

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PILOTO PARA RECOLECCIÓN Y
TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS UBICADO EN LAS COORDENADAS long.
01°09'25" y lat. 76°33'59.4" MOCOA PUTUMAYO (2007).

CARLOS ARMANDO ERAZO BURBANO
LUÍS CARLOS MARTÍNEZ NAVIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
UNIDAD DE RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA AMBIENTAL
MOCOA PUTUMAYO
2007

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PILOTO PARA RECOLECCIÓN Y
TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS UBICADO EN LAS COORDENADAS long
01°09'25" y lat. 76°33'59.4" MOCOA PUTUMAYO (2007).

CARLOS ARMANDO ERAZO BURBANO
LUIS CARLOS MARTÍNEZ NAVIA

Asesor
JAIRO GONZÁLES
Ingeniero Civil

TRABAJO DE GRADO, PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO DE
TECNÓLOGO AMBIENTAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
UNIDAD DE RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA AMBIENTAL
MOCOA PUTUMAYO
2007

Nota de aceptación

• _____
Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Mocoa, 19 de julio de 2007

Primero que todo quiero darle gracias a Dios por darme la vida y por darme la oportunidad de superarme e ir cumpliendo las metas que me e ido trazando a través del tiempo. El es quien me ilumina y me da la fortaleza, la sabiduría para emprender todos mis sueños con humildad y paciencia.

A mi madre:

Por ser el pilar más importante de mí vida que DIA a DIA me demuestra su amor, cariño y apoyo, quien ha logrado con esfuerzo y sacrificio ver a su hijo crecer con madurez para poder elegir con sabiduría el camino de la rectitud, responsabilidad y el servicio para los demás.

Gracias mama.

A mi padre, a mi familia, a mi novia Dayana Bastidas Chamorro y a su familia por el apoyo incondicional y la amistad que me brinda en todo momento, a mis compañeros Jhon Mavisoy y Romario Andrade por enseñarme el valor de la amistad, y la confianza, a mi compañero de tesis y compadre Luis Martínez por todos los buenos y malos momentos vividos en el tiempo de amistad y el transcurso de este trabajo.

Muchos éxitos

CARLOS ARMANDO ERAZO BURBANO

Este proyecto fue posible gracias a Dios y a mi familia, en especial a mi esposa Magali, mis hijas Luisa Y Dannia que son la fuerza que me impulsan para lograr estas metas en vida. A mis padres Fabio y Lucila que día a día estuvieron a mi lado apoyándome y enseñándome a crecer con madurez, a Carlos mi compañero de tesis que siempre fue mi pilar y el que soporto todas las reacciones buenas y malas que se presentaron en el transcurso de este proyecto.

LUIS CARLOS MARTINEZ NAVIA

AGRADECIMIENTOS

Respetado rector, docentes, comunidad educativa y compañeros.

Es un honor tomar la vocería en esta oportunidad para despedirnos de esta honrosa institución, donde obtuvimos resultados satisfactorios y en algunas oportunidades dificultades, pero siempre encontrando en nuestros queridos profesores sus sabias y desinteresadas enseñanzas, a ellos muchas gracias les recordaremos con cariño

Gracias a Dios por permitirnos terminar la carrera y estar a nuestro lado en todo momento.

A nuestro asesor Jairo Gonzáles Gudiño y a las personas que hicieron posible que se lleve a cabo esta propuesta Lorena Arcos, Andrea Silva por brindarnos su apoyo, conocimientos, experiencias, amistad y confianza durante todo este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
1. TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PILOTO PARA RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS UBICADO EN LAS COORDENADAS LONG. 01°09'25" Y LAT. 76°33'59.4" MOCOA PUTUMAYO (2007).	17
2. INTRODUCCIÓN	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3.1 FORMULACIÓN	19
3.2 DESCRIPCIÓN	19
5. JUSTIFICACIÓN	20
6. OBJETIVOS	21
6.1 GENERAL	21
6.2 ESPECÍFICOS	21
7. MARCO REFERENCIAL	22
6.1 ANTECEDENTES	22
6.2 MARCO TEÓRICO	23
6.2.1 Agua lluvia.	23
6.2.2 Medición de la precipitación.	24
6.2.3 Filtración.	25
6.2.4 Desinfección con cloro.	26

6.2.5 Calidad del agua.	27
6.3 MARCO LEGAL	29
8. HIPÓTESIS	31
8. DISEÑO METODOLÓGICO.	32
8.1 CALCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE QUE SE EMPLEARÁ EN EL SISTEMA PILOTO DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	32
8.1.1 Determinación De La Precipitación Promedio Mensual	32
8.1.2 Determinación de la demanda	33
8.1.3 Determinación de la oferta	34
8.2 DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO QUE SE TENDRÁN EN CUENTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	36
8.3 CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO QUE SE UTILIZARÁ EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA LLUVIA RECOLECTADA EN EL SISTEMA PILOTO	36
8.4 ANALIZAR SI EL EFLUENTE DEL SISTEMA PILOTO CUMPLE CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO 475 DE 1998. ANTES Y DESPUÉS DEL MONTAJE DEL SISTEMA PILOTO	37
8.4.1 Datos generales del sitio de muestreo	37
8.4.2 Número de muestras tomadas.	37
8.4.3 Método de muestreo.	38

8.4.4	Preservación de muestras	38
8.4.5	Rótulos De Muestras	38
8.4.6	Recepción y registro de muestras	38
8.4.7	Proceso de las muestras en el laboratorio	39
8.5	TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
8.5.1	Línea	40
8.5.2	Sublínea	40
8.6	UNIVERSO	40
8.7	MUESTRA	40
8.8	FUENTES Y TÉCNICAS DE INFORMACIÓN	40
9.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	41
9.1	CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA	42
9.2.	DOSIFICACIÓN DE CLORO EN EL PROCESO DE DESINFECCIÓN	44
9.3	DISEÑO DEL FILTRO	45
9.4	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA LLUVIA	45
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	48
10.1	CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA	48
10.2	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA LLUVIA	50

11. CONCLUSIONES	54
12. RECOMENDACIONES	56
13. BIBLIOGRAFÍA	58
14. ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normas de calidad organoléptica, física y química de agua potable	27
Tabla 2. parámetros microbiológicos del agua potable	29
Tabla 3. Dotación neta de agua para uso residencial	33
Tabla 4. Dotación neta de agua para uso residencial utilizada en el proyecto.	34
Tabla 5 Corrección de la dotación neta por efecto del clima para los meses de menor precipitación	34
Tabla 6. Coeficiente de escorrentía dependiendo del tipo del material de la superficie de captación	35
Tabla 7. Preparación de 1 litro de solución madre al 1% de hipoclorito con diversos compuestos de hipoclorito de calcio	37
Tabla 8. técnicas analíticas utilizadas en los análisis de laboratorio	39
Tabla 9. Precipitación promedio mensual de un periodo de 15 años	41
Tabla 10. Demanda total mensual para una familia de cinco personas (Litros)	41
Tabla 11. Calculo del volumen con un área de 33,656 M ²	42
Tabla 12. Calculo del volumen con un área de 41 M ²	42
Tabla 13. Calculo con un área de 60 M ² y un Vol. 1 M ³ para satisfacer la demanda mensual de cinco personas	43
Tabla 14. Calculo con un área de 70 M ² y un Vol. 1 M ³ se satisface la demanda mensual de cinco personas	43
Tabla 15. Dosificación de cloro teniendo en cuenta el volumen del recipiente y la concentración de las soluciones de hipoclorito de calcio	44
Tabla 16. Comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo	45

Tabla 17. Continuación comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo	46
Tabla 17. Continuación comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo	46
Tabla 18. Composición del agua lluvia directa	46
Tabla 19. Composición del agua lluvia directa	47

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Precipitación promedio mensual para un periodo de 15 años en el municipio de Mocoa	48
Gráfica 2. Comparación del afluente y efluente del filtro	50
Gráfica 3. Continuación comparación del afluente y efluente del filtro	51
Gráfica 4. Comportamiento del efluente del filtro en los diferentes días de muestreo	52
Gráfica 5. Continuación comportamiento del efluente del filtro en los diferentes días de muestreo	52

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1. Registro de valores totales de precipitación según el IDEAM.	61
Anexo 2. Registro de número de días de lluvia según el IDEAM	62
Anexo 3. Resultado de laboratorio día uno	63
Anexo 4 Resultado de laboratorio día dos	64
Anexo 5 Resultado de laboratorio día tres	65
Anexo 6 Resultado de laboratorio día cuatro	66
Anexo 7 Resultado de laboratorio día cinco	67
Anexo 8 Resultado de laboratorio día seis	68
Anexo 9 Resultado de laboratorio agua lluvia directa	69
Anexo 10. Ficha técnica carbón activado	70
Anexo 11. Ficha técnica antracita	71
Anexo 12 Ficha técnica arena sílice	72
Anexo 13 Registros fotográficos	73

RESUMEN

Este trabajo plantea una alternativa fácil y económica de obtener agua para consumo humano y otras necesidades a nivel domestico dándole uso eficiente a un recurso abundante en esta zona como es el agua lluvia y al mismo tiempo solventando la problemática común que se presenta cuando se cierra o corta parcialmente el agua por parte de los diferentes sistemas de abastecimiento de este municipio.

Por tal razón las constantes precipitaciones que se presentan en el municipio de Mocoa, fueron factor determinante para que este proyecto sea viable; actualmente se maneja una precipitación promedio anual de 3742 mm lo que ratifica la importancia de aprovechar este recurso; pues es esencial para abastecer y satisfacer algunas necesidades que se presentan por la falta de agua.

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua lluvia, fue necesario tener en cuenta los aspectos siguientes, precipitación en la zona, para esto fue necesario conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 15 años suministrados Por El Instituto De Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales (IDEAM), tipo de material en que está construida la superficie de captación la cual es de asbesto cemento y tiene un coeficiente de esorrentía de 0.9, número de personas beneficiadas fue de cinco, y la demanda de agua teniendo en cuenta en Reglamento De Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS). Para el diseño se utilizo el método conocido como: "Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento" según la unidad de apoyo técnico básico y saneamiento rural del Perú con el cual se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento. Una vez recolectada el agua lluvia, esta puede contener diferentes partículas y/o materiales que desmejoran su calidad, de ahí que sea necesario implementar dentro del sistema de recolección de aguas lluvias un tratamiento de filtración en el cual se utilizaron diferentes capas de lechos filtrantes como (Grava, Arena, Antracita, y Carbón Activado), luego se realizo la desinfección con hipoclorito de calcio al 1% de concentración de un tanque de 40 litros para almacenar agua para el consumo humano, también se empleo un tanque de 1000 litros en el cual se almaceno agua para otros usos. La calidad del efluente del sistema fue constatada luego de su proceso de análisis en laboratorio según los parámetros establecidos en la norma colombiana decreto 475 de 1998 emitido por el ministerio de salud.

SUMMARY

This work outlines an alternative easy and economic of obtaining water for human consumption and other necessities at level I tame giving I use him efficient to an abundant resource in this area like it is the water rain and at the same time paying the common problem that is presented when he/she closes or it cuts the water partially on the part of the different systems of supply of this municipality.

For such a reason the constant precipitations that are presented in the municipality of Mocoa, were decisive factor so that this project is viable; at the moment a precipitation is managed I average yearly of 3742 mm what ratifies the importance of taking advantage of this resource; because it is essential to supply and to satisfy some necessities that are presented by the lack of water.

Before undertaking the design of a system of reception of water rain, it was necessary to keep in mind the following aspects, precipitation in the area, for this was necessary to know the data pluviométricos of at least the last 15 years given By The Institute Of Hydrology, Metereología and Environmental Studies (IDEAM), material type in that it is built the reception surface which is made of asbestos cement and he/she has a coefficient of escorrentía of 0.9, benefitted people's number it was of five, and the demand of water keeping in mind in Regulation Of Drinkable Water AND Basic Reparation (LEVEL). For the design you uses the well-known method as: "Calculation of the Volume of the Tank of Storage according to the unit of support basic technician and rural reparation of the Peru with which the quantity of water is determined that it is able to be gathered by square meter of roof surface and starting from her it is determined the necessary roof area and the capacity of the storage tank. Once gathered the water rain, this it can contain different particles material y/o that deteriorate their quality, with the result that it is necessary to implement inside the system of gathering of waters rains a filtration treatment in which different layers of channels filtrantes were used like (it Burdens, Sand, Anthracite, and Activated Coal), then one carries out the disinfection with hipoclorito of calcium to 1% of concentration of a tank of 40 liters to store water for the human consumption, also you employment a tank of 1000 liters in which you stores water for other uses. The quality of the efluente of the system was verified after its analysis process in laboratory according to the parameters settled down in the norm Colombian ordinance 475 of 1998 emitted by the ministry of health.

1. TITULO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PILOTO PARA RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS UBICADO EN LAS COORDENADAS LONG. 01°09'25" Y LAT. 76°33'59.4" MOCOIA PUTUMAYO (2007).

2. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Mocoa debido a las altas precipitaciones (3742 mm en promedio, según el IDEAM), se facilita la implementación de un sistema de abastecimiento de agua lluvia para consumo humano, favoreciendo a las comunidades que no poseen servicio de acueducto o este no es eficiente. Además este tipo de sistema se podría utilizar también en zonas rurales en donde el acceso al agua es difícil.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtención de agua para consumo humano y otros usos. En lugares con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

En el presente trabajo se propone el diseño y construcción de un sistema piloto de captación, tratamiento y almacenamiento del agua de lluvia con fines domésticos. Se utilizó la superficie del techo para la captación, un filtro convencional con posterior cloración para el tratamiento y un tanque para su almacenamiento. La calidad del efluente del sistema será constatada luego de su proceso de análisis en laboratorio según los parámetros establecidos en la norma colombiana decreto 475 de 1998 emitido por el ministerio de salud.

Con la implementación de este sistema piloto se busca inicialmente aprovechar este recurso de manera eficiente convirtiéndose en una alternativa para la población, subsanando los cortes e interrupciones parciales que se presentan por parte de los diferentes acueductos existentes en el municipio cuando suceden las precipitaciones,

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 FORMULACIÓN

¿EL MUNICIPIO DE MOCOA NO CUENTA CON UN SISTEMA ALTERNATIVO DE ABASTECIMIENTO CONTINUO DE AGUA POTABLE QUE SATISFAGA A TODA LA POBLACIÓN?

3.2 DESCRIPCIÓN

En el municipio de Mocoa no hay un servicio eficiente de agua potable (DASALUD, 2006), además el suministro de agua en épocas de lluvia es interrumpido ya que no posee un sistema de almacenamiento que garantice el abastecimiento suficiente y continuo a los usuarios, creando graves problemas cuando se presentan emergencias y/o actividades de reparación y mantenimiento en los sistemas de acueducto.

Existe gran cantidad de población en situación de desplazamiento, campesinos e indígenas que carecen del servicio de agua por parte de los sistemas de abastecimiento municipales, viéndose en la obligación de recolectar este recurso de quebradas, arroyos, agua lluvia y otras fuentes hídricas las cuales pueden no ser aptas para el consumo humano, generando riesgos en la salud especialmente en los niños. En el municipio de Mocoa según Acción social en el año 2006 se encontraban en condición de desplazamiento 3482 hogares equivalentes a 15759 personas.

Mocoa por estar ubicada en una zona tropical húmeda presenta precipitaciones altas, lo que hace que la implementación del sistema piloto para la recolección y tratamiento de aguas lluvias sea un medio fácil para obtener y satisfacer la demanda de agua para el consumo humano y otras actividades domésticas; dando solución a las dificultades que se presentan en el municipio, relacionado con la calidad y cantidad del agua.

4. JUSTIFICACIÓN

“El agua es un elemento vital para la vida, de su existencia depende no solo directamente el ser humano, sino los elementos que a él le sirven, como las plantas y los animales. La localización de los asentamientos humanos ya sean agrícolas, pecuarios o urbanos, esta condicionada a la disponibilidad permanente de agua”¹.

La necesidad de diseñar y construir un sistema piloto para la recolección y tratamiento de aguas lluvias, radica en estudiar una alternativa que optimice este recurso para el consumo humano. Generalmente es de muy buena calidad en zonas donde la contaminación atmosférica por emisiones (gases y material particulado) es insignificativa como el municipio de Mocoa. También se busca con este proyecto enmendar las irregularidades en el suministro permanente de agua, por parte de los sistemas de abastecimiento administrados por el municipio, los cuales estarían incumpliendo con el artículo 4 del decreto 475 de 1998. Esto se debe a que no cuentan con tanques de almacenamiento en caso de presentarse alguna emergencia, accidente, o reparación lo que ocasiona el corte parcial de este servicio; afectando el normal desarrollo de las actividades de la población.

Por otra parte, las constantes precipitaciones que se presentan en la región, son un factor determinante que hacen que este proyecto sea viable; actualmente se maneja una precipitación promedio anual de 3742 mm lo que ratifica la importancia de aprovechar este recurso, pues es esencial para abastecer y satisfacer la demanda de agua debido a que es un recurso abundante en la región. Una vez recolectada el agua lluvia, esta puede contener diferentes partículas y/o materiales que desmejoran su calidad, de ahí que sea necesario implementar dentro del sistema de recolección de aguas lluvias un tratamiento de filtración y desinfección.

De esta manera, el sistema que se propone diseñar y construir se convierte en una propuesta eficiente y sostenible, no solo viable sanitariamente sino que también es una alternativa, técnica y económica debido al bajo costo de inversión en su diseño y construcción (Ver tabla 7); el cual puede ser implementado primordialmente por comunidades rurales y comunidades en situación de desplazamiento, dado que estas confluyen en la carencia de disponibilidad del recurso apto para el consumo humano y en los bajos ingresos económicos que maneja este tipo de población. La importancia de este proyecto radica también en que puede ser implementado en la zona urbana como edificaciones residenciales, comerciales, hospitales, escuelas, entre otras, disminuyendo el consumo de agua suministrado por los sistemas de abastecimiento municipal lo que representa hacia

¹ Emilio La torre Estrada, Medio Ambiente y Municipio en Colombia, Cerec, Bogotá 1994.78 p.

un futuro el ahorro de dinero en el pago de los impuestos por el servicio de agua potable.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Diseñar y construir un sistema piloto para la recolección y tratamiento de aguas lluvias ubicado en las Coordenadas long. $01^{\circ}09'25''$ y lat. $76^{\circ}33'59.4''$ MOCOA PUTUMAYO (2007).

5.2 ESPECÍFICOS

- Calcular el volumen del tanque que se empleará en el sistema piloto de recolección y tratamiento de aguas lluvias.
- Determinar los parámetros de diseño que se tendrán en cuenta para la construcción del filtro.
- Calcular la dosificación del cloro que se utilizará en la desinfección del agua lluvia recolectada en el sistema piloto.
- Analizar si el efluente del sistema piloto cumple con los parámetros de calidad de acuerdo a lo establecido en el decreto 475 de 1998.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 ANTECEDENTES

“La Unidad De Apoyo Técnico En Saneamiento Básico Rural Del Perú (UNATSABAR) ha elaborado una guía de diseño para captación del agua de lluvia utilizando el método SCAPT (Sistema De Captación De Agua Pluvial En Techos). Para dar solución a los problemas de escasez y calidad del agua para el consumo humano en las zonas rurales del Perú”²

“En el salvador El Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES) en alianza con COCA COLA Co. inició la implementación de un programa para la captación de agua lluvia en los centros escolares rurales que es donde la escasez de agua potable es mas critica por el grado de dispersión de las viviendas lo que conlleva la imposibilidad de suministrar recursos hídricos por medio de sistemas de abastecimientos. Este método ha demostrado ser muy eficiente ya que ha disminuido los costos tanto a las instituciones educativas como a las familias por consumo de agua y compra de medicinas para enfermedades gastrointestinales”³

“La Unidad de Tecnología de Desarrollo de la Universidad de Warwick ha empezado a investigar y promover tecnologías destinadas al uso práctico en el tercer mundo. Su objetivo es desarrollar varias alternativas seguras y económicas para el almacenamiento del agua lluvia. Desarrollando recientemente tres vasijas pequeñas para el almacenamiento de este recurso. También se logró demostrar mediante un estudio en el Distrito de Kabarole, Uganda, que durante la estación seca con solo doce días lluviosos en dos meses, una familia de cinco personas podía obtener el 60% de toda su agua doméstica del tanque”⁴

“El Centro Internacional De Información Sobre El Ferrocemento (IFIC) realizó un estudio en las Filipinas en el año de 1984, sobre tanques cilíndricos para la recolección de agua de lluvia, con el fin de ayudar a los países en vía de

² guía de diseño para captación del agua de lluvia. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (UNATSABAR). Centro Panamericano de Ingeniería.

www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/ag_lluv.pdf -

³ Fondo ambiental de el salvador FONALES. Techo y agua

www.fonaes.gob.sv/techoagua.htm - 15k -

⁴ de agua a bajo costo Unidad de Tecnología de Desarrollo de la Universidad de Warwick

www.tilz.tearfund.org/Espanol/Paso+a+Paso+41-

50/Paso+a+Paso+46/Recolección+de+agua+a+bajo+costo.htm - 81k -

desarrollo especialmente al sector rural donde la población estaba dispersa y carecía de agua para el consumo humano. estos proyectos pilotos fueron financiados por la ONG llamada G2piz Foundation en conjunto con las autoridades locales, los cuales fueron fabricados con ferrocemento por los costos y eficacia”⁵

“En Colombia el abogado y ambientalista Hernán Vivas Rosas ganó un premio que otorga anualmente el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), por su trabajo contra la desertificación de las laderas andinas y un proyecto de recolección de agua de lluvia. El cual esta enfocado a dar solución a la escasez de agua, primordialmente a las comunidades rurales, campesinas e indígenas; pero también se puede implementar en edificaciones como viviendas, escuelas, hospitales entre otras. El diseño de los tanques de recolección de aguas lluvias en este proyecto ha mostrado ser muy efectivo por ser de bajo costo y por el tiempo de construcción ya que solo toma seis horas construirlos y pueden ser utilizados 72 horas después de estar terminados”⁶

“CIPASLA Organización sin animo de lucro, con radio de acción en la zona Andina Colombiana impulsará en Colombia el Proyecto Cosecha de aguas Lluvias, la meta es establecer 500 mil cisternas como una alternativa de abastecimiento de agua en zonas áridas y semiárida, proyecto a desarrollar como piloto en algunos municipios seleccionados en el país, para luego replicar la experiencia y lograr que sea una política pública”⁷

6.2 MARCO TEÓRICO

6.2.1 Agua lluvia. “Es cualquier forma de agua que cae del cielo en diferente estado, directa o indirectamente sobre la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, nieve, neblina y rocío.

La precipitación es importante en el ciclo hidrológico y es responsable de depositar agua fresca en el planeta. La fuente principal de las precipitaciones son las nubes, pero no se llegan a producir hasta que las diminutas partículas que las constituyen

⁵Sistema Para Recolección De Agua Lluvia. Centro Internacional De Información Sobre El Ferrocemento (IFIC)
idinfo.idrc.ca/archive/ReportsINTRA/pdfs/v18n4s/111607.pdf –

⁶ Noticias aliadas: Artículo COLOMBIA. Trabajo contra la desertificación de las laderas andinas y un proyecto de recolección de agua de lluvia.
www.lapress.org/Article.asp?lanCode=2&artCode=4950 - 54k –

⁷ CIPASLA cosecha de aguas lluvias para Colombia.
www.gobcauca.gov.co/admin/files/Ane-Noticia_2811200622927.doc -

se acrecionan y consiguen un tamaño suficientemente grande como para vencer la fuerza ascendente de las corrientes atmosféricas.

La cantidad, frecuencia y distribución espacial y temporal de las precipitaciones es muy variable, razón por la cual ha sido objeto de intenso estudio por parte del hombre, en la determinación de los climas y el aprovechamiento de los recursos hídricos que ofrece la naturaleza.

La intensidad de las precipitaciones varía de un lugar a otro aunque no se encuentren a mucha distancia. A lo largo de un año también hay variaciones. Existen zonas en las que en un sólo día cae más lluvia que en otros a lo largo de todo el año.

Las causas que influyen en la distribución de precipitaciones en el planeta son la proximidad al mar, que aumenta la humedad del aire, y las corrientes ascendentes de aire, como las que obligan a realizar las cordilleras, sobre las cuales las precipitaciones son más numerosas e intensas en la ladera enfrentada a los vientos más frecuentes, o barlovento”⁸

6.2.2 Medición de la precipitación. “Para el desarrollo de este trabajo fue necesario utilizar los resultados de la precipitación promedio mensual la cual se determina con instrumentos especiales estandarizados los cuales registran los valores en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los valores indicados para localidades diferentes sean científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La cantidad o volumen de agua caída se expresa como la altura que alcanzaría el agua caída sobre el terreno suponiendo que no hubiera pérdidas o infiltraciones. Se suele expresar en milímetros. Existe una equivalencia entre esta medida en milímetros y el volumen por superficie, de manera que 1 mm de altura supone 1 l/m^2 ⁹

⁸ precipitación (meteorología) –wikipedia enciclopedia libre
es.wikipedia.org/wiki/Precipitación - 32k -

⁹ Medición de la precipitación. Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

6.2.3 Filtración. "Cuando se produce una precipitación el agua lluvia entra en contacto con partículas y sustancias que se encuentran en la atmósfera y en la superficie terrestre la cual puede afectar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de este recurso. Por esta razón es necesario implementar un proceso de filtración que consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (agua más partículas) y del medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

📌 Objetivos de la filtración.

- Remoción de bacterias. la eficiencia de este aspecto depende de la granulometría (granos que componen el lecho filtrante), o sea que entre mas fino el grano mas eficiente.
- Remoción de la turbiedad remanente. la que ha quedado de otros procesos anteriores. Secuencialmente elimina turbiedad, mediante un tratamiento de múltiples etapas.

📌 Clases de filtros

- Por la dirección del flujo:

Ascendentes: el agua debe entrar por debajo del lecho filtrante y ascender para descargar en un sistema efluente.

Descendentes: el agua debe pasar gravitacionalmente a través de un medio filtrante y colectarse mediante drenaje hacia el efluente"¹⁰

- Por la velocidad de operación:

Rápidos: Se lo utiliza en una planta de tratamiento convencional, previamente haya ocurrido los procesos de coagulación, floculación, sedimentación o en una planta de tratamiento de Filtración directa previamente después de haber ocurrido el proceso de desarenación.

Este proceso se utiliza como único tratamiento cuando las aguas son muy claras o como proceso final de pulimento en el caso de aguas turbias.

¹⁰ Principios básicos de calidad y tratamiento de agua potable. Alba lucia Trujillo López

Lentos: se lo utiliza en una planta de tratamiento de filtración en múltiples etapas. Además se lo utiliza como tratamiento único cuando la calidad de la fuente no sea deficiente, por lo general se lo utiliza en zonas rurales y poblaciones pequeñas.

La Filtración Lenta En Arena (FLA) es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo, Un filtro lento es un sistema utilizado fundamentalmente para eliminar turbiedades, pero si este elemento es diseñado y operado convenientemente, puede ser considerado como un sistema de desinfección destruyendo los microorganismos patógenos del agua, constituyendo una tecnología limpia a través de la cual es posible purificar el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente”¹¹

6.2.4 Desinfección con cloro. Teniendo en cuenta que la filtración no es suficiente para eliminar los microorganismos presentes en agua lluvia se utilizó un proceso complementario mediante la aplicación de hipoclorito de calcio el cual es un producto efectivo y rentable económicamente. El cloro en aguas claras donde la turbiedad presenta rangos de una Unidad Nefelometrica o menos y un pH menor de 8, es muy eficaz contra las bacterias relacionadas con enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, los virus y los quistes de protozoos son más resistentes por lo que se requiere de periodos adicionales de exposición y mayores concentraciones para su desactivación. Es más, las partículas coloidales productoras de turbidez, y los depósitos de hierro y manganeso pueden consumir el Cloro siendo posible que los microorganismos no sean afectados.

El cloro se presenta en diferentes tipos de compuestos, pero principalmente como hipoclorito de calcio o de sodio. El hipoclorito de calcio se puede obtener en forma de polvo con concentraciones de alrededor de un 20, 35, 65 ó 70 por ciento de cloro y en pastillas con una concentración de cloro disponible de alrededor de 65 por ciento. El hipoclorito de sodio es un líquido, que se puede obtener en concentraciones de un 3 a un 5 por ciento y hasta un 10 por ciento. Con una concentración mayor del 10 por ciento es muy inestable. El hipoclorito de sodio comercial puede contener a veces otras sustancias que podrían ser tóxicas en cuyo caso no deberá emplearse para desinfectar agua para beber.¹²

En el presente trabajo la desinfección con cloro se realizó teniendo en cuenta la normatividad vigente, el decreto 475/98, el cual establece que el valor admisible para el cloro residual libre en el agua potable deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/litro

¹¹ FILTRACION. Filtros lentos como rápidos y a presión.

www.ssvsa.cl/filtro.htm - 27k -

¹² Desinfección con cloro. El cloro sustancia química más usada para la desinfección del agua.

www.monografias.com/trabajos14/cloracion/cloracion.shtml - 58k -

6.2.5 Calidad del agua. "Para determinar si el efluente del sistema piloto de recolección y tratamiento de agua lluvia cumplió con las normas mínimas de calidad se comparó los resultados de los análisis de laboratorio con los rangos permisibles de agua potable establecidos en el decreto 475 de 1998 para agua potable.

El término calidad del agua es relativo, hace referencia a las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo, sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

De acuerdo a lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de la necesidad, ya sea agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, entre otros.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son reglamentadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos nacionales, variando ligeramente uno de otro"¹³

En Colombia las normas técnicas de calidad del agua potable están establecidas en el decreto 475 de 1998 como se muestra a continuación.

Tabla 1. Normas de calidad organoléptica, física y química de agua potable

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	≤ 15
Olor y Sabor		Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	≤ 5
Sólidos Totales	mg/L	≤ 500
Conductividad	Micromhos/cm	50 - 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

¹³Calidad del agua - Wikipedia, la enciclopedia libre El término calidad del agua es relativo. [wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua) - 42k -

Aluminio	Al	0.2
Antimonio	Sb	0.005
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.5
Boro	B	0.3
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN	0.05
Cianuro total	CN	0.1
Cloroformo	CHCl ³	0.03
Cobre	Cu	1.0
Cromo Hexavalente	Cr+6	0.01
Fenoles totales	Fenol	0.001
Mercurio	Hg	0.001
Molibdeno	Mo	0.07
Niquel	Ni	0.02
Nitritos	NO ₂	0.1
Nitratos	NO ₃	10
Plata	Ag	0.01
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.5
Grasas y aceites	-	Ausentes
Trihalometanos Totales	THMs	0.1
Calcio	Ca	60
Acidez	CaCO ₃	50
Hidroxidos	CaCO ₃	<LD
Alcalinidad Total	CaCO ₃	100
Cloruros	Cl	250
Dureza Total	CaCO ₃	160
Hierro Total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0.1
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250
Zinc	Zn	5
Fluoruros	F	1.2
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0.2

Fuente. Decreto 475 de 1998.

Tabla 2. Parámetros microbiológicos de agua potable

El agua para consumo humano debe cumplir con los siguientes valores admisibles desde el punto de vista microbiológico:

TECNICA UTILIZADA MICROORGANISMOS INDICADORES	FILTRACION POR MEMBRANA	SUSTRATO DEFINIDO	TUBOS MULTIPLES DE FERMENTACION "aceptable hasta el año 2000"
Coliformes totales	0 UFC/100 cm ³	0 microorganismos/100 cm ³	< 2 microorganismos/100 cm ³
Escherichia coli	0 UFC/100 cm ³	0 microorganismos/100 cm ³	negativo

¹⁴Fuente. Decreto 475 de 1998.

6.3 MARCO LEGAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1991

ART. 79 Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarle, es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

ART.80. El Estado garantizará el manejo y aprovechamiento de los Recursos Naturales, para certificar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

ART.366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del estado, serán objetivos fundamentales de su actividad; la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.

DECRETO 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y la protección del Medio Ambiente.

¹⁴ Decreto 475 de 1998 por el cual se expiden las normas técnicas del agua

LEY 09 de 1979. Por la Cual se expide el código Sanitario.

LEY 99 de 1993. Por el cual se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y regula al Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.

DECRETO 475 de 1998. Por el cual se reglamenta la calidad del agua para consumo humano, por parte del Ministerio de Salud Público y Desarrollo Económico.

LEY 142 de 1994. Por la cual se establece la regulación del Servicio Público domiciliario.

LEY 365 de 2005 por el cual se establece el programa para el uso eficiente y el ahorro del agua.

RESOLUCIÓN 1096 Del 17 de Noviembre De 2.000 Reglamento De Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS).

7. HIPÓTESIS

El sistema piloto de recolección y tratamiento del agua lluvia asegura que el efluente tendrá las condiciones mínimas de calidad de agua potable establecidas en el decreto 475 de 1998.

8. DISEÑO METODOLÓGICO.

8.1 CALCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE QUE SE EMPLEARÁ EN EL SISTEMA PILOTO DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

Para el diseño y construcción del sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias se implementó el método conocido como: "Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento"¹⁵ en el cual se debe conocer los datos pluviométricos de la zona de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años. Se solicitó información al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) sobre los valores mensuales de precipitación desde el año 1985 hasta el año 2006.

En el presente trabajo se utilizó precipitaciones promedio mensuales desde el año 1991 hasta el año 2005; los datos de los años posteriores al 2005 no se encuentran disponibles a la fecha, por tal razón se procedió a determinar la cantidad de agua posiblemente recolectada por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se estableció el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento. Para esto se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

8.1.1 Determinación De La Precipitación Promedio Mensual. Esta se determinó a partir de los datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Utilizando los promedios mensuales de precipitación desde el año de 1991 hasta el año 2005. Este valor fue expresado en términos de milímetros de precipitación por mes por metro cuadrado y por mes capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo aplicando la ecuación 1.

(ecuación 1)

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

Donde:

n : número de años evaluados,

pi : valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

¹⁵ guía de diseño para captación del agua de lluvia. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (UNATSABAR). Centro Panamericano de Ingeniería. www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/ag_lluv.pdf -

Ppi : precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados.
(mm)

8.1.2 Determinación de la demanda. Para la determinación de la demanda se tuvo en cuenta la dotación neta mínima del uso de agua doméstico por persona estipulado en el reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS) que se observa en la tabla 3.

Actividades como el lavado de ropa y el riego de jardín fueron descartadas del sistema de abastecimiento a implementar debido a que se pueden satisfacerse alternativamente. El lavado de ropa puede llevarse a cabo en lavanderías y el riego de jardín se realizaría directamente con el agua lluvia.

Luego se procedió a calcular la demanda neta para la familia de 5 personas que habitan la vivienda donde está ubicado el sistema piloto de recolección de aguas lluvias por medio de la ecuación 2.

$$D_i = \frac{N_u \times N_d \times D_{ot}}{1000} \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde:

- Nu : número de usuarios que se benefician del sistema.
- Nd : número de días del mes analizado
- Dot : dotación (lt/persona.día)
- Di : demanda mensual (m3)

Tabla 3. Dotación neta de agua para uso residencial.

ITEM	RANGO DOTACION L/hab/dia.	VALOR MEDIO L/hab/dia.
Aseo personal	20-75	45
Descarga de sanitarios	30-50	40
Lavado de ropa	15-25	20
Cocina	10-30	15
Lavado de pisos	5-10	5
Riego jardín	5-15	10

Fuente: reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000).

Tabla 4. Dotación neta de agua para uso residencial utilizada en el proyecto

ITEM	RANGO DOTACION L/hab/dia.
Aseo personal	20
Descarga de sanitarios	30
Cocina	10
Lavado de pisos	5
Total demanda neta	65

Fuente: Este estudio.

En la tabla 4 se muestra la dotación neta para uso residencial utilizando el valor mínimo de consumo según el RAS.

Tabla 5. Corrección de la dotación neta por efecto del clima para los meses de menor precipitación

MES	NIVEL DE COMPLEJIDAD	CLIMA 20-28	CORRECCION
Octubre	Bajo	+10	71.5
Noviembre	Bajo	+10	71.5
Diciembre	Bajo	+10	71.5
Enero	Bajo	+10	71.5
Febrero	Bajo	+10	71.5
Marzo	Bajo	+10	71.5

Fuente: reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000).

8.1.3 Determinación de la oferta. Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procedió a determinar la cantidad de agua captada por mes de acuerdo al área del techo según la ecuación 3.

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000} \quad (\text{ecuacion 3})$$

Donde:

P_{pi}: precipitación promedio mensual (litros/m²)

C_e: coeficiente de escorrentía

A_c: área de captación (m²)

A_i: Abastecimiento correspondiente al mes "i" (m³)

Tabla 6. Coeficiente de escorrentía dependiendo del tipo del material de la superficie de captación

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
Calamina metálica	0.9
Tejas de asbesto cemento	0.8-0.9
Tejas de arcilla	0.8-0.9
Madera	0.8-0.9
paja	0.6-0.7

Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia, unidad de apoyo técnico y saneamiento básico rural, lima-Perú 2001.

Después de haber obtenido la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se calcula el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua.

Se descarto las diferencias acumulativas negativas en cualquiera de los meses hasta encontrar el área del techo que sea capaz de captar la cantidad necesaria de agua para todos los meses del año.

El área mínima de techo correspondió al análisis que proporcione una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes "i" podrá determinarse por la ecuación 3 y 4:

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000} \quad (\text{ecuacion 3})$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + Nu \times Nd_i \times Dd_i \quad (\text{ecuacion 4})$$

Donde:

Aa_i: volumen acumulado al mes "i".

Da_i: demanda acumulada al mes "i".

$$Vi (m^3) = Ai (m^3) - Di (m^3) \quad (\text{ecuación 5})$$

Donde:

Vi: volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i".

Ai: volumen de agua que se captó en el mes "i".

Di: volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i".

8.2 DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO QUE SE TENDRÁN EN CUENTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO

Se buscó asesoría profesional y se tuvo en cuenta algunas de las condiciones mínimas para el diseño de un filtro, tomando como referencia los criterios de diseño de un filtro rápido. Donde se muestran las características que deben tener los distintos materiales que pueden ser empleados en el lecho filtrante, y el lecho de soporte, También se establecen algunos criterios personales sobre la altura del filtro, altura de cada lecho filtrante, y área del filtro.

Altura y lechos filtrantes. El filtro fue construido con una altura de 1m y utilizando diferentes lechos filtrantes (grava, arena, antracita¹, y carbón activado), las cuales cumplen con las normas técnicas de calidad NTC 2572 y con la granulometría especificada en RAS.

Medición del caudal. Se realizo dos aforos de los cuales uno se hizo directamente del techo para tener referencia del caudal que se puede captar; y otro del filtro para calcular el caudal del filtro.

Para determinar el caudal en los dos puntos anteriormente mencionados se utilizo la correspondiente formula:

$$Q=V/T$$

Donde:

Q : caudal
V : volumen
T : tiempo

8.3 CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO QUE SE UTILIZARÁ EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA LLUVIA RECOLECTADA EN EL SISTEMA PILOTO

Se utilizó hipoclorito de calcio al 70 % de concentración, preparándose una solución madre al 1 % (ver tabla 7). Posteriormente se procedió a determinar la dosificación de cloro residual libre de acuerdo al volumen almacenado, para obtener resultados mas confiables en este proceso se acudió a la asesoría de un ingeniero químico y se empleo un kit calorimétrico de marca HAYWARD que determina el rango de cloro residual entre 0.6 y 5 mg/l.

Para tratar el agua recolectada se utilizo un tanque de 40 lt, para facilitar la desinfección con hipoclorito de calcio agregando 6 ml de esta solución lo que equivale a 3 gotas por litro.

Tabla 7. Preparación de 1 litro de solución madre al 1% de hipoclorito con diversos compuestos de hipoclorito de calcio

NOMBRE DEL COMPUESTO.	COLOR DISPONIBLE (%)	GRAMOS DE COMPUESTO DE CLORO POR LITRO DE AGUA.
Cal clorada	20	50
Cal clorada	25	40
Hipoclorito de calcio	35	28.6
Hipoclorito de calcio HTH.	65	15.4
Hipoclorito de calcio HTH.	70	14.3

Fuente: Reiff, Fred. Vicente Witt. Manual de desinfección. Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección de agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe. Serie técnica No. 10000, OPS/OMS, 1995.

8.4 ANALIZAR SI EL EFLUENTE DEL SISTEMA PILOTO CUMPLE CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO 475 DE 1998. ANTES Y DESPUÉS DEL MONTAJE DEL SISTEMA PILOTO

Recolección y análisis de muestras. La recolección de las muestras se realizaron adoptando la metodología establecida por IDEAM. Los análisis se realizaron en el laboratorio de aguas del departamento administrativo de salud del Putumayo (DASALUD); las técnicas analíticas que se utilizaron en el laboratorio están validadas por el ministerio de salud para el análisis de los parámetros básicos del agua potable.

8.4.1 Datos generales del sitio de muestreo. El muestreo se realizó en una vivienda residencial ubicada en el barrio Jardín municipio de Mocoa; las muestras se recolectaron de la lluvia directa, del techo, después de pasar por el filtro y después de pasar por todo el sistema.

8.4.2 Número de muestras tomadas.

- Una muestra directa de agua lluvia.
- una muestras antes de pasar el agua lluvia por el sistema piloto.
- una muestra del agua lluvia después de haber pasado por el filtro del sistema piloto.

- Cinco muestras del agua lluvia después de haber pasado por el filtro del sistema piloto y después de haberle hecho la desinfección con hipoclorito de calcio al 70 %.

Las muestras se tomaron aleatoriamente dependiendo de los días de lluvia.

8.4.3 Método de muestreo. El método de muestreo utilizado será manual; se utilizó los siguientes materiales: recipientes de vidrio de 300 y 1000 ml, guantes quirúrgicos, bata de laboratorio, y formatos para la rotulación, cinta de enmascarar, termos, pilas para la refrigeración y actas de envío.

8.4.4 Preservación de muestras. Las muestras horarias fueron refrigeradas, inmediatamente después de tomadas, conservando la cadena de frío a 4° C en una nevera de icopor, evitando al máximo la manipulación exagerada de la muestra y así conservar intactas sus propiedades físicas hasta su análisis en laboratorio; las muestras fueron protegidas del sol, de la luz y de las fuentes de contaminación.

8.4.5 Rótulos De Muestras. Se usaron etiquetas para evitar la confusión de muestras protegidas con cinta de enmascarar; en la etiqueta se incluyó la siguiente información:

- Número de la muestra
- Nombre del colector
- Fecha y hora del muestreo

8.4.6 Recepción y registro de muestras. Las muestras fueron recepcionadas por el laboratorio del departamento administrativo de salud del Putumayo (DASALUD) y registrado su ingreso para posteriormente ser analizadas.

Materiales y equipos de seguridad utilizados:

✦ Materiales:

- Recipientes de vidrio de 600 ml
- Neveras de Icopor
- Termómetro de agua
- Pilas de refrigeración
- Cinta de enmascarar
- Tabla, formatos

✦ Equipo de seguridad:

- Guantes de látex
- Respirador con filtro para vapores orgánicos y gases tóxicos.
- Bata de laboratorio

8.4.7 Proceso de las muestras en el laboratorio. Análisis en laboratorio: los análisis de laboratorio fueron realizados por el departamento administrativo de salud Putumayo (DASALUD), quienes se encargaron de realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua lluvia; Las técnicas analíticas que se utilizaron en el laboratorio están dentro del decreto 475/98.

✦ Parámetros físicos

- pH.
- Turbidez
- Olor
- Color aparente
- Sustancias flotantes

✦ Parámetros químicos

- Cloro residual
- Dureza total
- Sulfatos
- Fosfatos
- Hierro total
- Cloruros
- Nitritos
- Alcalinidad

✦ Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales
- Coniformes fecales
- ✦ Técnicas analíticas

Tabla 8. Técnicas analíticas utilizadas en los análisis de laboratorio

PARÁMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA
Color	Comparador visual
Turbiedad	Corolimetrica
pH	Potenciómetro
Cloro residual	Corolimetrica
Dureza total	Volumétrica
Sulfatos	Corolimetrica
Fosfatos	Corolimetrica
Hierro total	Corolimetrica
Cloruros	Corolimetrica
Nitritos	Volumétrica
Alcalinida	Filtración por membrana
Coliformes	

Fuente: laboratorio de aguas Dasalud Putumayo

8.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de grado denominado "implementación de un sistema piloto de tratamiento de aguas lluvias en el casco urbano del municipio de Mocoa, departamento del Putumayo"; quedó inscrita en el centro de investigación y extensión científica CIECYT así:

El tipo de investigación de la propuesta de grado es de carácter aplicada

8.5.1 Línea

- Implementación del proceso de producción limpia en sectores de impacto ambiental.

8.5.2 Sublínea

- Problemática de contaminación de agua y aire por la utilización de plaguicidas.

8.6 UNIVERSO

Teniendo en cuenta el RAS se debe hacer un seguimiento de 6 meses para sistemas pilotos con el fin de obtener series de datos estadísticos que demuestren la el comportamiento del sistema.

8.7 MUESTRA

Lo anterior se aplica en sistemas de abastecimientos donde se pueden tomar muestras continuas, en el caso del sistema de aguas lluvias no se puede aplicar esto debido a que las lluvias no son constantes. Teniendo en cuenta lo anterior se tomo 8 muestras para hacer el análisis del comportamiento en el sistema.

8.8 FUENTES Y TÉCNICAS DE INFORMACIÓN

En la recolección de datos se tuvo en cuenta la entrevista no estructurada y la observación directa.

- ✦ Observación directa: es factible y va acorde con el enfoque y tipo de investigación, porque permitió la recolección de información presentándose como medio de referencia para la construcción de conocimientos a cerca de la realidad.
- ✦ Entrevistas con profesionales que conocen del tema: es un instrumento útil para indagar un problema y comprenderlo
- ✦ Revisión de literatura y artículos de Internet.
- ✦ Ensayos de laboratorio y modelo experimental.

9. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN:

9.1 CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA

Tabla 9. Precipitación promedio mensual de un periodo de 15 años

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1991	126,9	338,6	203	280,4	444,1	447,5	436,4	413,3	310,7	237	231,7	112,4
1992	118,7	122,1	291	360,2	279,7	304,1	507,1	400	258,1	217,8	209,2	131,9
1993	256,9	270,3	462,5	437,6	380,1	404,2	474,4	381,6	266,9	188,7	203,2	299,1
1994	112,7	195,7	287,1	523,5	444,3	540,9	450,4	407,4	372,7	279	262,7	302,4
1995	76	55,2	223,4	393,7	539,9	524,8	339	194,2	267,4	180,9	221,7	213,9
1996	257,1	334,2	176,7	365	462,6	461,2	439,9	392,9	279,4	214,3	312,1	193,9
1997	173,4	378	372,2	407	431	310,3	322,4	314	290,3	306,7	254,1	187,3
1998	88,7	170,3	186,8	314,2	473,3	478,6	376,5	246	201,7	163	360,1	145,3
1999	300,7	263,3	144,2	448,8	348,6	554,9	390,7	259,1	344,1	169,5	202,7	291,9
2000	286,5	133,2	173,2	343,6	693,6	444,8	391,2	427,9	192,3	291,2	235,2	220,6
2001	177,2	262,1	190,5	492,5	370,8	517,1	323,8	301	374,4	173	87,4	266,8
2002	259,3	184,9	306	238	341,5	398,5	371,8	322,7	284,1	204,2	385,6	117,6
2003	104,7	129,5	237,4	399,3	415,6	363,8	337,8	346,7	421,9	274,9	290,1	303,3
2004	115	75	311,7	317,2	590,8	641	519	264,1	425	131,6	261,3	143,8
2005	300,6	375,2	286,7	647,3	399,2	498,9	420	283,6	269,3	390,5	264,4	184,6
Prom.	183,6266667	219,1733333	256,8266667	397,8866667	441,0066667	459,3733333	406,6933333	330,3	303,8866667	228,1533333	252,1	207,6533333

La tabla 9. Muestra los resultados de la precipitación promedio mensual del municipio de Mocoa en un periodo de 15 años, medidos desde el año de 1991. Las precipitaciones del año 2006 y 2007 aun no han sido registradas por el IDEAM razón por la cual no se relacionaron en el proyecto.

Tabla 10. Demanda total mensual para una familia de cinco personas (Litros)

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
11082,5	10010	11082,5	9750	10075	9750	10075	10075	9750	11082,5	10725	11082,5

En la tabla 10 se muestra la demanda mensual de una familia, la cual depende de la cantidad de días del mes, numero de habitantes y los incrementos de temperatura que corresponde al intervalo de menor precipitación.

Tabla 11. Calculo del volumen con un area de 33,656 M2

Mes	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	
JUNIO	459,373333	13,91460	13,9146	9,75000	9,75000	4,16460
JULIO	406,693333	12,31890	26,23350	10,07500	19,82500	6,40850
AGOSTO	330,3	10,00492	36,23842	10,07500	29,90000	6,33842
SEPTIEMBRE	303,8866667	9,20485	45,44327	9,75000	39,65000	5,79327
OCTUBRE	228,153333	6,91086	52,35413	11,08250	50,73250	1,62163
NOVIEMBRE	251,1	7,60592	59,96005	10,72500	61,45750	-1,49745
DICIEMBRE	205,653333	6,22932	66,18937	11,08250	72,54000	-6,35063
ENERO	183,63	5,56223	71,75159	11,08250	83,62250	-11,87091
FEBRERO	219,173333	6,63885	78,39044	10,01000	93,63250	-15,24206
MARZO	256,826667	7,77938	86,16982	11,08250	104,71500	-18,54518
ABRIL	397,886667	12,05215	98,22197	9,75000	114,46500	-16,24303
MAYO	441,006667	13,35827	111,58024	10,07500	124,54000	-12,95976

Tabla 12. Calculo del volumen con un area de 41 M2

Mes	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	
JUNIO	459,373333	16,95088	16,95088	9,75000	9,75000	7,20088
JULIO	406,693333	15,00698	31,95786	10,07500	19,82500	12,13286
AGOSTO	330,3	12,18807	44,14593	10,07500	29,90000	14,24593
SEPTIEMBRE	303,8866667	11,21342	55,35935	9,75000	39,65000	15,70935
OCTUBRE	228,153333	8,41886	63,77821	11,08250	50,73250	13,04571
NOVIEMBRE	251,1	9,26559	73,04380	10,72500	61,45750	11,58630
DICIEMBRE	205,653333	7,58861	80,63241	11,08250	72,54000	8,09241
ENERO	183,63	6,77595	87,40835	11,08250	83,62250	3,78585
FEBRERO	219,173333	8,08750	95,49585	10,01000	93,63250	1,86335
MARZO	256,826667	9,47690	104,97275	11,08250	104,71500	0,25775
ABRIL	397,886667	14,68202	119,65477	9,75000	114,46500	5,18977
MAYO	441,006667	16,27315	135,92792	10,07500	124,54000	11,38792

Tabla 13. Calculo. con un area de 60 M2 y un Vol. de 1 M3 para satisfacer la demanda mensual de cinco

Mes	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia parcial (m3)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	
JUNIO	459,373333	24,80616	24,80616	9,75000	9,75000	15,05616
JULIO	406,693333	21,96144	46,76760	10,07500	19,82500	11,88644
AGOSTO	330,3	17,83620	64,60380	10,07500	29,90000	7,76120
SEPTIEMBRE	303,8866667	16,40988	81,01368	9,75000	39,65000	6,65988
OCTUBRE	228,153333	12,32028	93,33396	11,08250	50,73250	1,23778
NOVIEMBRE	251,1	13,55940	106,89336	10,72500	61,45750	2,83440
DICIEMBRE	205,653333	11,10528	117,99864	11,08250	72,54000	0,02278
ENERO	183,63	9,91602	127,91466	11,08250	83,62250	-1,16648
FEBRERO	219,173333	11,83536	139,75002	10,01000	93,63250	1,82536
MARZO	256,826667	13,86864	153,61866	11,08250	104,71500	2,78614
ABRIL	397,886667	21,48588	175,10454	9,75000	114,46500	11,73588
MAYO	441,006667	23,81436	198,91890	10,07500	124,54000	13,73936

Tabla 14. Calculo. con un area de 70 M2 y un Vol. 1 M3 para satisfacer la demanda mensual de cinco personas

Mes	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia parcial (m3)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	
JUNIO	459,373333	28,94052	28,94052	9,75000	9,75000	19,19052
JULIO	406,693333	25,62168	54,56220	10,07500	19,82500	15,54668
AGOSTO	330,3	20,80890	75,37110	10,07500	29,90000	10,73390
SEPTIEMBRE	303,8866667	19,14486	94,51596	9,75000	39,65000	9,39486
OCTUBRE	228,153333	14,37366	108,88962	11,08250	50,73250	3,29116
NOVIEMBRE	251,1	15,81930	124,70892	10,72500	61,45750	5,09430
DICIEMBRE	205,653333	12,95616	137,66508	11,08250	72,54000	1,87366
ENERO	183,63	11,56869	149,23377	11,08250	83,62250	0,48619
FEBRERO	219,173333	13,80792	163,04169	10,01000	93,63250	3,79792
MARZO	256,826667	16,18008	179,22177	11,08250	104,71500	5,09758
ABRIL	397,886667	25,06686	204,28863	9,75000	114,46500	15,31686
MAYO	441,006667	27,78342	232,07205	10,07500	124,54000	17,70842

9.2. DOSIFICACIÓN DE CLORO EN EL PROCESO DE DESINFECCIÓN

Tabla 15. Dosificación de cloro teniendo en cuenta el volumen del recipiente y la concentración de las soluciones de hipoclorito de calcio

Cloro disponible	libre	Volumen por recipiente en litros			
		1	10	15	20
0.5%		8 gotas	4 ml	6 ml	16 ml
1%		4 gotas	40 gotas (2 ml)	60 gotas (3ml)	160 gotas (8 ml)
2%		2 gotas	20 gotas (1 ml)	30 gotas (1.5)	80 gotas (4 ml)
5%		1 gota*	8 gotas	12 gotas	16 gotas (0.8)
Dosis utilizada 1%		3 gota*	30 gotas	45 gotas	120 gotas (6ml)

¹⁶ Fuente: CEPIS/OPS, 1993

* Dosis mínima posible

En la tabla 15 se muestra que la dosificación de cloro recomendada por la CEPIS para una solución al 1% de cloro es de 4 gotas por litro. El ensayo para el desarrollo del proyecto se inició utilizando esta especificación pero al analizar la muestra con el Kit comparador de cloro residual se evidenció un alto valor en la concentración de este parámetro (2.5 mg/l). Con base en esto y utilizando el método ensayo y error se decidió disminuir la dosificación hasta 3 gotas por litro resultando un valor en el comparador de 1.5 mg/l de cloro residual.

Aunque este resultado no es conforme con la norma, se decidió utilizar esta dosificación teniendo en cuenta la experiencia de profesionales que recomiendan un margen de error (+0.5).

¹⁶ CEPIS/OPS - La Desinfección del Agua a Nivel Casero en Zonas. Objetivos de una estrategia para desinfección a nivel casero.
www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind55/desaguca/desaguca.html - 118k -

9.3 DISEÑO DEL FILTRO

Altura: 1 m

Diámetro: 6"

Altura de carga: 40 cm

Espesor grava: 10cm

Espesor arena: 30 cm

Espesor antracita: 10cm

Espesor carbón activado: 10cm

☛ Caudal y tiempo que tarda el tanque de 1000 lt en llenarse

Caudal filtro

$$Q = 2 \text{ lit.} / 20.9 \text{ seg.} = 0.096 \text{ lit.} / \text{seg.}$$

Caudal del techo:

$$Q = 3 \text{ lit.} / 9.5 \text{ seg.} = 0.316 \text{ lit.} / \text{seg.}$$

Tiempo de llenado caudal del techo: 52 m

Tiempo de llenado caudal del filtro: 2 h y 54 minutos

9.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA LLUVIA

Tabla 16. Comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo

PARAMETRO	COLOR (UPC)		TURBIEDAD (UNT)		pH		DUREZA TOTAL (mg/l)		ALCALINIDAD (mg/l)	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Día \ Punto	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
1	10	5	6	7	8.5	7.7	20	20	30	30
2	-	5	-	5	-	7	-	32	-	10
3	-	0	-	1	-	7.1	-	22	-	20
4	-	0	-	10	-	7.1	-	10	-	5
5	-	0	-	10	-	7	-	20	-	5
6	-	0	-	2	-	7	-	12	-	5

1*: Afluente del sistema

2 *: Efluente del sistema

Tabla 17. Continuación comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo

PARAMETRO	CLORO RESIDUAL (mg/l)		SULFATOS (mg/l)		FOSFATOS (mg/l)		HIERRO TOTAL (mg/l)		NITRITOS (mg/l)	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Día \ Punto	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
1	0	0	34	17	0.1	0.04	0.19	0.45	0.03	0.03
2	-	1	-	21	-	0.03	-	0.06	-	0.01
3	-	0.14	-	18	-	0.05	-	0.04	-	0.02
4	-	0.8	-	21	-	0.02	-	0.09	-	0.02
5	-	1.3	-	23	-	0.02	-	0.05	-	0.02
6	-	0.9	-	14	-	0.05	-	0.01	-	0.02

Fuente: Este estudio

1*: Afluente del sistema

2 *: Efluente del sistema

Tabla 18. Continuación comportamiento del afluente y efluente del filtro en los diferentes días de muestreo

PARÁMETRO	CLORUROS(mg/l)		COLIFORMES TOTALES(UFC/100)		COLIFORMES FECALES (UFC/100)	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Día \ Punto	1*	2*	1*	2*	1*	2*
1	2.7	1.5	>80000	>80000	40000	>80000
2	-	1.8	-	0	-	0
3	-	1.2	-	400	-	0
4	-	0	-	0	-	0
5	-	0	-	0	-	0
6	-	1.4	-	-	-	-

Fuente: Este estudio

1*: afluente del sistema

2 *: Efluente del sistema

Las tablas 16,17 y 18. Muestran el resultado obtenido luego del análisis de laboratorio de las diferentes muestras realizadas tanto al afluente y efluente del filtro. El afluente corresponde en la tabla al punto uno (1) y es la muestra recogida del techo de la vivienda; el efluente corresponde en la tabla al punto dos (2) que

es la muestra que sale del filtro con un proceso de desinfección, para este proceso se agregó seis (6) gotas de la solución madre al 1% por cada litro de agua lluvia.

En las celdas donde no se presentan resultados obedece a que solo en el primer día de muestreo se analizaron en laboratorio el punto (1) y el punto (2) y en los siguientes días únicamente se tuvo en cuenta el efluente del sistema.

Los parámetros analizados fueron color, turbiedad, pH, dureza total, alcalinidad, cloro residual, sulfatos, fosfatos, hierro total, nitritos, cloruros y coliformes totales y fecales que corresponden a los parámetros básicos del decreto 475 de 1998.

Tabla 19. Composición del agua lluvia directa

PARAMETRO	RESULTADO
COLOR (UPC)	0
TURBIEDAD (UNT)	2
pH	6.8
DUREZA TOTAL (mg/l)	18
ALCALINIDAD (mg/l)	10
COLOR RESIDUAL (mg/l)	0
SULFATOS (mg/l)	14
FOSFATOS (mg/l)	0.06
HIERRO TOTAL (mg/l)	0.04
NITRITOS (mg/l)	0.02
CLORUROS(mg/l)	0
COLIFORMES TOTALES(UFC/100)	0
COLIFORMES FECALES (UFC/100)	0

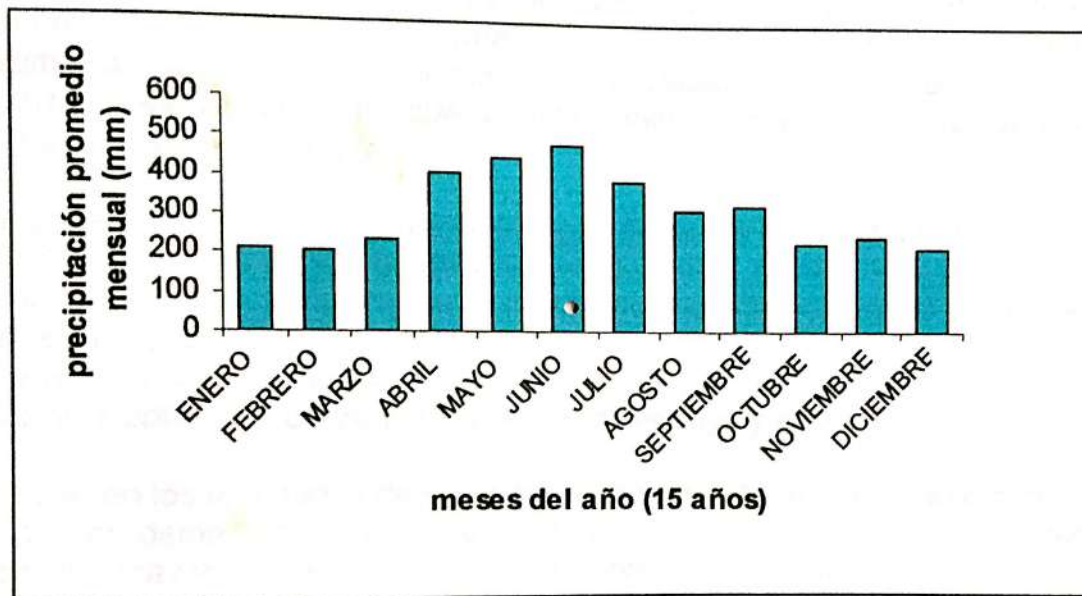
Los resultados de los análisis de laboratorio del agua lluvia que se muestran en la tabla 19. Fueron obtenidos utilizando una lámina de acrílico debidamente esterilizada con el fin de que la muestra no se contamine al entrar en contacto con el techo.

Los parámetros analizados corresponden a los establecidos en el decreto 475 de 1998.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

10.1 CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA

Gráfica 1. Precipitación promedio mensual para un periodo de 15 años en el municipio de Mocoa



Los meses de mayor precipitación se presentan entre abril y septiembre siendo el mes de mayor precipitación junio; el periodo de menor precipitación se presenta entre el mes octubre y marzo siendo el mes de menor precipitación enero, reflejando las características climáticas de la Amazonia colombiana en donde la precipitación es constante durante todo el año (3.000 mm anuales), con dos intervalos entre enero-febrero y junio-julio y una alta humedad relativa que supera el 60%

Con estos datos se puede deducir que en los meses de mayor precipitación el sistema tendrá un abastecimiento continuo para satisfacer las necesidades de consumo de la población, contrario a lo que podría suceder en el periodo de menor precipitación.

Teniendo en cuenta lo anterior y en base a los aforos realizados. Se observó que el caudal captado en el techo es mayor que el del efluente del filtro produciéndose pérdidas del agua lluvia que se capta cuando las precipitaciones son altas, convirtiéndose en un problema ya que el método utilizado se aplica teniendo en cuenta toda el agua lluvia recolectada. Por tal razón se propone emplear otro tanque para que almacene agua lluvia directamente del techo para luego ser filtrada, clorada y almacenada, otra solución es la de construir un filtro de mayores dimensiones para filtrar un mayor caudal.

Se observó que la mayor demanda de agua se presenta en los meses de Enero, Marzo, Octubre y Diciembre que corresponden según lo registrado en la tabla 9, a los meses con mayor temperatura y menor precipitación. Esto se debe a que por el fenómeno climático el ser humano se ve en la necesidad de aumentar el consumo de agua para satisfacer sus necesidades diarias, por tal razón la temperatura es un parámetro que se debe tener en cuenta para diseñar cualquier sistema de suministro de agua.

El área del techo para la captación del agua lluvia fue de 33.656 m² con la cual se presentaron valores negativos de volumen durante 7 meses, lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a esta vivienda durante estos meses del año. De este modo, el área ideal para atender la demanda debe ser igual o mayor a 41 m² y el volumen del tanque de almacenamiento debe ser igual o mayor a 15,71 m³ valores obtenidos utilizando el método de ensayo y error.

Con base en los resultados de volumen de la tabla 11, se puede determinar que el volumen es demasiado grande, aumentando los costos en su implementación, y ocupando mayor espacio en su instalación teniendo en cuenta que muchas viviendas urbanas principalmente no cuentan con el área requerida para este propósito. Por tal razón se propuso utilizar un tanque de menor tamaño (1 m³) el cual satisface la demanda de esta vivienda siempre y cuando el área del techo sea mayor o igual a 70 m². porque con un tanque de este volumen y con un área del techo inferior a 70 m² se presentaría carencia de agua en algunos meses del año, lo anterior se realizó con base en los registros de número de días mensuales de precipitación del IDEAM (ver anexo 2) en donde se observa que el mes con menor precipitación es enero con 18 días promedio y el de mayor precipitación es el mes de mayo con 26 días promedio de precipitación, que sustenta la probabilidad y la idea de implementar un tanque de 1 m³ debido a que la demanda diaria de agua de una familia es de 325 litros en el intervalo abril-septiembre y 357.5 litros en el intervalo octubre-marzo, determinando que el tanque podría almacenar el agua para suministro durante 3 días.

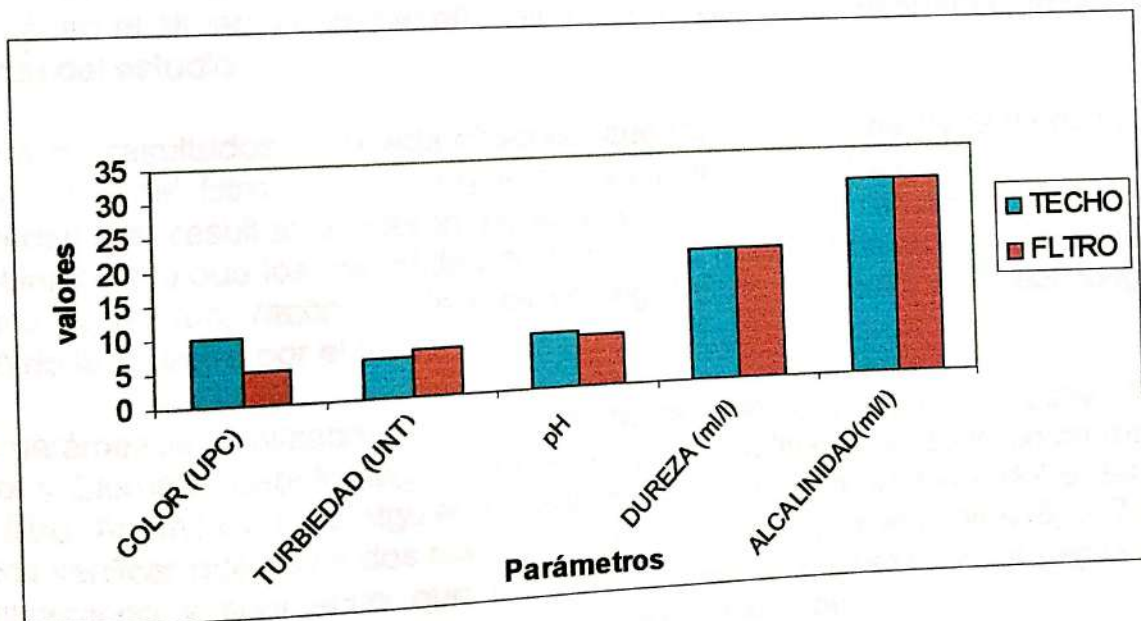
Teniendo en cuenta los grandes volúmenes necesarios de los recipientes para el almacenamiento del agua, la implementación de este sistema podría ejecutarse con mayor facilidad en la zona rural que cuenta con un mayor espacio susceptible de aprovechamiento.

10.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA LLUVIA

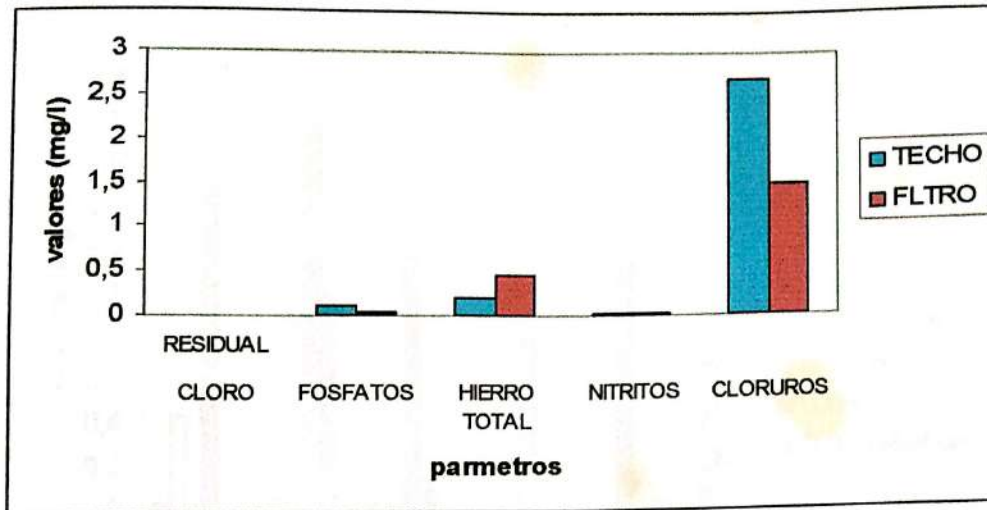
Al comparar los valores permisibles establecidos en el decreto 475 de 1998 con los resultados de los parámetros analizados se puede deducir que el agua lluvia colectada de forma directa se clasifica como agua no potable, debido a que el decreto exige una concentración mínima de cloro residual de 0.2 mg/l. pero si se observa los demás parámetros analizados, están dentro de los rangos permisibles de la norma así se puede concluir que el agua si es potable; condiciones que se pueden presentar porque en el municipio de Mocoa no se registran altos índices de contaminación atmosférica debido al bajo desarrollo industrial.

Con lo anterior se podría afirmar que el agua lluvia es de calidad siendo pta para el consumo humano, el problema radicaría en los instrumentos utilizados para su captación los cuales pueden contaminarla por la acumulación de polvo, residuos de excretas de animales y otras partículas si no se realiza un adecuado mantenimiento. Por lo cual en este estudio se presenta como alternativa la implementación de un proceso de filtración que mejore las condiciones del agua lluvia colectada en el techo de las viviendas

Gráfica 2. Comparación del afluente y efluente del filtro



Gráfica 3. Continuación comparación del afluente y efluente del filtro

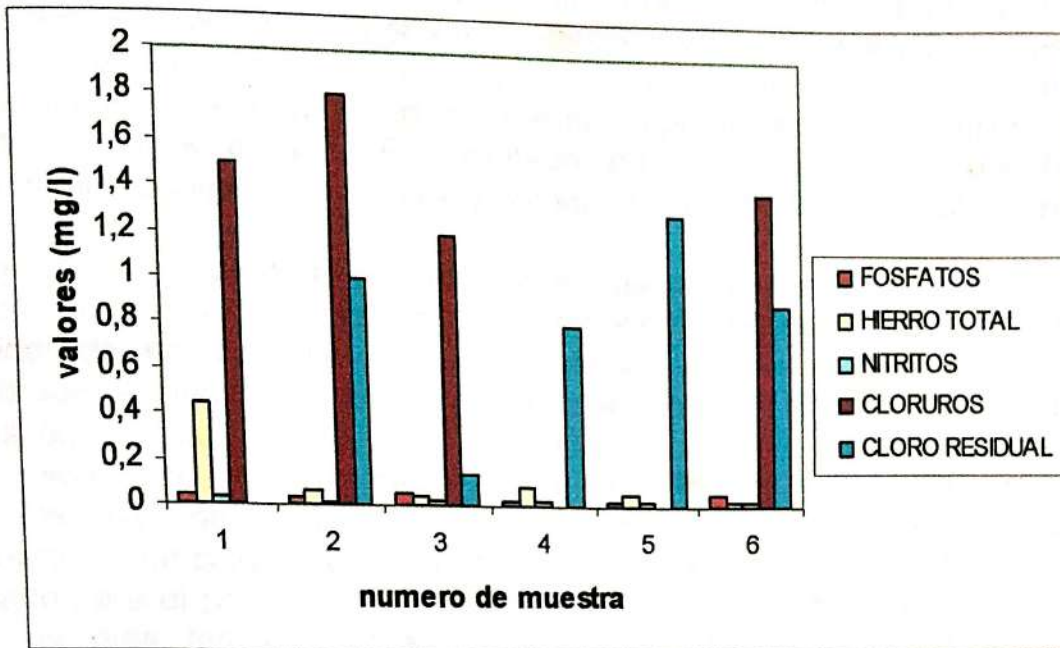


Las gráficas 2 y 3 se realizaron basados en los resultados obtenidos en el análisis del día 1 (anexo 3). Este fue un único análisis del afluente del filtro (techo) debido al limitante económico, por lo que se optó en adelante en analizar únicamente el efluente del sistema con el objetivo de verificar su concordancia con la norma colombiana de agua potable. Lo ideal habría consistido en realizar el análisis simultáneo al afluente como el efluente para conocer el comportamiento del filtro a lo largo del estudio

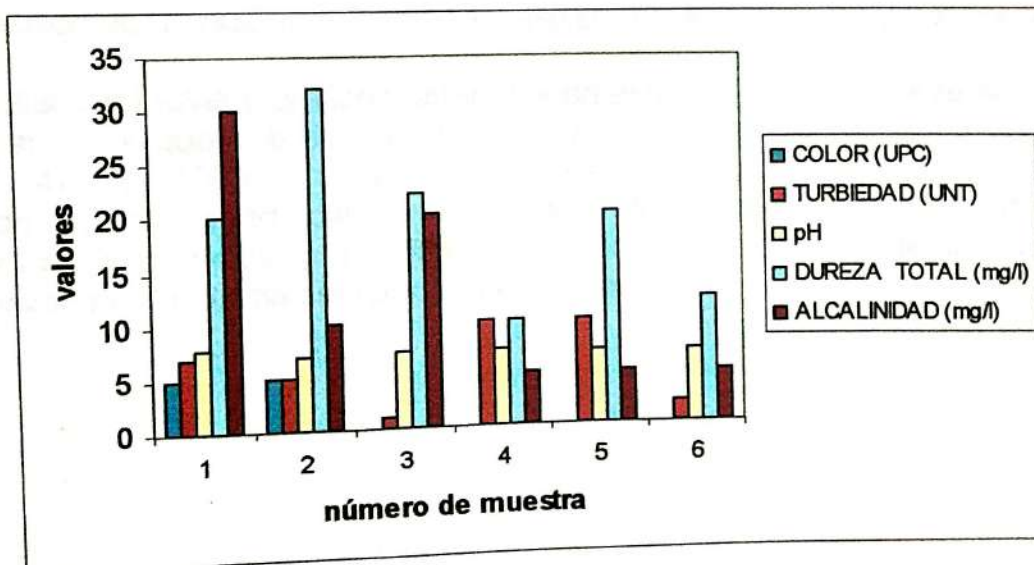
Según los resultados se puede observar que las condiciones de la muestra en el techo y las del filtro no son muy variables y en parámetros como hierro total y turbiedad los resultados fueron negativos en cuanto a remoción. Esto debido posiblemente a que los materiales del filtro como la arena no alcanzaron un tiempo óptimo de lavado, razón por la cual se registró un aumento del valor luego del paso de la muestra por el filtro.

Los parámetros analizados que sí presentaron una reducción significativa fueron Color y Cloruros, debido seguramente al carbón activado utilizado como material del filtro. Además en los siguientes análisis realizados al efluente del sistema se puede verificar que estos dos resultados disminuyeron (ver anexos 4, 5, 6, 7, y 8), considerando y sugiriendo que las condiciones fisicoquímicas del agua lluvia obtenida del techo se mejoran con el proceso de filtración.

Gráfica 4. Comportamiento del efluente del filtro en los diferentes días de muestreo.



Gráfica 5. Continuación comportamiento del efluente del filtro en los diferentes días de muestreo



Observando los resultados mostrados en las gráficas 4 y 5 se puede afirmar que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles para agua potable según el decreto 475 de 1998. Con excepción del cloro residual en los días de muestreo 3 y 5 (ver gráfica 4) en donde su valor es mayor al recomendado por la norma (1 mg/l). Este aumento se debe a imprecisión en la

dosificación de cloro al agua; otro parámetro que no cumple con los criterios de calidad es la turbiedad en los días 1, 4 y 5 (ver gráfica 5) en donde el valor es mayor al recomendado (5 UNT), el resultado obtenido en el día uno obedece al bajo tiempo de lavado de la arena, el resultado para los días 4 y 5 se presenta por la colmatación de sólidos en el material filtrante, por lo que es recomendable realizar mantenimiento al lecho para evitar taponamientos y disminución en la calidad del agua tratada. El resultado de turbiedad en el día 6 mejoró notablemente respecto a los días 4 y 5 luego del lavado del material filtrante.

Al observar la gráfica 4, se puede apreciar que no se registra un valor para cloro residual en el día de muestreo 1, lo anterior porque se deseaba determinar la capacidad de remoción microbiológica del filtro. Los resultados obtenidos de este análisis fueron negativos como se puede apreciar en la tabla 17, en donde los valores del efluente fueron mayores a los del afluente deduciendo que el filtro actúa únicamente como un medio físico y no biológico. Por esta razón para los siguientes días de muestreo y análisis se optó por realizar el proceso de desinfección con cloro. También se logra apreciar que en el día 3 de muestreo el resultado para el parámetro cloro residual es significativamente más bajo que en los otros días teniendo como consecuencia un resultado de 400 UFC de coliformes totales (ver tabla 17) debido a que se disminuyó la dosificación de cloro en la desinfección motivado por el alto valor presentado en el día de muestreo 2. De este ensayo se dedujo que la dosificación no podría ser menor a la utilizada anteriormente (3 gotas/litro y de 6 ml/40litros) y que su valor puede obedecer a las imprecisiones en la dosificación y mezcla homogénea en el proceso de desinfección por lo que se recomienda utilizar instrumentos de mayor precisión.

Al estudiar las tablas y gráficas obtenidas en este proyecto se puede analizar que los parámetros que sobrepasan los límites permisibles de la norma colombiana decreto 475 de 1998 con mayor frecuencia y que se les debe prestar mayor atención son turbiedad, color y coliformes. Por el contrario a esto los demás parámetros analizados presentan valores no significativos dentro del rango establecido por la norma siendo de menor importancia.

11. CONCLUSIONES

- El agua lluvia de esta zona captada de manera directa es de muy buena calidad cumpliendo sin ningún tipo de tratamiento los parámetros establecidos por el decreto 475 de 1998 e excepción del cloro, lo que ratifica la importancia de aprovechar este recurso para consumo humano.
- En el municipio de Mocoa se presenta una precipitación promedio anual de 3742 mm, que permite implementar un sistema para la captación de aguas lluvias y de esta manera aprovechar este recurso para suplir las deficiencias de agua que se presentan en algunas épocas.
- Con la implementación del sistema piloto de recolección y tratamiento de aguas lluvias se obtiene un sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas como es el caso de las veredas del municipio de Mocoa.
- La implementación del sistema piloto de recolección y tratamiento de aguas lluvias es de bajo costo lo que lo hace accesible a poblaciones de bajos recursos económicos.
- La cantidad de agua captada para abastecer el sistema piloto de recolección y tratamiento de agua lluvia depende de la precipitación del lugar y del área de captación.
- El agua lluvia al someterse a un proceso de tratamiento como la filtración y desinfección alcanza parámetros de calidad aptos para el consumo humano según el decreto 475 de 1998 mejorando problemas sanitarios de la población consumidora convirtiéndose en una alternativa eficiente para satisfacer esta necesidad.
- Para el montaje e instalación de un sistema de recolección y tratamiento de agua lluvia es necesario inicialmente conocer el número de personas que se beneficiarán para calcular el área que permita recolectar el volumen necesario para cumplir con la demanda de la población a atender.
- El material que se utilice para captar el agua lluvia es un factor muy importante que se debe tener en cuenta en la instalación del sistema. En el municipio de Mocoa la mayoría de viviendas poseen techo en eternit, los cuales retienen fácilmente partículas de polvo y otras que facilitan la alteración de las propiedades del agua al acumularse en exceso.

- Para calcular la dosificación con cloro es necesario utilizar instrumentos precisos para realizar la medición y no tener variaciones en el efecto residual del cloro, manteniendo una constante en este parámetro para el volumen del agua que maneja el sistema instalado.
- Las viviendas ubicadas en vías destapadas acumulan mayor cantidad de polvo en los techos alterando las propiedades del agua lluvia con mayor facilidad.
- La captación de agua de lluvia ahorra el agua suministrada por los sistemas de abastecimiento municipal lo que significa que el acueducto puede tener mayor cobertura atendiendo un mayor número de consumidores y a la vez mejorando su servicio.
- El agua de lluvia es gratis. Nunca recibirá una cuenta municipal por el agua de lluvia que se capta.

12. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar mantenimiento al techo mínimo una vez al mes, para limpiar la superficie evitando que se acumule exceso de polvo, excremento de animales y otras partículas y sustancias que puedan contaminar o alterar las propiedades del agua lluvia.
- Al filtro se debe realizar mantenimiento y limpieza como mínimo cada ocho días para eliminar las partículas y sustancias que se acumulan en él, las cuales podrían afectar las propiedades del agua.
- Los tanques de almacenamiento se deben lavar como mínimo cada 30 días para evitar que se forme una capa biológica en sus paredes, además es recomendable lavar el tanque con el agua después de filtrada para evitar contaminación del área de almacenamiento.
- Para realizar la cloración se debe utilizar instrumentos adecuados para lograr precisión en la cantidad de cloro que se le adiciona al agua como por ejemplo pipeta, esto para evitar que se produzca deficiencia o exceso del residual en el volumen de agua que se pretende tratar.
- Se recomienda principalmente implementar este sistema en viviendas rurales, debido a la disponibilidad de espacio y la escasez de acueductos.
- En el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por el IDEAM o de la estación metereológica de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- Antes de que el agua lluvia pase y recorra el sistema de tratamiento es recomendable dejar correr el agua libremente por 10 minutos, para que en este tiempo el agua limpie y remueva las partículas que se encuentran acumuladas en el techo para evitar que estas sellen el filtro.
- Se recomienda utilizar techos de superficies lisas diferentes a eternit para facilitar el mantenimiento y disminuir la acumulación de partículas sólidas en el área de captación.

- En el área rural se recomienda construir el sistema (captación, tratamiento y almacenamiento independiente de la vivienda para evitar la contaminación principalmente por animales y para facilitar el mantenimiento.
- Debido a que toda el agua que se recolecta no se alcanza a filtrar se recomienda instalar otro tanque de almacenamiento con el propósito de no desperdiciar agua captada, y/o ampliar el área del filtro para tratar un mayor volumen.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Constitución Política de Colombia 1991. ESAP. Segunda Edición. Bogota 1992. 300 Pág.
- HYLEA LTDAD. Plan Básico De Ordenamiento Territorial de Mocoa (PBOT). Mocoa, Noviembre 07 de 2003. 303 Pág.
- LA TORRE ESTRADA Emilio, Medio Ambiente y Municipio en Colombia, Cerec, Bogotá 1994. 78 Pág.
- RESOLUCIÓN 1096 DEL 17 DE NOVIEMBRE DE 2.000. "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS." Bogota, 17 de noviembre de 2002. 1157 Pág.
- Régimen Legal Del Medio Ambiente. Legis 2004. Bogota. 986 Pág.

INTERNET

- Agua a bajo costo Unidad de Tecnología de Desarrollo de la Universidad de Warwick
tilz.tearfund.org/Espanol/Paso+a+Paso+41-50/Paso+a+Paso+46/Recolección+de+agua+a+bajo+costo.htm - 81k -
- Fondo ambiental de el salvador FONALES. Techo y agua
www.fonaes.gob.sv/techoagua.htm - 15k -
- Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (UNATSABAR). Centro Panamericano de Ingeniería.
www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/ag_lluv.pdf -
- Sistema Para Recolección De Agua Lluvia. Centro Internacional De Información Sobre El Ferrocemento (IFIC)
idrinfo.idrc.ca/archive/ReportsINTRA/pdfs/v18n4s/111607.pdf -
- Noticias aliadas: Artículo COLOMBIA. Trabajo contra la desertificación de las laderas andinas y un proyecto de recolección de agua de lluvia.
www.lapress.org/Article.asp?lanCode=2&artCode=4950 - 54k -
- CIPASLA cosecha de aguas lluvias para Colombia.

www.gobcauca.gov.co/admin/files/Ane-Noticia_2811200622927.doc -

- precipitación (meteorología) –wikipedia enciclopedia libre
es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci3n - 32k -
- Medici3n de la precipitaci3n. Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.
- Filtraci3n. Filtros lentos como r3pidos y a presi3n.
www.ssvsa.cl/filtro.htm - 27k -
- Desinfecci3n con cloro. El cloro sustancia qu3mica m3s usada para la desinfecci3n del agua.
www.monografias.com/trabajos14/cloracion/cloracion.shtml - 58k -
- Calidad del agua - Wikipedia, la enciclopedia libre El t3rmino calidad del agua es relativo.
wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua - 42k -
- CEPIS/OPS - La Desinfecci3n del Agua a Nivel Casero en Zonas. Objetivos de una estrategia para desinfecci3n a nivel casero.
www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind55/desaguca/desaguca.html- 118k

ANEXOS

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mm)

FECHA DE PROCESO : 2007/02/08

ESTACION : 4401504 MOCOA ACUEDUCTO

LATITUD 0110 N TIPO EST CO DEPTO PUTUMAYO FECHA-INSTALACION 1988-ABR
 LONGITUD 7638 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO MOCOA FECHA-SUSPENSION
 ELEVACION 0650 m.s.n.m REGIONAL 07 NARINO-CAUCA CORRIENTE CAQUETA

#0	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUD *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1985	2	01			*	139.1	236.0	405.7	329.6	591.6	207.6	212.1	273.1	140.9	2535.7 3
1986	2	01		118.8	329.1	375.3	356.3 3	443.4		219.9	319.8 3			342.9	2507.5 3
1987	2	01		326.7	211.8	477.9 3	377.4 3	523.5 3	436.0	509.8	217.2	290.3	133.0	234.6	3738.2 3
1988	2	01	168.1	337.3	330.2	341.9	556.0	539.8	405.5	470.3	408.8	170.8 3	288.1	143.8	4160.6 3
1989	1	01	239.3 3		297.1	548.5	604.1	442.3	454.0	476.9	133.9	263.6	156.5	101.9	3738.1 3
1990	1	01	456.2	185.7	338.2	328.9	487.7	605.4	557.5	315.2	330.9	276.5	228.6	251.9	4364.7
1991	2	01	126.9	338.6	203.0	280.4	444.1	447.5	436.4	413.3	310.7	237.0	231.7	112.4	3582.0
1992	2	01	118.7	122.1	291.0	360.2	279.7	304.1	507.1	400.0	258.1	217.8	209.2	131.9	2199.9
1993	2	01	256.9	270.3	462.5	437.6	380.1	404.2	474.4	381.6	266.9	188.7	205.2	299.1 3	4025.5 3
1994	2	01	112.7	195.7	287.1	523.5	444.3	540.9	450.4	407.4	372.7	279.0	262.7	302.4	4178.8
1995	2	01	76.0	55.2	223.4	393.7	539.9	524.8	339.0	194.2	267.4	180.9	221.7	213.9	3230.1
1996	2	01	257.1	334.2	176.7	365.0	462.6	461.2				214.3 3	312.1	193.9	2777.1 3
1997	2	01	173.4	378.0	372.2	407.0	431.0	310.3	322.4	314.0	290.3	306.7	254.1	187.3	3746.7
1998	2	01	88.7	170.3	186.8	314.2	473.3	478.6	376.5	246.0	201.7	163.0	360.1	145.3	3204.5
1999	1	01	300.7	263.3	144.2	448.8	346.6	554.9	390.7	259.1	344.1	169.5	202.7	291.9	3718.5
2000	1	01	286.5	133.2	173.2	343.6	693.6	444.8	391.2	427.9	192.3	291.2	235.2	220.6	3833.3
2001	2	01	177.2	262.1	190.5	492.5	370.8	517.1	323.8	301.0	374.4	173.0	87.4	266.8 3	3536.6 3
2002	1	01	259.3	184.9	306.0	238.0	341.5	398.5	371.8	322.7	284.1	204.2	385.6	117.6	3414.2
2003	1	01	104.7	129.5	237.4	359.3	415.6 3	363.8	337.8	346.7	421.9	274.9	290.1	303.3	3625.0 3
2004	1	01	115.0	75.0	311.7	317.2 3	590.6	641.0	519.0	264.1 3	425.0	131.6 3	261.3	143.8	3795.5 3
2005	1	01	300.6	375.2	286.7	647.3	399.2	498.9	420.5	283.6	269.3	390.5	264.4 3	184.6	4320.8 3
2006	1	01	279.4	188.3	292.4										766.1 3
MEDIOS			205.1	222.2	269.4	389.5	439.7	469.1	412.8	357.3	294.9	232.9	243.0	206.2	3742.2
MAXIMOS			456.2	378.0	462.5	647.3	693.6	641.0	557.5	591.6	425.0	390.5	385.6	342.9	693.6
MINIMOS			76.0	55.2	144.2	139.1	236.0	304.1	322.4	194.2	133.9	131.6	87.4	101.9	55.2

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
 SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

ESTACION : 4401504 MOCOACUEDUCTO

FECHA DE PROCESO : 2007/04/17

LATITUD	0110 N	TIPO EST	CO	DEPTO	PUTUMAYO	FECHA-INSTALACION	1983-ABR
LONGITUD	7638 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	MOCOACU	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0650 m.s.n.m	REGIONAL	07 NARIÑO-CAUCA	CORRIENTE	CAQUETA		

			ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1990	1	01	27	19	25	27	28	29	23	26	22	21	23	28	298
1991	2	01	19	19	20	26	27	28	27	28	23	21	22	23	283
1992	2	01	12	20	24	26	28	26	30	27	23	29	22	18	285
1993	2	01	24	27	29	28	27	27	25	26	23	22	23	24 3	305 3
1994	2	01	15	20	25	25	30	22	24	23	21	20	24	24	273
1995	2	01	13	6	18	22	26	27	24	19	17	17	19	19	227
1996	2	01	18	25	20	24	23	24				19 3	18	19	190 3
1997	2	01	22	22	21	24	29	18	24	23	16	19	20	22	260
1998	2	01	16	19	26	24	22	26	25	22	19	20	18	17	254
1999	1	01	25	22	23	29	26	25	28	16	18	12	11	18	253
2000	1	01	17	17	20	24	25	27	20	25	19	19	15	21	249
2001	2	01	16	16	20	19	25	23	25	19	14	11	14	18 3	220 3
2002	1	01	18	15	27	25	25	26	25	29	20	24	22	18	274
2003	1	01	13	16	18	26	26 3	24	19	21	20	16	18	23	240 3
2004	1	01	13	10	16	20 3	25	29	27	14 3	24	26 3	24	22	250 3
2005	1	01	22	23	28	24	25	26	25	19	20	24	20 3	27	283 3
2006	1	01	23	21	26										70 3
MEDIOS			18	19	23	25	26	25	25	22	20	20	20	21	264
MAXIMOS			27	27	29	29	30	29	30	29	24	29	24	28	30.0
MINIMOS			12	6	16	19	22	18	19	14	14	11	11	17	6.0

62

** CONVENCIONES **

EST = ESTADO DE LA INFORMACION

** AUSENCIAS DE DATO **

** ORIGENES DE DATO **

- 1 : Preliminares Ideam
- 2 : Definitivos Ideam
- 3 : Preliminares Otra Entidad
- 4 : Definitivos Otra Entidad

- 1 : Ausencia del observ
- 2 : Desperfecto instru.
- 3 : Ausencia instrument
- 4 : Dato rechazado
- 6 : Nivel superior
- 7 : Nivel inferior
- 8 : Curva de gastos
- 9 : Seccion inestable
- A : Instr. sedimentado
- M : Maximo no extrapol.
- * : Datos insuficientes

- 1 : Registrados
- 3 : Incompletos
- 4 : Dudosos
- 6 : Est. Regresion
- 7 : Est. Interpolacion
- 8 : Est. Otros metodos
- 9 : Generados (Series)



Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Pública

MUESTRA TOMADA POR: CARLOS ERAZO
 SOLICITANTE: CARLOS ERAZO
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA: BARRIO JARDIN
 FECHA DE RECEPCIÓN: 31/05/2007
 FECHA DE ANÁLISIS: 31/05/2007
 PUNTO DE TOMA: P1: DESPUES DE FILTRO P2: TECHO.

Característica	A. Potable	A. Segura	A. No apta	VALOR OBTENIDO		CONCEPTO P 2	CONCEPTO P 1	UNIDADES
	475/98	475/98	475/98					
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	Ac	A	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	Au	A	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	10	5	A	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	6	7	R	R	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	8.5	7.7	A	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	0	0	R	R	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	20	20	A	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	34	17	A	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.11	0.04	A	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.19	0.45	A	R	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	2.7	1.5	A	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.03	0.03	A	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	30	30	A	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	>80000	>80000	R	R	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	40000	>80000	R	R	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA:				P2	P1			

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 no es apta para consumo humano.
 La muestra analizada P2 no es apta para consumo humano.

YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA LSP.

63



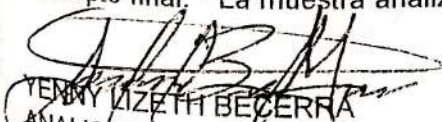
Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Publica

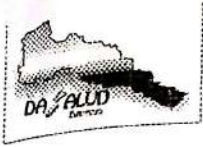
MUESTRA TOMADA POR: CARLOS ERAZO
 SOLICITANTE: CARLOS ERAZO
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA: BARRIO JARDIN
 FECHA DE RECEPCIÓN: 04/06/2007
 FECHA DE ANÁLISIS: 04/06/2007
 PUNTO DE TOMA: P1: DESPUES DE FILTRO

Característica	A. Potable 475/98	A. Segura 475/98	A. No apta 475/98	VALOR OBTENIDO	CONCEPTO P 1	UNIDADES
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	5	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	5	A	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	7,0	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	1,0	A	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	32	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	21	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.03	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.06	A	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	1.8	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.01	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	10	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 es apta para consumo humano según decreto 475/98.


 YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA LSP.



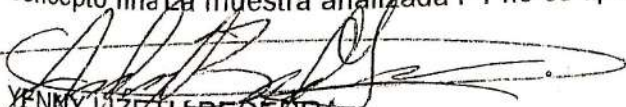
Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Pública

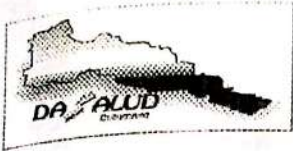
MUESTRA TOMADA POR: CARLOS ERAZO
 SOLICITANTE: CARLOS ERAZO
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA: BARRIO JARDIN
 FECHA DE RECEPCIÓN: 06/06/2007
 FECHA DE ANÁLISIS: 06/06/2007
 PUNTO DE TOMA: P1: DESPUES DE FILTRO

Característica	A. Potable 475/98	A. Segura 475/98	A. No apta 475/98	VALOR OBTENIDO	CONCEPTO P 1	UNIDADES
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	0	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	1	A	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	7.1	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	0.14	R	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	22	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	18	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.05	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.04	A	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	1.2	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.02	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	20	A	mg/l
Rec.coliformes tot	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	400	R	UFC/100 ml
Rec.coliformes fec	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final La muestra analizada P1 no es apta para consumo humano según decreto 475/98.


 YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA LSP.



Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Pública

MUESTRA TOMADA POR:
 SOLICITANTE:
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA:
 FECHA DE RECEPCIÓN:
 FECHA DE ANÁLISIS:
 PUNTO DE TOMA:

CARLOS ERAZO
 CARLOS ERAZO
 BARRIO JARDIN
 11/06/2007
 11/06/2007
 P1: DESPUES DE FILTRO

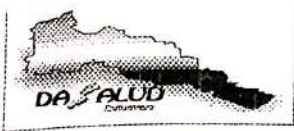
Característica	A. Potable 475/98	A. Segura 475/98	A. No apta 475/98	VALOR OBTENIDO	CONCEPTO P 1	UNIDADES
Olor	Ac	Ac	NoAc	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	≤ 15	≤ 25	> 25	0	A	UPC
Turbiedad	≤ 5	≤ 5	> 5	10	A	UNT
pH	≥ 6.5 y ≤ 9	≥ 6.5 y ≤ 9	< 6.5 ó > 9	7.1	A	
Cloro Residual	≥ 0.2 y ≤ 1	> 1 y ≤ 1.3	< 0.2 ó > 1.3	0.8	A	mg/l
Dureza Total	≤ 160	> 160 y ≤ 180	> 180	10	A	mg/l
Sulfatos	≤ 250	> 250 y ≤ 350	> 350	21	A	mg/l
Fosfatos	≤ 0.2	> 0.2 y ≤ 0.4	> 0.4	0.02	A	mg/l
Hierro Total	≤ 0.3	> 0.3 y ≤ 0.5	> 0.5	0.09	A	mg/l
Cloruros	≤ 250	> 250 y ≤ 300	> 300	0	A	mg/l
Nitritos	≤ 0.1	> 0.1 y ≤ 1	> 1	0.02	A	mg/l
Alcalinidad	≤ 100	> 100 y ≤ 120	> 120	5	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 es apta para consumo humano según decreto 475/98.

YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA FISICOQUIMICO LSP.

FAIRUZ MUSTAFA
 ANALISTA BACTERIOLOGICO LSP



**Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Publica**

MUESTRA TOMADA POR: CARLOS ERAZO
 SOLICITANTE: CARLOS ERAZO
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA: BARRIO JARDIN
 FECHA DE RECEPCIÓN: 12/06/2007
 FECHA DE ANÁLISIS: 12/06/2007
 PUNTO DE TOMA: P1: DESPUES DE FILTRO

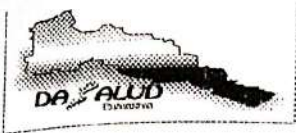
Característica	A. Potable	A. Segura	A. No apta	VALOR OBTENIDO	CONCEPTO P 1	UNIDADES
	475/98	475/98	475/98			
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	0	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	10	A	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	7,0	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	1,3	R	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	20	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	23	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.02	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.05	A	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	0	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.02	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	5	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 no es apta para consumo humano por sobrepasar los valores para cloro residual según decreto 475/98


 YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA FISICOQUIMICO LSP.


 FAIRUZ MUSTAFA
 ANALISTA BACTERIOLOGICO LSP



**Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Publica**

MUESTRA TOMADA POR:
SOLICITANTE:
TIPO DE MUESTRA: AGUA
LUGAR DE PROCEDENCIA:
FECHA DE RECEPCIÓN:
FECHA DE ANÁLISIS:
PUNTO DE TOMA:

CARLOS ERAZO
CARLOS ERAZO
BARRIO JARDIN
19/06/2007
19/06/2007
P1: DESPUES,DE FILTRO

Característica	A. Potable	A. Segura	A. No apta	LOR OBTENI	CONCEPTO P 1	UNIDADES
	475/98	475/98	475/98			
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	0	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	2	A	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	7,0	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	0.9	A	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	12	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	14	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.05	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.17	A	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	1.4	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.02	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	5	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 es apta para consumo humano según decreto 475/98.


YENNY LIZETH BECERRA
ANALISTA FISICOQUIMICO LSP.


FAIRUZ MUSTAFA
ANALISTA BACTERIOLOGICO LSP



Departamento Administrativo de Salud
Gobernación del Putumayo
Laboratorio de Salud Publica

MUESTRA TOMADA POR: CARLOS ERAZO
 SOLICITANTE: CARLOS ERAZO
 TIPO DE MUESTRA: AGUA
 LUGAR DE PROCEDENCIA: BARRIO JARDÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN: 19/06/2007
 FECHA DE ANÁLISIS: 19/06/2007
 PUNTO DE TOMA: P1: agua lluvia directa

Característica	A. Potable	A. Segura	A. No apta	VALOR OBTENIDO	CONCEPTO	UNIDADES
	475/98	475/98	475/98		S 1	
Olor	Ac	Ac	No Ac	Ac	A	
Sust. Flot.	Au	Au	Presentes	Au	A	
Color	<= 15	<= 25	> 25	0	A	UPC
Turbiedad	<= 5	<= 5	> 5	2	A	UNT
pH	>= 6.5 y <= 9	>= 6.5 y <= 9	< 6.5 ó > 9	6.8	A	
Cloro Residual	>= 0.2 y <= 1	> 1 y <= 1.3	< 0.2 ó > 1.3	0	R	mg/l
Dureza Total	<= 160	> 160 y <= 180	> 180	18	A	mg/l
Sulfatos	<= 250	> 250 y <= 350	> 350	14	A	mg/l
Fosfatos	<= 0.2	> 0.2 y <= 0.4	> 0.4	0.06	A	mg/l
Hierro Total	<= 0.3	> 0.3 y <= 0.5	> 0.5	0.04	A	mg/l
Cloruros	<= 250	> 250 y <= 300	> 300	0	A	mg/l
Nitritos	<= 0.1	> 0.1 y <= 1	> 1	0.02	A	mg/l
Alcalinidad	<= 100	> 100 y <= 120	> 120	10	A	mg/l
Rec.coliformes totales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
Rec.coliformes fecales	0 UFC	0 UFC	>0 UFC	0	A	UFC/100 ml
PUNTO DE TOMA				P1		

CONCEPTO PARA CADA PARAMETRO: A: Aceptado R: Rechazado.

Concepto final: La muestra analizada P1 no es apta para consumo humano por no tener tratamiento y de este modo no poderse garantizar su calidad a través del tiempo..

YENNY LIZETH BECERRA
 ANALISTA FISICOQUIMICO LSP.

FAIRUZ MUSTAFA
 ANALISTA BACTERIOLOGICO LSP

ANTRACITA

ESPECIFICACIONES
Y FICHA TECNICA

CARACTERISTICAS

La antracita para filtros esta constituida por partículas del mismo carbón antracita duras y durables en varios tamaños y se encuentra visiblemente libre de arcilla, tierras extrañas, pizarra o materias orgánicas. (NTC 2572)

TAMAÑO EFECTIVO (T.E-D10)

Es el tamaño de la abertura que deja pasar solo el 10% (en peso) del material, es representada en rangos y se encuentra disponible en T.E desde 0.60mm hasta 1.80mm en variados rangos

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (C.U-D60)

Es la relación calculada entre el tamaño de la abertura que solo deja pasar el 60%, entre la abertura que solo deja pasar el 10% (T.E) El C.U es = $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ de 1.70

DUREZA

Es la resistencia que ofrece su superficie lisa a la abrasión, se mide en un ensayo de dureza y es de 3 en la escala de MOH.

PRESENTACION

Su presentación es en sacos de polipropileno de 50 Kg./s

UNIDADES DE MEDIDA

UNIDAD	KILOS	SACOS
TONELADA	1.000	20
M ³	750	15
PIE ³	22	0.5

COMPONENTES FISICO-QUIMICOS

CARBONO FIJO	81.5%
MATERIAL VOLATIL	5.67 %
HUMEDAD	3.62%
SOLUBILIDAD EN HCL	0.0
SOLUBILIDAD EN NaOH	0.0
DUREZA	3
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.41%
DENSIDAD APARENTE	0.86

ARENA SILICE

ESPECIFICACIONES Y FICHA TECNICA

CARACTERISTICAS

La arena sílice esta constituida por granos duros, semiredondos y densos de material cuarzo en un 98% de pureza resistente a la degradación durante su manipulación y uso. Se encuentra visiblemente libre de arcilla, polvo, materiale orgánicos y micáceos. (NTC 2572)

TAMAÑO EFECTIVO (T.E--D10)

Es el tamaño de la abertura que deja pasar solo el 10% (en peso) del material, es representada en rangos y se encuentra disponible en T.E desde 0.20mm hasta 1.80mm.

ARENA STANDARD	T.E 0,45 - 0,55mm
ARENA TORPEDO	T.E 0,70 - 1,10mm

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (C.U--D60)

Es la relación calculada entre el tamaño de la abertura que solo deja pasar el 60%, entre la abertura que solo deja pasar el 10% (T.E) El C.U es = $\delta <$ de 1.70

DUREZA

Es la resistencia que ofrece su superficie lisa a la abrasión, se mide en un ensayo de dureza y es de 7 en la escala de MOH.

PRESENTACION

Su presentación es en sacos de polipropileno de 50 Kg./s

UNIDADES DE MEDIDA

UNIDAD	KILOS	SACOS
TONELADA	1.000	20
M ³	1.500	30
PIE ³	42.4	1

COMPONENTES FISICO- QUIMICOS

CUARZO	99,0
ARENISCA	0,5
ARCILLOLITA	1,0
HUMEDAD	0.05%
SOLUBILIDAD EN HCL	0.2%
SOLUBILIDAD EN NAOH	0.0
DUREZA	7
GRAVEDAD ESPECIFICA	2.63
DENSIDAD	1.62

ARENA SILICE

ESPECIFICACIONES Y FICHA TECNICA

CARACTERISTICAS

La arena sílice esta constituida por granos duros, semiredondos y densos de material cuarzo en un 98% de pureza resistente a la degradación durante su manipulación y uso. Se encuentra visiblemente libre de arcilla, polvo, materiales orgánicos y micáceos. (NTC 2572)

TAMAÑO EFECTIVO (T.E--D10)

Es el tamaño de la abertura que deja pasar solo el 10% (en peso) del material, es representada en rangos y se encuentra disponible en T.E desde 0.20mm hasta 1.80mm.

ARENA STANDARD	T.E 0,45 - 0,55mm
ARENA TORPEDO	T.E 0,70 - 1,10mm

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (C.U--D60)

Es la relación calculada entre el tamaño de la abertura que solo deja pasar el 60%, entre la abertura que solo deja pasar el 10% (T.E) El C.U es = ó < de 1.70

DUREZA

Es la resistencia que ofrece su superficie lisa a la abrasión, se mide en un ensayo de dureza y es de 7 en la escala de MOH.

PRESENTACION

Su presentación es en sacos de polipropileno de 50 Kg./s

UNIDADES DE MEDIDA

UNIDAD	KILOS	SACOS
TONELADA	1.000	20
M ³	1.500	30
PIE ³	42,4	1

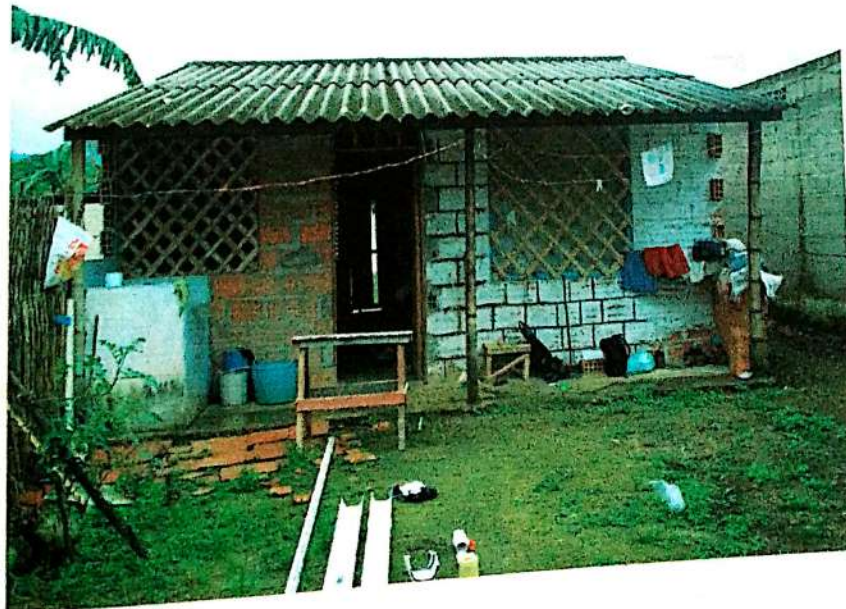
COMPONENTES FISICO- QUIMICOS

CUARZO	99,0
ARENISCA	0,5
ARCILLOLITA	1,0
HUMEDAD	0.05%
SOLUBILIDAD EN HCL	0.2%
SOLUBILIDAD EN NAOH	0.0
DUREZA	7
GRAVEDAD ESPECIFICA	2.63
DENSIDAD	1.62

14.1 FOTOGRAFÍAS



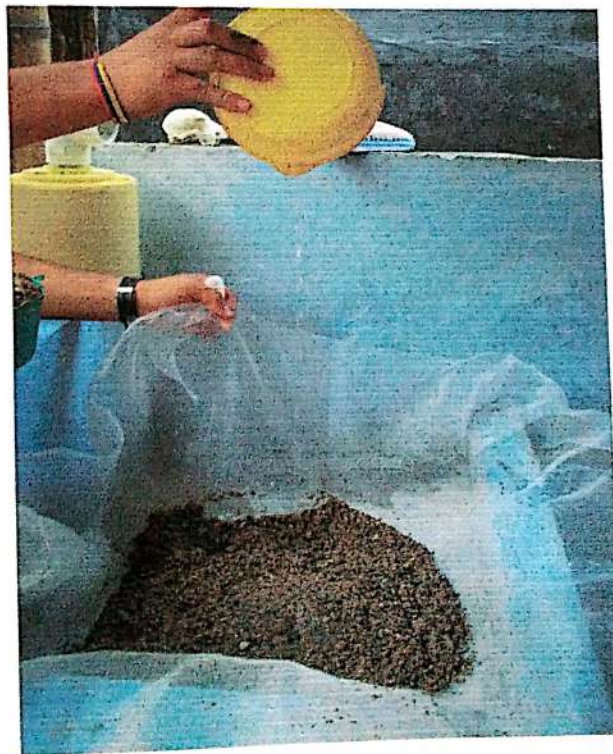
Accesorios



Antes del montaje



Construcción del sistema



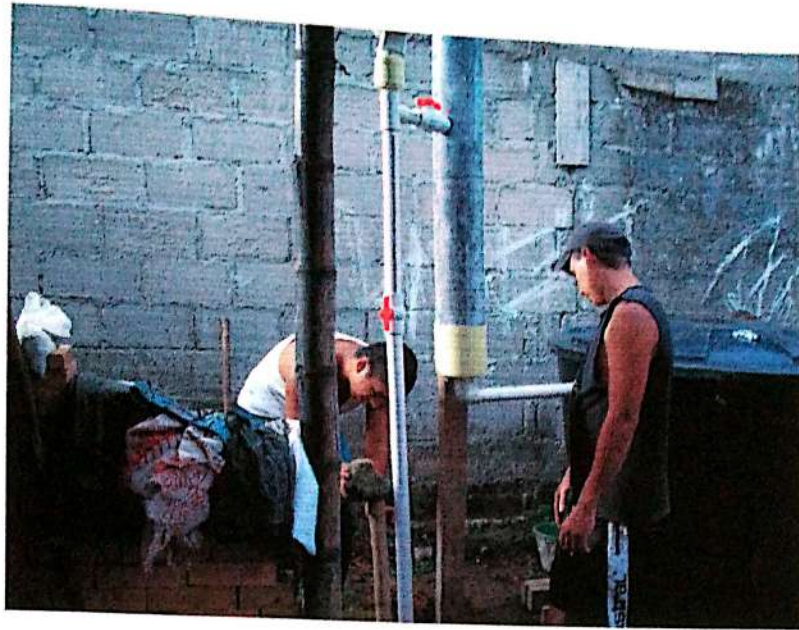
Lavado de arena



Soporte de filtro con grava



Construcción del filtro



0

Instalación del sistema



Sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias



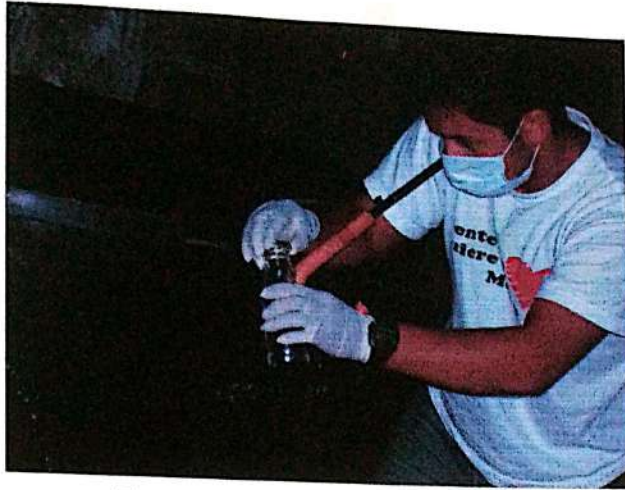
Kit (cloro)



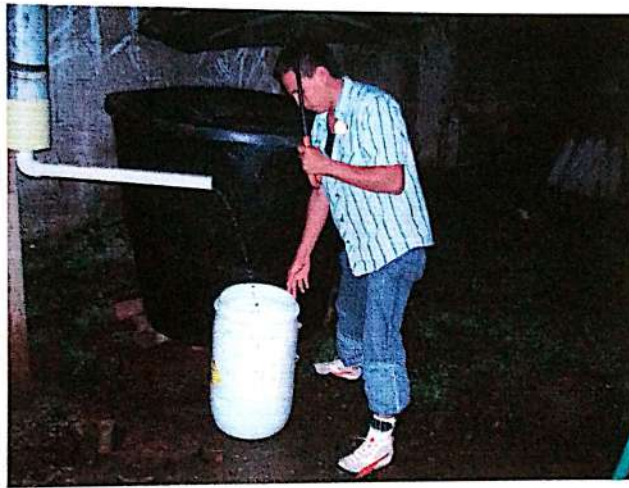
Dosificador de cloro



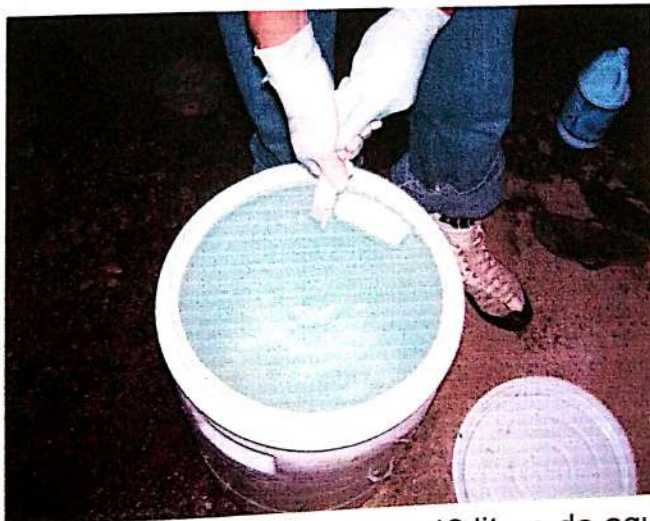
Dosis de cloro para 40 litros de agua



Toma de muestras sin cloro



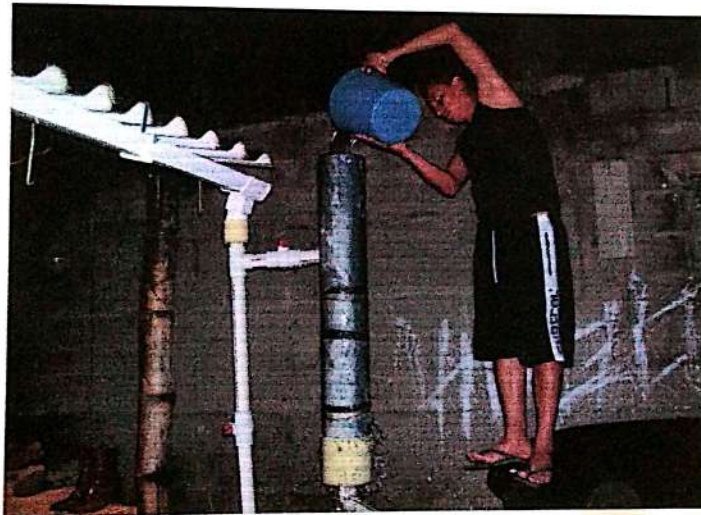
Tanque de 40 litros para almacenar agua tratada



Dosificación con cloro para 40 litros de agua



Toma de muestras de agua tratada



Lavado del filtro