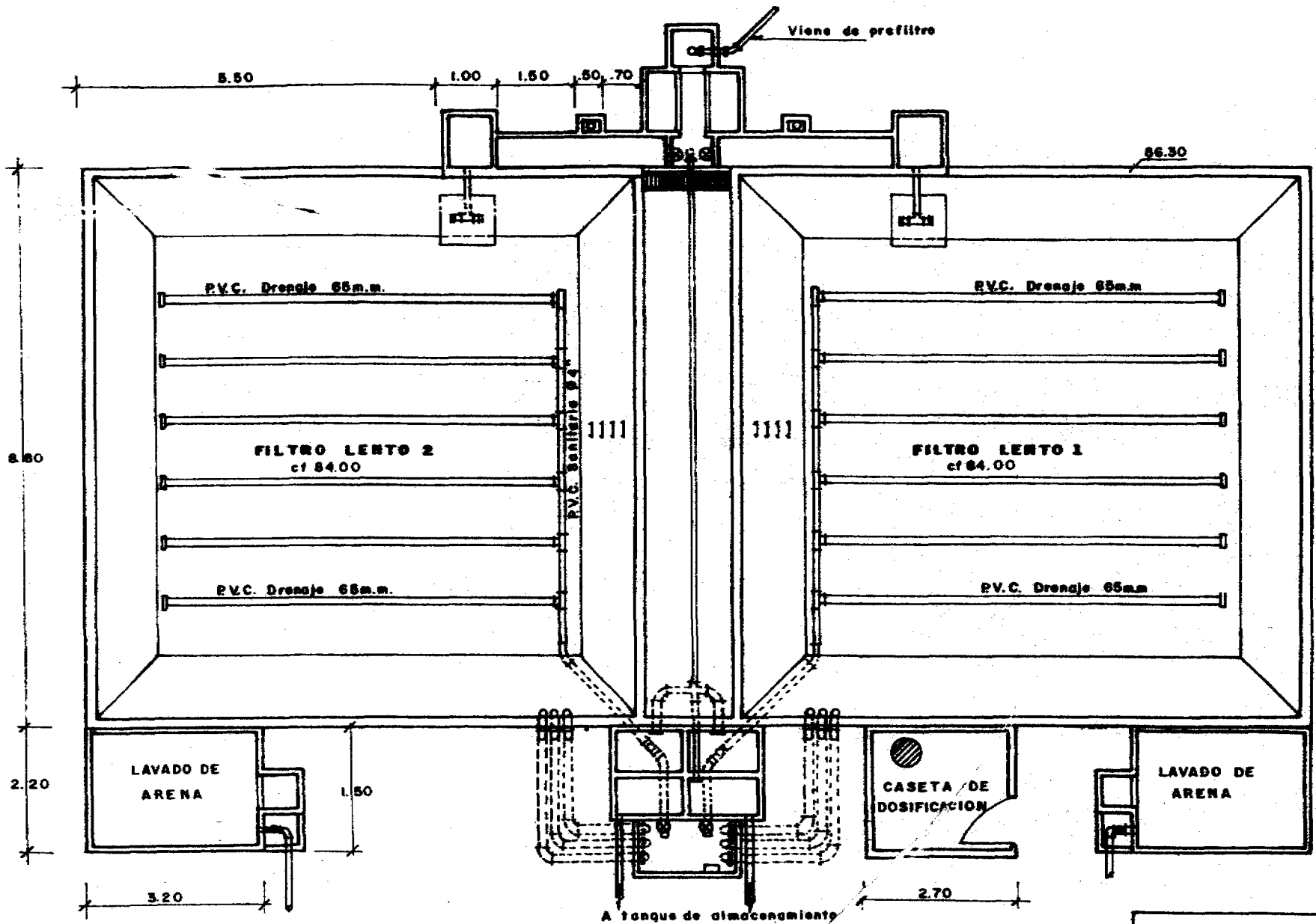
3.3 DESINFECCION

Se recomienda el uso de solución de hipoclorito bien sea de calcio o de sodio, aplicado al efluente de los filtros lentos, en la cámara posterior al vertedero frontal en la estructura de salida de los filtros lentos, para que se presente una mejor mezcla, con un sistema simple como el dosificador de cabeza constante el cual puede regularse manualmente.

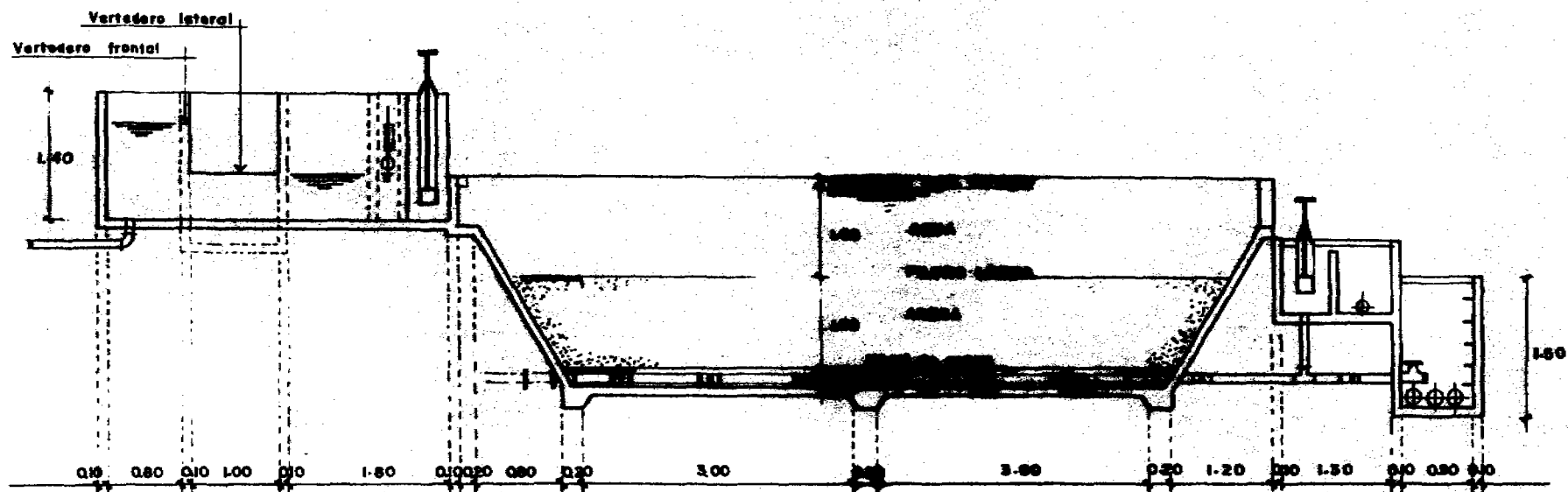
La dosis requerida de hipoclorito puede definirse por medio de ensayos de laboratorio, pero se estima, por la calidad del efluente de un filtro lento, que esta dosis puede estar por debajo de 1.0 mg/L.

Considerando una dosis de 1.0 mg/L utilizando hipoclorito de sodio comercial, el cual posee un 11% en peso como cloro, se requieren 2.10 kg/d de esta solución.

Esta cantidad se disuelve en agua y el dosificador se ajusta para que entregue la solución al efluente durante un día.



**CORREGIMIENTO
ZANJON HONDO (Bugá)
FILTROS LENTOS
PLANTA GENERAL**



CORREGIMIENTO
 ZANJON HONDO (Bugá)
 FILTRO LENTO
 CÓRTE GENERAL

3.4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

Los trabajos de campo y de laboratorio tendientes a determinar las características físico-mecánicas del suelo en Zanjón Hondo (Buga) muestran los siguientes resultados :

Se realizaron dos perforaciones, un apique de 1.50 m y un sondeo de 3.0 m de profundidad.

El sondeo se ejecutó por el sistema de penetración estandar tomando muestras cada 2.0 m de profundidad o cambio de estrato.

Las muestras tomadas se les hizo ensayos de :

- . Humedad
- . Granulometría
- . Límites de Attenberg.

Los suelos detectados en las perforaciones son limos y arcillas de media a alta plasticidad en estado de consistencia media con humedades naturales por debajo del límite plástico.

- . Resistencia del suelo $q_a = 1 \text{ kg/cm}^2$
- . Coeficiente de presión activa $= K_a = 0.30$
- . Angulo de fricción interna $\phi = 32^\circ$
- . Peso unitario del suelo $\gamma = 1.7 \text{ Ton/m}^3$

Las estructuras serán en concreto ciclópeo que se preparará en las siguientes proporciones :

- . Concreto : 1:3:6 en un 60%
- . Piedra de río : en un 40%

Las estructuras de entrada al sistema de prefiltro y filtros lentos serán en concreto reforzado, lo mismo que las estructuras de salida de los prefiltros y las cámaras para lavado de arena.

Todas las losas de fondo van apoyadas directamente sobre el terreno o sobre un relleno del mismo material del sitio, compactado al 90% proctor modificado.

El tamaño máximo del agregado grueso para la fabricación del concreto $f'c - 210 \text{ kg/cm}^2$ debe ser igual a 1".

Toda varilla de refuerzo horizontal en muros y vigas debe ir anclada en las losas de fondo y vigas de amarre adyacentes.

4 OPERACION Y MANTENIMIENTO

Todo sistema de suministro de agua tiene que ser operado y realizado su mantenimiento en forma apropiada.

Es necesario asegurar que la planta de tratamiento funcione correcta

mente. Esto quiere decir que el operador necesita conocer y entender todas las labores de operación y mantenimiento rutinarias.

Es importante llevar un libro de registro ya que esto ayudará a tener en cuenta las futuras tareas a realizar, tales como la limpieza de los prefiltros y filtros lentos.

INSTRUCCIONES ESPECIFICAS PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS FILTROS LENTOS

a. Operación

<u>CONDICION</u>	<u>VALVULAS O TAPONES ABIERTOS ⁽¹⁾</u>
Llenado inicial de F1	T1
Llenado inicial de F2	T2
Maduración de F1 sólo	V1, T4
Maduración de F2 sólo	V2, T5
Maduración de F1 y F2	V1, V2, T4, T5
Funcionando F1 sólo	V1, V6
Funcionando F2 sólo	V2, V7
Funcionando F1 y F2	V1, V2, V6, V7

(1) Las demás válvulas o tapones se consideran cerradas.

CONDICION

VALVULAS O TAPONES ABIERTOS (1)

Llenado de F1 con F2

V1, V3, V6 (2)

Llenado de F2 con F1

V2, V3, V7 (2)

(1) Ibid pág.14

(2) Las válvulas V6 y V7 se pueden considerar abiertas si se desea continuar alimentando el tanque de almacenamiento, con juntamente con la operación de llenado del filtro.

b. Mantenimiento

Raspado de arena en F1 : Cerrar V1, V3, V6, V5, T1, T2, T3, T5 (3)

Cuando el nivel del agua desciende por debajo del nivel de arena cerrar T6 y V4.

Una vez se efectúe el proceso de raspado, se inicia el proceso de maduración.

Raspado de arena en F2 : Cerrar V2, V3, V4, V7, T1, T2, T3, T4 (3)

Cuando el nivel del agua desciende por debajo del nivel de arena cerrar T7 y V5.

Una vez se efectúe el proceso de raspado, se inicia el proceso de maduración.

Desague de F1 : Cerrar V1, V3, V5, V6, T1, T2, T3, T5 (3)

(3) Las demás válvulas o tapones se consideran abiertas.

Desague de F2 : Cerrar V2, V3, V4, V7, T1, T2, T3, T4 (3)

(3) Ibid pág.15

5 PRESUPUESTO

Fecha : Diciembre de 1986

A continuación se presentan los costos estimados por estructura :

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
	PREFILTROS		
1	Estructura de entrada	\$ 389.561.00	18.80
2	Estructura de salida	44.621.00	2.15
3	Cámaras de lavado	614.813.00	29.65
4	Compartimiento principal	801.956.00	38.70
5	Conducción	72.330.00	3.50
6	Desagues	150.380.00	7.20
	SUB-TOTAL ...	\$ 2'073.661.00	100 %

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
FILTROS LENTOS			
1	Estructura de entrada	\$ 344.300.00	12.20
2	Estructura de salida	227.263.00	8.00
3	Compartimiento principal	1'589.891.00	56.30
4	Conducciones	170.469.00	6.00
5	Desagues	153.920.00	5.50
6	Cámaras para lavado de arena	158.444.00	5.60
7	Caseta para almacenamiento de arena	179.420.00	6.40
	SUB-TOTAL ...	\$ 2'823.707.00	100.00%

CASETA DE CLORACION

1	Caseta para almacenamiento y dosificación de cloro	\$ 93.404.00	
	SUB-TOTAL ...	\$ 93.404.00	

CORREGIMIENTO DE ZANJON HONDO

MUNICIPIO DE BUGA (VALLE)

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

RESUMEN DEL ESTIMATIVO DE PRESUPUESTO

FECHA : Diciembre de 1986

DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
Prefiltros	\$ 2'073.661.00	41.50
Filtros lentos	2'823.707.00	56.60
Caseta de cloración	93.404.00	1.90
SUMA TOTAL ...	\$ 4'990.772.00	100.00%

CORREGIMIENTO LA MARINA (TULUA)

1 INTRODUCCION

La ausencia de un suministro de agua en cantidad y calidad adecuados, es uno de los mayores obstáculos para lograr una población sana y una comunidad productiva. Las enfermedades de origen hídrico impiden el acceso al empleo, a la educación y a un modo de vida decente.

Las precarias condiciones sanitarias existentes en las zonas rurales e incluso en las urbano-marginales de nuestro país, ha motivado la búsqueda de alternativas basadas en procedimientos simples, confiables y de bajo costo que traten el agua y se adapten a las condiciones socio-económicas de dichas zonas.

El presente proyecto se inicia como parte de los primeros esfuerzos que el grupo de trabajo del Area de Abastecimiento de Agua y de Remoción de Aguas Residuales de la Universidad del Valle, ha venido realizando con la colaboración del Centro Internacional de Referencia (CIR) de Holanda en el estudio, desarrollo y promoción de tecnologías simplificadas para el tratamiento del agua, haciendo énfasis en el uso de la Filtración Lenta en Arena. El apoyo financiero para este proyecto ha

provenido del Comité Departamental de Cafeteros del Valle, el Gobierno del Departamento del Valle del Cauca, el Plan de Padrinos y Recursos de la Comunidad.

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD

El corregimiento La Marina del municipio de Tuluá está ubicado en las estribaciones de la cordillera central en el centro del Departamento del Valle del Cauca. Sus orígenes datan del año 1940, como producto de la emigración y asentamiento de grupos de colonizadores provenientes de los Departamentos del Valle, Caldas, Antioquia, quienes abrieron los surcos de esta nueva tierra y plantaron las semillas de las futuras generaciones de esforzados campesinos productores.

2.2 CLIMATOLOGIA

El corregimiento se encuentra a 1380 msnm, con temperaturas promedio de 18 a 23°C y con una precipitación anual de 1500 mm.

2.3 TOPOGRAFIA

La localidad está ubicada en la cuenca del Río Morales, en una zona donde predominan una topografía de fuertes pendientes que represen

ta cerca del 70% del área de influencia, el restante 30% es una zona ondulada utilizada fundamentalmente para la ganadería.

2.4 ACCESOS A LA LOCALIDAD

Existen 3 vías de acceso sin pavimentar desde el municipio de Tulud distante 14 km aproximadamente.

2.5 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La fuente de abastecimiento es el Río Morales, del cual se capta el agua para el actual sistema de abastecimiento compuesto por :

- . Bocatoma de fondo
- . Desarenador convencional
- . Tanque de almacenamiento
- . Red de distribución.

2.6 CALIDAD DEL AGUA

El Río Morales sufre un grave deterioro en sus características físico-químicas y bacteriológicas durante la época invernal, producto de la creciente deforestación de su cuenca y de la actividad cafetera que en su zona de influencia se desarrolla. Esta actividad origina igualmente problemas de contaminación por la melaza proveniente de los beneficiadores del café.

2.7 ORGANIZACION COMUNITARIA

Existen diversas formas de organización comunitaria entre las cuales se pueden señalar :

- *Junta Administradora del Acueducto*

Esta junta se ha convertido en modelo entre las de su tipo en la zona cafetera por su organización y eficiencia en la administración y prestación del servicio al punto que su ejercicio contable anual a rendido superávit durante varios años.

- *Asociación futuros agricultores de Colombia - Concentración de desarrollo rural La Marina*

Organización dinámica compuesta por miembros de la Concentración de desarrollo rural.

3 MEMORIA DE CALCULO

3.1 POBLACION

- *Actual : 2081 habitantes*
- *Futura (20 años) : 3410 habitantes*

Para el cálculo de la población futura se adoptó una tasa de crecimiento del 2.5%, que se considera un poco alta pero dadas las carac

terísticas socio-económicas de la zona es factible que se alcance.

3.2 CONSUMOS

Se adoptó una dotación de 150 l/hab/día y coeficientes $k_1 = 1.2$ y $k_2 = 1.3$.

- Consumo medio diario : 5.90 lps
- Consumo máximo diario : 7.00 lps
- Consumo máximo horario : 9.20 lps

4 SISTEMA DE TRATAMIENTO

4.1 PRETRATAMIENTO

- Tipo de flujo : Vertical ascendente
- Velocidad de filtración : 0.60 m/h
- Caudal de diseño : 7.00 lps
- Número de unidades : 2
- Diámetro de las gravas en el sentido del flujo : 3/4" - 1/2" - 1/4"

La distribución del flujo se efectuará utilizando tubería PVC sanitaria de $\phi 6''$ con orificios de $\phi 1''$ cada 35 cm.

La recolección del agua prefiltrada se hará en tubería PVC sanitaria

ria de $\phi 6''$ con orificios de $\phi 1/2''$ cada 37 cm.

4.2 FILTROS LENTOS

- Velocidad de filtración : 0.15 m/h
- Caudal de diseño : 7.0 lps
- Area total de filtración : 168 m²
- Número de unidades 2

4.2.1 Dimensiones de cada unidad

L = 10.50 m

B = 8.00 m

4.2.2 Estructura de entrada

Esta estructura se compone de :

- Canal distribuidor a cada unidad cuya sección es 0.30 x 0.30 m.
- Vertedero triangular de 90° para aforo con su medidor de nivel.
- Cajas de disipación de energía de 1.0 x 0.70 x 0.95 m, que mediante una abertura rematada en vertedero de cresta ancha entrega el afluente a una placa de concreto de 0.5 x 0.5 x 0.03 m ubicada sobre el lecho de arena de cada módulo. Estas cajas tienen una tubería de desagüe de $\phi 3''$ con adaptador de limpieza.

4.2.3 Características del lecho de arena

El análisis granulométrico a una muestra de arena proveniente de un banco cercano a la ciudad de Tulúa, presenta las siguientes características :

- $D_{10} = 0.17 \text{ mm}$
- $C_u = 1.80$

Alto contenido de impurezas.

4.2.4 Lecho de soporte y sistema de drenaje

Se utiliza una capa de grava de 0.20 m con un diámetro entre 4.0-6.0 mm.

El sistema de drenaje será con tubería PVC corrugada de $\phi 65 \text{ mm}$ y con una longitud de 7.0 m cada lateral, separación entre ejes de 1.50 m y en total 7 laterales por unidad.

4.2.5 Estructura de salida

El agua filtrada en cada unidad de filtración es conducida en tubería PVC sanitaria de $\phi 4''$ a un pequeño tanque donde se airea y se le aplica la solución desinfectante como post-cloración.

El sistema de control de flujos se ejecuta mediante la operación de tres válvulas de $\phi 4''$, que permiten el llenado ascendente de las

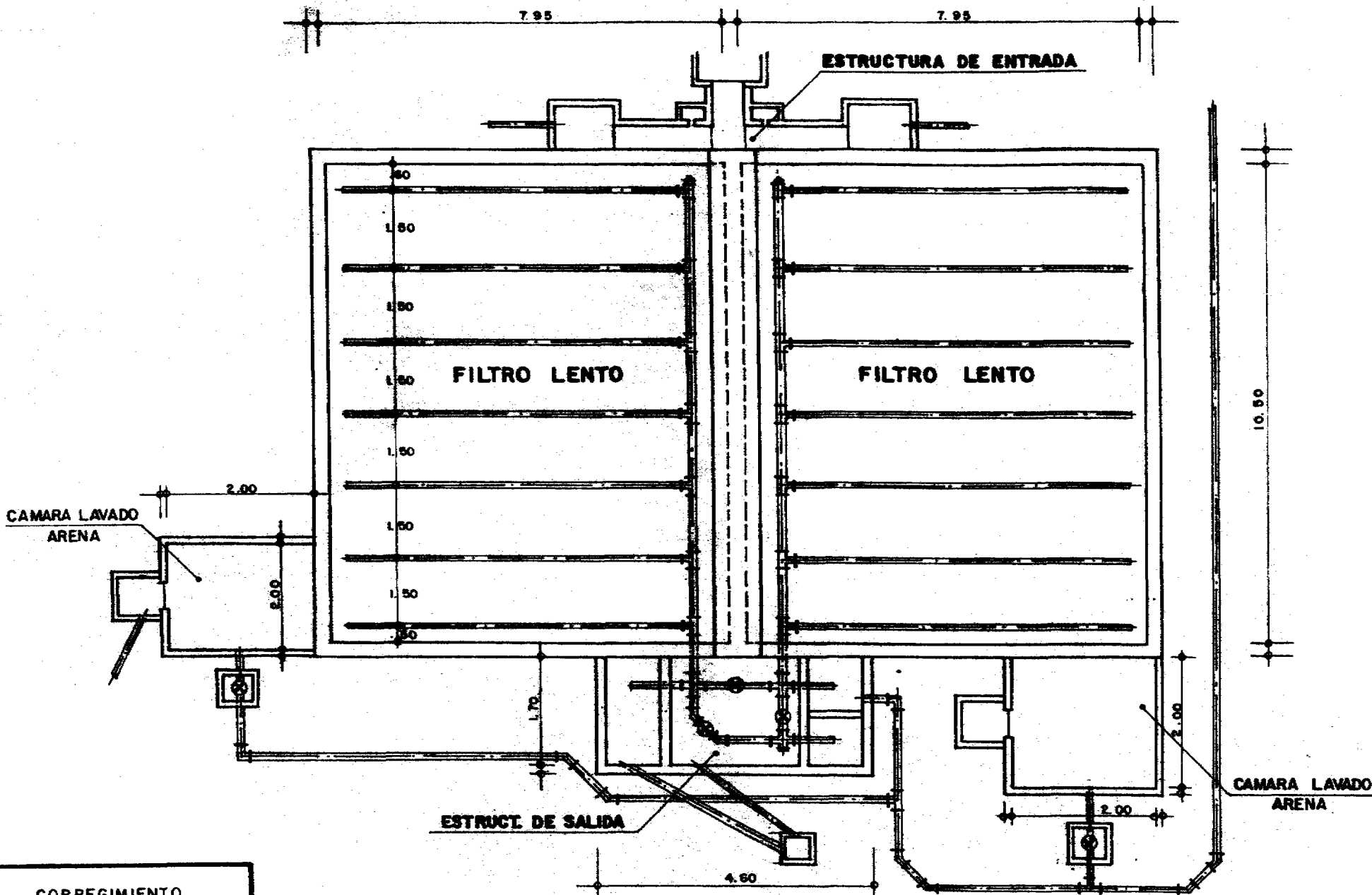
unidades, su maduración y remaduración cumplida una carrera de filtración y la interrupción del flujo cuando se requiera. Las válvulas se encuentran en una caja que tiene anexas cajas más pequeñas cuyo papel es servir para el desague del agua filtrada que no cumple los requerimientos de calidad durante la maduración o remaduración del filtro.

4.2.6 Desagues y lavado de la arena

El desague de la capa sobrenadante de agua de cada filtro, se hará con un pasamuro de $\phi 6''$ ubicado en la cota 1322.80 y otro en la 1322.40 a la clave del tubo. El pasamuro inferior será utilizado cuando el nivel de arena se encuentra como mínimo coincidente con la cota de batea del pasamuro.

Cada unidad de filtración contará con un tubo PVC sanitaria de $\phi 6''$ colocado verticalmente de manera que funcione como un vertedero de cresta curva, cuya función es eliminar los excesos una vez el filtro cumpla una carrera de filtración.

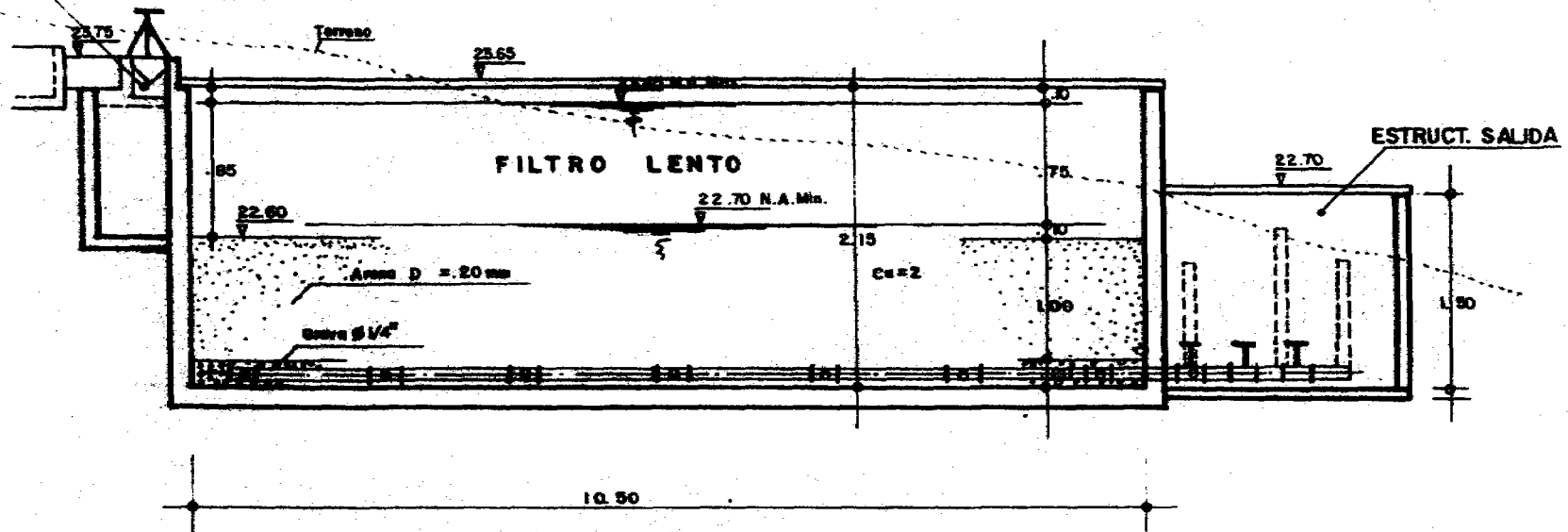
El lavado de la arena raspada en la operación de limpieza se efectuará en una caja de 2.0 x 2.0 m, la cual cuenta con una toma de $\phi 1''$ para la manguera de lavado que se surtirá de la tubería de paso directo instalada para este fin.



CORREGIMIENTO
LA MARINA
 Tuluá (Valle)

PLANTA

ESTR. ENTRADA



CORTE

CORREGIMIENTO
LA MARINA
Tuluá (Valle)

5 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

El diseño estructural de la planta de tratamiento fué elaborado bajo la asesoría del Ingeniero Diego Rengifo, quien evaluó las siguientes alternativas :

- . En concreto reforzado
- . En piedra pegada.

Dado que no se contó con un estudio de suelos, algunos parámetros básicos de diseño fueron asumidos con un margen de seguridad apreciable considerando las características del riesgo sísmico de esta zona del suroccidente del país.

El método utilizado fué el de cargas de servicio.

La Unidad de Ingeniería del Comité de Cafeteros decidió, luego de evaluar técnica y económicamente las dos alternativas, construir las estructuras en concreto reforzado.

ALTERNATIVA EN CONCRETO REFORZADO

5.1 CIMENTACIÓN DE MUROS Y COLUMNAS

- . Suelo : $q_a = 0.5 \text{ k/cm}^2$
- . Concreto : $f'_c = 210 \text{ k/cm}^2$

Acero : $\delta_y = 2600 \text{ k/cm}^2 \quad \phi \leq 3/8''$
 $\delta_y = 4200 \text{ k/cm}^2 \quad \phi \geq 1/2''$

5.2 CARGAS

- . Peso de los muros
- . Peso propio
- . Viva de 200 k/mL
- . Presión hidrostática
- . Presión del material interior
- . Grava : $\phi = 30^\circ$
 $K_a = 0.33$
 $\gamma = 1.8 \text{ T/m}^3$
- . Arena : $\phi = 30^\circ$
 $K_a = 0.33$
 $\gamma = 2.0 \text{ T/m}^3$
- . Material de relleno exterior : $\phi = 30^\circ$
 $K_a = 0.33$
 $\gamma = 1.8 \text{ T/m}^3$

6 DESINFECCION

El efluente de un filtro lento de arena tiene unas características bacteriológicas que hacen necesario utilizar alguna solución desinfectante para eliminar la presencia de microorganismos patógenos residuales luego de la filtración.

En la práctica se considera conveniente aplicar una solución desinfectante como hipoclorito de calcio o de sodio, debido a una posible recontaminación del agua por la utilización de métodos inapropiados de uso y almacenaje o por problemas en las redes de distribución.

Para La Marina se requiere una dosis de hipoclorito de sodio de 4.65 k/d adoptando los siguientes criterios :

- . Dosis aplicada : 1.0 mg/L
- . Concentración en peso de cloro : 11 %

7 PRESUPUESTO

COSTOS ESTIMADOS POR ESTRUCTURA

- | | |
|------------------|-----------------|
| . Prefiltros | \$ 2'500.000.00 |
| . Filtros lentos | \$ 3'000.000.00 |

Se anexa el presupuesto y cantidad de obra elaborado por la Unidad de Ingeniería del Comité Departamental de Cafeteros del Valle.

PROYECTO LA MARINA

PRESUPUESTO - Octubre de 1986

COSTOS GLOBALES Y PORCENTAJES POR ITEM

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
1	Obras preliminares	\$ 89.170.60	1.64
2	Excavación en conglomerados	425.276.36	7.80
3	Cimiento corrido de muros	426.367.21	7.82
4	Vigas de enlace	155.308.03	2.85
5	Concreto reforzado	1'631.898.75	29.94
6	Cámara de entrada prefiltro	138.570.42	2.54
7	Tuberías y accesorios	1'147.615.44	21.05
8	Cámara entrada filtro	129.101.85	2.37
9	Cajas pequeñas	227.678.14	4.17
10	Arena y grava	958.662.50	17.58
11	Alquiler de equipos y transporte	122.250.10	2.24
	TOTAL ...	\$ 5'451.899.30	100.00%

PARCELACION EL RETIRO
CORREGIMIENTO LA VIGA - MUNICIPIO DE CALI

1 INTRODUCCION

El crecimiento de asentamientos habitacionales en áreas suburbanas de las principales ciudades del país ocasiona una demanda de agua potable que los organismos estatales encargados, no alcanzan a cubrir, originándose en algunos casos, como lo es el de la Parcelación El Retiro, desarrollo urbanístico, planificado para familias de estrato alto y ubicado en un exclusivo sector residencial, soluciones mediante sistemas propios de abastecimiento para pequeños núcleos, independientes del acueducto de la ciudad.

El sistema de abastecimiento de agua de El Retiro, contaba con una planta de tratamiento proyectada para funcionar similar a una convencional. Pero con un alto costo de operación suministraba agua con una calidad muy deficiente para consumo humano.

La filtración lenta en arena ha demostrado ser una alternativa simple, confiable y de bajo costo para el tratamiento del agua, especialmente cuando la fuente, como es el caso de las aguas del río Pan

ce que abastece el acueducto de la Parcelación El Retiro, presenta para su consumo, problemas asociados a bajas turbiedades, presencia de hierro y contaminación bacteriológica.

A través del Ingeniero Diego Rengifo, Asesor Estructural del grupo de trabajo del Area de Abastecimiento de Agua y de Remoción de Aguas Residuales de la Universidad del Valle y como resultado de los primeros esfuerzos realizados por este grupo en el desarrollo y promoción de la tecnología de la filtración lenta, se gestó la realización del presente proyecto para adecuar la planta de tratamiento convencional a una de filtración lenta.

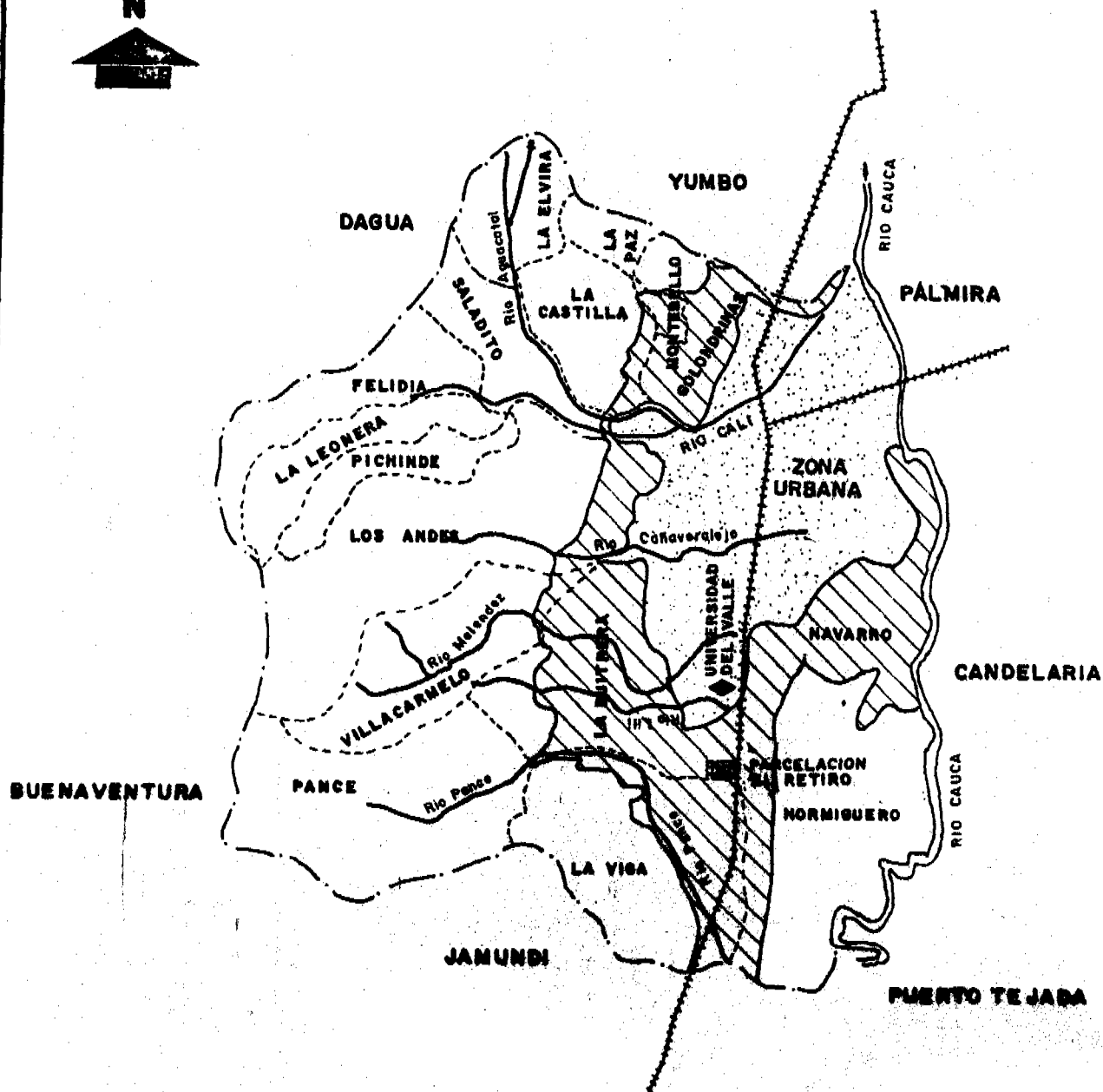
La construcción del presente proyecto fue financiada por la Junta Comunal de la Parcelación El Retiro.

2 INFORMACION SOBRE LA COMUNIDAD

El acueducto de la Parcelación El Retiro fue construido con el fin de abastecer los 100 lotes que conforman la Parcelación. Posteriormente se amplió su cobertura a varios centros educativos que se ubicaron en el sector, dentro de los cuales se encuentra una Universidad privada.

La Parcelación es un asentamiento habitacional proyectado para familias de estratos altos, en un área suburbana del sector sur de la ciudad de Cali. En la actualidad la Parcelación se encuentra construida en un 80%, cuenta con construcciones aisladas en lotes de tamaño mini

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI



**PROYECTO PARCELACION
EL RETIRO
CORREGIMIENTO
LA BUITRERA**

CONVENCIONES	
LIMITE PERMETRO URBANO	
LIMITE PERMETRO SUBURBANO	
LIMITE DEL MUNICIPIO	
LIMITE ZONAS RURALES	
LIMITE DE PROYECTO	
RIOS	
VIA FERREA	

mo de 1500 m² generalmente ocupados por una sola familia.

Para las viviendas de la Parcelación se ha estimado una densidad promedio de 7 habitantes/vivienda para una población de diseño de 700 habitantes a los cuales se les suministrará una dotación de 400 litros/persona x día.

Se ha proyectado una ampliación máxima para la planta diseñada para suministrar agua a una población de 4000 estudiantes con una dotación de 70 litros/estudiante x día.

3 INFORMACION SOBRE LA FUENTE

La fuente de abastecimiento es el Río Pance, realizándose la derivación del caudal desde un sitio posterior a la población "La Verdúgine". Exactamente en este sitio el río recibe las aguas de la Quebrada La Soledad, la cual a su vez recibe el efluente de una mina de carbón, rico en hierro.

Desde el punto de vista microbiológico presenta contaminación fecal debida a los vertimientos de los desagües de las alcantarillas de viviendas ubicadas en sus orillas.

Constituye causa de contaminación microbiológica y jabones y grasas, el uso recreativo del río como balneario natural de agua dulce por parte de los habitantes de la ciudad, especialmente los feriados y

fin de semana.

De un estudio realizado en 1981 por el Departamento de Procesos Químicos y Biológicos ⁽¹⁾, recogieron los siguientes datos sobre la calidad del agua cerca al sitio de la derivación :

- . Turbiedad : Menor de 10 U
- . Sólidos totales : Menor de 80 mg/L
- . Sólidos disueltos : Menor de 64 mg/L
- . Alcalinidad total : 12 mg/L CaCO₃
- . pH : 7.5
- . Hierro : 2.3 mg/L
- . NMP más bajo : 2.400
- . NMP más alto : 240.000

En la prueba para Enterococos fecales se encontró un valor promedio de 1900 microorganismos por 100 mL.

En análisis efectuados dentro de los estudios de tratabilidad, se detectaron valores de NMP de 35000/100 mL de Coliformes totales y concentraciones de hierro total por encima de los 2 mg/L.

4 INFORMACION SOBRE LA PLANTA ANTIGUA

Los procesos aplicados y las estructuras existentes eran las siguientes (Ver Plano No.1) :

- *Dosificación de Sulfato de aluminio y cal*

En un "vertedero" instalado contiguo a la cámara de entrada a la planta. Se debe anotar que no existía estructura de aforo ni elementos de laboratorio mínimos para determinación de dosis óptimas.

- *Floculación*

En una sección del canal sedimentador que fue acondicionada con tejas de asbesto cemento.

- *Sedimentación*

Es una estructura construida sobre la losa del tanque de almacenamiento subterráneo, con poca profundidad útil (0.60 m) y una distribución con grandes zonas muertas que propiciaban la formación de cortocircuitos.

- *Desinfección*

Se realizaba con hipoclorito de sodio en solución, aplicado mediante un dosificador de cabeza constante, en el punto donde el agua penetraba al tanque principal de almacenamiento subterráneo.

Debido a deficiencias en las estructuras descritas, y en el mantenimiento realizado por los operadores se presentaba una demanda al

ta de cloro.

- *Filtración rápida en arena*

Se proyectó entre las dos unidades en las cuales estaba dividido el tanque subterráneo principal una estructura con un filtro rápido de arena, pero como llegaba demasiada cantidad de floc hasta él, se colmataba muy rápidamente, por lo cual fue necesario suspender esta operación.

- *Almacenamiento*

Inicialmente existió un tanque subterráneo de 362 m^3 . Posteriormente se construyó otra unidad también enterrada, con paredes inclinadas, cubierta en canaleta de eternit y con capacidad de 400 m^3

En conclusión, lo inadecuado de las estructuras existentes, los problemas de operación, en cuanto a equipos mínimos de análisis y las deficiencias en el mantenimiento daban como resultado el suministro de un agua con características de calidad muy regulares que generaron desconfianza hacia el líquido suministrado por el acueducto, lo que se reflejó en una demanda alta para actividades distintas al consumo humano, con un costo elevado ($\$18.00/\text{m}^3$) y el uso adicional de agua embotellada comercialmente, para consumo humano.

5 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA PROYECTADA

Para el diseño fue instalada en el sitio una planta piloto donde se realizaron pruebas de tratabilidad con prefiltración ascendente y descendente y filtración lenta en arena con flujo descendente.

Los resultados obtenidos en los ensayos mostraron reducciones de turbiedad y hierro en los prefiltros del orden del 70 al 90% y las ventajas de la prefiltración vertical ascendente sobre la descendente en las labores de lavado. En conjunto el sistema de prefiltración y filtración lenta garantizaban las remociones necesarias en cuanto a turbiedad, hierro y contaminación bacteriológica para garantizar la calidad físico-química y bacteriológica del agua tratada para consumo humano.

- Caudal medio diario : $6.5 \text{ L/s} = 560 \text{ m}^3/\text{día}$
- Caudal de diseño : $9.1 \text{ L/s} = 784 \text{ m}^3/\text{día}$

Estructuras :

- Cámara de entrada
- Desbastador de picos de turbiedad
- Sedimentador convencional
- Tres prefiltros verticales de flujo ascendente
- Dos filtros lentos
- Desinfección (Caseta de cloro)

- Tanque de almacenamiento.

5.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA

La tubería que transporta el agua cruda desde el canal de derivación hasta la planta fue instalada en asbesto cemento de ϕ 8". Por las condiciones topográficas de la bocatoma y la planta presenta una capacidad máxima de 56 L/s.

Esta tubería llega a una cámara de quietamiento y disipación de energía con las siguientes características :

- Volumen útil : $1.46 \times 0.80 \times 2.0 = 2.34 \text{ m}^3$
- Tiempo de retención para la capacidad máxima de la conducción : 41 s

La cámara estará provista de 2 vertederos de 1 m de longitud : uno fijo de cresta ancha, de rebose y otro frontal graduable de cresta delgada el cual controlará el caudal y el nivel del agua en la cámara.

5.2 DESBASTADOR DE PICOS DE TURBIEDAD

La función de esta estructura es atenuar los altos valores de turbiedad que eventualmente se puedan presentar en época de lluvias. Esto se logra pasando con un flujo horizontal 3 capas en serie de medio

grueso con diferente graduación a una velocidad de filtración de 18 m/hora.

Cuando la calidad del agua cruda desde el punto de turbiedad, se ha lle demasiado deteriorada, preferiblemente se deberá sacar la planta de servicio.

El medio filtrante presenta las siguientes características :

- . 1er. compartimiento = 1.0 m de grava ϕ 1"
- . 2o. compartimiento = 0.60 m de grava ϕ 3/4"
- . 3er. compartimiento = 0.60 m de grava ϕ 1/2"

El lavado de la unidad se realizará estableciendo un flujo descendente hacia un canal situado bajo un falso fondo.

5.3 SEDIMENTADOR CONVENCIONAL DE FLUJO HORIZONTAL

Se proyectó utilizar una parte del sedimentador y el floculador antiguos como sedimentador convencional con una carga superficial de $36.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, con un diámetro mínimo de partícula a sedimentar de 0.02 mm (en condiciones ideales).

Se ha considerado una sección transversal de 1.95 x 0.40; una profundidad para lodos de 0.20 m.

La estructura tendrá un largo de 11.00 m y un ancho de 1.95 m.

Tendrá una pantalla difusora en la zona de entrada y una canaleta en la zona de salida.

5.4 PREFILTROS VERTICALES DE FLUJO ASCENDENTE

Se proyectan 3 unidades de prefiltración en medio grueso cada una con un caudal de diseño de 3.03 L/s. La estructura de entrada estará constituida por un canal que distribuye por vertederos a las 3 unidades, a las que se introduce el agua mediante un múltiple difusor en la parte inferior del lecho. Una vez prefiltrada el agua es recogida en la superficie de cada unidad, que funcionan independientemente, y recibidas en un canal de recolección.

La altura total de la estructura es de 1.50 m; 0.60 bordes verticales y 0.90 m paredes inclinadas con un ángulo de 60°.

El espesor total del lecho filtrante es de 0.95 m con la siguiente graduación desde arriba :

- . 0.15 m grava ϕ 1/8"
- . 0.15 m grava ϕ 1/4"
- . 0.15 m grava ϕ 1/2"
- . 0.20 m grava ϕ 3/4"
- . 0.30 m grava ϕ 1"

La tasa de prefiltración utilizada fue de 0.74 m/h.

Las dimensiones superficiales de las unidades son :

- . Central : 3.20 x 5.60
- . Laterales : 3.70 x 5.60

El lavado se realizará con flujo descendente, a una velocidad máxima de 1.9 m/h.

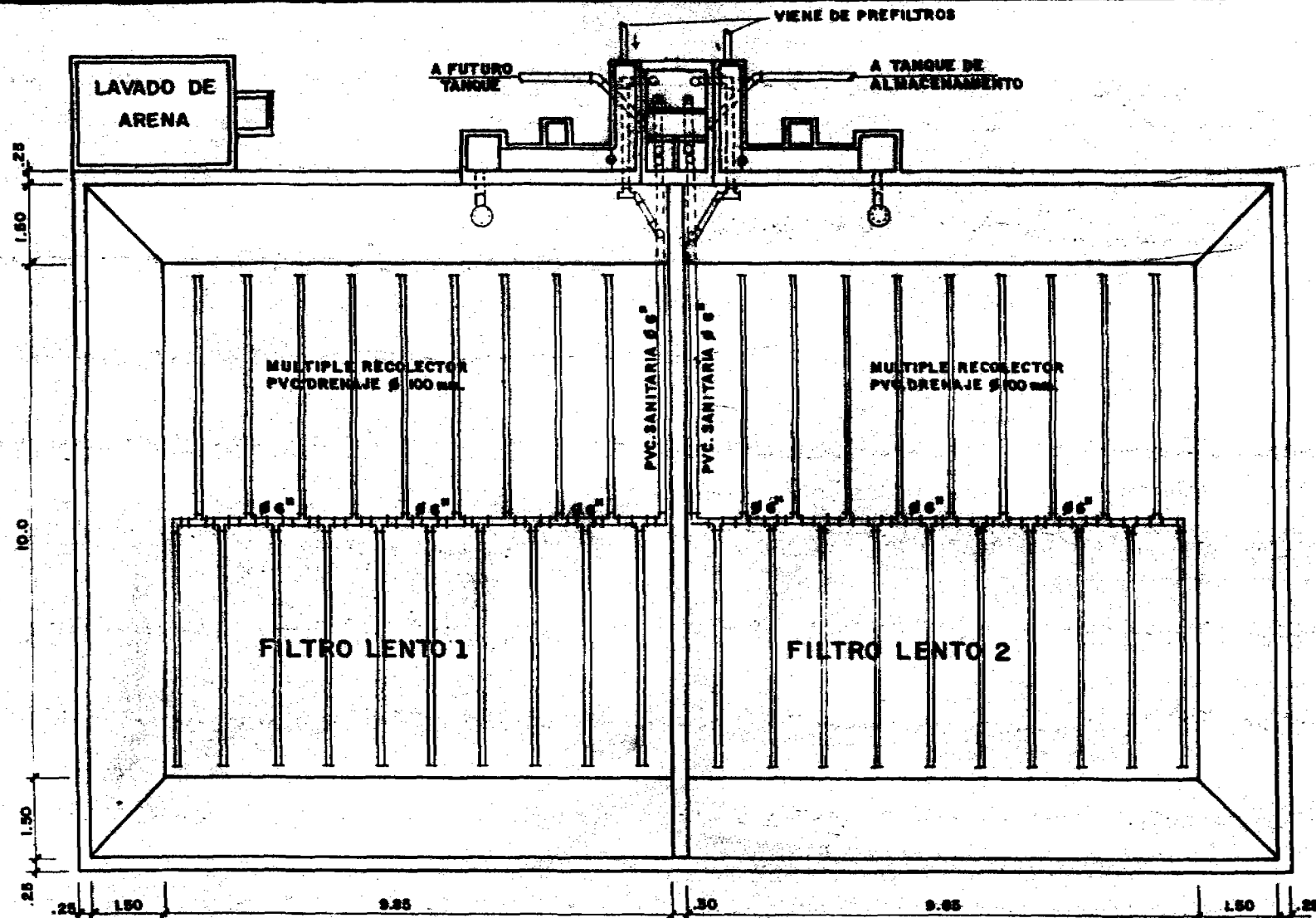
5.5 FILTROS LENTOS

5.5.1 Estructura de entrada

Está conformada por un canal con un vertedero triangular para aforar, una válvula reguladora de flujo, vertedero de eliminación de excesos y una estructura para flotador con regla graduada para medición directa de caudales afluentes a cada unidad. Posteriormente a este canal se encuentra una cámara de carga desde la cual se transporta el líquido a tratar hasta la superficie del filtro lento, mediante tubería que termina en una superficie perforada desde la cual el afluente cae al agua sobrenadante en el filtro.

5.5.2 Parámetros de diseño

- . Velocidad de filtración : 0.15 m/h
- . Número de unidades : 2



PROYECTO PARCELACION EL RETIRO
 PLANTA FILTROS LENTOS
 ESC. 1:125

. Area de diseño : $109 \text{ m}^2/\text{unidad}$

NOTA: Area de diseño a una altura de 0.40 m por debajo de la altura del nivel mínimo de arena.

5.5.3 Lecho filtrante

- . Espesor máximo del lecho filtrante : 1.22 m
- . Espesor mínimo del lecho : 0.80 m
- . Coeficiente de uniformidad : 2.5
- . Diámetro efectivo : 0.20 m

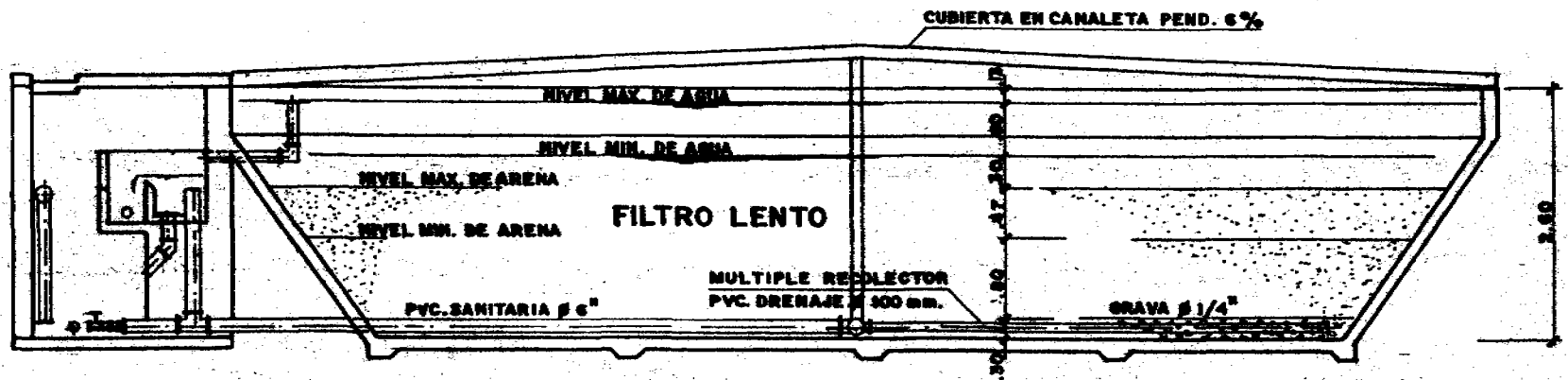
Se anexa la curva de un tipo de arena que cumple los valores especificados y la curva de la arena comercial de un lugar de la localidad, que se acerca mucho a la curva ideal. Se recomienda la utilización de esta arena para un funcionamiento adecuado del filtro.

5.5.4 Soporte del lecho y desagüe

Se colocará una capa de grava de $\phi 1/4''$ con un espesor de 0.30 m y una capa de arena con diámetros entre 2 y 4 mm, con un espesor de 0.05 m.

Características del múltiple recolector :

- . Principal : $\phi 6''$ PVC sanitaria



PROYECTO PARCELACION EL RETIRO
 SECCION FILTRO LENTO
 ESC. 1:75

. Laterales : ϕ 100 mm tub. drenaje corrugada

5.5.5 Estructura de salida

Las tuberías principales del múltiple recolector llegarán a sus respectiva caja. Estas cajas estarán comunicadas a una caja común mediante un vertedor, en ella se reunirá el filtrado de las 2 unidades y se realizará la aplicación del cloro.

El principal del múltiple recolector tendrá una derivación en el fondo de la estructura, con el fin de realizar el desagüe de cada unidad cuando se haga necesario por labores de mantenimiento (raspado de la arena, o reparaciones de los drenes).

5.6 ALMACENAMIENTO

Para garantizar el funcionamiento a tasa constante y cabeza variable del filtro lento, se hace necesario limitar la capacidad del tanque a 220 m^3 . Este volumen representa, en el día de máximo consumo, el 29.3% del consumo total.

5.7 DESINFECCION

Se utilizará como lugar de aplicación la caja de la estructura de salida donde se reúne el efluente de las dos unidades de filtración lenta. Para su aplicación se seguirá utilizando el dosifica

don de cabeza constante existente. Se estima que la dosis a aplicar el agua filtrada será de 1 mg/L, lo cual implicará un consumo de hipoclorito de sodio al 11% para el día de máximo consumo de 7.3 kg, siendo el consumo mensual máximo de 218 kg de solución comercial de hipoclorito de sodio.

6 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

6.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y DESBASTADOR DE PICOS DE TURBIEDAD

Las paredes inclinadas se construirán en concreto de 3000 psi reforzado con una parrilla formada con hierro de 1/4" en las 2 direcciones, cubierta por ambas caras con malla en alambre (utilizado en la construcción de gallineros). El espesor del recubrimiento de concreto utilizado es de 0.07 m.

La losa de fondo se construirá con las mismas especificaciones de las paredes inclinadas pero con recubrimiento del refuerzo con malla de alambre sólo en la cara superior.

Perimetralmente, donde termina la pared inclinada se fundirá una viga con refuerzo de 4 varillas de 3/8" y amarre de estribos ϕ 1/4" cada 0.25 m.

Las paredes verticales tanto del perímetro de la estructura como las interiores que dividen las 3 estructuras se construirán en concreto

ciclópeo de 0.20 m de espesor con una viga superior de amarre en concreto reforzado.

6.3 FILTROS LENTOS

El tanque de almacenamiento auxiliar donde quedarán ubicados los filtros lentos fueron construidas, las paredes inclinadas, en concreto reforzado en un espesor de 0.10 m y las paredes verticales en mampostería de ladrillo reforzado con vigas y columnas en concreto reforzado.

7 COSTOS Y CANTIDADES DE OBRAS DE LAS REFORMAS REALIZADAS

Ver cuadro adjunto.

8 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- (1) SANTAMARIA L., Leonardo; ORTIZ H., Carlos Alfredo. Posible contaminación del Rio Pance. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Universidad del Valle. 1982.

PROYECTO : PARCELACION EL RETIRO

COSTOS Y CANTIDADES DE OBRAS DE LAS REFORMAS REALIZADAS

ESTRUCTURA	COSTOS DIRECTOS	COSTO CON ADMINISTRACION, DIRECCION E IMPREVISTOS (25%)	%
1. Construcción cámara de entrada y desbastador de picos de turbiedad	\$ 209.762.00	\$ 262.202.00	6.3
2. Reformas al canal sedimentador	63.338.00	79.172.00	1.9
3. Construcción prefiltro (in cluye desagues hasta cámara final)	1'235.373.00	1'544.216.00	37.2
4. Reformas en el tanque auxiliar para conversión a unidades de filtración lenta	1'746.251.00	2'182.814.00	52.5
5. Reformas al tanque de almacenamiento	70.184.00	87.730.00	2.1
COSTOS TOTALES ...	\$ 3'324.908.00	\$ 4'156.134.00	100.0

FECHA : Diciembre de 1986

VEREDA LA SIRENA, MUNICIPIO DE CALI

1 GENERALIDADES DE LA LOCALIDAD Y DEL PROYECTO

1.1 ORIGEN DE LA LOCALIDAD

El origen de la localidad data de años recientes. Durante las décadas del 50-60 se inició un proceso ininterrumpido de crecimiento urbano del país, debido al desarrollo de un fenómeno socio-económico de violencia en el campo, el cual generó un éxodo masivo de campesinos hacia las ciudades.

Esta migración campesina con su legado de costumbres y tradiciones fué asentándose especialmente en ciudades de más de 100.000 habitantes, en áreas que sin ser reconocidas como urbanas, participan activamente del proceso social y productivo de la urbe sin que por ésto fueran beneficiarias de sus más elementales servicios comunitarios.

Las áreas paulatinamente relegadas del desarrollo de la ciudad y que han comenzado a ser identificadas como "comunidades urbano-marginales", presentan una serie de características especiales, entre las cuales se destacan :

- *Las enormes dificultades para su atención por los servicios comunitarios normales de la ciudad.*
- *Grandes expectativas de una comunidad que sin sentirse integrada al núcleo urbano, participa activamente para lograrlo sin perder su propia identidad y condición de localidad independiente.*
- *El nuevo estilo de vida unido a una identidad de intereses ha generado formas integradas de organización comunitaria que les permite buscar la solución a sus problemas de una manera más efectiva y rápida.*

El caso de la comunidad "La Sirena" se encuentra en el marco de referencia señalado anteriormente. La inexistencia de un sistema adecuado y confiable de abastecimiento de agua y de saneamiento, debido a diversas circunstancias de índole económica y topográfica entre otras razones han impedido que grandes planes de desarrollo le beneficien de manera directa. Esta situación ha obligado a sus habitantes a buscar alternativas de solución a tan sentido problema.

1.2 ORIGEN DEL PROYECTO

La comunidad de "La Sirena" se encuentra organizada en torno a una Junta de Acción Comunal, uno de cuyos líderes tiene nexos laborales con la Universidad. Durante el primer semestre de 1984 el grupo de trabajo del Area de Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Resi

duales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, promocionaba la tecnología de filtración lenta en arena como una alternativa sencilla, confiable y de bajo costo para el tratamiento del agua para consumo humano particularmente en las zonas rurales y urbano-marginales del país.

De manera coincidente la comunidad en referencia solicitó el apoyo de la Universidad a través del entonces rector Doctor Rodrigo Guerrero V., para el diseño y construcción de una planta de tratamiento al agua que estaban consumiendo. Conociendo el señor rector las actividades del grupo de trabajo en el campo de abastecimiento de agua, nos remitió esta solicitud de la comunidad la cual se acogió inmediatamente por las características especiales del proyecto.

Las primeras actividades desarrolladas en el proyecto fueron la visita de inspección a la zona, tanto a la bocatoma como al tanque de almacenamiento existente. Seguidamente se recogió la información básica para la elaboración de un prediseño que permitiera hacer un estimado de costos para iniciar las gestiones de financiación de las obras. En este sentido se solicitó la participación de la Beneficencia del Valle, entidad que por intermedio de su Gerente, Doctor Luis Alberto Tafar C., comprometió su apoyo financiero al proyecto.

Adelantadas estas actividades preliminares se procedió a identificar el sitio adecuado para la construcción de la planta, encontrándose éste cerca al tanque de almacenamiento existente en predios pertene

cientes al Instituto de Vivienda de Cali (INVICALI) quienes luego de un lapso prolongado celebraron un contrato de compraventa con la comunidad, del terreno en referencia.

El prediseño preliminar fue presentado y discutido en el Primer Taller Nacional sobre Experiencias Nacionales con Filtración Lenta en Arena y, las recomendaciones y modificaciones sugeridas fueron acogidas para el diseño definitivo el cual se presenta en este trabajo.

2 INFORMACION GENERAL DE LA VEREDA LA SIRENA

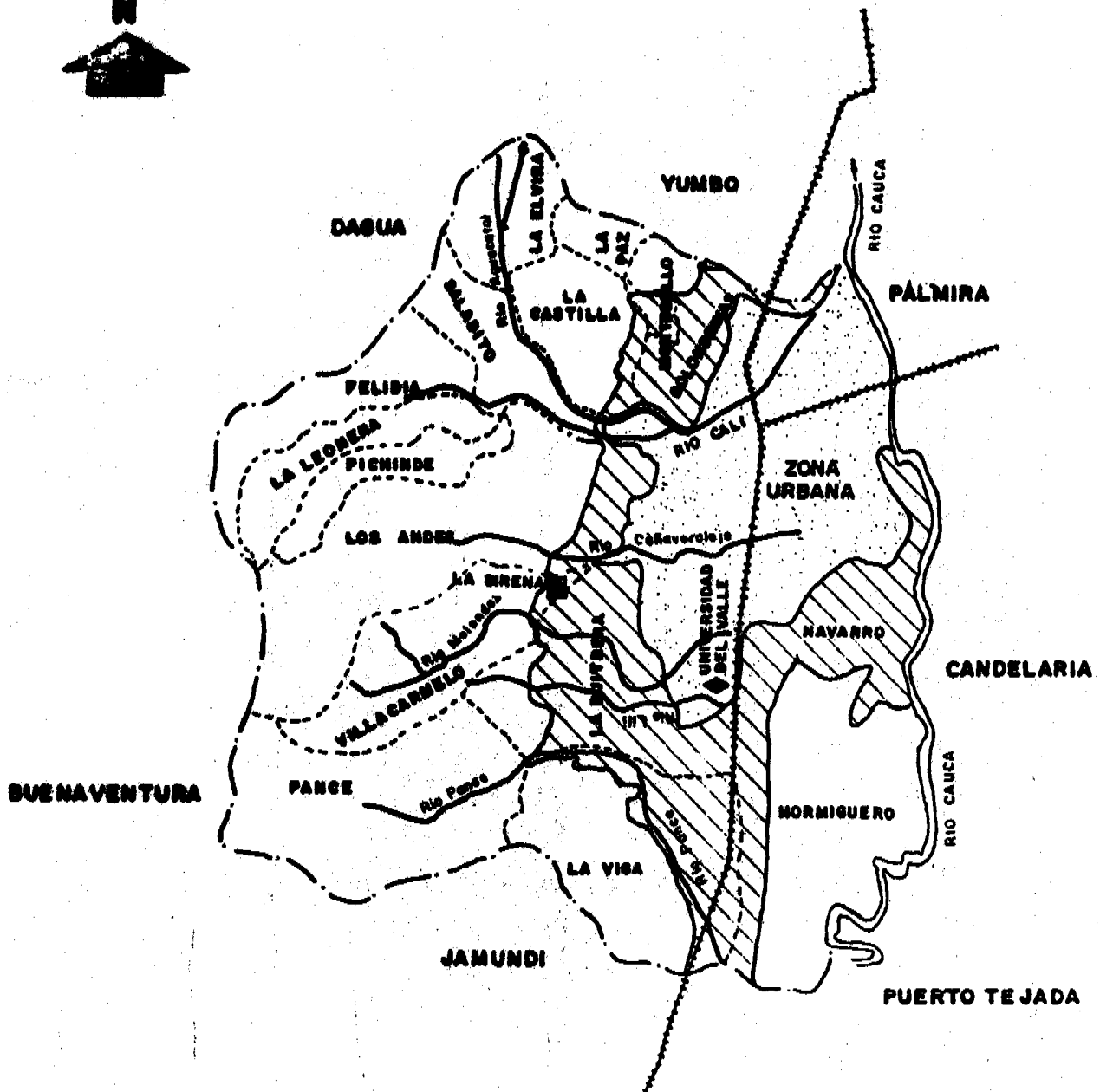
2.1 LOCALIZACION

El centro nucleado de la comunidad, se encuentra localizado en la zona sur-occidental de Cali, a 5 minutos de la Plaza de Toros de Cali, sobre las estribaciones de la cordillera occidental y en la vía que de Cali conduce al corregimiento de El Carmelo. Se extiende en un área aproximada a 15 hectáreas y por su localización semi-urbana y semi-rural, puede ser considerada como una comunidad urbano-marginal.

2.2 CLIMATOLOGIA

La zona se encuentra asentada a una altura sobre el nivel del mar de 1100 m y una temperatura media de 23°C. Según información de CVC, la precipitación promedio anual es de 2056 mm.

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI



CONVENCIONES	
LIMITE PERMETRO URBANO	
LIMITE PERMETRO SUBURBANO	
LIMITE DEL MUNICIPIO	
LIMITE ZONAS RURALES	
LIMITE DE PROYECTO	
RIOS	
VIA FERREA	

**PROYECTO LA SIRENA
CORREGIMIENTO
VILLACARMELO**

2.3 ACCESO A LA LOCALIDAD

Por su proximidad a Cali, la localidad es servida por la Empresa de Buses Blanco y Negro, Ruta No.2, que del perímetro urbano lo conducen hasta el Río Cañaveralejo, sitio donde empieza la Vereda La Sirena. También se puede llegar a la comunidad a través de camperos que parten de la Galería Siloé y taxis de servicio público.

2.4 ASPECTOS URBANÍSTICOS

La comunidad se encuentra asentada en las laderas del pie de monte de la cordillera occidental. Las viviendas en su mayoría son construidas de un piso y de diversos materiales, según la capacidad económica de sus propietarios.

Una vía destapada y en mal estado cruza longitudinalmente la población. En general no existe planeamiento urbanístico ni de servicios públicos.

Los sitios de interés en la vereda son :

- . Escuela pública : Santa Luisa
- . Balneario privado (en malas condiciones sanitarias).

2.5 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

De acuerdo con el censo realizado por la Junta de Acción Comunal en mayo de 1985, la siguiente es la información demográfica :

- . Número de familias existentes : 460
- . Número promedio de habitantes por familia : 6
- . Número de habitantes : 2760
- . Tasa de crecimiento anual 1.77% (DANE)
- . Densidad poblacional : 184 hab/Ha

2.6 MATERIALES Y MANO DE OBRA

Cualquier tipo de material requerido puede obtenerse en Cali, al igual que la mano de obra calificada. En la vereda se pueden conseguir ayudantes de construcción.

El transporte de materiales debe efectuarse en vehículos de buena potencia, dado lo escarpado del terreno y la alta pendiente de la vía.

2.7 SERVICIOS PUBLICOS

El abastecimiento de agua para la comunidad, se inicia en la captación construída por los propios moradores sobre el río Epaminondas

y conducida a través de mangueras y tuberías de diferentes materiales y diámetros predominando ϕ 3" en una longitud de 4750 m desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Este con una capacidad de 20 m^3 aproximadamente.

El agua almacenada es distribuida a 200 suscriptores sin tratamiento alguno, por medio de mangueras de polietileno.

No existe un adecuado sistema de disposición de aguas residuales. Las zonas próximas al río Cañaveralejo desaguan directamente o a través de un ramal principal de alcantarillado. En las zonas alejadas el agua servida es evacuada del interior de la vivienda y depositada directamente a las vías públicas. Algunas viviendas poseen letrinas para su disposición de excretas y muy pocas un tanque séptico.

Existe un buen servicio de energía eléctrica en toda la comunidad, suministrado por EMCALI y a una tarifa única debido a la ausencia de medidores. No existe ningún medio de comunicación telefónico en la zona.

No existe recolección ni buena disposición de las basuras. Estas son arrojadas al río Cañaveralejo o a un botadero abierto. Algunos propietarios queman los residuos en el interior de la vivienda y la disponen como abono.

El servicio médico y odontológico es prestado por el Puesto de Sa

lud del Barrio Silol, hasta donde acuden los habitantes de La Sirena, cuando requieren de estos servicios.

3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

3.1 GENERALIDADES

El abasto se inicia sobre el río Epaminondas, donde se proyectó una captación del tipo lecho filtrante con velocidad de filtración $0.7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, tasa que le permite funcionar como prefiltro de flujo descendente, permitiendo realizar una primera remoción principalmente en turbiedad, color, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos.

Una vez captada el agua, es conducida hasta la estructura de entrada en la planta de tratamiento, donde se disipa energía, se afora y se controla el flujo. Aprovechando la topografía del terreno, se proyectó una serie de cascadas que a la vez que funcionan como disipadores de energía, aumentan la concentración de oxígeno disuelto.

Las características físico-químicas y bacteriológicas del agua cruda, se relacionan en el Cuadro No.1.

El sistema de potabilización consiste de dos módulos de filtración lenta en arena con flujo descendente, cuyas características hidráulicas, granulométricas y estructurales, se especifican del ítem 3.2 en adelante.

CUADRO No.1 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS
AGUA CRUDA - RIO EPAMINONDAS

PARAMETRO	VALOR
Color real	5 unidades
Turbiedad	18.5 mg/L SiO ₂
pH	7.6 unidades
Residuo total	131 mg/L
Alcalinidad total	27.08 mg/L CaCO ₃
Dureza total	32.85 mg/L CaCO ₃
Sulfatos	6.5 mg/L SO ₄
Prueba Presuntiva en caldo lactosado :	2.400 NMP
Prueba confirmativa en caldo verde bilis brillante :	Positivo
Recuento total de bacterias en Agar nutritivo :	458 colonias/cc

3.2 MEMORIA TECNICA DE CALCULO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE FILTRACION
LENTA EN ARENA

3.2.1 Datos poblacionales

- Población actual : 2760 habitantes
- Período de diseño : 15 años
- Tasa de crecimiento : 1.77 % anual
- Población futura : 3590 habitantes

3.2.2 Consumos

- Dotación per cápita : 150 L/día
- Coeficiente máximo diario : $K_1 = 1.20$
- Coeficiente máximo horario : $K_2 = 1.30$
- Consumo medio diario : $Q_{md} = 6.23 \text{ lps}$
- Consumo máximo diario : $Q_{MD} = 7.50 \text{ lps}$
- Consumo máximo horario : $Q_{MH} = 9.72 \text{ lps}$

4 SISTEMA DE TRATAMIENTO - MEMORIA TECNICA DE CALCULO HIDRAULICO

4.1 PRETRATAMIENTO

- Tipo : Captación de lecho filtrante
- Velocidad de filtración : $0.70 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- Caudal de diseño : 10.0 lps
- Tipo de flujo : Descendente
- Múltiple colector principal : $\phi 6''$ PVC Sanitaria
- Múltiple colector lateral : $\phi 65 \text{ mm}$ PVC Drenaje
- Diámetro de las gravas en el sentido del flujo : $1\frac{1}{4}'' - 1'' - 1/4'' - 3/8''$
- Altura total del lecho : 0.60 m

4.2 FILTROS LENTOS

4.2.1 Información general

- Caudal de diseño : 7.5 lps
- Tasa de filtración : $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- Area de filtración total : 180 m^2
- Número de unidades : 2 unidades circulares
- Diámetro de cada unidad : 10.70 m
- Altura de cada filtro : 2.15 m

4.2.2 Estructura de entrada

Compuesta por :

- Cámara de amortiguamiento con flujo ascendente y cantos rodados ϕ 4".
- Control de flujo a través de compuerta rectangular
- Eliminación de excesos mediante vertederos frontales
- Canal de uniformización de flujo
- Medición de caudal mediante vertedero triangular
- Cascadas de aireación y disipación de energía
- Canal distribuidor, control y medición de flujo a cada unidad de filtración

- . Estructura de entrada propiamente al filtro lento.

4.2.3 Altura de los módulos de filtración

- . Altura del lecho de soporte : 0.20 m
- . Altura del lecho filtrante : 1.00 m
- . Altura mínima de agua con filtro limpio : 0.20 m
- . Altura por variación de niveles : 0.65 m
- . Borde libre : 0.10 m
- . Altura total : 2.15 m

4.2.4 Lecho de soporte y sistema de drenaje

El lecho de soporte está constituido por grava con diámetro comprendido entre ϕ 1/4" y ϕ 3/8" y altura 0.20 m.

El sistema de drenaje se ha proyectado de la siguiente forma :

- . Múltiple principal recolector : ϕ 4" PVC
- . Múltiple secundario lateral : ϕ 65 mm PVC drenaje
- . Longitud de múltiple secundario : variable
- . Separación entre múltiples secundarios : 1.00 m c.a.c.

4.2.5 Características del lecho filtrante

Se han estudiado muestras de arena procedentes de diversos bancos

de los ríos Cauca, Palo y Frayle, en diferentes épocas del año.

Dentro de las características principales consideradas tenemos : granulometría, esfericidad y contenido de impurezas.

Las mayores características se han obtenido del banco : El Hormiguero, en el río Cauca, analizando muestras individuales de 500 g.

Los resultados son los siguientes :

- . Tamaño efectivo de la muestra : $D_{10} = 0.26$
- . Coeficiente de uniformidad : $C_u = 1.54$
- . Coeficiente de esfericidad : $\phi_e = 0.75$

Una optimización del material para el lecho filtrante, puede obtenerse, considerando la producción de una mezcla a partir de muestras individuales, mezcladas en iguales o diferentes proporciones, según los resultados que se deseen obtener, y los ensayos granulométricos previos realizados.

4.2.6 Rebose y desague de agua sobrenadante dentro de los filtros

Se ha proyectado para cada módulo de filtración un rebose de $\phi 6''$ construido en tubería PVC sanitaria, que funcionará como vertedero de cresta curva, con capacidad para evacuar aproximadamente 10 lps con una carga inferior a 0.10 m, valor del borde libre.

Cuando el filtro haya cumplido con su carrera de filtración, es decir, cuando el nivel de agua dentro del módulo sea máximo y comience a funcionar el rebose, se debe de iniciar el mantenimiento de la unidad (raspado de la capa biológica formada en la superficie del lecho de arena). Para realizar este mantenimiento se debe evacuar la altura de agua comprendida entre el nivel superior de arena y la cresta del vertedero de rebose. Si este desague se efectúa a través de las tuberías de recolección, perfectamente esta operación puede demorar más de un (1) día, ya que la velocidad de filtración es mínima debido a lo impermeable de la capa biológica.

A fin de agilizar esta operación y obviar el paso del agua sobrenadante a través de los lechos y tuberías de recolección y drenaje, se ha proyectado un conducto con capacidad suficiente para evacuar en menos de 30 minutos el volumen de agua sobrenadante. La cota base de este conducto, coincide con la cota del nivel máximo de arena y se incrusta sobre la pared vertical del filtro.

4.2.7 Estructura de salida

El agua filtrada proveniente de cada módulo de filtración, descarga individualmente y libremente en la cámara de almacenamiento, facilitando el proceso de aireación. Las diversas operaciones inherentes al funcionamiento del filtro, se efectuarán por operación de las válvulas de compuerta ϕ 4" proyectadas para tal efecto :

- . Llenado inicial de cualquier módulo de filtración con flujo ascendente
- . Funcionamiento normal de filtración con flujo descendente
- . Llenado ascendente de un módulo con agua filtrada previamente del segundo
- . Desague por las tuberías de recolección y drenaje.

4.2.8 Zona de lavado y almacenamiento de arena

Una vez raspada manualmente la arena de la superficie del filtro, es evacuada de su interior y conducida hasta la zona de lavado, donde se efectúa esta operación con agua cruda proveniente de la tubería de paso directo.

Después de lavada la arena, es transportada hasta la caseta para su almacenamiento y utilización posterior en el rearenamiento de cualquier módulo de filtración.

La caseta ha de proyectarse con capacidad suficiente, que permita almacenar el volumen máximo de arena producido entre dos (2) rearenamientos continuos.

4.2.9 Desinfección

A fin de eliminar algún residual de microorganismos patógenos que no hayan sido removidos durante el proceso de filtración lenta, de oxidar compuestos insaturados presentes en el agua después de la filtración y de garantizar una concentración residual del desinfectante, se aplicará al efluente de la planta una solución de hipoclorito de sodio, con un contenido de cloro del 11% y densidad 1.20 kg/L, de tal forma que se garantice un residual de cloro en cualquier punto de la red de distribución próximo a 0.2 ppm.

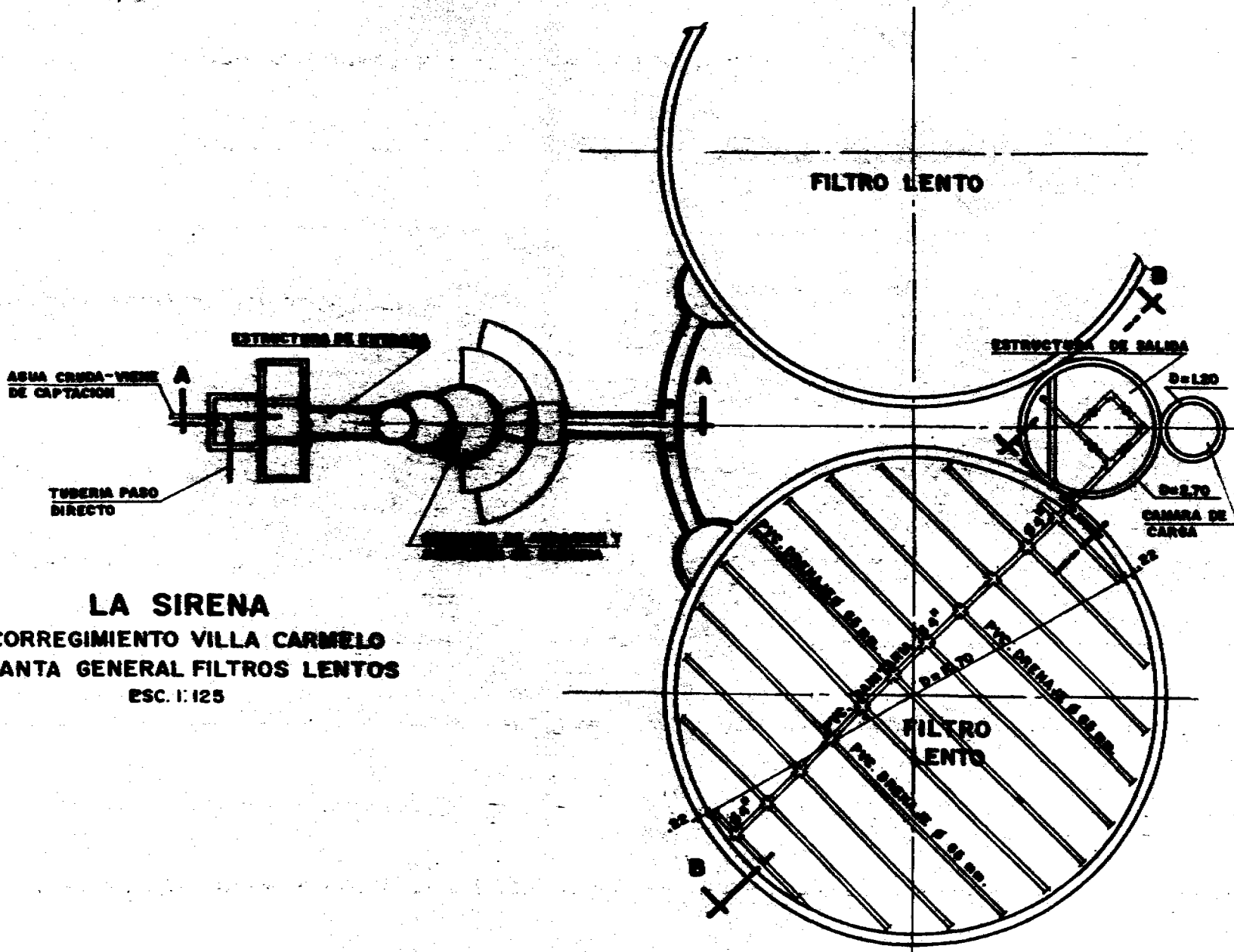
5 CALCULOS ESTRUCTURALES

Una vez realizados los estudios de suelos correspondientes por parte de la Universidad del Valle y considerando las características topográficas de la zona del proyecto, se procedió al estudio de la forma y características de la estructura, sin descuidar los aspectos técnicos-económicos.

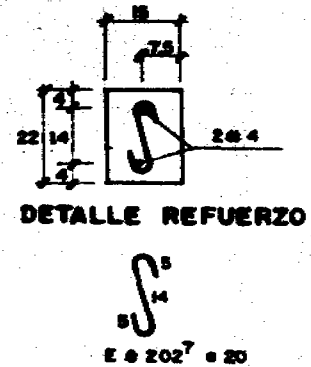
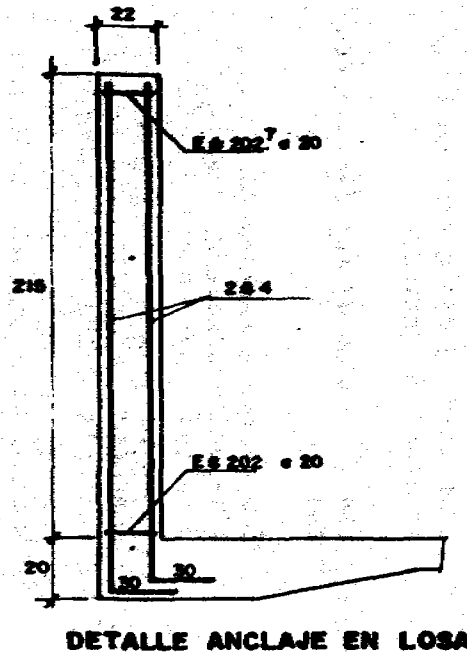
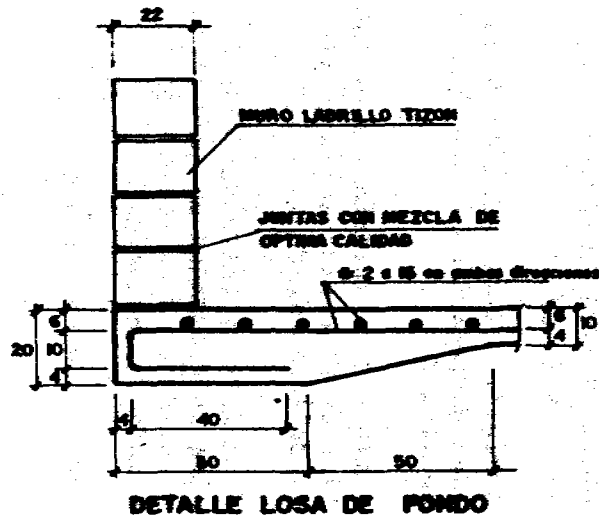
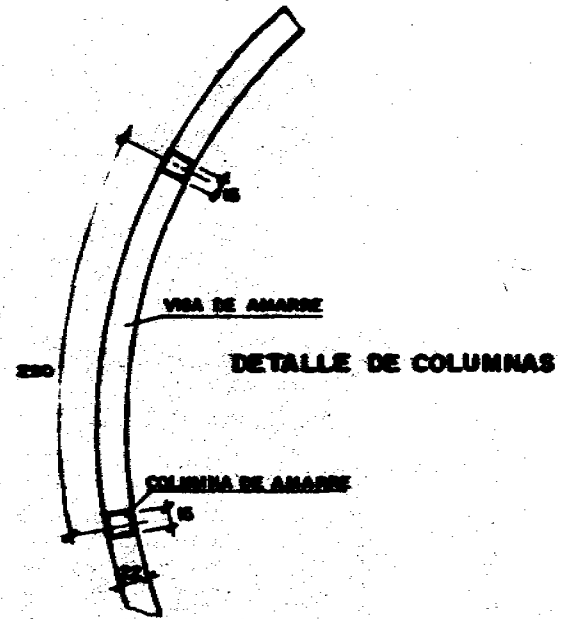
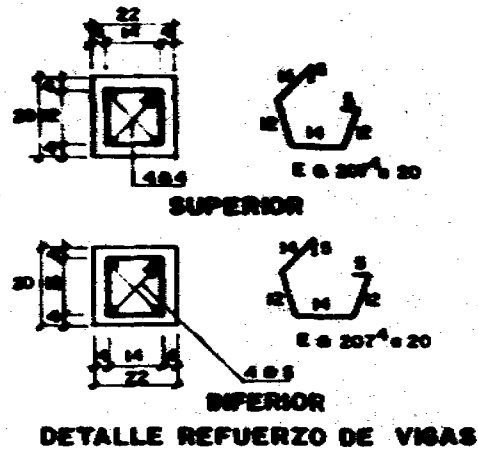
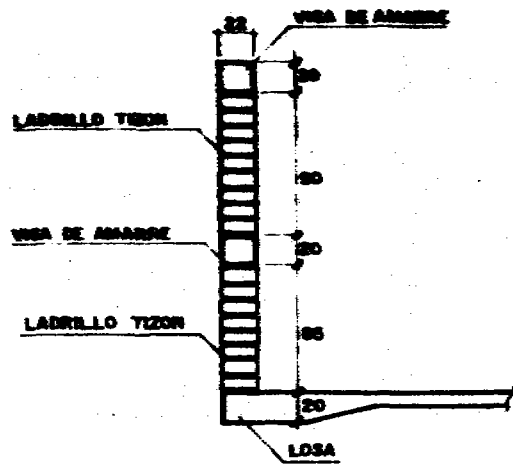
Para estructuras en serie, se estudiaron las formas rectangular y cuadrada. Para estructuras individuales, formas circulares, trapezoidales.

Desde el punto de vista constructivo se analizaron: ferro-cemento, taludes revestidos, mampostería estructural, concreto ciclópeo y concreto reforzado convencional.

Después de los análisis respectivos, se optó por dos (2) módulos circulares trabajando en paralelo, contruidos en mampostería estructural. El ladrillo propuesto es del tipo semiprensado, ya que presenta mejores características mecánicas y por consiguiente un mejor comportamiento estructural.



LA SIRENA
CORREGIMIENTO VILLA CARMELO
PLANTA GENERAL FILTROS LENTOS
 ESC. 1:125



LA SIRENA
DETALLES ESTRUCTURALES

VEREDA LA SIRENA

CORREGIMIENTO VILLACARMELO, MUNICIPIO DE CALI

PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
01	Obras civiles en la estructura de entrada y canal de distribución	\$ 250.000.00	6.64
02	Compuertas y aforadores en la estructura de entrada	160.000.00	4.23
03	Obras civiles de los filtros lentos	1'450.000.00	38.62
04	Suministro e instalación de tuberías de recolección, drenaje, rebalse y drenaje agua sobrenadante	290.000.00	7.72
05	Suministro e instalación de material para lechos filtrantes	330.000.00	8.79
06	Suministro e instalación de material para lecho de soporte	160.000.00	4.26
07	Obras civiles en cámara de salida y de carga	100.000.00	2.66
08	Suministro e instalación de tuberías y accesorios hidráulicos para ítem 7	290.000.00	7.72
09	Suministro e instalación de tuberías de paso directo en la planta de tratamiento	120.000.00	3.20
10	Suministro e instalación de tuberías para entrada de agua cruda y salida de agua tratada en la planta de tratamiento	190.000,00	5.06
11	Zona de lavado de arena	45.000.00	1.20

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	PORCENTAJE
12	Caseta para almacenamiento de arena	180.000.00	4.70
13	Desagues	160.000.00	4.20
14	Equipo de cloración	40.000.00	1.00
		<u> </u>	<u> </u>
		\$3'765.000.00	100.00 %