UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“EVALUACION DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME) PLANTA DE TRATAMIENTO LA ISLA. (MATAGALPA – LA DALIA - COMUNIDAD LA ISLA)”.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Josías Magdiel Martínez Martínez
Br. Miguel Ángel Rivera González

Tutor

MSc. Ing. Miguel Ángel Balladares Altamirano.

Managua, marzo 2021

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios que me ha brindado una vida llena de alegría y de aprendizaje permitiéndome vivir una grata experiencia en mi etapa universitaria y por darme las fuerzas que necesitaba para poder llegar al final de mi carrera.

A mis padres: Lester Benjamín Martinez Gutiérrez y Martha Rosa Martinez Sotelo quienes fueron mi apoyo durante en estos 5 y quienes estuvieron ahí cuando más lo necesite con su apoyo incondicional y el consejo sabio y oportuno animándome a salir adelante en mis momentos de debilidades en la vida, por tal razón siempre serán mi motivación para poder triunfar en todas mis metas que me proponga.

A mis hnos. Lester Martínez Martínez y Teresa Martínez Martínez por ser apoyo incondicional y por estar siempre conmigo en los buenos y malos momento, a todos ellos dedico este trabajo para lograr lo que hoy soy y lo que ofrezco.

Br. Josías Magdiel Martinez Martinez.

En primer lugar, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y a todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente a realizar este documento.

Br. Miguel Ángel Rivera González

AGRADECIMIENTO.

Durante el periodo de realización de este proyecto monográfico, debemos agradecimientos a personas e instituciones que hicieron posible que se llevara a cabo dicho trabajo.

En primer lugar, queremos agradecer a la universidad nacional de ingeniería (UNI) por brindarnos la oportunidad de ser parte de este proyecto en conjunto con el programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente (PIENSA), Ministerio de Salud (MINSA) del Tuma- La Dalia que nos apoyaron en la ejecución de esta monografía y un agradecimiento muy especial a: **Msc. ing. Miguel Ángel Balladares Altamirano,** por brindarnos sus conocimientos y su apoyo incondicional en cada una de las visitas de campo que tuvimos.

En general a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo monográfico les damos nuestro agradecimiento sincero.

Br. Josías Magdiel Martinez Martinez

Br. Miguel Ángel Rivera González

Muchas gracias

RESUMEN

El presente proyecto de graduación comprende la evaluación, de la planta de tratamiento: Isla de peñas blanca, a través de un sistema comprendido por un FGDi previo al FGAC y FLA. La evaluación toma en cuenta aspectos de calidad de agua, diseño hidráulico, operación, mantenimiento, desinfección y almacenamiento, todo con el fin de hacer un análisis general del sistema el cual abastece a la población, y así poder brindar recomendaciones acordes a los análisis obtenidos.

Se resalta la necesidad de realizar cambios en las unidades de entrada de cada filtro, así como las tuberías de drenaje, lechos filtrantes, rediseño del sistema de almacenamiento, sistema de cloración, tubería y accesorios de limpieza. Con el fin que se disminuya el arrastre de sólidos y entrada de aire, se permita el control cuantitativo del afluente, se mantenga la carga hidráulica de diseño de los filtros, solucionar problemas de presión y nivel de agua y mejorar el proceso de desinfección, respectivamente. Se obtendrán resultados de eficiencia remocional efectiva, y turbiedad en cada operación unitaria del acueducto y de su conjunto.

Las principales recomendaciones con respecto a la operación, el mantenimiento y control de calidad del sistema, consisten en aumentar la dimensión del diámetro del tubo en la entrada del desarenador para evitar que este mismo se atasque interrumpiendo el flujo continuo del agua al sistema, ampliar el control de calidad y reconstruir los lechos filtrantes en cada unidad, Basándose en la evaluación en situs. Determina que la idoneidad del sistema de tratamiento actual sea la correcta para el caudal que fue diseñada con respecto al afluente. Brindar toda la información necesaria y capacitar al operador de la planta de una manera eficiente para cuando se presenten los problemas, la persona encargada del mantenimiento sepa cómo dar la solución a este mismo.

Respetando todas las recomendaciones mencionadas se logrará una mejor calidad del agua y eficiencia del sistema de tratamiento en la planta**: LA ISLA DE PEÑAS BLANCA.**

Lista de acrónimo y abreviatura

FIME: filtración en múltiple etapa.
FGDI: filtro grueso dinámico.
FGAS: filtro grueso ascendente.
FLA: filtro lento de arena.
NORMA CAPRE: normas de calidad de agua potable y saneamiento de centro américa, panamá y república dominicana.
PTAP: planta de tratamiento de agua potable.
OMS: organización mundial de la salud.
NTU: unidades nefelometricas de turbiedad.
NTON (09 003-99): norma técnica nacional para el Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural.
Cinara: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico.
AGUASAN: programas de Agua y Saneamiento.
PH: Potencial hidrogeno.
ClO_2: dióxido de cloro.
mg/l: miligramos sobre litro.
CAP: comité de agua potable.
ONU: Organización de las Naciones Unidas
µS/cm: Microsiemens/centímetro
µm: micrómetro
CT: coliforme totales.
CF: coliforme fecales.
OD: oxígeno disuelto.
OPS: Organización Panamericana de la Salud.
": Pulgadas.
µw.s. s: microwatts por segundo.
ºC: grados Celsius.
cm: centímetros.
D: día.
gal: Galones.
H: hora.
Ha: hectáreas
km: kilómetros.
Kpa: kilo pascales.
L: litros.
Log: logaritmo.
m.c.a.: metros de columna de agua.
m: metros
Min: minutos.
ml: mililitros.
mm: milímetros.
N: tamaño de muestra.
nm: nanómetros.
NMP: número más probable.

INDICE GENERAL

Tabla de contenido

1. Generalidades 1

1.1 Introducción 1

1.2 Antecedentes 2

1.3 Justificación 3

1.4 Objetivos 4

1.4.1 Objetivo General 4

1.4.2 Objetivos Específicos 4

2. Marco teórico 5

2.1.1 Potabilización de agua para consumo humano 5

2.1.2 Contaminantes del agua 10

2.1.3 Desinfección 12

2.2. Proceso de tratamiento primario vinculado con un sistema FIME 17

2.2.1 Desarenador 17

2.2.2 Consideraciones generales 17

2.2.3 Estudios previos al diseño 17

2.3 Procesos de tratamiento FIME 19

2.3.1 Filtración gruesa dinámica (FGDi) 19

2.3.2 Filtración gruesa ascendente (FGAC) 22

2.3.3 Filtración lenta en arena (FLA) 25

2.4 almacenamiento 27

2.4.1 Clase y tipo de tanque de almacenamiento 27

2.4.1 Clases de tanques 27

2.4.2 Tipos de tanques 28

2.4.3 Capacidad 30

2.5 Localización 31

2.6 Planta de tratamiento FIME (Filtración En Múltiples Etapas) 31

2.6.1 Generalidades 31

2.6.2 Limitaciones 31

2.6.3 Ventajas y desventajas 32

2.7 Etapas de tratamiento para plantas FiME 32
2.8 Procesos de desinfección final 34
3. Antecedentes del proyecto 35
3.1 Generalidades 35
3.2 Ubicación del área de estudio 37
3.3 Población abastecida por el sistema 38
3.4 Fundación del acueducto 39
3.5 Administración del acueducto 40
3.6 Problemática 40
3.2 Sistema de potabilización 41
3.2.1 Elementos del sistema de potabilización FIME – La isla 41
3.2.2 Descripción del sistema de potabilización FiME existente – la isla 44
4. Diseño metodológico 47
4.1 Generalidades 47
4.2 Metodología investigativa empleada 49
4.3 Etapa de conceptualización 49
4.3.1 Estudio de campo 49
4.3.2 Estudio de gabinete 50
4.3.3 Estudio topográfico 50
4.3.4 Estudio de calidad de aguas en el cuerpo receptor 50
5. Calculo y resultado 51
5.1 Población a servir, dotación, periodo de diseño y caudal de diseño 51
5.1.1 Población a servir 51
5.1.2 Dotación 52
5.1.3 Periodo de diseño 52
5.1.4 Caudal de diseño 52
5.2 Diseño de unidades de entrada y salida 53
5.2.1 Resultados obtenidos 54
5.3 Diseño para vertedero triangular de entrada 55
5.3.1 Resultados obtenidos 55
5.4 Formula diseño para vertedero rectangular de exceso 56
5.4 Formula diseño para vertedero rectangular de salida 56
5.5 Diseño del desarenador 57

5.5.1 Resultados obtenidos 59
5.6 Diseño del filtro grueso dinámico (FGDi) 60
5.6.1 Parámetros de diseño y consideraciones de valores 60
5.6.2 Fórmulas de diseño 61
5.6.3 Cálculos y resultados del diseño hidráulico del FGDI 66
5.6.4 Cálculos y resultados de pérdidas de cargas del FGDi 67
5.6.5 Perdidas de cargas 68
5.7 Diseño del filtro grueso ascendente en capas (FGAC) 69
5.7.1 Parámetros de diseño y consideraciones de valores 69
5.7.2 Formulas del diseño 70
5.7.3 Perdidas de cargas por accesorios 75
5.7.4 Calculo y resultados del diseño hidráulico del FGAC 76
5.7.5 Calculo y resultados de pérdidas de cargas del FGAC 77
5.8 Diseño del filtro lento en arena (FLA) 78
5.8.1 Parámetros de diseño 78
5.8.2 Fórmulas de diseño 80
5.8.3 Perdidas por cargas de accesorios 84
5.8.4 Calculo y resultado del diseño hidráulico del FLA 85
5.8.5 Calculo y resultados de pérdidas de cargas del FLA 86
5.9 Diseño de almacenamiento y desinfección 87
5.9.1 Almacenamiento 87
5.9.2 Desinfección 89
6. Presupuesto de rehabilitación de obra 90
6.1 Indicaciones 90
7. Evaluación del sistema FIME operatividad, mantenimiento y calidad del agua 91
7.1.1 Generalidades 91
7.1.2 Cambios propuestos: 92
7.2 ESQUEMA PLANTA FIME EXISTENTE 93
7.3 ESQUEMA PLANTA FIME REDISEÑO PROPUESTO 94
7.4 Operatividad y mantenimiento 95
7.5 Captación de la quebrada **MATAPALO** 96
7.5.1 Camino de acceso a las fuentes de agua 97
7.5.2 Uso de la tierra 97

7.5.3 Facilidad de acceso para extraños 97
7.6 Resultados de laboratorio de PIENSA en la captación 98
7.7 Operatividad y mantenimiento del sistema FIME 98
7.8 Personal de trabajo 109
7.9 Manual de operación y mantenimiento de un sistema FIME 109
8. conclusiones y recomendaciones 110
8.1 conclusiones 110
8.1.2 Calidad físico-química-microbiológica en la entrada y la salida 112
8.1.3 Eficiencia de la planta 112
8.1.4 Operación y mantenimiento. 113
8.1.5 Infraestructura, planos y costo de rehabilitación de la planta. 113
8.2 Recomendaciones 114
Bibliografía 115
ANEXOS 117

GENERALIDADES

1. Generalidades

1.1 Introducción

El acceso de la población a agua potable y a instalaciones sanitarias adecuadas es un derecho humano que, sumado a buenas prácticas de higiene, es una condición indispensable para una vida saludable y productiva, La Filtración en Múltiples Etapas (FiME) es una solución integrada para mejorar el abastecimiento de agua en comunidades rurales, en pequeños o medianos municipios.

FiME fue desarrollado en 1990 por investigadores en Colombia, donde está siendo aplicado a gran escala, y desde donde se intenta ampliar su aplicación y promover su desarrollo, particularmente en América Latina.

Es una de las opciones más interesantes y quizá la única solución para mejorar la calidad del agua en las comunidades del sector rural. El reto incluye la necesidad de mejorar los sistemas existentes, en particular los numerosos sistemas de filtración lenta en arena (FLA) alrededor del mundo, que no funcionan correctamente debido a la ausencia de unidades de pretratamiento. Es necesario que estos sistemas sean transformados en FiME para que alcancen un mejor desempeño.

Uno de los aspectos de suma importancia que tiene este trabajo es poder realizar un manual de operación y mantenimiento donde se reflejen todos los aspectos claves relacionado a la “tecnología de filtración en múltiples etapas FiME, donde por medio del cual se prevea identificar y dar una solución a los problemas que se desarrollan en operatividad, mantenimiento y administración, para que la planta de tratamiento cumpla con los parámetros estándares nacionales en lo que corresponde a calidad de agua, donde estos parámetros son normados por El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) bajo la norma de “Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural NTOM_09 003-99 que incorpora la norma CAPRE, la cual rige la calidad del agua para Nicaragua hacia el consumo humano.

1.2 Antecedentes

Nicaragua posee un pobre nivel de higiene, sin embargo, es considerado un país sin estrés hídrico (ONU 2014). Esto significa que aún existe un balance entre la demanda del agua y los recursos hídricos. No obstante, en muchos sectores hay demasiados problemas debido a que la mayoría de la población (56%) está asentada en la región del pacifico de Nicaragua donde solo se dispone de aguas subterráneas como fuente para comunidades rurales y urbanas, las cuencas son pequeñas y los ríos son de caudales muy reducidos y muchos de ellos ya se secaron, En la región central por limitaciones hidrogeológicas no se puede usar agua subterránea, por lo que el agua superficial es la principal fuente de suministro; siendo esta región donde se localizan las plantas potabilizadoras de diversas tecnologías: Convencional, CEPIS, FIME, Agua Clara, filtración rápida a presión.

La cobertura nacional de agua potable es de 85%, mientras en las zonas rurales es de tan solo 68% y en la parte urbana es de 98%. El saneamiento a nivel nacional es de 52%, en las regiones urbanas es de 60% y solo 37% en las zonas rurales (ONU, 2014). Esas deficiencias en agua y saneamiento causan que el 7.5% de la población sufran anualmente de enfermedades de origen hídrico.

Cooperación Suiza en América Central, a través de sus programas de Agua y Saneamiento (AGUASAN), ha contribuido de manera sistemática con el desarrollo integral de este sector aportando inversiones en infraestructura, promoviendo metodologías, enfoques y tecnologías que garanticen la sostenibilidad requerida para la reducción de las brechas en la cobertura de estos servicios. A inicios de la década del 2000 AGUASAN contribuyó a la incorporación de la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) en la atención de las zonas rurales de Nicaragua ubicadas en los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia y la Región Autónoma del Caribe Norte (RACN). Esta tecnología desarrollada por el Instituto Cinara (Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico) de la Universidad del Valle, en Cali, Colombia; se convirtió desde entonces en una alternativa para

mejorar la calidad del agua para consumo humano en ambos países. Una década y media después de las primeras experiencias.

1.3 Justificación

El abastecimiento del agua para el consumo humano es un recurso de máxima importancia para satisfacer las necesidades humanas y el desarrollo socio-económico e higiénico-sanitario de las poblaciones, es por ello que se debe brindar un sistema que sea capaz de funcionar eficientemente para la producción del vital líquido, cumpliendo con los requerimientos técnicos para el diseño de plantas de tratamiento y potabilización del agua, tomando en cuenta las normas nacionales existentes.

La tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME), presenta un gran potencial para superar los problemas que actualmente limitan el suministro de agua potable en comunidades rurales, pequeños y medianos municipios en países de desarrollo. Esta tecnología no requiere el uso de sustancias químicas ni aparatos mecánicos complejos y puede ser fácilmente operada, mantenida y administrada por miembros de la comunidad.

A pesar de esto, existen 11 de plantas de este tipo en el país las cuales presentan daños o alteraciones provocando una baja eficiencia en la potabilización del agua suministrada a las comunidades. Principalmente debido a la inexperiencia y poca capacitación de la gente a cargo de la planta, además de, falta de documentación que avale un buen diseño de la misma.

El programa de saneamiento e higiene (AGUASAN), realizo un estudio sobre la construcción, operatividad, mantenimiento y administración del sistema donde se encontraron resultados que indicaban que, en las plantas de tratamientos en estudios, tenían problemas de diseños ya que fueron construidas sin unidades de entradas, los lechos filtrantes no corresponden a lo que lo estipula el manual, ninguna de ellas contaba con instrumentos básico para el monitoreo de la calidad del agua. y a nivel administrativo no cuentan con un sistema riguroso de cobro a la población, por lo cual la mayoría de los pobladores están en mora.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la eficiencia del sistema de potabilización de la comunidad La Isla para producir agua de calidad para el consumo humano según normas nacionales.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar la calidad físico-química-microbiológica en la entrada y salida.

2. Revisar la eficiencia con la cual se opera, da mantenimiento y se administra a la planta de tratamiento.

3. Determinar población y caudal de diseño para la comprobación de la capacidad de las dimensiones de la planta.

4. Crear planos constructivos y costo de obras propuestas.

5. Elaborar manuales de operación y mantenimiento como plan de acción para el buen uso y manejo de la planta de tratamiento.

MARCO TEORICO.

2. Marco teórico

2.1.1 Potabilización de agua para consumo humano

El término potabilización del agua es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas naturales; Todo con el fin de reducir las impurezas a niveles aceptables. Al hacerlo así, se producen ventajas adicionales, tales como reducciones en hierro y manganeso, reducciones en algas y en patógenos.

El ser humano a través de la historia se ha desarrollado y establecido alrededor de fuentes de agua, ya que es de vital importancia para todas sus actividades, La vida depende del agua. El acceso al agua potable es fundamental para la salud, es uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud (OMS 2012) (Organización Mundial de la Salud). Su eficiente distribución y calidad determinan a su vez la calidad de vida del ser humano, por ello, es necesario regular estos aspectos.

De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud) y UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia) (2016), cada día muere en promedio 4.500 niños menores de cinco años en todo el mundo por falta de acceso al agua potable y saneamiento básico, 1.5 millones al año. En el 2010 el 73% de la población mundial, poseía acceso al vital liquido, y para el 2015, ese valor subió en 14 puntos porcentuales en un 87%. Aun así, en el mundo todavía existen 882 millones de personas que no gozan de una fuente de abastecimiento de agua potable, no cuentan con agua canalizada en sus casas, ni fuentes cercanas o pozos por medio del cual pueda ser utilizada para el consumo humano, bajo los parámetros establecidos en lo que respecta a calidad de agua.

El agua superficial debe ser tratada por filtro lento de arena para así poder tener la mejor calidad posible, con bajos niveles de turbiedad, color, sustancias tóxicas, algas y otros residuos químicos, como hierro y manganeso.

- Aguas superficiales

Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma corrientosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares.

Para propósitos regulatorios, suele definirse al agua superficial como toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial. Una vez producida, el agua superficial sigue el camino que le ofrece menor resistencia. Una serie de arroyos, riachuelos, Corrientes y ríos llevan el agua desde áreas con pendiente descendente hacia un curso de agua principal.

- Aguas subterráneas

El agua subterránea es aquella que queda almacenada, o se desliza, cuando el agua de lluvia, o la que proviene de ríos o lagos, llega hasta las capas impermeables de la tierra, después de atravesar las permeables.

Las aguas dulces representan el 6 % de la totalidad del agua del planeta, y de ellas las aguas subterráneas son el 4.3 %. Son un gran recurso hídrico, ya que puede extraerse el agua para consumo, por medio de pozos, aunque puede hallarse contaminado, por fertilizantes o pesticidas, por lo cual las aguas subterráneas requieren una revisión especializada antes de ser usada

- Aspectos físico-químicos-microbiológico del agua

1. Caracteristicas físicas

Son necesarias para identificar las condiciones estéticas del agua. Entre las cuales tenemos:

- Turbiedad

La turbidez es la dificultad del agua, para trasmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.

Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento.

- Olor

Se debe fundamentalmente a la presencia de sustancias químicas indeseables, materia orgánica en descomposición, bacterias, etc. El olor puede ser indicativo de contaminación de diversos tipos.

- Sabor

El agua potable debe estar exenta de sabor, de lo contrario puede ser que haya indicio de cambios en la calidad de la fuente de agua natural o deficiencias en el sistema de tratamiento

- Color

No tiene color. Si aparece color es debido a sustancias de origen vegetal, materia orgánica del suelo, a la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos. La eliminación o reducción del color se hace normalmente mediante coagulación, sedimentación y filtración. En algunos casos, también se emplean la cloración y el carbón activo.

- Temperatura

La temperatura es una de las constantes físicas que adquiere gran importancia en el desarrollo de los fenómenos que ocurren en el agua, ya que puede determinar la variación de sus propiedades físicas, químicas o biológicas. La variación de temperatura afecta a parámetros tales como la solubilidad de los gases en el agua, viscosidad, densidad solubilidad de sales, etc.

2. Características químicas.

   El agua es un recurso que posee una inmensa cantidad de elementos y compuestos sin embargo la mayoría de estos no tienen mucho significado.

Se tiene que controlar las cantidades, ya que pueden alterar la calidad del agua, entre ellas se tienen:

- Potencial hidrogeno (pH)

El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua. El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H +). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7.0 se consideran ácidos. Las soluciones con un pH por encima de 7.0, hasta 14.0 se consideran bases o alcalinos. Todos los organismos están sujetos a la cantidad de acidez del agua y funcionan mejor dentro de un rango determinado.

- Alcalinidad

Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Los bicarbonatos y los carbonatos representan las formas más importantes de alcalinidad.

- Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

- Hierro

La presencia de hierro en las aguas no tiene efectos de salubridad, pero afecta el sabor, produce manchas indelebles en los artefactos sanitarios y la ropa blanca, se deposita en redes de distribución, causando obstrucciones y alteraciones en la turbiedad y color.

- Cloruros

El contenido de cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Pero un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

- Sulfatos

Las aguas naturales generalmente no contienen altas concentraciones de sulfatos, pero cuando se haya en cantidades apreciables tiene efecto sobre el sabor.

- Zinc

Este elemento es esencial y benéfico para el metabolismo humano; sin embargo, su presencia en grandes cantidades provoca un sabor astringente por lo cual su contenido debe limitarse.

- Sodio

Es un elemento constante en el agua, no obstante, las concentraciones pueden ser extremadamente variable y afectar directamente el sabor del agua.

- Nitratos

  Resultan tóxicos cuando se presentan en el agua en grandes cantidades.

3. Características microbiológicas

El agua puede contener parásitos, bacterias, virus y protozoos que se descargan en el agua con los desperdicios de tipo animal y humano, generalmente por el vertimiento de residuos a la corriente de agua más cercana. Constituyen la parte biológica de la contaminación del agua y han sido causa de grandes epidemias como el cólera.

Parámetros Físico / Químico (INAA)

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18-30	-
Color	UC	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12°C ,3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12°C,3 a 25°C
Iones de hidrogeno	Valor PH	6.5-8.5 (a)	-
Cloro residual	mg/l	0.5-1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	µ/cm	400	-
Dureza	mg/l CaCO3	400	-
Sulfatos	mg/l	25	250
Calcio	mg/l CaCO3	100	-
Cobre	mg/l	1	2
Aluminio	mg/l	-	0.2
Magnesio	mg/l CaCO3	30	50
Sodio	mg/l	25	200

Fuente: www.enacal.com.ni

2.1.2 Contaminantes del agua

1. Contaminantes Microbiológicos

La naturaleza posee una variadísima gama de microorganismos, y el mundo entero se encuentra gobernado por ellos, los cuales forman parte del desarrollo y equilibrio en los ecosistemas, sus interrelaciones y peculiaridades. Todos ellos aprovechan los nutrientes y las condiciones ambientales de sus alrededores para sobrevivir.

El agua es uno de los medios más importantes para la expansión de los microorganismos. Diferentes microorganismos pueden colonizar el líquido y comenzar su florecimiento, muchos de ellos altamente peligrosos para la salud humana, por lo que cobran aún más relevancia en el agua de consumo. Por lo que es imperante el control de microorganismos dañinos para la salud de los consumidores en el recurso hídrico.

Dentro de los microorganismos dañinos para la salud se encuentran los protozoarios, transmitidos por excretas humanas o animales, como la Giardia intestinalis, Entamoeb*a* histolytica y Cryptosporidium, y las bacterias Salmonella spp, Shiguella, Ecoli patógena, Vibrio Cholerae, Leptospira interrogans, cianobacterias, entre otras.

También son microorganismos molestos en el agua potable, las bacterias llamadas comúnmente como bacterias del hierro y del azufre, puesto que causan corrosión galvánica, generando problemas en los sistemas de tuberías en los acueductos, y además forman depósitos que le aportan color y olor desagradables al agua.

Además, el agua puede trasmitir virus, como enterovirus, hepatovirus, rotavirus, calicivirus, adenovirus y astrovirus. Otros organismos que pueden estar presentes en el agua, y que son trasmisores de enfermedades son los helmintos, grupo de parásitos que incluye cestodos, trematodos y nematodos. Cobran importancia aquellos cuya ruta de trasmisión la constituye la fecal-oral.

2. Contaminantes químicos

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo, se deben principalmente a su capacidad de bioacumularse y producir efectos crónicos adversos sobre la salud, es decir tras periodos de exposición prolongados.

Aunque las concentraciones de las sustancias o compuestos, sean bajas, o se encuentren por debajo de los niveles establecidos por la legislación respectiva, no dejan de tener relevancia, debido a que el consumo diario de agua, supone una ingestión frecuente de las sustancias presentes en ella. Esto provoca un aumento de concentración en el cuerpo, a través del tiempo, ya que no son desechadas tan fácilmente, como si lo es el agua por medio de la orina. Esto representa un grave peligro muchas veces silenciado, y no solo es riesgoso como agua de bebida, sino como componente esencial de las labores cotidianas, como medio de cocción de alimentos, aseo personal, entre otras.

Entre los compuestos más encontrados en aguas, se encuentran los nitratos y nitritos, provenientes de la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas subterráneas. Los nitritos, provocan metahemoglobinemia, principalmente en niños, condición conocida como el Síndrome del niño azul.

La exposición a concentraciones elevadas de fluoruro, de origen natural, genera problemas dentales, y en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. El arsénico también puede llegar al agua de forma natural, y sus efectos son bien conocidos y documentados, ya que ocasiona lesiones cutáneas graves, y eleva el riesgo significativamente de sufrir cáncer.

3. Contaminantes físicos y organolépticos

Ciertas características físicas del agua, pueden interferir en la calidad requerida para ser considerada apta para el consumo humano. Dentro de estos se encuentran las características organolépticas como el sabor, el olor, y el color, asociadas a los contaminantes químicos y microbiológicos.

Estas deben ser de tal modo, que el consumidor no perciba como desagradable el agua, ya que, de otro modo, no sería ingerida.

También afectan algunas características físicas como las partículas suspendidas o sedimentables, y la turbiedad. A la vez que son desagradables para el consumidor, pueden significar la presencia de contaminación microbiana especialmente, ya que las partículas constituyen un buen lugar de asilo, para que las bacterias evadan los efectos del desinfectante. Asimismo, la temperatura del agua debe encontrarse entre 18 y 30 ºC, para que sea agradable al gusto, y también para que permita el avance de reacciones químicas, y no interfiera negativamente en los procesos de desinfección.

2.1.3 Desinfección

Actualmente, el objetivo de la desinfección del agua es asegurar que el consumidor reciba agua esencialmente saludable mediante la destrucción de los agentes patógenos y, además, que mantenga una barrera protectora contra los gérmenes dañinos a la salud humana que se podrían introducir en el sistema de abastecimiento agua, suprimiendo de esta manera la posterior contaminación microbiológica del agua. Ya que es el último proceso y uno de los más importantes en el tratamiento del agua destinada al consumo humano.

Eficiencia de la desinfección

La eficiencia de este proceso dependerá de factores que se deberán tener en cuenta, como son:

1. La naturaleza y número de los organismos a ser destruidos.
2. El tipo y concentración del desinfectante usado.
3. La temperatura del agua a ser desinfectada. Cuanta más alta sea la temperatura, más rápido es el proceso.
4. El tiempo de contacto entre el desinfectante y el agua. Mientras mayor sea este periodo, los resultados son mejores. La totalidad de muertes de microorganismos es proporcional al tiempo de contacto.

5. La calidad del agua a ser desinfectada. Si el agua contiene partículas, especialmente de naturaleza coloidal y orgánica, la eficiencia de la desinfección es menor. Es recomendable que la turbiedad del agua sea menor a 5 UNT.
6. Las condiciones de la mezcla. Se obtiene buenos resultados cuando la mezcla del agua y el desinfectante es homogénea.

- Métodos de desinfección en medios rurales.

Los desinfectantes y el equipo de desinfección se deben seleccionar de modo que satisfagan en lo posible las condiciones específicas de la aplicación a que se destinen teniendo en cuenta todos los factores que influyen en la fiabilidad, continuidad y eficacia de la desinfección. Los principales métodos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Métodos de desinfección del agua disponibles

<table>
<tr><th colspan="3">Físicos</th><th colspan="3">Químicos</th></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Ultrafiltración
Ultrasonido
Ósmosis inversa
Electroforético
Ebullición
Congelación</td><td rowspan="3">Cloro</td><td colspan="2">Gas</td></tr>
<tr><td>Hipoclorito</td><td>o Sodio
o Calcio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dióxido de cloro
Cloraminas</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Radiación ionizante</td><td rowspan="2">o Gamma
o Ultravioleta</td><td colspan="3" rowspan="2">Permanganato de potasio
Yodo
Bromo
Ozono
Peróxido de hidrógeno
Plata</td></tr>
<tr></tr>
</table>

Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

- Métodos de desinfección aplicables

Las características que deben tener los métodos de desinfección para ser aplicables en el ámbito rural son los siguientes:

1. Rápido y efectivo.
2. Fácilmente soluble en agua en las concentraciones requeridas y capaz de proveer una acción residual.
3. Que no afecte el sabor, olor o color del agua.
4. Fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar.

Bajo estas características el cloro es uno de los métodos que más aplica en el área rural.

- Desinfección química.

Existen varias sustancias químicas q se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, por sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminantes posteriores, también es la sustancia química más económica con mejor control y seguridad al aplicarla al agua para obtener la desinfección.

- Formas de cloro

El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta como hipoclorito de calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco, en pastillas y el hipoclorito de sodio de configuración liquida.

Existen diferentes formas de cloro en las que se encuentra el cloro, que puede ser utilizado para desinfección de agua, entre ellas se encuentra:

1. Cloro gaseoso, Cl2.
2. Hipoclorito de Calcio Ca(ClO)2 en forma sólida.
3. Hipoclorito de sodio NaClO, en forma líquida.
4. Dióxido de cloro ClO2.
5. Cloraminas.

No todas las formas del cloro, ni todas las reacciones producidas con el agua, son igualmente efectivas. No todas las formas del cloro, ni todas las reacciones producidas con el agua, son igualmente efectivas. El cloro gaseoso solo se utiliza en la desinfección de grandes caudales de poblaciones urbanas. En comunidades rurales no se utiliza por las grandes dificultades técnicas que implica su manejo y los altos costos asociados. En comunidades rurales solo se utiliza hipoclorito de sodio, cloro líquido, e hipoclorito de calcio, cloro sólido.

- Aplicación.

El hipoclorito de sodio se aplica diluyendo previamente la solución concentrada de fábrica (130gr/lt) con agua limpia, hasta una concentración máxima del 1% al 3%.

Se recomienda que el tiempo de contacto entre el cloro y el agua sea de 30 min antes de que llegue al primer consumidor.

- La cloración como método de desinfección.

Es un mecanismo de desinfección de mayor aplicación en los sistemas de abastecimiento de agua rural, debido a que:

1. Es accesible.
2. Tiene alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica.
3. Tiene propiedades residuales.
4. El equipo para su dosificación es usualmente sencillo, confiable y de bajo costo.
5. Además, en el ámbito de pequeñas comunidades hay varios dosificadores de "tecnología apropiada" que resultan fáciles de usar y de aceptar por los operadores locales.
6. Los productos basados en el cloro se consiguen fácilmente.
7. Es económico y, es eficaz con relación a sus costos.

- Productos disponibles método de cloración

1. Cloro gaseoso (no aplicable al ámbito rural) El uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores a 500 m3/día, lo que, a una dotación de 100 litros por habitante por día, típica del medio rural, significa que el cloro gas solo es recomendable para poblaciones mayores de 5,000 habitantes.
2. Cal clorada.
3. Hipoclorito de sodio.
4. Hipoclorito de calcio.

Cuadro 2. propiedades de los productos del cloro

Nombre y formula	Nombre comercial o común	Aspecto	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
Cal clorada **CaO.2CaCl 2O. 3H2O**	Cal clorada, Polvo blanqueador, hipoclorito de calcio, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media. Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1% al mes.	Corrosivo	Latas de 1.5 kg Tambores de 45 - 135 kg Bolsas plásticas o de papel de 25 – 40 kg, otros.
Hipoclorito de sodio **NaClO**	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	1 a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Baja. Pérdida de 2- 4% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C	Corrosivo	Diversos tamaños de botellas de plástico y vidrio, y garrafones
	Hipoclorito de sodio por electrólisis *in situ*	Solución líquida amarillenta	0.1 – 0.6 %	Baja	Oxidante	Volumen variable
Hipoclorito de calcio **Ca(ClO)2.4 H2O**	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 – 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 –70%	Buena. Pérdida de 2- 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg, baldes de plástico

Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

El sistema de desinfección deberá garantizar la calidad del agua para el consumo humano, cumpliendo con la normatividad vigente o las Guías de la OMS si no hubiera. Los valores referenciales de índole bacteriológico y químico (cloro) son:

Cuadro 3. Parámetros de calidad de agua.

Referencia	Parámetro	Valor referencial	Observaciones
Norma Calidad del Agua (1946)	Cloro	----	Cloro residual en el agua > 0,3 mg/lt y <0.6 mg/lt,
	Coli fecales o E. Coli	0 UFC/100 ml	
	Coliformes totales	0 UFC/100 ml	
Guías para la calidad del agua Potable (Tercera Edición Volumen 1) – OMS-2004	Cloro	5 **mg/lt**	Para que la desinfección sea eficaz, debe haber una concentración residual de cloro libre >=0,5 mg/litro tras un tiempo de contacto de al menos 30 min a pH <8,0
	Coli fecales o E. Coli	0 UFC/100 ml	
	Coliformes totales	0 UFC/100 ml	

Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

2.2. Proceso de tratamiento primario vinculado con un sistema FIME

2.2.1 Desarenador

Los desarenadores permiten separar la arena y partículas en suspensión gruesa del agua cruda, evitando su paso y depósitos en las obras de conducción, además de proteger las bombas de la abrasión y evitar altos niveles de sólidos o sobrecargas, en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado remueve las partículas superiores a 0,2 mm. (OPS y CEPIS, 2005), (Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente).

2.2.2 Consideraciones generales

El sistema de pretratamiento es una estructura auxiliar que debe preceder a Cualquier sistema de tratamiento. Esta estructura persigue principalmente los objetivos de reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que traen consigo las aguas

La mayoría de las fuentes superficiales de agua tienen un elevado contenido de Materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa, especialmente en temporada de lluvias.

Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) se realizan o están relacionados a las captaciones. Se considera como pretratamientos y acondicionamientos previos en la planta, a unidades como desarenadores.

En estas unidades se considera que las partículas, aun siendo de diferentes tamaños, se comportan como partículas discretas y aisladas.

2.2.3 Estudios previos al diseño

Para efectuar los diseños de un sistema de tratamiento incluyendo la tecnología FIME, se debe considerar:

- Estudio de fuentes: que incluya los aforos y los regímenes de caudal de por lo menos los últimos tres años.
- Zona de ubicación: levantamiento topográfico a detalle, análisis de riesgo y vulnerabilidad de ella a desastres naturales.
- Análisis de suelos y geodinámica.

- Análisis de la calidad del agua.

La selección de los procesos dependerá de la calidad del agua, los riesgos sanitarios involucrados, y la capacidad de la comunidad. Normalmente las plantas de tratamiento de agua en el medio rural utilizan los desarenadores.

- **Análisis de riesgo y vulnerabilidad de instalaciones**

  Las instalaciones de tratamiento tienen que ser diseñadas bajo un análisis de riesgo y vulnerabilidad ante situaciones de desastres naturales y/o condiciones del entorno local a fin de proteger la infraestructura y el servicio de agua a la población.

- **Análisis de riesgo**

Los diseños deben contemplar los riesgos que conllevan las amenazas más frecuentes de fenómenos naturales y otros predominantes en la zona: lluvias, sequías, sismos, etc., principalmente en cuanto a su ubicación.

- **Vulnerabilidad**

De las estructuras e instalaciones a:

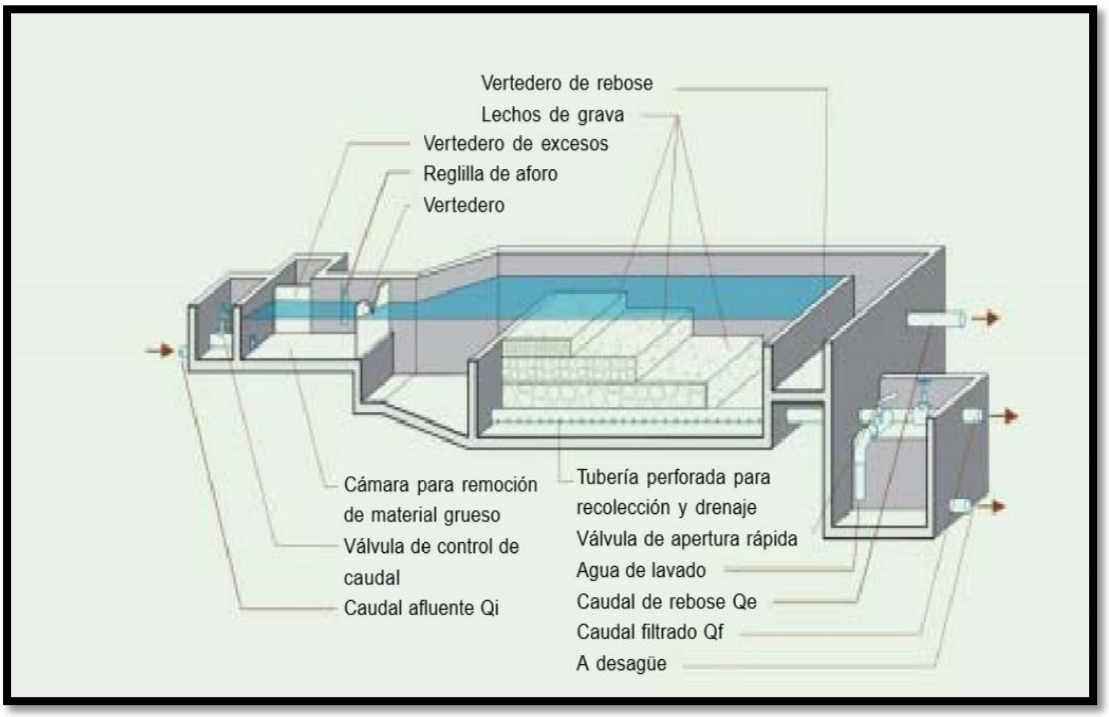
- Crecidas e inundaciones.
- Períodos de sequía.
- Contaminación de la fuente.
- Intensidad y magnitud de sismos.
- Erosion.

2.3 Procesos de tratamiento FIME

2.3.1 Filtración gruesa dinámica (FGDi)

Un sistema FGDi consiste básicamente de dos o más módulos operados en paralelo con flujo descendente, donde cada unidad es empacada con lechos de grava de tamaños variables en el rango de gruesa en el fondo a fina en la superficie. La grava de menor tamaño origina grandes áreas superficiales dentro del lecho filtrante y, por consiguiente, valores bajos de carga superficial, favoreciendo el proceso de sedimentación como mecanismo predominante en la remoción de material sólido.

Imagen 1. Corte transversal FGDI



Fuente: Alvestegui Alfonzo. (2009)

En un FGDi, el caudal de diseño, Qi, afluente a la unidad, percola verticalmente a través de lechos de grava, para ser colectado en el fondo por un sistema de drenaje que lo conduce a la siguiente etapa de tratamiento. En la zona de salida se proyecta un vertedor de rebose rectangular cuya cresta es diseñada entre 0.03 y 0.05 m por encima del nivel superficial de grava, lo cual contribuye a mejorar el comportamiento hidráulico del filtro, Al inicio de la carrera de filtración (pérdida de carga generalmente < 0.01 m), la unidad opera a tasa constante y progresivamente, la resistencia hidráulica se incrementa hasta alcanzar la cresta de rebose.

A partir de ese momento, el FGDi empieza a declinar, distribuyéndose el Qi entre el caudal filtrado, Qf y el caudal de rebose, Qe. La capacidad de declinar, origina el nombre de "dinámico" a la unidad de filtración.

Componentes principales del FGDi

Básicamente un FGDi está compuesto de:

• Cámara de filtración.

• Lechos filtrantes y de soporte.

• Estructuras de entrada y salida.

• Sistema de drenaje y cámara de lavado.

• Accesorios de regulación y control (Imagen 1).

- Cámara de filtración

Es la zona donde se realiza el proceso de tratamiento y el lugar donde se ubica el lecho filtrante, los medios de soporte y el sistema de drenaje. La altura total de la cámara está determinada por la altura del lecho filtrante, la altura del vertedor de salida y el borde libre requerido. Normalmente la altura total del filtro es de 0.70 m, con paredes verticales construidas generalmente en mampostería estructural o concreto reforzado.

Físicamente las cámaras de filtración poseen forma rectangular sugiere realizar mayor investigación sobre el modelaje físico de los FGDi, a fin de superar algunos limitantes en el comportamiento hidrodinámico de la unidad.

- Lechos filtrantes y de soporte

El medio filtrante está conformado por tres capas de grava con tamaños que varían entre 3.0 y 25.0 mm. La capa más fina se coloca en la superficie y la más gruesa sobre el fondo de la unidad, cubriendo el sistema de drenaje o múltiple recolector.

Tanto la grava de fondo como la intermedia funcionan como lechos de soporte, aunque existen evidencias de su contribución en la remoción de material suspendido.

El tamaño de la grava del lecho de soporte, varía según el tamaño de la grava superficial y del diámetro de los orificios del múltiple recolector. En general, la altura del lecho de soporte no debe ser inferior al diámetro del conducto recolector principal, y el tamaño de la grava en contacto con los colectores laterales, debe ser mayor en toda circunstancia, al diámetro de los orificios especificados en dicho colector.

- Estructuras de entrada y salida

La estructura de entrada debe incluir elementos que permitan la disipación de energía, el control, la medición y distribución de flujo y el vertimiento de excesos. Un buen diseño de estos componentes, contribuye significativamente a la adecuada operación y mantenimiento del FGDi y del sistema de tratamiento en general.

La estructura de salida debe permitir tanto el drenaje del caudal de rebose durante la operación a tasa declinante del FGDi, como el vertimiento del agua de lavado durante la limpieza superficial del filtro.

- Sistema de recolección-drenaje y cámara de lavado

El sistema de recolección tiene el propósito de captar lo más uniforme posible, el agua tratada durante la operación normal de filtración, así como también, colectar el agua de lavado y drenar la unidad cuando se realizan las actividades de mantenimiento. Normalmente el sistema de recolección y drenaje consiste de tuberías y accesorios PVC que forman tanto los colectores laterales como el colector principal. Los laterales están provistos de orificios que captan o distribuyen el flujo según el tipo de operación que se efectué: lavado ó filtración. Estos laterales están conectados al conducto principal a través de accesorios, generalmente construidos en PVC.

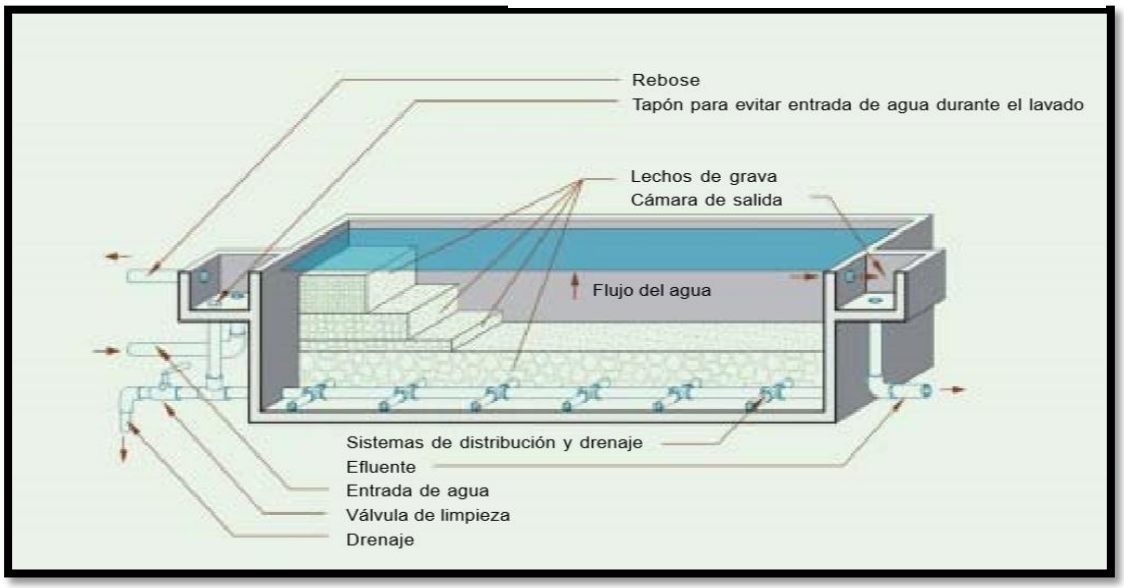
- Tuberías y accesorios de regulación y control

El tipo y número de accesorios utilizados en las unidades de FGDi y en otros componentes de FiME, que incluyen válvulas para regulación de caudal, válvulas para desagüe y válvulas de apertura rápida para limpieza de fondo del filtro grueso.

2.3.2 Filtración gruesa ascendente (FGAC)

Los sistemas de filtración gruesa ascendente consisten de una o varias unidades que contienen grava en su interior. En sistemas conformados por una sola unidad, Filtración Gruesa Ascendente en Capas (FGAC), ésta es empacada con lechos de grava de diferente tamaño en el rango de gruesa en el fondo, a fina en la superficie.

Imagen 2. Corte transversal FGAC



Fuente: Alvestegui Alfonzo. (2009)

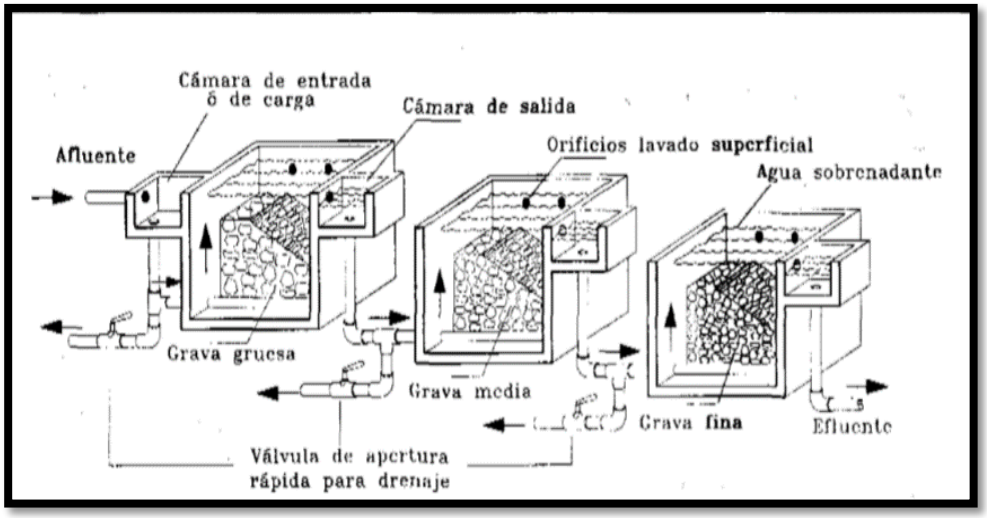
La filtración gruesa ascendente tiene la ventaja de favorecer la acumulación de sólidos en el fondo del filtro, donde se localiza el sistema de drenaje, facilitando así, el lavado hidráulico o de fondo de las unidades. Adicionalmente, la dirección vertical del flujo reduce interferencias generadas por temperatura o diferencias de densidad del fluido, mejorando el comportamiento hidráulico de la unidad, evitando zonas muertas y produciendo tiempos de retención más homogéneos. Estos factores influyen significativamente en la eficiencia del proceso de tratamiento.

Básicamente un filtro grueso ascendente está compuesto de:

- Cámaras de filtración con 1, 2 o 3 compartimientos.
- Lecho filtrante.
- Estructuras de entrada y salida.
- Sistema de drenaje y cámara de lavado.

- Accesorios de regulación, control y dispositivos para la limpieza superficial.

Imagen 3. Cámaras en serie FGAC



Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

- Cámaras de filtración

La altura total del filtro está determinada por la altura del lecho de grava (incluyendo la capa de soporte), el nivel de agua sobrenadante, la altura de agua adicional para facilitar y mejorar el lavado hidráulico y el borde libre. Normalmente la altura total del filtro está en el rango de 1.1 a 1.5 m. Las paredes pueden ser verticales o inclinadas, construidas generalmente en concreto reforzado, ferrocemento o mampostería estructural y de forma rectangular, circular o pirámide truncada.

- Lecho filtrante

El lecho filtrante normalmente consiste de 5 capas de grava con tamaños diferentes, variando entre 25 y 1.6 mm en la dirección del flujo y distribuidas en 1, 2, o 3 compartimientos. Las características de las capas de grava (tamaño del material y espesor del lecho) deben ser seleccionadas cuidadosamente, con el fin de optimizar, tanto el funcionamiento hidráulico como el mantenimiento de las unidades. Usualmente, los primeros 0.20 a 0.40 m de grava en contacto con el sistema de drenaje, constituyen el lecho de soporte, cuyo tamaño depende del diámetro de los orificios del múltiple y del tamaño de grava predominante en la unidad.

Un incremento en la longitud de lecho filtrante implica, mayor tiempo de retención, mayor volumen para acumulación de lodo, de microorganismos, de materia orgánica, etc., y, por consiguiente, mayor eficiencia en el proceso de remoción. Sin embargo, las condiciones de lavado del lecho se tornan más exigentes, requiriendo en consecuencia, tasas de lavado más altas que las especificadas para un lecho de menor longitud.

- Estructuras de entrada y salida

La estructura de entrada tiene por objeto disipar energía, controlar, medir y eliminar excesos de caudal, Esta estructura consiste de un canal pequeño que conduce el agua previamente acondicionada hasta la cámara de entrada a los filtros gruesos. Previo al ingreso de la cámara de carga, el flujo es aforado por un vertedor cuyas características hidráulicas dependen, entre otros factores, de la cantidad de agua a medir y de la pérdida de carga disponible.

- Sistema de drenaje y cámara de lavado

Dada la condición de flujo ascendente de los filtros gruesos, el sistema de drenaje se proyecta para cumplir con dos propósitos básicos: distribuir uniformemente el flujo en el área filtrante y recolectar el agua de lavado.

- Accesorios de regulación y control

Los accesorios utilizados en las unidades de Filtración Gruesa, incluyen válvulas para regulación de caudal, vertederos de aforo y reglillas de aforo, dispositivos que se instalan en la estructura de entrada de cada etapa de tratamiento.

2.3.3 Filtración lenta en arena (FLA)

El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua.

Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque.

Una unidad de filtración lenta en arena consta básicamente de los siguientes elementos:

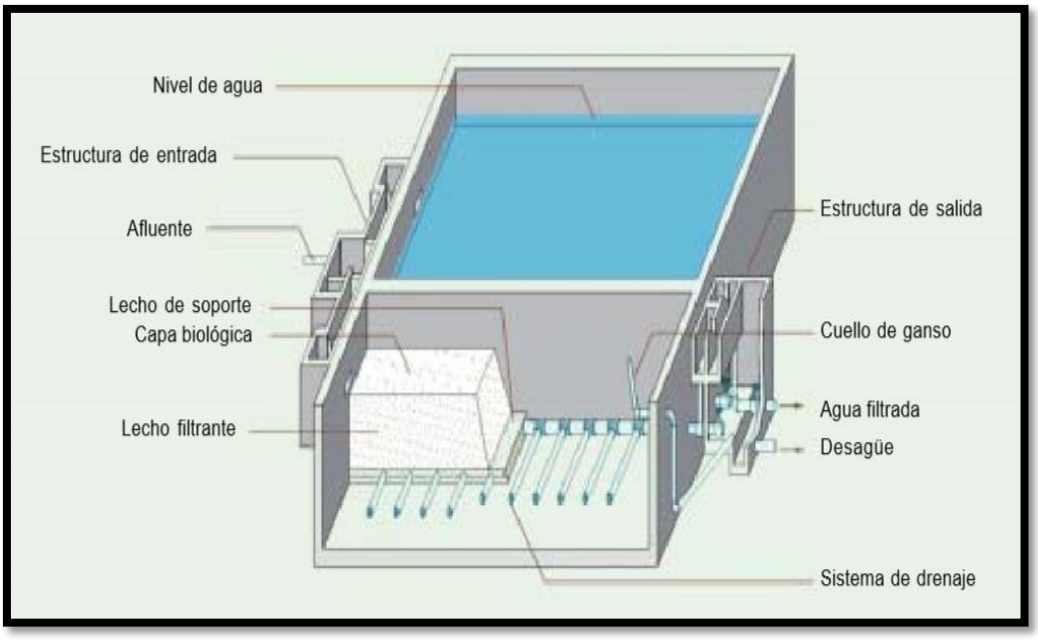
• Caja de filtración y su estructura de entrada.

• Lecho filtrante.

• Capa de agua sobrenadante.

• Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida.

Imagen 4. Corte transversal FLA



Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

- Caja de filtración y estructura de entrado

La caja del filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar en paralelo, Las cajas de filtración pueden ser construidas de hormigón reforzado, ferrocemento, concreto ciclópeo o mampostería estructural y sus paredes pueden ser verticales o inclinadas.

- Lecho filtrante

La selección del tamaño de los granos del medio filtrante es un factor crucial en el rendimiento del filtro; un tamaño efectivo con grano fino mejorará la eficiencia del proceso de tratamiento, aunque aumentará las pérdidas de carga inicial, La adecuada selección de arena incluye entre otros, los siguientes factores; tamaño y distribución de los granos, contenido de impurezas y grado de solubilidad del material. El tamaño de los granos se determina con base en el diámetro efectivo, d10, y su distribución granulométrica, por el coeficiente de uniformidad C. El D10 (Diámetro), es la abertura del tamiz a través del cual pasa el 10% (en peso) de los granos. El coeficiente de uniformidad es la relación entre el diámetro efectivo y la abertura del tamiz a través del cual pasa el 60% (en peso) de los granos, En consecuencia, Cu = D60/D10 Se recomienda arena relativamente fina con diámetro efectivo entre 0.15 y 0.30 mm y coeficiente de uniformidad menor de 5 y preferiblemente entre 2.0 y 4.

- Capa de agua sobrenadante

La altura de agua sobrenadante proporciona la carga hidráulica necesaria para permitir su paso a través del lecho de arena, ser colectada por el sistema de drenaje, llegar a la cámara de salida y pasar por el vertedero de aforo. En un filtro con control a la entrada, la carga inicial es cercana a 0.05 m, valor que gradualmente se incrementa hasta alcanzar el nivel máximo, oscilando entre 0.60 y 0.80 m. El valor más alto se recomienda para afluentes con gran variación en su calidad.

- Sistema de drenaje y cámara de salida.

El sistema de drenaje en un FLA debe cumplir tres funciones básicas:

- Soportar el material filtrante e impedir su arrastre a través del lecho de grava y dispositivos de colección y transporte.
- Asegurar la recolección uniforme del agua filtrada en toda el área de filtración.
- Permitir el llenado ascendente de los FLA y la distribución uniforme del agua de llenado, bien sea durante el arranque inicial o después del raspado de cualquier módulo de filtración.

El sistema de drenaje consta de un dren principal y sus respectivos conductos laterales que pueden construirse a partir de tuberías perforadas, tuberías corrugadas, ladrillo sobre ladrillo, losas prefabricadas de hormigón sobre vigas de hormigón o baldosas de hormigón sobre cuartos de baldosas. Independiente del material empleado, los laterales deben ser cubiertos con un lecho de grava debidamente gradada. El lecho de grava se constituye en una interface entre la arena fina y los orificios de colección, evitando la penetración del material filtrante al sistema de drenaje.

2.4 almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

2.4.1 Clase y tipo de tanque de almacenamiento

2.4.1 Clases de tanques

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- Mampostería: Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.

- Hormigón Armado: En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener altura mayor de 3.0 metro.
- Acero: Se propone construir tanque de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.
- Plásticos o polietileno: El polietileno es un material que se ajustan al adecuado almacenamiento de agua y otras sustancias. El polietileno tiene la ventaja de ser más liviano y logra una excelente protección antibacteriana.

2.4.2 Tipos de tanques

Los tipos de tanque que se han recomendado construir en el país son los siguientes:

- Tanque sobre el suelo.

Se recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

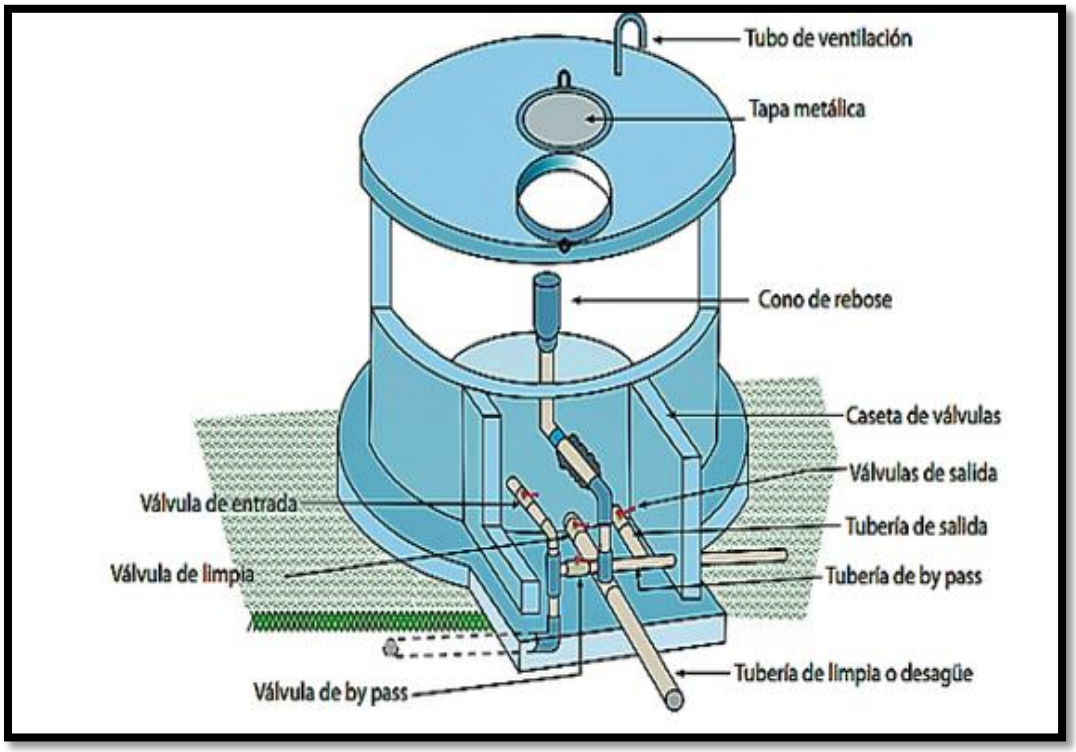
Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.

En el diseño de los tanques sobre el suelo debe de considerarse lo siguiente:

- Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (bypass), de tal manera que permita mantener el Servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.

- Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En caso especial se construirán tanques de acero sobre el suelo.

Imagen 5. Tanque de almacenamiento de agua potable



Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

- Tanques Elevados

En el diseño de tanques elevados que generalmente son de acero debe de considerarse lo siguiente.

- El nivel mínimo del agua en el tanque debe ser capaz de lograr presiones adecuadas en la Red de distribución.
- Se debe emplear la misma tubería de entrada y salida del agua, en el caso que el sistema fuese del tipo Fuente-Red-Tanque.
- La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- Se instalarán válvulas de compuertas en todas las tuberías, exceptuando la de rebose y se recomienda que todas las válvulas y accesorios sean tipo brida.

- Debe considerarse los demás accesorios como; escaleras, dispositivos de ventilación, acceso con su tapadera indicador de niveles y en caso especiales una luz roja para prevenir accidentes aéreos en vuelos nocturnos.
- Las escaleras exteriores deben tener protección adecuada y se diseñarán dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque.

Imagen 6. tanque elevado

Fuente, propia

2.4.3 Capacidad

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

- Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

2.5 Localización

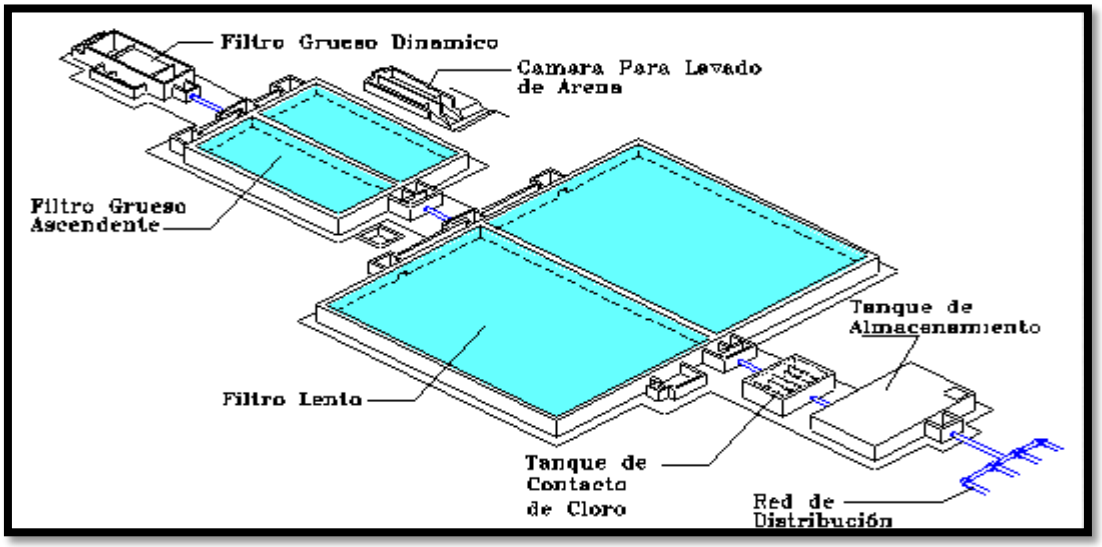
Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución.

2.6 Planta de tratamiento FIME (Filtración En Múltiples Etapas)

2.6.1 Generalidades

La tecnología de filtración en múltiples etapas (FiME), presenta un gran potencial para superar los problemas que actualmente limitan el suministro de agua potable en comunidades rurales, pequeños y medianos municipios en países en desarrollo. Esta tecnología no requiere el uso de sustancias químicas ni aparatos mecánicos complejos y puede ser fácilmente operada, mantenida y administrada por miembros de la comunidad. Una planta de tratamiento FiME consta de tres etapas de tratamiento: Filtro Grueso Dinámico (FGDi), Filtro Grueso ascendente (FGA) y Filtro Lento en Arena (FLA).

Imagen 7. Sistema de tratamiento FIME



Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

2.6.2 Limitaciones

Uno de los factores que limita al sistema son los altos niveles de contaminación que exceden la capacidad de tratamiento. Los sólidos suspendidos o la turbiedad del agua ocasionan taponamientos prematuros de los filtros y altos niveles de color exceden la capacidad de remoción.

Por otra parte, la naturaleza biológica del tratamiento requiere de un caudal continuo de agua que asegure el suministro de oxígeno y nutrientes. El tratamiento es afectado negativamente por las bajas temperaturas, la baja concentración de nutrientes y los bajos niveles de oxígeno disuelto.

2.6.3 Ventajas y desventajas

- Ventajas.

- Bajos costo de operación y mantenimiento.
- Producción del agua de buena calidad sin productos químicos.
- Reducción de riesgos físico-químico y bacteriológico.
- Es operado por personal de baja escolaridad.
- No requiere de mucha inversión para su construcción.

- Desventajas.

- No es apta para abastecer a una población en crecimiento (grandes poblados).
- Su caudal máximo para diseño es de 35 Lts/seg para una población equivalente a 2270 personas.
- Dificultad en el tratamiento del agua con altos niveles de turbiedad y concentraciones de hierro y manganeso.
- Ocupa mucho espacio.
- Ineficiente tratamiento para aguas con altas contaminaciones microbiológicas tales como protozoos, virus y bacterias.
- Deficiente tratamiento a bajas temperaturas.
- Baja eficiencia en la remoción de color natural y carbono orgánico.

2.7 Etapas de tratamiento para plantas FiME

A continuación, se detalla la parte conceptual de cada una de las unidades que conforman esta tecnología FIME. Tal como selección del sistema sus funciones, componentes, forma de trabajo, operatividad y diseño de cada etapa de tratamiento para su debida comprensión.

De acuerdo a los valores de turbiedad, coliforme fecales (CF) y color real en el agua cruda, se puede clasificar en un rango de bajo, intermedio y alto, para luego proceder a escoger una serie de tratamientos FiME.

Tabla 1. Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones FiME

Rango	Nivel promedio
Bajo	**Turbiedad < 10 UNT** **COLIFORME FECALES < 500 UFC / 100 ML** **COLOR REAL < 20UPC**
Intermedio	**Turbiedad 10 – 20 UNT** **COLIFORME FECALES < 500 – 10,000 UFC/ 100 ML** **COLOR REAL < 20 – 30 UPC**
Alto	**Turbiedad 20 – 70 UNT** **COLIFORME FECALES 10,000 – 20,000 UFC/100ML** **COLOR REAL < 30 – 40 UPC**

Fuente: OPS/CEPIS. (2009)

Todas las opciones FiME incluyen FGDi y FLA. Ya que el FGDi es utilizada para "reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de sólidos transportadas por la fuente durante unas pocas horas. Cuando la fuente transporta valores elevados de sólidos fácilmente sedimentables, estos se depositan en la superficie del lecho de grava, colmatando el filtro rápidamente y restringiendo parcial o totalmente el paso de agua. Esta respuesta protege las unidades de tratamiento siguientes, en este caso la FLA." (CEPIS, 2009).

Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME. (Todas las opciones incluyen FGDi 2.0 y FLA0.15).

Coliformes Fecales (UFC/100 ml) \ Turbiedad (UNT) / Color Real (UC)	< 10 / < 20	10-20 / 20-30	20-50 / 30-40	50-70 (*) / 30-40 (*)
< 500	Sin FGA	$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAS3_{0.3}$
500 - 10000	$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAS3_{0.3}$
10000 - 20000 (*)	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAS3_{0.3}$

(*) Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.
(El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h)

Bajo
Medio
Alto

Tabla 2. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas (OPS/CEPIS/2009).

2.8 Procesos de desinfección final

Ningún desinfectante cumple a cabalidad los requisitos o características mencionado en el índice 2.1.3 anteriormente mencionados, sin embargo, existen diferentes alternativas para la desinfección final del agua, de modo que ésta sea apta para el consumo humano, cada una con sus ventajas y desventajas. Dentro de las principales se encuentran, la cloración, ozonización, ósmosis inversa y la desinfección con yodo, tratados en detalle en tabla **26**, junto con los microorganismos indicadores de la calidad del agua y del desempeño de estos diferentes métodos de desinfección.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3. Antecedentes del proyecto

3.1 Generalidades

Según NITLAPLAN (2015) la isla es una comunidad semi rural ubicada a 11 km del noroeste del municipio de la Dalia-Matagalpa con una población que se dedica a la caficultura como medio que garantiza la subsistencia económica y alimentaria, la producción de granos básicos es el segundo rubro en la escala de importancia de la comunidad.

La comunidad cuenta con una micro cuenca la cual vierte agua superficial de donde se abastece la planta de tratamiento la Isla, cabe mencionar que en la comunidad cuentan con una escuela, un centro de salud y barrios aledaños que están cerca al sector.

A la comunidad la caracteriza la clase bioclimática, bosque subtropical semi húmedo corresponde al tropical semi lluvioso, con precipitaciones entre 2000 y 2500 m, la temperatura oscila entre los 22°C y los 24°C. La estación lluviosa dura aproximadamente 6 meses de mayo a noviembre y posee una geomorfología con terreno accidentado y montañoso con mucha elevación, se estima que un 60% del terreno es accidentado y un 40% es plano, los cerros de mayor importancia son: peñas blancas (1650 m), el cerro Caratera (700 m), el cerro coyolar (450 m), el cerro piedra luna (600 m), y las montañas están cubiertas de bosques altos y bajo.

Las cuencas que pasan por el municipio de la Dalia son: rio Grande de Matagalpa, rio Coco y lago de Managua. El grande de Matagalpa contiene las siguientes subcuentas: Tuma-la dalia, Tuma-Mancotal, Yasica-rio Sabala y rio Upa-Fabule.

El tipo de suelo que predomina en la comunidad son: arcillosos, negro y arenoso

En lo que respecta al tema del servicio público de agua potable, esta materia está repartida actualmente entre dos empresas, una estatal y otra municipal. Las competencias sobre la construcción de obras hidráulicas son ejercidas por instituciones estatales o locales, estos proyectos son ejecutados por la alcaldía, y una vez construidos pasan a manos del Estado. (ALCALDIA, 2011,2015)

La empresa aguadora, una empresa autónoma pero pública, que se encarga de los proyectos de infraestructuras en el medio rural concentrado, en este caso el núcleo urbano de La Dalia, asume el mantenimiento de los proyectos ejecutados en el municipio por otros organismos

En el área urbana el servicio de agua es atendido por la empresa municipal del Agua (EMAGUA). Se cuenta con 1,130 tomas domiciliares y 10 puestos público, implica que solo el 90 % de las viviendas del casco urbano cuentan con servicio de agua potable domiciliar. Según los registros de ENACAL (SINASE) la cobertura llega al 70% rural y 90% urbano. La Empresa Aguadora tiene competencias en los núcleos urbanos; de momento tan sólo en La Dalia, ya que hasta ahora El Tuma ha venido siendo considerado como comunidad (el FISE tiene formulado un proyecto de abastecimiento para El Tuma; en cuanto se ejecute, su administración pasará también a manos de la empresa aguadora). (ENACAL, 2015).

También se ocupa del mantenimiento a través de la UNOM (unidades de operación y mantenimiento de Enacal para el sector rural), que en la actualidad mantiene a 28 comunidades. Asume igualmente el mantenimiento de 11 pozos construidos por UNICEF: 3 en San José de Wasaka y en La Estrella; 2 en El Granadillo; y 1 en El Naranjo, El Tuma y Los Ranchitos. (ENACAL, 2013).

La captación de agua para La Dalia se encuentra en la comunidad de Santa Fe; el agua entra a una pila rompe-presión, y pasa a un tanque de almacenamiento que tiene una capacidad de 35 mil galones; este volumen es insuficiente para cubrir la demanda de toda la población.

Hace 4 años se hizo una proyección de 600 tomas de agua potable a 20 años. Donde sea dado registro de EMAGUA que el agua potable sea convertido en uno de los líquidos vitales para la humanidad. El municipio cuenta con reserva de peñas blanca donde se obtiene varios proyectos de agua que abastecen al casco urbano y las comunidades de su alrededor. (ENACAL, 2010).

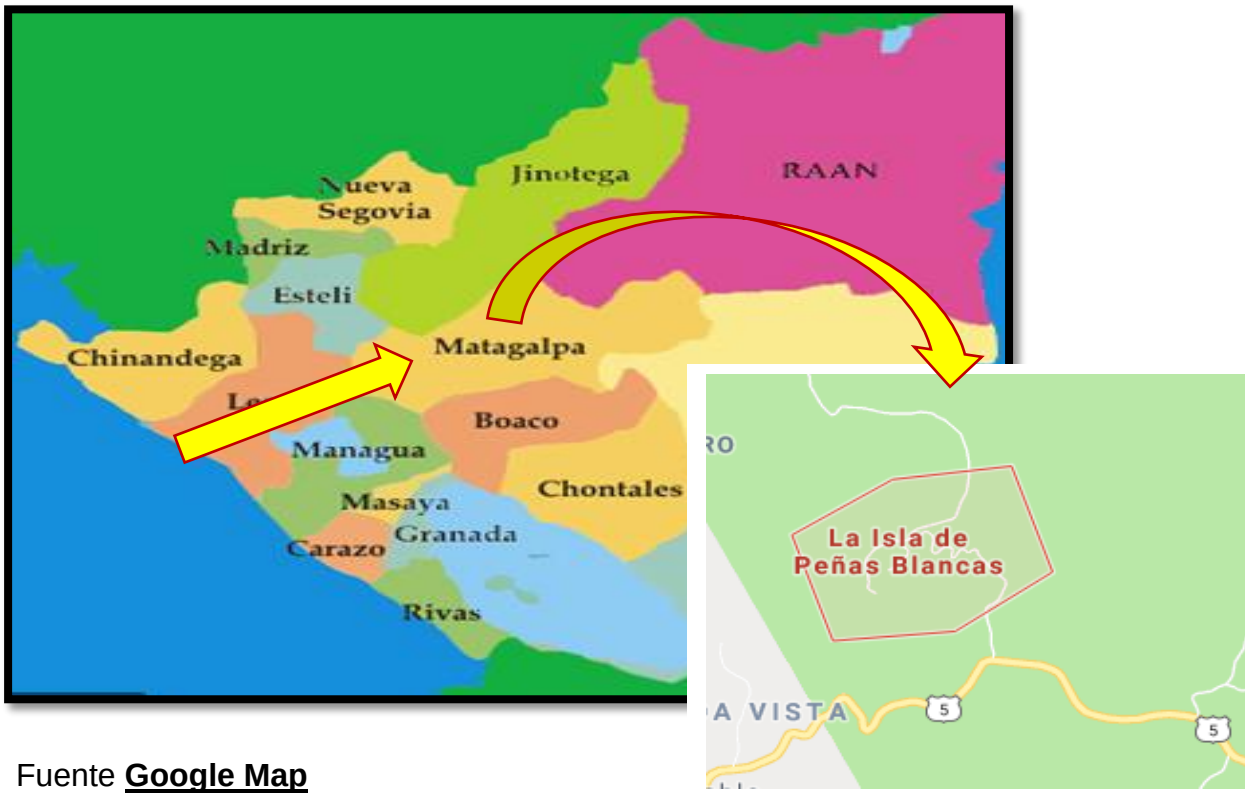
3.2 Ubicación del área de estudio

Nuestro proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Matagalpa municipio la Dalia, comunidad Isla de Peñas Blancas. El cual se encuentra a 180 km de la capital. El cual comprende un área de 3,767.77 m².

Isla de Peñas Blancas forma parte de la Cordillera Isabelia, departamento de Jinotega, formando un separador natural, en un lado el Bocay y los Ríos de Coco (y su tributario) y en el otro lado el tributario del Río Tuma.

En noviembre 1999 el gobierno declaró esta área, midiendo 115,54 km², una Reserva Natural, para proteger los bosques primarios y el papel importante que juega el área en el equilibrio de agua de una región mucho más grande.

Imagen 8. Mapa de macro localización Matagalpa - la dalia - comarca isla de peñas blancas



Fuente **Google Map**

http://www.google.com/maps/place/La+Isla+ +Peñas+Blancas

3.3 Población abastecida por el sistema

El sistema abastece actualmente a las comunidades: Isla de peñas blancas, las torres, los ranchitos, la estrella, el naranjo, san Antonio 1 y san Antonio 2. (ver, Tabla 3) abasteciendo un total de 770 casas con 3910 habitantes y 589 abonados.

Tabla 3. Datos de población a servir (Elaboración propia)

Censo comunidad Isla de Peñas Blancas						
# de Comunidad	# de viviendas	# de familias	# de habitantes	Índice habitacional %	# de viviendas conectadas	Porcentaje de conexiones domiciliares
1.Las Torres	93	95	552	5.81	83	89.25%
2.Los Ranchitos	32	35	193	5.51	29	90.63%
3.La Estrella	320	325	1462	4.50	246	76.88%
4.La Isla	96	102	546	5.36	60	62.50%
5.El Naranjo	95	102	516	5.06	80	84.21%
6.San Antonio 1	96	98	437	4.46	62	64.58%
7.San Antonio 2	38	40	204	5.09	29	76.32%
	770	**797**	3910	4.91	**589**	**76.49%**

Imagen 9. Mapa de micro localización de la zona

Fuente **Google Map**

3.4 Fundación del acueducto

El acueducto fue fundado en el año 2011, por una financiación directa del FISE (FONDO DE INVERSION SOCIAL DE EMERGENCIA) la cual a su vez fue cofinanciado por la alcaldía municipal, **EL TUMA LA DALIA** y ejecutado por esta misma, una vez que se finalizó dicho proyecto paso a formar parte de CAP (comité de agua potable), quienes son los encargados de velar por el buen manejo y funcionamiento de la planta FIME; para que esta no deje de operar.

La fuente abastecedora era propiedad privada ya que se encontraba en una finca productiva del sector, dicho representante legal del bien decidió donarlo a la alcaldía del Tuma La Dalia para la ejecución del proyecto, registrándose bajo el nombre de: **quebrada MATAPALO;** es así que el sistema de tratamiento abastece a 7 comunidades de la comarca ISLA DE PEÑAS BLANCAS de manera continua.

Imagen 10. Alcaldía EL TUMA LA DALIA

Fuente propia, visita de campo 06/02/2019

3.5 Administración del acueducto

El acueducto se encuentra desde su fundación en manos de CAP (comité de agua potable), La administración del suministro de agua potable y el control financiero, además de las actividades que se relacionen con el manejo del recurso hídrico del acueducto, directa e indirectamente, son responsabilidad del comité de CAPS los cuales se encuentran organizados en dicho municipio.

3.6 Problemática

Existe una problemática muy severa de los entes reguladores que brindan el servicio de agua potable en cuanto a capacitación y apoyo, a operarios que laboran en las plantas de tratamiento FIME, lo cual se ha visto en la carencia de ayuda técnica por parte del ente hacia los CAPS que son los encargados de que los sistemas de potabilización FIME operen sin interrupciones.

En el caso de la planta de tratamiento la isla, esta no ha podido desarrollar un sistema adecuado de potabilización y distribución del recurso hídrico, debido a que se encuentra bajo la supervisión de una persona operaria con edad de 70 años sin experiencia en el tema de agua potable, además de carecer de la preparación necesaria para poder realizar las labores en dicha planta.

Esta es la realidad que se vive en la isla, cuyo sistema de potabilización se encuentra constituido por los siguientes elementos: zona de captación (fuente), líneas de conducción al sistema de pretratamiento y a la planta, filtro grueso dinámico FGDI, filtro grueso ascendente FGAC, filtro lento de arena FLA, cloración, un tanque de almacenamiento y la red de distribución.

En la planta de tratamiento la isla, labora solamente una persona de tercera edad encargado de las actividades relacionadas en lo que respecta al mantenimiento y ejecución de la misma. La escasa capacitación genera una inadecuada operación y por ende un mal mantenimiento del acueducto, incluyendo los Filtros que conforman el sistema y la cloración, así como un control escaso de la calidad del agua, de las características y ciclos de variación del caudal (picos de turbiedad, color, etc.), tanto de la entrada (agua cruda) como de la salida (distribución a la red) del sistema.

3.2 Sistema de potabilización

3.2.1 Elementos del sistema de potabilización FIME – La isla

El sistema de potabilización está constituido por los siguientes elementos

a) Captación: toma de fuente de agua superficial (QUEBRADA MATAPALO).
b) Tuberías de conducción del agua cruda hacia el sistema de pretratamiento y a la planta.
c) Un desarenador.
d) Un filtro grueso dinámico en paralelo (2 unidades).
e) Un filtro grueso ascendente en capas en paralelo (2 unidades).
f) Un filtro lento de arena en paralelo (2 unidades)
g) Sistema de cloración.
h) Un tanque de almacenamiento.
i) Tubería de distribución de agua potable.

A. Captación.

Imagen 11. Fuente de agua MATAPALO

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

B. Desarenador.

Imagen 12. Desarenador

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

C. Filtro grueso dinámico - FGDI

Imagen 13. Filtro Grueso Dinámico DGDI

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

D. Filtro grueso ascendente en capas - FGAC

Imagen 14. Filtro Grueso Ascendente DGAC

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

E. Filtro lento arena – FLA

Imagen 15. Filtro Lento De Arena FLA

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

F. Sistema de cloración

Imagen 16. Cloración

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

Imagen 17. Tanque De Almacenamiento

Fuente Propia, visita de campo / 06/02/2019

3.2.2 Descripción del sistema de potabilización FiME existente – la isla

- Obra de captación.

El acueducto cuenta con una fuente de agua superficial; la cual proviene de la quebrada MATAPALO, principal fuente del líquido (Imagen 11) que abastece el sistema.

La obra de captación en la quebrada, consiste solamente, en una caja colector de agua en forma rectangular con dimensiones de 4.90 m de largo x 2.20 m de ancho y una profundidad de 1.22 m (Imagen 11), con una rejilla cuadrada con dimensiones de 0.45 m de largo x 0.20 de ancho con un desplante de 0.18 m hacia el fondo del dique toma la cual se encuentra una tubería de 3" pulgadas con un 5% de pendiente agua abajo, y sigue 3.51 m de recorrido hasta topar con un codo de 90° para tubería de 3" y un reductor de 3" x 2" el cual va dirigido hacia el desarenador, por donde se colecta el agua para el proceso de pretratamiento cambiando la tubería a 2".

- Desarenador.

El caudal proveniente de la quebrada, es llevado por tuberías de 2” hasta el desarenador, donde se colecta el material de arrastre, para ser luego conducido al sistema de potabilización FIME. El desarenador funciona mediante flujo horizontal, y se encuentran ubicados cerca de la captación a una distancia de 197 m.

- Línea de conducción.

El caudal compuesto por la fuente llega por gravedad hasta la planta, mediante un sistema de tuberías de tres pulgadas (75mm) con 700 m de recorrido que conlleva del desarenador a la planta. Y 197 m de cuatro pulgadas (100mm) que va desde la toma de agua hasta el desarenador.

La tubería atraviesa la zona montañosa y quebrada con gran pendiente con la que cuenta la zona geográfica del lugar, habiendo sido planeada de este modo, con el fin de aprovechar la gravedad, como fuerza motriz para impulsar el líquido hasta el acueducto.

- Filtro grueso dinámico FGDI.

Las unidades FGDI paralelos (Imagen 13) funcionan mediante flujo descendente, y se encuentran conformadas por tres estratos filtrantes con 0.20 metro de profundidad cada uno, Sus dimensiones son ancho 3.40 m x largo 6.80 m x profundidad 1.10 m y su material estructural es concreto.

- Filtro grueso ascendente en capas FGAC.

Las unidades FGAC paralelos (Imagen 14) funcionan mediante flujo ascendente sentido vertical, y este se encuentran conformadas por cincos estratos filtrantes con variados espesores de profundidad cada uno, Sus dimensiones son ancho 6.40m x largo 12.80 m x profundidad 1.55 m y su material estructural es mampostería confinada.

- Filtro lento en arena FLA.

Las unidades del FLA paralelos (Imagen 15) funcionan mediante flujo descendente sentido vertical, y este se encuentran conformadas por tres estratos filtrantes con variados espesores de profundidad cada uno, Sus dimensiones son ancho 15.80 m x largo 20.90 m x profundidad 2.40 m y su material estructural es mampostería confinada.

- Desinfección.

Este proceso lo realizan de manera empírica en situ, según nos comentaba don Alberto que es la persona asignada para las labores cotidianas del funcionamiento de la planta; aduce que compra bolsitas de cloro y le deja ir al tanque de almacenamiento. Logrando así que el agua a consumir este clorificada y libre de impureza ante cualquier agente patógeno externo.

No cuentan con un sistema riguroso de cloración.

- Sistema de distribución.

El agua clorada en el tanque de almacenamiento, se distribuye a los 548 abonados del acueducto, en los poblados de las comunidades, mediante tuberías y tanques de almacenamiento. La tubería de distribución de agua potable está compuesta por diámetros de 4" (100mm), 3" (75mm) en las tuberías principales, y de 1.50" (38 mm), 2" (50mm) 1" (38 mm) en sus ramales.

- Dimensiones reales del sistema FIME existente.

Tabla 4. Dimensiones reales del sistema FIME actual

FILTRO	SIMBOLOGIA	ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD
UNIDAD		Mt	Mt	Mt
Filtro Grueso Dinamico	FGDI	3.40	6.80	1.10
Filtro Grueso Ascendente en capa	FGAC	6.40	12.80	1.55
Filtro lento en arena	FLA	15.80	20.90	2.40

Fuente. Propia, visita de campo 06/02/2019

DISEÑO METODOLOGICO

4. Diseño metodológico

4.1 Generalidades

Este diseño metodológico se desarrollará enfocado inicialmente en evaluar la calidad del agua en la fuente de captación a través de los parámetros físico-químicos donde se determinará si la fuente es apta para ser sometida al proceso de tratamiento FIME, una vez terminada la evaluación se estudiará la calidad del agua en la salida de la planta de tratamiento en estudio, para la comprobación de la eficiencia, y así poder evaluar la calidad de esta misma, en la comunidad la Isla es necesario hacer un estudio sobre el uso y manejo que se le está dando a esta planta de tratamiento con el fin de saber la operatividad y funcionamiento de cada una de las unidades que conforman el sistema FIME. Para ello se tiene programada visitas de campo con el fin de poder observar la manera en que esta trabaja, además de, obtener muestras de la fuente de agua tanto de la entrada como de la salida para la realización de pruebas de laboratorio y así comprobar la calidad del agua bajo los estándares que estipula la norma CAPRE.

Una vez realizadas visitas de campo se planificará la realización de sondeo de población donde a través de encuestas se obtendrá información sobre la calidad del servicio brindado a la población, parte de la información requerida será suministrada por medio de la alcaldía municipal de Matagalpa, comité de agua potable (CAP), MINSA (ministerio de salud), EMAGUA (prestador de servicio de agua potable para la Dalia) y personas encargadas de operar el sistema de tratamiento FIME.

Se hará una exhaustiva revisión en la memoria de cálculo donde se revisará el diseño de cada unidad de tratamiento con el fin de confirmar las dimensiones existentes y sus respectivos lechos filtrantes en el terreno para verificar si lo que fue construido concuerda con la memoria, de no ser así se realizaran nuevamente los estudios básicos como Caracterización de la fuente, Topografía, hidrometeorologia, Población, selección del medio filtrante y consumo para elaborar la nueva memoria de cálculo con sus respectivos rediseños para cada unidad, planos constructivos y manual de operación y mantenimiento , con el fin de que el sistema trabaje con el caudal de diseño propuesto. También se elaborará un instructivo simplificado para

el operador y CAPS de cada unidad de tratamiento en lo que respecta a su operación y mantenimiento.

De esta manera es como se llevará a cabo el desarrollo de este estudio monográfico donde nuestro mayor enfoque a desarrollar en este diseño metodológico este guiado al mejoramiento de la calidad de agua potable en la comunidad La Isla de Peñas Blancas del municipio de la Dalia.

Esquema del sistema de **FILTRACIÓN DE MÚLTIPLE ETAPA FIME** existente el cual se evaluará.

Imagen 18. Sistema FIME actual Isla De Peñas Blancas

Fuente. Propia, visita de campo 06/02/2019

4.2 Metodología investigativa empleada

A continuación, describiremos la metodología empleada para el desarrollo de la investigación del proyecto, señalando la estrecha relación que existe entre las actividades concernientes a los estudios básicos de ingeniería y los aspectos socio-económicos, los cuales se realizaron antes de iniciar las actividades propiamente de diseño. Además, se dan a conocer los criterios de diseño que rigieron el proyecto, mismos que fueron basados en las normas técnicas nacionales.

El proyecto se desarrolla en dos etapas:

1.- Etapa de Conceptualización.

2.- Etapa de Diseño del Sistema de Tratamiento.

4.3 Etapa de conceptualización

Comprendió la obtención de toda la información básica, tanto de campo como procesada en gabinete, que sirvió de base para la determinación de la demanda de servicio de agua potable, la cual a su vez se utilizó para efectuar el diseño de tratamiento del sistema.

A su vez esta etapa se desarrolló en dos sub-etapas:

a- Estudios de Campo.

b.- Estudios de Gabinete.

4.3.1 Estudio de campo

El estudio comprende la recopilación de la Información.

i. Se obtuvieron datos en las siguientes instituciones: ENACAL (sitio web), EMAGUA, FEDERACION DE CAPS DE LA DALIA, MINSA, ALCALDÍA (La Dalia). INTA, UNI-PIENSA y NITLAPLAN.
ii. Se realizó una encuesta socio-económica en la que se refleja por qué los pobladores piensan que el diseño de este sistema vendría a mejorar su calidad de vida. Este se aplicó a pobladores mayores de 20 años y se hizo en diferentes puntos de la comunidad.
iii. Se realizaron reuniones con la encargada del cap. para poder hacer visita a la planta de tratamiento y ver el estado en que se encuentra.

iv. Se tomaron muestras de la quebrada MATAPALO la cual abastece el sistema para el estudio de análisis de laboratorio.

v. Se realizó levantamiento topográfico en las instalaciones de la planta de tratamiento existente.

vi. Entrevista al encargado de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento en lo que respecta al funcionamiento de la misma.

4.3.2 Estudio de gabinete

Comprende la sistematización de los datos que se obtendrían en el estudio de campo, detallados en cuadros que servirán de base para el análisis e interpretación de los resultados la cual nos conlleva a poder realizar un informe final bien sustentado.

4.3.3 Estudio topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico para obtener coordenadas UTM GS84-16N (X,Y,Z), aplicando el método de radiación con una estación total marca RUIDE modelo RTS-822R^5 en la zona donde se ubica la planta de tratamiento para poder determinar ubicación y elevaciones del sistema FIME existente, para verificar si son las adecuadas para un mejor desempeño a la hora de que el líquido fluya a través de las tuberías de cada filtro, hasta llegar al sistema de desinfección donde dicho vital liquido será almacenado en tanque donde seria liberada a la red para su distribución a los hogares de las localidades conectadas al sistema.

Luego nos auxiliamos del programa Civil 3D para poder analizar los datos levantados y elaborar el mapa de curvas de niveles del sitio.

4.3.4 Estudio de calidad de aguas en el cuerpo receptor

Una de las exigencias del sistema de filtración en múltiples etapas es la revisión de tres parámetros de diseño; Turbiedad, color y coliforme fecales en el agua cruda de la fuente superficial, estos están ligados con el rango de la calidad del agua y para la aplicación de un modelo de selección de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas desarrollado por CINARA (Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico) y dar inicio al diseño.

CALCULO Y RESULTADO

5. Calculo y resultado

Para dar inicio a la revisión del diseño, nuestros datos principales de entrada son los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio; Ver Tabla 2 (Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas (OPS/CEPIS/2009) y tabla 1 (. Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones FiME (OPS/CEPIS/2009). para revisar el rango de la calidad del agua y la selección de tratamiento de FiME a utilizar.

5.1 Población a servir, dotación, periodo de diseño y caudal de diseño

5.1.1 Población a servir

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que Constituyen el sistema.

Para el cálculo de población futura usaremos el método geométrico donde los datos de entrada los tomaremos del censo realizado teniendo un total de 3,910 habitantes (Ver Tabla 3. Datos de población a servir) y la tasa de crecimiento en el periodo de diseño; de la norma regida por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (INAA), (1999). Normas técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua en el Medio Rural (NTON 9001-99) donde el rango es 2.5% - 4%. En esta revisión consideraremos una tasa de crecimiento del 3.5%.

En nuestro dato obtenido mediante el censo constatamos que el 76.49% de la población está conectada a la red, en nuestra revisión al diseño consideramos que el 100% de la población está conectada.

Usaremos la siguiente formula:

$$\mathbf{Pn = Po\ (r + 1)^n}$$

Pn: Población del año “n”.

Po: población al inicio del periodo de diseño.

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n: Número de años que comprende el periodo de diseño.

5.1.2 Dotación

Según norma rural para sistema de abastecimiento de agua potable, por medio de conexiones domiciliares de patio, se asigna un caudal de 50-60 lppd.

Se usará 60 lppd

5.1.3 Periodo de diseño

El periodo de diseño considerado es de 15 años. Aproximándonos más a la norma rural nacional tomando como referencia el periodo de diseño para filtros lentos en arena, ya que para los demás parámetros de diseño usaremos el manual de diseño Filtración en múltiples etapas, (Gerardo Galvis Castaño, Jorge Latorre Montero, universidad del Valle, CINARA, Instituto de Investigación y Desarrollo en agua potable, Saneamiento Básico y conservación del Recurso Hídrico, 1999) a excepción del filtro lento en arena, ya que en la norma rural no aparecen parámetros de diseño para filtros gruesos dinámicos y filtros gruesos ascendentes en capas.

5.1.4 Caudal de diseño

El caudal de diseño será de 7.73 l/s que corresponde al caudal máximo día (Ver tabla 4 pág. actual).

Población inicial (hab)		**P0**	3650		
Tasa de crecimiento (%)		r	**3.5**	INAA 2.5-4	
Dotación (Lt/hab/día)		Doct	**60**	INAA 50-60	
N0	**Año**	**Población**	**CPD Lt/s**	**CMH Lt/s**	**CMD Lt/s**
0	2019	3910	2.72	6.79	4.62
1	2020	4047	2.81	7.03	4.78
2	2021	4189	2.91	7.27	4.95
3	2022	4336	3.01	7.53	5.12
4	2023	4487	3.12	7.79	5.30
5	2024	4644	3.23	8.06	5.48
6	2025	4807	3.34	8.35	5.67
7	2026	4975	3.45	8.64	5.87
8	2027	5149	3.58	8.94	6.08
9	2028	5329	3.70	9.25	6.29
10	2029	5516	3.83	9.58	6.51
11	2030	5709	3.96	9.91	6.74
12	2031	5909	4.10	10.26	6.98
13	2032	6116	4.25	10.62	7.22
14	2033	6330	4.40	10.99	7.47
15	2034	6551	4.55	11.37	7.73

Donde:

CPD = Dotación x Población proyectada

CMD = 1.5 CPD + Qf

CMH= 2.5 CPD + Qf

CPD: Caudal promedio diario

CMD: Caudal máximo día

CMH: Caudal máxima hora

Qf: Caudal de salida al final del tramo

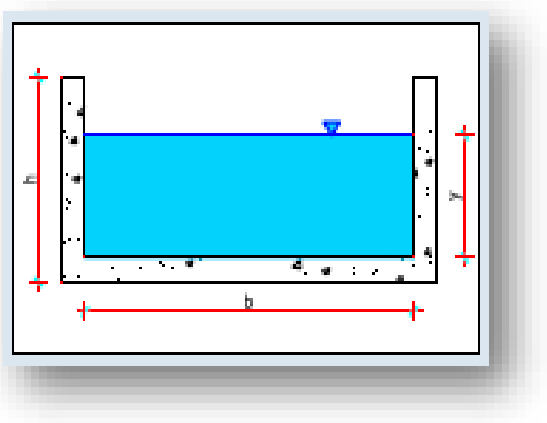
Tabla 4. (Elaboración propia)

5.2 Diseño de unidades de entrada y salida

El diseño de las unidades de entrada y salida aplica para los tres filtros (FGDi, FGAC Y FLA) de la planta potabilizadora, ya que el caudal de diseño es el mismo para todos los filtros.

- Fórmulas de diseño para canal de entrada

El tirante hidráulico del canal de entrada se calcula partiendo de la fórmula de Manning, asumiendo la base del canal.



$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Simplificando a:

$$AR^{2/3} = \frac{Q\ n}{S^{1/2}}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3 / s)

n: Coeficiente Manning de rugosidad

A: Área de la sección del flujo de agua (m^2) **A** = by

R: Radio hidráulico en función del tirante (m) **R** = by/(b+2y)

S: Pendiente del canal (m/m)

5.2.1 Resultados obtenidos

Valores hidráulico canal rectangular en la entrada

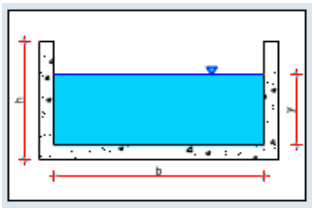
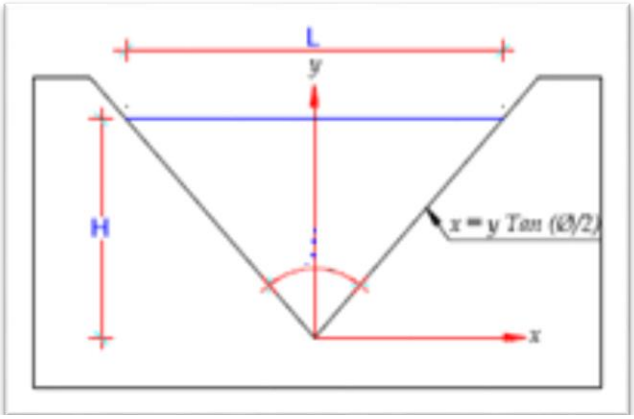
Diseño hidráulico de canal rectangular en la entrada				
			Descripciòn Datos entrada Resultados	
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Caudal de diseño	Qd	l/s	**7.73**	
Longitud de canal	Lc	m	**1.05**	
Ancho de canal	b	m	**0.10**	
Pendiente	s	%	**0.50**	
Borde libre	Bl	m	**0.08**	
Coeficiente de rugosidad de Manning	n	s/m^1/3	**0.013**	Para concreto liso
Aceleracion de la gravedad	g	m/s^2	**9.81**	
Tirante	y	m	**0.12**	
Altura total de canal	H	m	**0.20**	
Area	A	m^2	**0.01**	
Perimetro	P	m	**0.34**	
Profundidad hidráulica	D	m	**0.12**	
Radio hidráulica	Rh	m	**0.04**	
Velocidad	V	m/s	**0.64**	
Temperatura del agua	T	°C	**25.00**	
Viscosidad	*V*	m^2/s	**0.000000897**	
Numero de Reynolds	Re		**101433.7917**	Flujo turbulento
Numero de froude	Fr		**0.59**	Flujo subcritico

Tabla 5. Valores obtenidos, (Elaboración propia)

5.3 Diseño para vertedero triangular de entrada

El tirante hidráulico del vertedero triangular se calcula partiendo de la fórmula de Thomson.



$$Q = K \times H^{\frac{5}{2}}$$

Donde K es igual a:

$$K = \frac{8\ cd\ \tan(\frac{\theta}{2})\sqrt{2\ g}}{15}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3 / s)

Cd: Coeficiente de descarga

Θ: Angulo de vertedero (°)

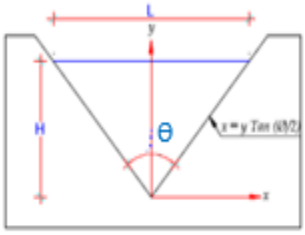
g: Aceleración de la gravedad (m / s^2)

H: Carga hidráulica

5.3.1 Resultados obtenidos

Valores hidráulico vertedero triangular en la entrada

Diseño hidràulico de vertedero triangular en la entrada



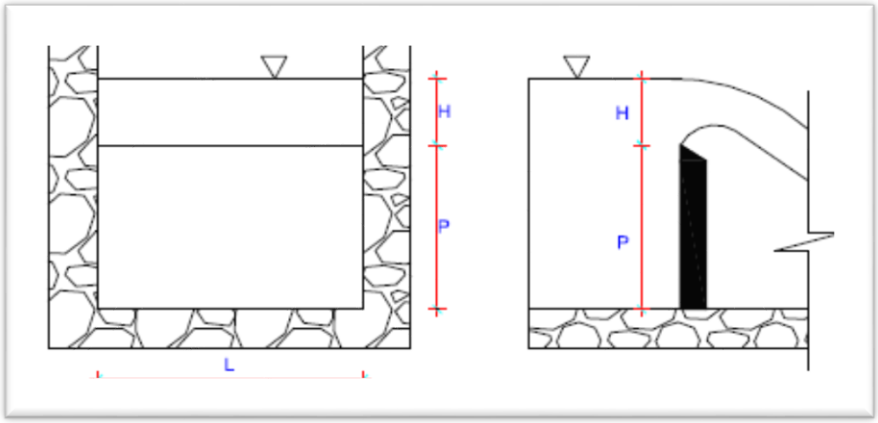
Descripciòn
Datos entrada
Resultados

Descripcion	simbologia	u/m	valor	Observacion
Caudal de diseño	Qd	l/s	7.73	Vertedero de pared delgada Formula de Thomson $Q = K \times H^{\frac{5}{2}}$
Ancho de vertedero	L	m	0.37	
Angulo	Θ	°	90.00	
Oleaje	ol	m	0.05	
Aceleracion de la gravedad	g	m/s^2	9.81	
Carga hidraulica	H	m	0.12	
Altura total	HT	m	0.17	

Tabla 6. Valores obtenidos, (Elaboración propia)

5.4 Formula diseño para vertedero rectangular de exceso

Se propone un vertedero rectangular de pared gruesa, donde el tirante hidráulico del vertedero rectangular se calcula partiendo de la fórmula de King, y H estará medido a partir del tirante crítico del canal (0.12 m).



Donde:

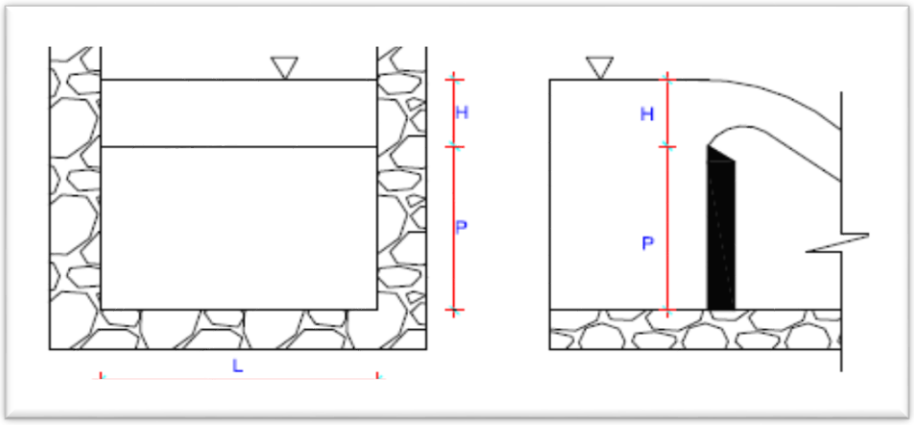
Q: Caudal de diseño (m^3 / s) $Q = 1.84bH^{1.47}$

b: Ancho del vertedero (m)

H: Carga hidráulica (m)

P: Paramento del vertedero (m)

5.4 Formula diseño para vertedero rectangular de salida



$$Q = 1.84bH^{1.47}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3 / s)

b: Ancho del vertedero (m)

H: Carga hidráulica (m)

P: Paramento del vertedero (m)

5.5 Diseño del desarenador

A continuación, dejamos un paso a paso de formula y calculo en el proceso del sistema de pretratamiento al sistema de tratamiento FIME.

VS = $\frac{9.81\ (2.65-1)*0.005\text{^}2}{18*8.97X10-3}$ = 0.251 cm / s

Para n = 2 , remoción del 75 % $\frac{\theta}{t}$ = 2.33

H = 1.5 m

t = $\frac{h}{vs}$ = $\frac{150}{0.251}$ = 597.61 seg

θ = 2.33* 597.61 = 1392.43 seg

v = 1392.43 * $\frac{6.82}{1000}$ = 9.450 m^3

As = $\frac{v}{h}$ = $\frac{9.50}{1.5}$ = 6.33 m^2

L/B = 3

B = $\sqrt{AS/3}$ = $\frac{6.33}{3}$ = 1.45

L = 3*B = 4.35 m

q = Q / AS = $\frac{6.82/1000}{6.33}$ = 0.001077 m^3/ m^2/S = 0.1077 cm/s

Vo = *q* = *0.1077* cm/s

do = $\frac{Vo*18*\mu}{g\ (\rho s-\rho l)}$ = $\frac{0.1077*18*8.97x10-3}{981\ (2.65-1)}$ = 0.0033cm

Vh = Q/W = Vo*L / H = $\frac{0.11*435}{150}$ = 0.319 cm

Vhmax = 20 * Vs = 20*0.251 = 5.02 cm/s

Vh < 20 vs

Asumiendo.

Vo = 0.1m/seg

Se determina el Ao.

d = Q / Vo = $\frac{0.0068m^3/seg}{0.15m/seg}$ = 0.045 m^2

Datos:

Ø = 3”

D = 0.075

Ao= 0.0044 m^2

N = d/Ao = $\frac{0.045m\text{^}2}{0.0044m\text{^}2}$ = 11 orificios

Altura de la pared difusora

h = H – 2/5 H = 1.50 – ($\frac{2}{5}$ * 1.50)

h = 0.90 m

se asumen 3 filas

se asumen 4 columnas

separación horizontal

S1 = 0.90/ 2 espacio = 0.45 m

Separación vertical

S2 = 0.87 / 3 = 0.29 m.

5.5.1 Resultados obtenidos

Valores hidráulico desarenador

DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	U/M	VALOR
Velocidad De Sedimentacion	VS	cm / s	0.251
Altura	H	m	1.5
Tiempo	t	seg	597.61
Inclinacion	θ	seg	1392.43
Velociadad	v	m^3	9.45
Area Superficial	As	m^2	6.33
Ancho	B	m	1.45
Largo	L	m	4.35
Carga Superficial	q	cm/s	0.1077
	Vo	cm/s	0.1077
	do	cm	0.0033
	Vh	cm	0.319
	Vhmax	cm/s	5.02
Velocidad De Paso En Orificio	Vo	m/seg	0.1
	d	m^2	0.045
Diametro En Plg	Ø	plg	3”
Diametro	D	cm	0.075
Area De Los Orificio	Ao	m^2	0.0044
Numero De Orificio	N	orificios	11
Altura De La Pared Difusora	h	m	0.9
Separacion Horizontal	S1	m	0.45
Separacion Vertical	S2	m	0.29

Tabla 7. Valores obtenidos, (Elaboración propia)

5.6 Diseño del filtro grueso dinámico (FGDi)

5.6.1 Parámetros de diseño y consideraciones de valores

PARAMETROS DE DISEÑO PARA FILTROS GRUESOS DINAMICOS FGDI.	
CRITERIO	VALORES RECOMEDADO
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	8-12
PERIODO DE OPERACION (HR/D)	24
VELOCIDAD DE FILTRACION (M/H)	2 a 3
NUMERO MINIMOS DE UNIDADES EN PARALELOS	2
AREA DE FILTRACION POR UNIDAD (M2)	‹ 10
VELOCIDAD SUPERCIAL DURANTE EL LAVADO (M/S)	0.15 a 0.3
LECHO FILTRANTE LONGITUD TAMAÑO DE GRAVAS	 0.6 ver tabla 7
ALTURA DEL VERTEDERO DE REBOSE O SALIDA	0.03 a 0.05 (**)
(*) En estaciones de bombeo con periodos de bombeo inferiores a 24hr/dia se recomienda prever un almacenamiento de agua cruda, apartir del cual se sumistre agua de manera continua al FGDI. (**) Medidos apartir del lecho supercial de grava.	

Tabla 8. (CINARA 2009)

Espesor de capa y granulometría de lechos en FGDi

Consideraciones de valores granulométricos FGDI

LECHO FILTRANTE	ESPESOR DE CAPA (M)	TAMAÑO DE GRAVA (MM)
Superior	0.2	3.0 - 6.0
Intermedio	0.2	6.0 - 13.0
Soporte	0.2	13.0 - 25.0

Tabla 9. (CINARA 2009)

5.6.2 Fórmulas de diseño

- Geometría de la caja de filtración.

DONDE:

Af = Qd / Vf

Am= Af / N

B= (Am / 2) ^1/2

L=2B

Hf = hls + hli + hls + ha + hbl

Donde:

Qd: Caudal de diseño

Af: Área de filtración

Vf: Velocidad de filtración

Am: Área de filtración por modulo

B: Ancho de la caja

L: Largo de la caja

N: Número de unidades o módulos

Hf: Altura de pared de filtración

hls: Altura de lecho de soporte

hli: Altura de lecho intermedio

hls: Altura de lecho superior

ha: Altura de agua sobrenadante

hbl: Altura de borde libre

- Espesor de capas y granulometría de lecho filtrante

Tomar como referencia parámetros de la Tabla 9. (Consideraciones de valores granulométricos FGDI).

- Sistema de distribución, drenaje y cámara de lavado

Para el diseño de los múltiples tomaremos como referencia las relaciones de la siguiente tabla.

Consideraciones de relaciones en el diseño FIME

Ítem	Recolector	Difusor
R_o= Σ área orifico/ área de lecho	0.0015-0.005	0.0015-0.005
R_l= Σ área orificio/ área tubería lateral	0.3-0.5	0.4-1.0
R_p= Σ área lateral/ área tubería principal	0.3-0.5	0.4-1.0
Diámetro orificios (mm)	6-19	6-19
Espaciamiento entre orificios (m)	0.1-0.3	0.1-0.3
Espaciamiento entre laterales (m)	0.5-1.0	0.5-1.0

Tabla 10. (CINARA 2009)

- Numero de laterales

n= (B / S) + 1

n: Número de laterals

S: Separación de laterales (Tomar separaciones de Tabla 10)

- Caudal por lateral

Ql = Qd / n

Ql: Caudal por lateral

- Numero de orificios por modulo

Para el cálculo de los orificios en el lecho, tomar como referencia la relación de la Tabla 8.

$$R_0 = \frac{Areas\ orificios\ lateral}{Area\ lecho} = \frac{n \times Area\ orificios}{Area\ lecho}$$

Simplificándose a:

no = (Ro* Am) / Ao Ro: Relación

no: Numero de orificios por modulo

Ao: Area de oricio

- Número de orificios por lateral

nol = no / n

nol: Numero de orificios por lateral

- Separación de orificios en el lateral

So = B / nol

So: Separación de orificios en el lateral (Verificar con Tabla 8)

- Diámetro de colector Lateral

El sistema de drenaje de recolección consiste de tuberías PVC que forman tanto los colectores laterales como el colector principal. Los laterales están provistos de orificios que captan o distribuyen el flujo.

Tomar relación de la Tabla 8.

Simplificando a:

$$R_L = \frac{n_{ol}\, do^2}{D_L^2}$$

DL = ((nol * do ^ 2) / RL) ^ 0.5

DL: Diámetro de lateral

do: diámetro del orificio en el lateral (Según Tabla 8)

- Chequeo de velocidad en el lateral (< 0.5 m/s)

VL = Ql / AL

VL: Velocidad en el lateral

AL: Area del lateral

- Diámetro colector principal

$$R_p = \frac{D_L^2}{D_p^2}$$

Dp = (DL ^ 2 / Rp) ^ 0.5

- Chequeo de la velocidad en el principal (< 0.5 m/s)

Vp = Qd / Ap

Vp: Velocidad en el principal

Ap: Área del principal

- Caudal de lavado

Para encontrar el caudal máximo que se deberá producir para un eficiente lavado al interior del filtro, se adopta una velocidad de lavado de 10 m/h

QL = Vl * Am

QL: Caudal de lavado

Vl: Velocidad durante el lavado

- Pérdidas de carga en la unidad

H1 = hL + ho + hl + hd + hp + ha

H1: Pérdidas totales en FGDi

hL: Pérdidas en el lecho filtrante

ho: Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales

hl: Pérdidas en el conducto lateral

hd: Pérdidas por descarga de los laterales al principal

hp: Pérdidas en el conducto principal

ha: Pérdidas por accesorios

Las pérdidas durante el lavado se calcularán con las mismas formulas, pero con el caudal de lavado correspondiente.

- Pérdidas en el lecho filtrante

$$hL = \frac{0.0608 * Vf * Lo}{100 * do^2}$$ (Cinara, 1990)

- Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales

$$ho = \frac{1.5 * v^2}{2 * g}$$ (Galvis, 1999)

$$v = \frac{0.861 * Qo}{Ao}$$ g: aceleración de la gravedad

Qo: Caudal por orificio

Qo = Qd / (n * nol)

- Pérdidas en el conducto lateral

$$hl = \frac{0.0175 * B * V^2}{3 * D_L * 2 * g}$$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por descarga de los laterales al principal

$$hd = \frac{1.5 * v^2}{2 * g}$$ (Galvis, 1999)

$$v = \frac{0.936 * QL}{Ao}$$

- Pérdidas en el conducto principal

$$hp = \frac{0.0175 * L * V^2}{3 * D_p * 2 * g}$$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por Accesorios

$$ha = \frac{k * v^2}{2 * g}$$ (Sotelo, 2005)

5.6.3 Cálculos y resultados del diseño hidráulico del FGDI

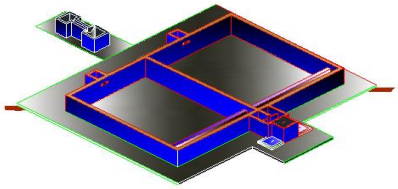
Diseño hidràulico de Filtro Grueso Dinamico				
			Descripciòn Datos entrada Resultados	
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Caudal de diseño	Qd	l/s	**7.73**	
Velocidad de filtracion	vf	m/h	**2.20**	Tabla 6
Velocidad de lavado	VL	m/h	**10.00**	CINARA
Caja de filtracion				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Area de filtacion	Af	m2	**12.96**	
Are de filtracion por modulo	Am	m2	**6.48**	≤ 10 CINARA
Largo	L	m	**3.60**	
Ancho	B	m	**1.80**	
Numero de unidades en paralelo	N	unidad	**2.00**	
Altura de caja de filtracion	Hf	m	**1.10**	
Lecho filtrante				
Descripcion	**u/m**	**Tamaño**	**valor**	**Observacion**
Capa superior	cm	0.30	**20.00**	Según tabla 7
Capa intermedia	cm	0.60	**20.00**	
Capa de soporte	cm	1.30	**30.00**	
Altura total del lecho filtrante	cm		**70.00**	
Area y diametro de colector lateral				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro lateral	DL	pulg	**3.00**	
Area lateral	AL	m2	**4.56E-03**	
Longitud de lateral	LL	m	**1.80**	
Numero de laterales	nl	unidad	**5.00**	
Separacion de laterales	SL	m	**0.50**	
Caudal por lateral	Ql	m3/s	**7.73E-04**	
Velocidad en los laterales	VL	m/s	**0.170**	≤ 0.5 CINARA
Diametro de orificios	no	pulg	**1/2**	
Are de orificio	Ao	m2	**1.27E-04**	
Numero de orificios por lateral	do	unidad	**16.00**	
Separacion de orificios	So	m	**0.11**	
Caudal por oricio	Qo	m3/s	**4.83E-05**	
Velocidad en los orificios	Vo	m/s	**0.382**	
Area y diametro de colector principal				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro principal	DL	pulg	**6.00**	
Area principal	Ap	m2	**1.82E-02**	
Longitud de principal	Lp	m	**3.60**	
Numero de principales	nl	unidad	**1.00**	
Caudal en el principal	Ql	m3/s	**3.87E-03**	
Velocidad en el principal	VL	m/s	**0.212**	≤ 0.5 CINARA

Tabla 11. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.6.4 Cálculos y resultados de pérdidas de cargas del FGDi

Pèrdidas en el lecho filtrante					
Capa	Longitud	Tamaño cm	Pèrdida por		Referencia
			Operación (m)	Lavado (m)	
Capa superior	20.00	0.30	**0.00798**	**0.03753**	$h = \frac{0.0608 * v * Lo}{100 * do^2}$
Capa intermedia	20.00	0.60	**0.00199**	**0.00938**	
Capa de soporte	30.00	1.30	**0.00064**	**0.00300**	
Total			**0.01061**	**0.04991**	Cinara,1990

Perdida por descarga de los orificios en el lateral				
Descripcion	u/m	Durante la operación	Durante el lavado	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**1.80E-02**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$
Caudal por oricio	m·/s	**4.83E-05**	**2.25E-04**	
Numero de orificios por lateral	unidad	**16.00**	**16.00**	$V = 0.861\ \frac{Qo}{Ao}$
Velocidad por orifico	m/s	**0.091**	**1.529**	
Perdida	m	**0.00825**	**0.17880**	Galvis,1999
Perdida de carga en el conducto lateral				
Descripcion	u/m	Durante la operación	Durante el lavado	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**1.80E-02**	$h = \frac{1}{3} \times \frac{0.0175 \times L}{D} \times \frac{V^2}{2xg}$
Caudal por lateral	m·/s	**7.73E-04**	**3.60E-03**	
Diametro lateral	m	**0.075**	**0.075**	
Longitud del lateral	m	**1.80**	**1.80**	
Velocidad en el lateral	m/s	**0.170**	**0.789**	
Perdida	m	**0.00020**	**0.00438**	Cinara,2005
Perdida de carga en el conducto principal				
Descripcion	u/m	Durante la operación	Durante el lavado	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**1.80E-02**	$h = \frac{1}{3} \times \frac{0.0175 \times L}{D} \times \frac{V^2}{2xg}$
Caudal en el principal	m·/s	**3.87E-03**	**1.80E-02**	
Diametro principal	m	**0.150**	**0.150**	
Longitud del principal	m	**3.60**	**3.60**	
Velocidad en el principal	m/s	**0.212**	**0.987**	
Perdida	m	**0.00032**	**0.00684**	Cinara,2005
Perdida por descarga del lateral en el principal				
Descripcion	u/m	Durante la operación	Durante el lavado	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**1.80E-02**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$
Caudal por lateral	m·/s	**7.73E-04**	**3.60E-03**	
Numero de laterales	unidad	**5.00**	**5.00**	$V = 0.936\ \frac{Qo}{Ao}$
Velocidad en el lateral	m/s	**5.59E-04**	**2.60E-03**	
Perdida	m	**2.39E-08**	**5.17E-07**	Galvis,1999
Perdida por accesorios				
		Durante la operación	Durante el lavado	Referencia
Ver Tabla 11		0.02879	0.62392	$h = K\frac{V^2}{2g}$
				Soteleo,2005
Perdidas en toda la unidad				
Durante la operación (m)		**Durante el lavado (m)**		
0.048		**0.864**		

Tabla 12. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.6.5 Perdidas de cargas

Pérdida de carga por accesorios					
Tipo De Accesorio	Cant	Km	Q (m^3/S)	V (M/S)	Ha (M)
Ampliación 3x6	5	1.56	7.73E-04	0.170	0.011434
codo 90 6"	1	0.9	0.0039	0.212	0.002061
Tee de 6"	5	0.4	0.0039	0.212	0.004581
Tee paso lateral 3"	5	0.4	7.73E-04	0.170	0.002932
válvula apertura rápida 6"	1	2.5	0.0039	0.212	0.005726
Salida	1	0.9	0.0039	0.2120	0.0021
Pérdida de carga durante el lavado					**0.02879**
Tipo de accesorio	cant	Km	Q (m^3/S)	V (m/s)	ha (m)
Ampliación 3x6	5	1.56	3.60E-03	0.789	0.247743
codo 90 6"	1	0.9	0.0180	0.987	0.044665
Tee de 6"	5	0.4	0.0180	0.987	0.099256
Tee paso lateral 3"	5	0.4	3.60E-03	0.789	0.063524
válvula apertura rápida 6"	1	2.5	0.0180	0.987	0.124070
Salida	1	0.9	0.0180	0.9868	0.62392
Pérdida de carga durante la operación					0.05121

Tabla 13 Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.7 Diseño del filtro grueso ascendente en capas (FGAC)

5.7.1 Parámetros de diseño y consideraciones de valores

PARAMETROS DE DISEÑO PARA FILTROS GRUESOS ASCENDENTES EN CAPAS FGAC

CRITERIO DE DISEÑO PARA FGAC	VALORES RECOMENDADO
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	8 - 12
PERIODO DE OPERACION (h/d)	24
VELOCIDAD DE FILTRACION (M/H) *	0.3 - 0.6
NUMERO DE UNIDADES EN SERIE	-
FGAC	1
FGAS	2 - 3
LECHO FILTRANTE	-
LONGITUD TOTAL (m)	-
FGAC	0.60 - 0.90
FGAS	1.15 - 2.35
TAMAÑOS (mm) **	VER TABLA 13
LECHO DE SOPORTE TOTAL	-
LONGITUD (m)	0.30 - 1.25
TAMAÑO (mm)	VER TABLA 13
ALTURA SOBRENADADA DEL AGUA (m)	0.10 - 0.20
CARGA ESTATICA DEL AGUA PARA LAVADO (m)	3.0
AREA DE FILTRACION POR UNIDAD (m2)	‹ 20 . TAMBIEN 15- 25

(*) - A mayor contaminacion del agua afluente, menor velocidad de filtracion.

(**) - Depende del tamaño de grava predominante en cada unidad del tamaño de grava en contacto con lecho de soporte y del diametro de los orificios en el multiple; dado lo anterior, en algunos casos la altura del lecho de soporte puede ser superior a lo indicado en la tabla.

Tabla 13. Cepis 2009

- Espesor de capa y granulometría de lechos en FGAC

Consideraciones de valores granulométricos FGAC

GRANULOMETRIA Y ESPESOR DE CAPA PARA FGAC-FGAS						
TAMAÑO DE GRAVA MM	ALTURA (M)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19-25	0.3*	0.3*		0.3*	0.2*	
13-19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.2*	0.15	0.15*	0.15*
6-13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3-6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6-3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45-0.75
TOTAL (M)						
LECHO SOPORTE*	0.3	0.3	0.35	0.3	0.5	0.45
LECHO FILTRANTE	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45-0.75

Tabla 14. (CINARA 2009)

Nota: Para garantizar una buena eficiencia del lecho filtrante, debemos de tomar en cuenta los parámetros de espesor y granulometría de la tabla 14, De lo contrario la función del filtro no sería la correcta.

5.7.2 Formulas del diseño

- Geometría de la caja de filtración

$Af = Qd / Vf$

$Am = Af / N$

$B = (Am / 2)^{1/2}$

$L = 2B$

$Hf = hls + hlf + ha + hbl$

Donde:

Qd: Caudal de diseño

Af: Área de filtración

Vf: Velocidad de filtración

Am: Área de filtración por modulo

B: Ancho de la caja

L: Largo de la caja

N: Número de unidades o módulos

Hf: Altura de pared de filtración

hls: Altura de lecho de soporte

hlf: Altura de lecho filtrante

ha: Altura de agua sobrenadante

hbl: Altura de borde libre

- Espesor de capas y granulometría de lecho filtrante

Tomar como referencia parámetros de la Tabla 14.

- Sistema de distribución, drenaje y cámara de lavado

Para el diseño de los múltiples tomaremos como referencia las relaciones de la Tabla 10. Diseño de múltiples (CINARA).

- Numero de laterales

n= (B / S) + 1

n: Número de laterales

S: Separación de laterales (Tomar separaciones de Tabla 10)

- Caudal por lateral

Ql = Qd / n

Ql: Caudal por lateral

- Numero de orificios por modulo

Para el cálculo de los orificios en el lecho, tomar como referencia la relación de la Tabla 10.

$$R_0 = \frac{Areas\ orificios\ lateral}{Area\ lecho} = \frac{n \times Area\ orificios}{Area\ lecho}$$

Simplificándose a:

no = (Ro* Am) / Ao Ro: Relación

no: Numero de orificios por modulo

Ao: Área de oricio

- Número de orificios por lateral

nol = no / n

nol: Numero de orificios por lateral

- Separación de orificios en el lateral

So = B / nol

So: Separación de orificios en el lateral (Verificar con Tabla 10)

- Diámetro de colector Lateral

El sistema de drenaje de recolección consiste de tuberías PVC que forman tanto los colectores laterales como el colector principal. Los laterales están provistos de orificios que captan o distribuyen el flujo.

Tomar relación de la Tabla 10.

Simplificando a:

$$R_L = \frac{n_{ol}\, do^2}{D_L^2}$$

DL = ((nol * do ^ 2) / R_L) ^ 0.5

DL: Diámetro de lateral

do: diámetro del orificio en el lateral (Según Tabla 8)

- Chequeo de velocidad en el lateral (< 0.5 m/s)

VL = Ql / AL

VL: Velocidad en el lateral

AL: Área del lateral

- Diámetro colector principal

$$R_p = \frac{D_L^2}{D_p^2}$$

Dp = (DL ^ 2 / Rp) ^ 0.5

- Chequeo de la velocidad en el principal (< 0.5 m/s)

Vp = Qd / Ap

Vp: Velocidad en el principal

Ap: Área del principal

- Caudal de lavado

Para encontrar el caudal máximo que se deberá producir para un eficiente lavado al interior del filtro, se adopta una velocidad de lavado de 10 m/h

QL = Vl * Al

QL: Caudal de lavado

Vl: Velocidad durante el lavado
Al: área de lavado

- Pérdidas de carga en la unidad

H2 = hL + ho + hl + hd + hp + ha.

H2: Pérdidas totales en FGAC.

hL: Pérdidas en el lecho filtrante.

ho: Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales.

hl: Pérdidas en el conducto lateral.

hd: Pérdidas por descarga de los laterales al principal.

hp: Pérdidas en el conducto principal.

ha: Pérdidas por accesorios.

Las pérdidas durante el lavado se calcularán con las mismas formulas, pero con el caudal de lavado correspondiente.

- Pérdidas en el lecho filtrante

$hL = \frac{0.0608 * Vf * Lo}{100 * do^2}$ (Cinara, 1990)

- Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales

$ho = \frac{1.5 * v^2}{2 * g}$ (Galvis, 1999)

$v = \frac{0.861 * Qo}{Ao}$ g: aceleración de la gravedad

Qo: Caudal por orificio

Qo = Qd / (n * nol)

- Pérdidas en el conducto lateral

$hl = \frac{0.0175 * B * V^2}{3 * D_L * 2 * g}$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por descarga de los laterales al principal

hd = $\frac{1.5*v^2}{2*g}$ (Galvis, 1999)

v = $\frac{0.936*QL}{Ao}$

- Pérdidas en el conducto principal

hp = $\frac{0.0175*L*V^2}{3*D_p*2*g}$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por Accesorios

ha= $\frac{k*v^2}{2*g}$ (Sotelo, 2005)

K: Coeficiente de descarga del accesorio

5.7.3 Perdidas de cargas por accesorios

Tipos de accesorios	**cant**	**Km**	**Q (m^3/S)**	**V (m/s)**	**ha (m)**
Ampliación 4x6	8	1.56	0.0034	0.265	0.044595
codo 90 6"	1	0.9	0.0268	0.827	0.031406
Tee de 6"	8	0.4	0.0268	0.827	0.111667
Tee paso lateral 4"	8	0.4	0.0034	0.265	0.011435
válvula apertura rápida 6"	1	2.5	0.0268	0.827	0.087240
Salida	1	0.9	0.0268	0.8274	0.0314
Pérdida de carga durante el lavado					0.31775
Tipo de accesorio	cant	Km	Q (m^3/S)	V (m/s)	ha (m)
Entrada	1	0.9	0.0039	0.1192	0.0007
codo 90 6"	1	1.3	0.0039	0.1192	0.0009
Tee de 6"	8	0.3	0.0039	0.1192	0.0017
Tee paso lateral	8	0.3	4.83E-04	0.0038	0.0000
válvula mariposa	1	0.3	0.0039	0.0038	0.0000
reducción 6x 4"	8	0.35	0.0039	0.1192	0.0020
Pérdida de carga durante la operación					0.00536

Tabla 15. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.7.4 Calculo y resultados del diseño hidráulico del FGAC

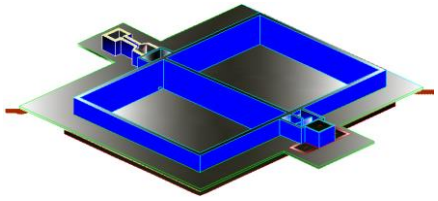
Diseño hidràulico de Filtro Grueso Ascendente en Capas				
			Descripciòn Datos entrada Resultados	
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Caudal de diseño	Qd	l/s	**7.73**	
Velocidad de filtracion	vf	m/h	**0.60**	Tabla 11
Velocidad de lavado	VL	m/h	**4.00**	CINARA
Caja de filtracion				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Area de filtacion	Af	m2	**48.30**	
Are de filtracion por modulo	Am	m2	**24.15**	≤ 10 CINARA
Largo	L	m	**6.90**	
Ancho	B	m	**3.50**	
Numero de unidades en paralelo	N	unidad	**2.00**	
Altura de caja de filtracion	Hf	m	**1.55**	
Lecho filtrante				
Descripcion	**u/m**	**Tamaño**	**valor**	**Observacion**
1 capa superior	cm	0.16	**20.00**	Según tabla 00000
2 capa	cm	0.32	**20.00**	
3 capa	cm	0.64	**20.00**	
4 capa	cm	1.27	**30.00**	
5 capa de soporte	cm	1.91	**30.00**	
Altura total del lecho filtrante	cm		**120.00**	
Area y diametro de colector lateral				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro lateral	DL	pulg	**5.00**	
Area lateral	AL	m2	**1.27E-02**	
Longitud de lateral	LL	m	**3.50**	
Numero de laterales	nl	unidad	**8.00**	
Separacion de laterales	SL	m	**0.50**	
Caudal por lateral	Ql	m3/s	**3.35E-03**	
Velocidad en los laterales	VL	m/s	**0.038**	≤ 0.5 CINARA
Diametro de orificios	no	pulg	**1/2**	
Are de orificio	Ao	unidad	**1.27E-04**	
Numero de orificios por lateral	do	m	**36.00**	
Separacion de orificios	So	m	**0.09**	
Caudal por oricio	Qo	m3/s	**1.34E-05**	
Velocidad en los orificios	Vo	m/s	**0.106**	
Area y diametro de colector principal				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro principal	DL	pulg	**8.00**	
Area principal	Ap	m2	**3.24E-02**	
Longitud de principal	Lp	m	**6.90**	
Numero de principales	nl	unidad	**1.00**	
Caudal en el principal	Ql	m3/s	**3.87E-03**	
Velocidad en el principal	VL	m/s	**0.038**	≤ 0.5 CINARA

Tabla 16. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.7.5 Calculo y resultados de pérdidas de cargas del FGAC

Perdida por descarga de los orificios en el lateral				
Descripcion	**u/m**	**Durante la operación**	**Durante el lavado**	**Referencia**
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**3.35E-03**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$ $V = 0.861\ \frac{Qo}{Ao}$
Caudal por oricio	m3/s	**1.34E-05**	**1.16E-05**	
Numero de orificios por lateral	unidad	**8.00**	**8.00**	
Velocidad por orifico	m/s	**0.091**	**0.633**	
Perdida	m	**0.00064**	**0.03066**	Galvis,1999
Perdida de carga en el conducto lateral				
Descripcion	**u/m**	**Durante la operación**	**Durante el lavado**	**Referencia**
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**3.35E-03**	$h = \frac{1}{3}\times\frac{0.0175\times L}{D}\times\frac{V^2}{2xg}$
Caudal por lateral	m·/s	**4.83E-04**	**4.19E-04**	
Diametro lateral	m	**0.125**	**0.125**	
Longitud del lateral	m	**3.50**	**3.50**	
Velocidad en el lateral	m/s	**0.038**	**0.265**	
Perdida	m	**0.00001**	**0.00057**	Cinara,2005
Perdida de carga en el conducto principal				
Descripcion	**u/m**	**Durante la operación**	**Durante el lavado**	**Referencia**
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**3.35E-03**	$h = \frac{1}{3}\times\frac{0.0175\times L}{D}\times\frac{V^2}{2xg}$
Caudal en el principal	m·/s	**3.87E-03**	**3.35E-03**	
Diametro principal	m	**0.200**	**0.200**	
Longitud del principal	m	**6.90**	**6.90**	
Velocidad en el principal	m/s	**0.119**	**0.827**	
Perdida	m	**0.00014**	**0.00682**	Cinara,2005
Perdida por descarga del lateral en el principal				
Descripcion	**u/m**	**Durante la operación**	**Durante el lavado**	**Referencia**
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	**3.35E-03**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$ $V = 0.936\ \frac{Qo}{Ao}$
Caudal por lateral	m·/s	**4.83E-04**	**4.19E-04**	
Numero de laterales	unidad	**8.00**	**8.00**	
Velocidad en el lateral	m/s	**1.56E-04**	**1.04E-03**	
Perdida	m	**1.49E-08**	**6.62E-07**	Galvis,1999
Perdida por accesorios				
		Durante la operación	**Durante el lavado**	**Referencia**
Ver Tabla 16		**0.00536**	**0.31775**	$h = K\frac{V^2}{2g}$ Soteleo,2005
Perdidas en toda la unidad				
Durante la operación (m)		**Durante el lavado (m)**		
0.016		**0.425**		

Pèrdidas en el lecho filtrante					
Capa	**Longitud**	**Tamaño cm**	**Pèrdida por**		**Referencia**
			Operación (m)	**Lavado (m)**	
1 capa superior	cm	0.16	**7.54E-03**	**5.03E-02**	$h = \frac{0.0608 * v * Lo}{100 * do^2}$
2 capa	cm	0.32	**2.01E-03**	**1.34E-02**	
3 capa	cm	0.64	**5.03E-04**	**3.35E-03**	
4 capa	cm	1.27	**1.88E-04**	**1.26E-03**	
5 capa de soporte	cm	1.91	**8.38E-05**	**5.58E-04**	
Altura total del lecho filtrante	cm		**1.03E-02**	**6.89E-02**	Cinara,1990

Tabla 17. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.8 Diseño del filtro lento en arena (FLA)

5.8.1 Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO PARA FILTRO LENTO EN ARENA FLA			
CRITERIO DE DISEÑO	**U/M**	**VALOR**	**REFERENCIA**
PERIODO DE OPERACIÓN	H/DIA	24	CINARA
PERIODO DE DISEÑO	AÑOS	20	INAA
CALIDAD DE AGUA*			INAA
COLOR	UNIDAD	<50	
TURBIEDAD	UTN	< 50	
VELOCIDAD DE FILTRACION**	M/H		INAA
TURBIEDAD			
T < 10	M/H	0.3-0.85	
10 < T < 50	M/H	0.20	
50 < T < 100	M/H	0.10	
RELACION LARGO/ANCHO			INAA
2 UNIDADES		1.33	
3 UNIDADES		1.5	
4 UNIDADES		2	
ALTURA DE AGUA SOBRENADANTE	M	0.75	CINARA
BORDE LIBRE	M	0.1-0.2	INAA
AREA SUPERFICIAL MAXIMA POR MODULO	M2	< 100	CINARA

Tabla 18. CINARA 2006

* Para poder usar este proceso tratamiento debemos conocer valores de turbiedad y color, teniendo un límite de uso de acuerdo a estos parámetros, es decir si el afluente presenta unidades mayores a 50 en turbiedad y color, este sistema no se puede usar, según norma rural del INAA.

** La velocidad de filtración también depende de los parámetros de turbiedad y color, a mayor contaminación del afluente, menor velocidad de filtración.

Granulometría del medio filtrante

Parámetros granulométricos del sistema FLA

MEDIO FILTRANTE			
CAPA	**TAMAÑO (MM)**	**ESPESOR (M)**	**REFERENCIA**
CAPA DE ARENA CON TAMAÑO EFECTIVO ENTRE 0.15-0.35MM, CON COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD MENOR O IGUAL A 2	0.15<TE<0.35 CU≤2	1.20	INAA
LECHO DE SOPORTE			
1(FONDO)	1 -- 2	0.10-0.12	
2	1/2 -- 1	0.08-1.10	
3	1/4 -- 1/2	0.05-0.10	
4	1/8 -- 1/4	0.05-0.10	

Tabla 19. CINARA 2009

Parámetros granulométricos del sistema FLA, tamizado

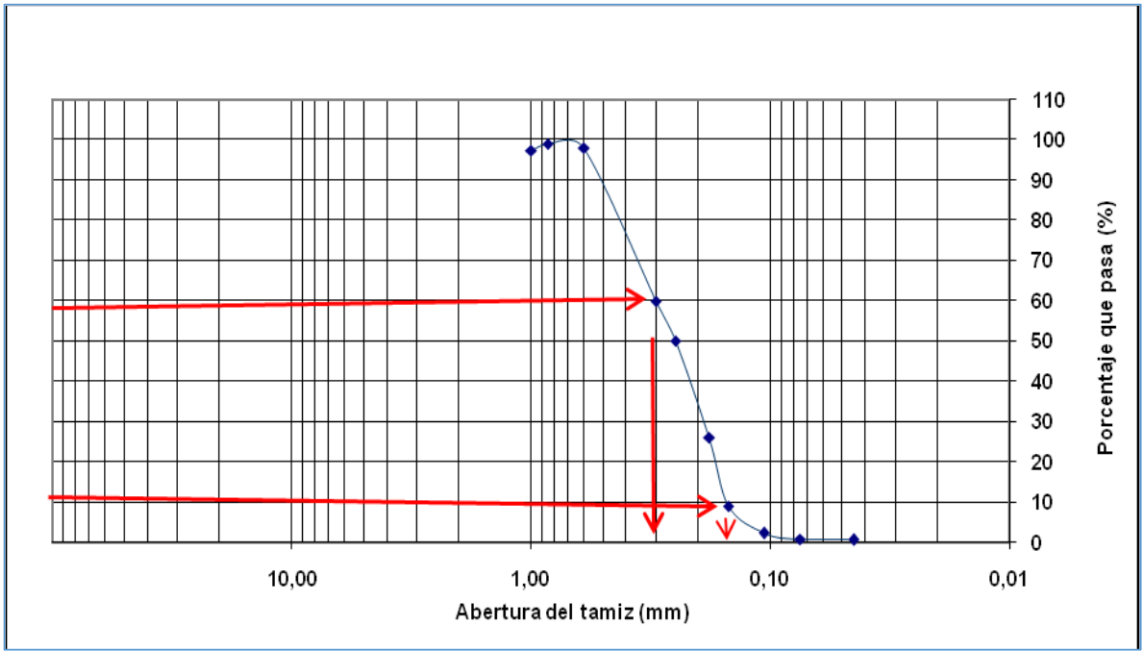


Tabla 20. CINARA 2009

5.8.2 Fórmulas de diseño

- Geometría de la caja de filtración

Af = Qd / Vf

Am= Af / N

B= (Am/K) ^0.5

L= (Am*K) ^0.5

Hf = hls + hlf + ha + hbl

Donde:

Qd: Caudal de diseño

Af: Área de filtración

Vf: Velocidad de filtración

Am: Área de filtración por modulo

B: Ancho de la caja

L: Largo de la caja

N: Número de unidades o módulos

K: Relación largo/ancho

Hf: Altura de pared de filtración

hls: Altura de arena

hlf: Altura de lecho de soporte

ha: Altura de agua sobrenadante

hbl: Altura de borde libre

- Espesor de capas y granulometría de lecho filtrante

Tomar como referencia parámetros de la Tabla 19.

- Sistema de distribución, drenaje y cámara de lavado

Para el diseño de los múltiples tomaremos como referencia las relaciones de la Tabla 10. Diseño de múltiples (CINARA)

- Numero de laterales

n= (B / S) + 1

n: Número de laterals

S: Separación de laterales (Tomar separaciones de Tabla 10)

- Caudal por lateral

Ql = Qd / n

Ql: Caudal por lateral

- Numero de orificios por modulo

Para el cálculo de los orificios en el lecho, tomar como referencia la relación de la Tabla 10.

$$R_0 = \frac{Areas\ orificios\ lateral}{Area\ lecho} = \frac{n \times Area\ orificios}{Area\ lecho}$$

Simplificándose a:

no = (Ro* Am) / Ao Ro: Relación

no : Numero de orificios por modulo

Ao: Área de oricio

- Número de orificios por lateral

nol = no / n

nol: Numero de orificios por lateral

- Separación de orificios en el lateral

So = B / nol

So: Separación de orificios en el lateral (Verificar con Tabla 10)

El sistema de drenaje de recolección consiste de tuberías PVC que forman tanto los colectores laterales como el colector principal. Los laterales están provistos de orificios que captan o distribuyen el flujo.

Tomar relación de la Tabla 10.

Simplificando a:

$$R_L = \frac{n_{ol}\, do^2}{D_L^2}$$

DL = ((nol * do ^ 2) / RL) ^ 0.5

DL: Diámetro de lateral

do: diámetro del orificio en el lateral (Según Tabla 10)

- Chequeo de velocidad en el lateral (< 0.5 m/s)

VL = Ql / AL

VL: Velocidad en el lateral

AL: Área del lateral

- Diámetro colector principal

$$R_p = \frac{D_L^2}{D_p^2}$$

Dp = (DL ^ 2 / Rp) ^ 0.5

- Chequeo de la velocidad en el principal (< 0.5 m/s)

Vp = Qd / Ap

Vp: Velocidad en el principal

Ap: Área del principal

- Pérdidas de carga en la unidad

H2 = hL + ho + hl + hd + hp + ha.

H2: Pérdidas totales en FLA.

hL: Pérdidas en el lecho filtrante.

ho: Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales.

hl: Pérdidas en el conducto lateral.

hd: Pérdidas por descarga de los laterales al principal.

hp: Pérdidas en el conducto principal.

ha: Pérdidas por accesorios.

- Pérdidas en el lecho filtrante

$hL = \frac{0.0608 * Vf * Lo}{100 * do^2}$ (Cinara, 1990)

- Pérdidas por descarga de los orificios en los laterales

$ho = \frac{1.5 * v^2}{2 * g}$ (Galvis, 1999)

$v = \frac{0.861 * Qo}{Ao}$ g: aceleración de la gravedad

Qo: Caudal por orificio

Qo = Qd / (n * nol)

- Pérdidas en el conducto lateral

$hl = \frac{0.0175 * B * V^2}{3 * D_L * 2 * g}$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por descarga de los laterales al principal

$$hd = \frac{1.5 * v^2}{2 * g}$$ (Galvis, 1999)

$$v = \frac{0.909 * QL}{Ao}$$

- Pérdidas en el conducto principal

$$hp = \frac{0.0175 * L * V^2}{3 * D_p * 2 * g}$$ (Cinara, 2005)

- Pérdidas por accesorios

$$ha = \frac{k * v^2}{2 * g}$$ (Sotelo, 2005)

K: Coeficiente de descarga del accesorio

5.8.3 Perdidas por cargas de accesorios

Tipo de accesorio	cant	Km	Q (m^3/S)	V (m^3/S)	ha (m)
Ampliación 6x8	15	1.56	0.00026	0.0079	0.0001
Tee paso 8"	15	0.4	0.0039	0.0763	0.0018
Tee 8"	1	0.4	0.0039	0.0763	0.0001
tee paso lateral 6"	15	0.4	0.00026	0.0079	0.0000
válvula mariposa 8"	1	2.5	0.0039	0.0763	0.0007
Entrada 8"	1	1	0.0039	0.0763	0.0003
					0.00303

Tabla 21. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.8.4 Calculo y resultado del diseño hidráulico del FLA

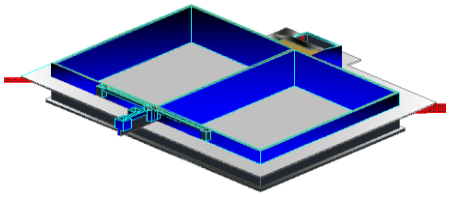
Diseño hidràulico de Filtro Lento de Arena				
			Descripciòn Datos entrada Resultados	
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Caudal de diseño	Qd	l/s	**7.73**	
Velocidad de filtracion	vf	m/h	**0.15**	Tabla 17
Velocidad de lavado	VL	m/h	**4.00**	CINARA
Caja de filtracion				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Area de filtacion	Af	m2	**188.16**	
Are de filtracion por modulo	Am	m2	**94.08**	≤ 10 CINARA
Largo	L	m	**11.20**	
Ancho	B	m	**8.40**	
Numero de unidades en paralelo	N	unidad	**2.00**	
Altura de caja de filtracion	Hf	m	**2.40**	
Lecho filtrante				
Descripcion	**u/m**	**Tamaño**	**valor**	**Observacion**
Arena fina	cm	0.03	**120.00**	Según tabla 18
Grava de soporte	cm		**30.00**	
Capa 1	cm	3.00	**10.00**	
Capa 2	cm	2.00	**10.00**	
Capa 3	cm	0.90	**5.00**	
Capa 4	cm	0.50	**5.00**	
Altura total del lecho filtrante	cm		**150.00**	
Area y diametro de colector lateral				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro lateral	DL	pulg	**8.00**	
Area lateral	AL	m2	**3.24E-02**	
Longitud de lateral	LL	m	**8.40**	
Numero de laterales	nl	unidad	**15.00**	
Separacion de laterales	SL	m	**0.80**	
Caudal por lateral	Ql	m3/s	**2.58E-04**	
Velocidad en los laterales	VL	m/s	**0.008**	≤ 0.5 CINARA
Diametro de orificios	no	pulg	**1/2**	
Are de orificio	Ao	unidad	**1.27E-04**	
Numero de orificios por lateral	do	m	**75.00**	
Separacion de orificios	So	m	**0.11**	
Caudal por oricio	Qo	m3/s	**3.44E-06**	
Velocidad en los orificios	Vo	m/s	**0.027**	
Area y diametro de colector principal				
Descripcion	**simbologia**	**u/m**	**valor**	**Observacion**
Diametro principal	DL	pulg	**10.00**	
Area principal	Ap	m2	**5.07E-02**	
Longitud de principal	Lp	m	**11.20**	
Numero de principales	nl	unidad	**1.00**	
Caudal en el principal	Ql	m3/s	**3.87E-03**	
Velocidad en el principal	VL	m/s	**0.076**	≤ 0.5 CINARA

Tabla 22. Valores obtenidos (elaboración propia)

5.8.5 Calculo y resultados de pérdidas de cargas del FLA

Pèrdidas en el lecho filtrante					
Capa	Longitud	Tamaño cm	Pèrdida por		Referencia
			Operación (m)	Lavado (m)	
Arena fina	cm	0.03	**3.33E-01**		$h = \frac{0.0608 * v * Lo}{100 * do^2}$
Grava de soporte	cm				
Capa 1	cm	3.00	**2.78E-06**		
Capa 2	cm	2.00	**6.25E-06**		
Capa 3	cm	0.90	**1.54E-05**		
Capa 4		0.50	**5.00E-05**		
Altura total del lecho filtrante	cm		**3.34E-01**		Cinara,1990

Perdida por descarga de los orificios en el lateral			
Descripcion	u/m	Durante la operación	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$
Caudal por oricio	m3/s	**3.44E-06**	$V = 0.861\ \frac{Qo}{Ao}$
Numero de orificios por lateral	unidad	**75.00**	
Velocidad por orifico	m/s	**0.023**	
Perdida	m	**4.17E-05**	Galvis,1999
Perdida de carga en el conducto lateral			
Descripcion	u/m	Durante la operación	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	$h = \frac{1}{3}\times\frac{0.0175\times L}{D}\times\frac{V^2}{2xg}$
Caudal por lateral	m·/s	**2.58E-04**	
Diametro lateral	m	**0.200**	
Longitud del lateral	m	**8.40**	
Velocidad en el lateral	m/s	**0.008**	
Perdida	m	**1.17E-05**	Cinara,2005
Perdida de carga en el conducto principal			
Descripcion	u/m	Durante la operación	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	$h = \frac{1}{3}\times\frac{0.0175\times L}{D}\times\frac{V^2}{2xg}$
Caudal en el principal	m·/s	**3.87E-03**	
Diametro principal	m	**0.250**	
Longitud del principal	m	**11.20**	
Velocidad en el principal	m/s	**0.076**	
Perdida	m	**7.64E-05**	Cinara,2005
Perdida por descarga del lateral en el principal			
Descripcion	u/m	Durante la operación	Referencia
Caudal por modulo	m3/s	**3.87E-03**	$h = 1.5x\frac{V^2}{2g}$
Caudal por lateral	m·/s	**2.58E-04**	$V = 0.936\ \frac{Qo}{Ao}$
Numero de laterales	unidad	**15.00**	
Velocidad en el lateral	m/s	**3.74E-03**	
Perdida	m	**1.07E-06**	Galvis,1999
Perdida por accesorios			
		Durante la operación	Referencia
Ver Tabla 21		**0.00303**	$h = K\frac{V^2}{2g}$ Soteleo,2005
Perdidas en toda la unidad			
Durante la operación (m)		Durante el lavado (m)	
0.336			

Tabla 23. Valores obtenidos, (elaboración propia)

5.9 Diseño de almacenamiento y desinfección

5.9.1 Almacenamiento

Para el diseño de tanque de almacenamiento se tomó en cuenta los tanques existentes, uno ubicado en la planta de tratamiento la Isla que abastece a la comunidad de la Isla y el otro ubicado en el sector del Naranjo que abastece las comunidades de La Estrella, Los Ranchitos, San Antonio 1, San Antonio 2, Las Torres y El Naranjo.

Actualmente los tanques poseen geometría cilíndrica, con la capacidad de 120 m^3, que está dividido en 23 m^3 para el tanque La Isla y 97 m^3, para el tanque de El Naranjo.

En nuestra evaluación se propone un tanque nuevo de sección circular de concreto reforzado, que compense el volumen diario para el nuevo periodo de diseño, el cual se muestra en la siguiente tabla.

De acuerdo a la norma de abastecimiento de agua potable en el medio rural, el volumen a almacenar debe corresponder al 35 % del caudal promedio diario.

				Almacenamiento 35% CPD	
N0	**Año**	**Poblacion**	**CPD (m^3/dia)**	**Lts**	**m^3**
0	2019	3,910.00	234.60	82,110.00	82.11
1	2020	4,047.00	242.82	84,987.00	84.99
2	2021	4,189.00	251.34	87,969.00	87.97
3	2022	4,336.00	260.16	91,056.00	91.06
4	2023	4,487.00	269.22	94,227.00	94.23
5	2024	4,644.00	278.64	97,524.00	97.52
6	2025	4,807.00	288.42	100,947.00	100.95
7	2026	4,975.00	298.50	104,475.00	104.48
8	2027	5,149.00	308.94	108,129.00	108.13
9	2028	5,329.00	319.74	111,909.00	111.91
10	2029	5,516.00	330.96	115,836.00	115.84
11	2030	5,709.00	342.54	119,889.00	119.89
12	2031	5,909.00	354.54	124,089.00	124.09
13	2032	6,116.00	366.96	128,436.00	128.44
14	2033	6,330.00	379.80	132,930.00	132.93
15	2034	6,551.00	393.06	137,571.00	**137.57**

Tabla 24. Volumen a almacenar

Se adopta un volumen de 138 m^3.

Al restar los volúmenes de los tanques existentes se tiene un volumen de diseño de 18 m^3.

Asumiendo una altura de 2.3 m (máximo 3 m), para tanques de concreto reforzado según norma sistema de abastecimiento de agua en el medio rural y saneamiento básico rural.

h = 2.3 m

Entonces:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4*v}{h*\pi}}$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4*18}{2.3*\pi}} = 3.20 \text{ m}$$

Dimensiones del tanque de almacenamiento.

Resultados obtenidos		
Diametro tanque	**3.2**	m
altura de tanque	**2.3**	m
Borde libre	**0.2**	m
altura total de tanque	**2.5**	m
volumen	**18**	m^3

Tabla 25. (elaboración propia)

5.9.2 Desinfección

El tratamiento de desinfección que se le dará al agua proveniente de la fuente será por un proceso mediante el uso del cloro.

Se propone utilizar hipoclorito de sodio mediante un hipoclorador continuo por goteo plástico con una capacidad de 15 galones, ubicado en la parte superior del tanque, estos equipos son fáciles de operar y no requiere de un operador especializado.

Para calcular el volumen de hipoclorito de sodio a aplicar a un volumen de agua para consumo humano se utiliza la siguiente fórmula:

$$Vsol = \frac{Q * Ca}{Cc} = 98.27 \text{ l/día (Ver Tabla 25)}$$

Vsol: Volumen de cloro a agregar (l/día)

Ca: Concentración a la que se desea desinfectar (1mg/l= 1 gr/m^3)

Cc: Solución madre expresada en porcentaje o parte por millón

Q: Caudal a ser tratado, según norma CMH (l/día)

Phc = Vsol * sf = 12.77 kg/día (Ver Tabla 23)

Phc: Peso de hipoclorito de sodio

Sf: Solución de concentración de fábrica (130 gr/l)

Peso de hipoclorito de sodio

Tabla 26. Volúmenes necesarios para soluciones al 1 %

N0	CMH		Vol solucion		vol de hipoclorito de sodio	
	l/dia	m3/dia	l/dia	ml/ min	gr/dia	kg/dia
0	586,500.00	586.50	58.65	40.73	7,624.50	7.625
1	607,050.00	607.05	60.71	42.16	7,891.65	7.892
2	628,350.00	628.35	62.84	43.64	8,168.55	8.169
3	650,400.00	650.40	65.04	45.17	8,455.20	8.455
4	673,050.00	673.05	67.31	46.74	8,749.65	8.750
5	696,600.00	696.60	69.66	48.38	9,055.80	9.056
6	721,050.00	721.05	72.11	50.07	9,373.65	9.374
7	746,250.00	746.25	74.63	51.82	9,701.25	9.701
8	772,350.00	772.35	77.24	53.64	10,040.55	10.041
9	799,350.00	799.35	79.94	55.51	10,391.55	10.392
10	827,400.00	827.40	82.74	57.46	10,756.20	10.756
11	856,350.00	856.35	85.64	59.47	11,132.55	11.133
12	886,350.00	886.35	88.64	61.55	11,522.55	11.523
13	917,400.00	917.40	91.74	63.71	11,926.20	11.926
14	949,500.00	949.50	94.95	65.94	12,343.50	12.344
15	982,650.00	982.65	98.27	68.24	12,774.45	12.774

PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN DE OBRA

6. Presupuesto de rehabilitación de obra

6.1 Indicaciones

En base a la evaluación realizada y a los resultados obtenidos se realizó un presupuesto para rehabilitación de la planta de tratamiento FiME en donde se incluye costos de material, mano de obra, transporte, costos indirectos, utilidades y el impuesto sobre el valor agregado (IVA), de la Comunidad La Isla de Peñas Blancas, priorizando las necesidades básicas para que el sistema vuelva a funcionar. (Ver desglose de Ítem en Tabla 26 en anexos)

A continuación, se muestra el presupuesto general para la rehabilitación de la planta de tratamiento

ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL C$	
I	PRELIMINARES	C$	13,900.00
II	MOVIMIENTO DE TIERRA	C$	2,200.00
III	FILTRO GRUESO DINAMICO	C$	46,202.27
IV	FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS	C$	87,625.00
V	FILTRO LENTO DE ARENA	C$	277,350.00
VI	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C$	105,813.10
VII	DESINFECCION	C$	15,000.00
VIII	CONSTRUCCION DE CAJAS DE REGISTROS	C$	14,500.00
IX	LIMPIEZA FINAL	C$	2,000.00
	COSTOS DIRECTOS	**C$**	**564,590.37**
	COSTOS INDIRECTOS (10 %)	**C$**	**56,459.04**
	UTILIDADES (8 %)	**C$**	**45,167.23**
	SUB TOTAL	**C$**	**666,216.64**
	IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO IVA (15 %)	**C$**	**99,932.50**
	TOTAL	**C$**	**766,149.14**

Tabla 27. (elaboración propia)

EVALUACION DE LA PLANTA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7. Evaluación del sistema FIME operatividad, mantenimiento y calidad del agua

7.1.1 Generalidades

En febrero del 2019 se realizó la última visita de campo a la planta de tratamiento de agua potable la isla con tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME), de la cual podemos argumentar y dar testimonio del mal funcionamiento que se le está dando en cuanto a operatividad y funcionamiento en lo que respecta a la calidad de agua.

El proyecto inicial de planta de tratamiento FIME y su diseño contemplaba específicamente los tres elementos básicos como son los filtros gruesos y el filtro lento, sin embargo, una vez evaluado el mismo se determinaron fallas notorias en el diseño de los filtros como son: zona de entrada y salida, carencia de elementos de aforo y accesorio para el lavado profundo del filtro, carencia de cámara de lavado de grava, carencia de mallas divisorias de granulometrías para el lecho filtrante.

Fallas en las zonas de interconexión entre filtros y en las zonas de entrada y salida de los filtros gruesos y lento, además la carencia de estructuras adicionales para el buen funcionamiento del mismo como son: las cámaras de lavado de grava y arena, caseta de almacenamiento, tanque de cloración, andenes de interconexión y cerramiento.

Además, se encontraron fallas en la granulometría escogida para el lecho filtrante de las unidades ya que no coincidían con las especificadas por el CINARA - Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico.

Una vez revisado el proyecto original y evaluada la infraestructura existente se determinó la necesidad de adaptarlo a los nuevos requerimientos de este tipo de plantas, de acuerdo a los criterios de operatividad del CINARA para filtración múltiple por etapas (Ver figuras anexas).

7.1.2 Cambios propuestos:

- FILTRO GRUESO DINAMICO (FGD)

1. Rediseño zona de entrada:

a. Cámara de aquietamiento

b. Vertedero medidor de caudal

2. Rediseño zona de filtración

a. Diseño de múltiple recolector

3. Rediseño zona de salida

a. Válvulas

b. Rediseño desagüe

c. Diseño cámara de lavado de grava.

- FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS (FGAC)

1. Diseño zona de entrada

2. Diseño múltiple difusor

3. Diseño zona de salida

a. Lavado profundo

b. Lavado superficial

c. Lavado total (cámara de lavado)

- FILTRO LENTO EN ARENA (FLA)

1. Rediseño zona de entrada

2. Rediseño múltiple recolector

3. Rediseño zona de salida

4. Cámara de lavado de arena

- SISTEMA DE CLORACION

1. Diseño hidráulico

- CASETA DE ALMACENAMIENTO

1. Rediseño arquitectónico

- TANQUE DE ALMACENAMIENTO

1. Diseño hidráulico

- CERRAMIENTO

1. Disposiciones generales arquitectónicas

En el diseño del FGD, FGA y FLA se respetaron las secciones existentes y se chequearon los requerimientos mínimos para estos sistemas de filtración

7.2 ESQUEMA PLANTA FIME EXISTENTE

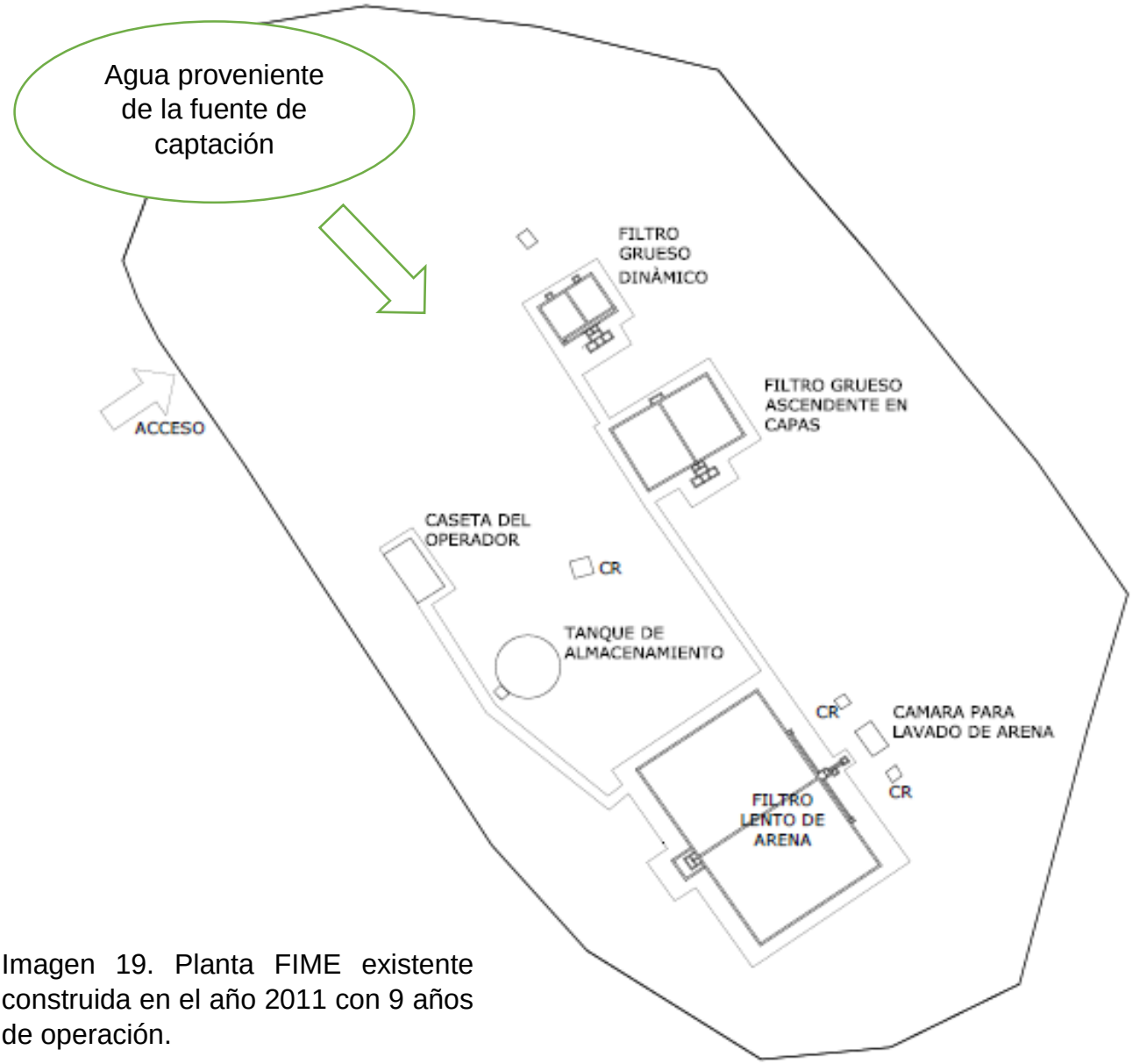
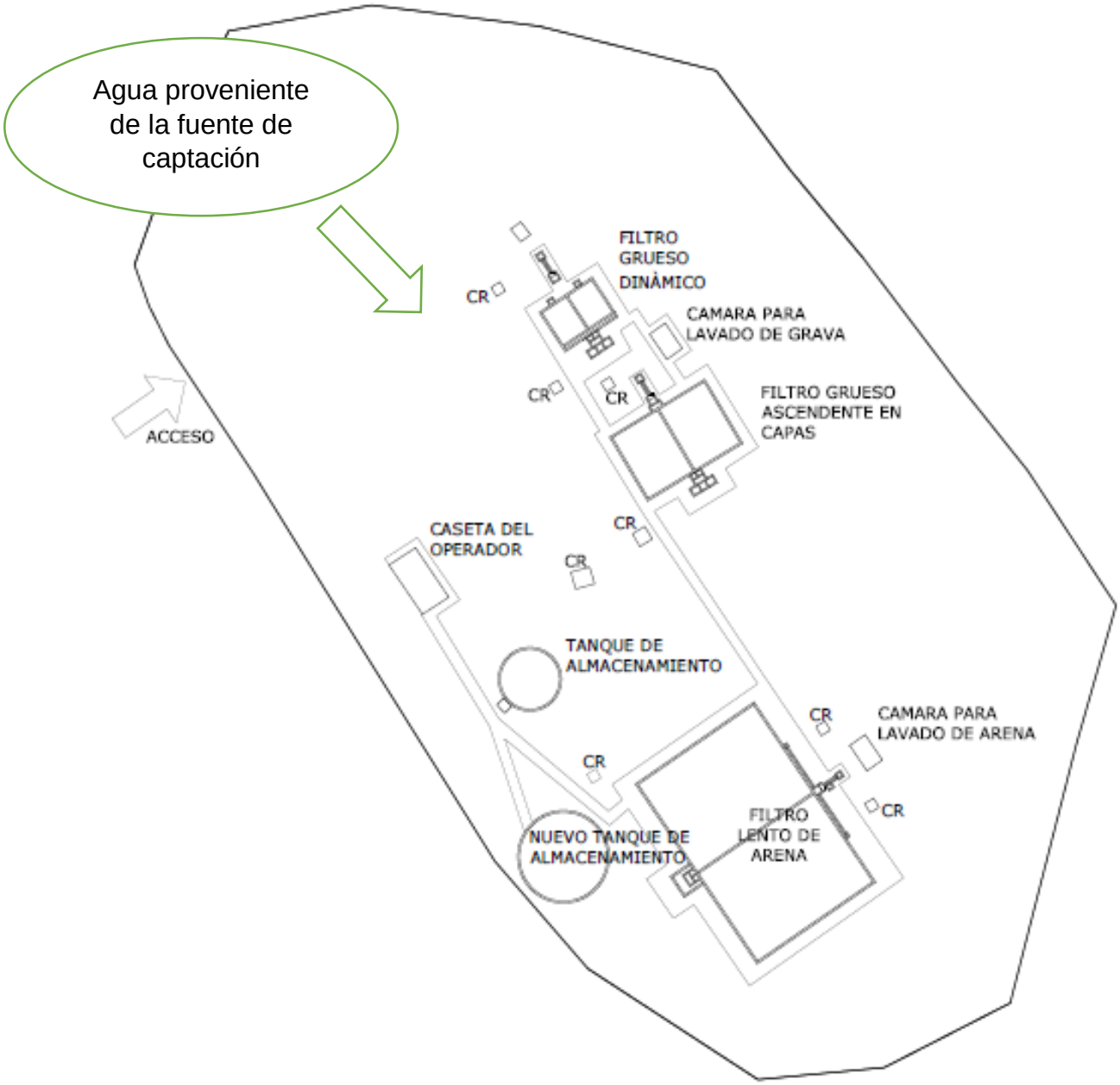


Imagen 19. Planta FIME existente construida en el año 2011 con 9 años de operación.

7.3 ESQUEMA PLANTA FIME REDISEÑO PROPUESTO



7.4 Operatividad y mantenimiento

La operación y el mantenimiento de un sistema de potabilización, son aspectos decisivos para el éxito del tratamiento, ya que no sólo se requiere un buen diseño y construcción de las estructuras para ello. Se requiere también de personal adiestrado, con conocimiento técnico y habilidad para hacer funcionar bien la planta y los sistemas de conducción y distribución, mantenerlos en buen estado, verificar la calidad del afluente, además de solucionar cualquier contratiempo relacionado, sin dejar de lado la atención requerida en el resto del sistema.

La intensidad de las labores de operación y mantenimiento depende del clima, en la estación lluviosa se aumenta, ya que la alta turbiedad demanda una limpieza y control más frecuente de todo el sistema. Mientras que en época seca se disminuye y se aprovecha para realizar actividades menos frecuentes como el lavado a fondo de cada unidad, pintar las estructuras y el mantenimiento de las instalaciones anexas.

Cuando se inició la operación del acueducto, la quebrada MATAPALO que constituye la fuente de agua, era llevada directamente hacia el desarenador por una tubería de tres pulgadas. Luego de cambiar este esquema, se desvió la tubería hacia el sistema de tratamiento de manera directa, es decir de la fuente hasta la entrada de la planta quedando el desarenador inutilizado Al hacer esa conexión se afectó el proceso diseñado y por ende de todo el sistema FIME existente.

Esta acción se realizó en vista de que la tubería del desarenador se atascaba constantemente en época de invierno cada año y por ende no permitía el paso del agua a la entrada del mismo, para el operario de la planta le es difícil recorrer 700 m de distancia aguas arriba hasta el lugar donde se encuentra ubicado el desarenador ya que la tubería que se propuso para el diseño es de 2” y para los arrastres de sedimentos es muy poco el diametro, mínimo se debió instalar de 4” a 6” según condición del sitio tanto para época lluviosa y veranera.

7.5 Captación de la quebrada **MATAPALO**

La obra de captación debe asegurar la seguridad de la fuente natural, protegerla de contaminación, además de permitir la recolección del fluido de manera constante sin interrupción.

La quebrada natural matapalo, es una fuente la cual provee un caudal de diseño de 6.82lts (ver tabla 4), disponibles para ser redirigido a lo que es el sistema de pretratamiento (desarenador) para luego ser llevado por medio de las tuberías de 3” hasta el sistema FIME el cual es el que se encarga de realizar el proceso de purificación y de brindar una calidad aceptable al vital liquido según rigen las norma de “Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural NTOM_09 003-99 que incorpora la norma CAPRE.

En la visita de campo se pudo observar que la fuente de agua, es de buena calidad ya que tiene un aspecto cristalino y se puede visualizar de manera perfecta el fondo del dique toma el cual tiene forma rectangular con dimensiones 4.90 m de largo x 2.20 m de ancho y una profundidad de 1.22 m (Imagen 21).

Imagen 21. Zona de toma de agua quebrada MATAPALO

fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

7.5.1 Camino de acceso a las fuentes de agua

El camino para llegar a la obra de captación, es un camino sin pavimentar y se debe avanzar a pie los últimos 80 metros por terrenos fangosos en invierno, y con despeñaderos, que ponen en peligro a la personal que se encarga de las labores cotidiana de en la planta de tratamiento.

7.5.2 Uso de la tierra

En el terreno de captación abunda la vegetación natural, típica de esta zona fría. Existen casas cercanas, a unos 400 m aguas arribas, cuyos pobladores se dedican en su mayoría a recolección de café y siembras de hortalizas. También poseen ganado, que se encuentra disperso en la zona.

El lugar donde se localiza la naciente, corresponde a una propiedad privada, la cual fue donado a la alcaldía del TUMA LA DALIA, solamente se le prevée mantenimiento a la zona. cuando hay problemas en la toma de agua ya sea por algún atascamiento en la entrada de la rejilla u otro altercado que obstruya el paso del agua desde la fuente hasta la planta.

7.5.3 Facilidad de acceso para extraños

El lugar de la toma de agua, es de fácil acceso a las personas. Como corresponde a un área habitada, con sembradíos y ganado, existen caminos con paso frecuente de personas y animales. Lo cual podría constituir un riesgo de contaminación de las fuentes.

La entrada al área donde se localiza la naciente, no cuenta con alguna señal u indicación que restrinja el paso de las personas hacia el lugar, no tiene ningún medio de protección ya sea cerca de púa u otro medio; solamente las personas que viven en el sector saben cómo entrar y salir en el lugar.

7.6 Resultados de laboratorio de PIENSA en la captación

Se realizaron toma de muestras en distintos puntos de la captación, teniendo los siguientes resultados.

Resultados de laboratorio de toma de agua

Parámetro	**Valor recomendado Norma CAPRE**	**Resultado obtenido**
Temperatura °C	18-30	21
Color real UC mg/l(Pt - Co)	15	< 1
Turbiedad UNT	1 -5	0.112
Coliforme fecales NMP/100ml	Negativo	34
Coliforme totales NMP/100ml	Negativo	> 1.5x10^3

Tabla 28. fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

7.7 Operatividad y mantenimiento del sistema FIME

La dinámica hidráulica del agua dentro del acueducto, se guía por medio de la gravedad, y los procesos del tratamiento se llevan a cabo utilizando esta fuerza impulsadora, desde la filtración hasta el almacenamiento.

La persona designada para poder ejecutar las labores cotidiana del acueducto a como se había mencionado anteriormente, es una persona de 3ra edad. de 70 años, y con una discapacidad en una de sus piernas, el cual no le permite poder caminar bien por sí mismo; pero es quien se ha encargado por los últimos 2 años del funcionamiento y mantenimiento de la planta, cabe mencionar que estar encargado del funcionamiento de un acueducto es de gran responsabilidad e importancia de lo cual los dirigente de CAPS, EMAGUA y Alcaldía no han tomado medidas estrictas para poder poner a una persona capacitada la cual se encargue de dar una buena operatividad al sistema FIME actual de la comunidad LA ISLA.

El estado de los filtros gruesos es deplorable, así como el del filtro lento ya que todos sus elementos estructurales están sumamente dañados, (ver imagen 22, estado actual de la planta de tratamiento).

Según comentaba la persona encargada del acueducto, la planta se encuentra en esas condiciones en vista a que él, ha hecho la formal solicitud de que se le asigne un ayudante, pero por problema de presupuesto en lo que respecta al pago, no se

le ha podido brindar esa ayuda, es importante recalcar que la persona operaria devenga un salario mensual de C$ 5,000 córdobas el cual es asumido por la alcaldía del Tuma – la dalia.

La planta se ha ido deteriorando con el pasar de los años en vista al mal funcionamiento que se le da cuando esta presenta un problema de carácter hidráulico ya sea por fallas en la presión en las tuberías, por perdida en su caudal, por algún atascamiento en las válvulas o tuberías, por alguna desintegración en la configuración de los lechos filtrantes, etc.

Todos estos problemas que hemos mencionado se pueden resolver de manera correcta sin necesidad de dañar el sistema constructivo en cada unidad, teniendo en cuenta que la persona operaria se le brinde una adecuada capacitación del sistema FIME, para que esta sea capaz de identificar y dar una solución al problema sin necesidad de dañar el sistema en su configuración constructiva por la cual fue diseñada.

Estamos sabido de que la configuración de la planta FIME ha sido alterada y por ende ya no cumple con las normas de diseño con la cual se construyó, poniendo en riesgo la calidad del agua la cual es distribuida a la red para abastecer a la población que depende de dicho acueducto.

Con la encuesta que se realizó, la mayoría de las personas encuestadas nos indicaban que por iniciativa propia ponen el agua a hervir antes de tomarla y el agua que almacenan le echan cloro para de esta manera mantener la higiene en su salud en lo que respecta al consumo de agua.

En vista al mal manejo que se le está dando a la planta, se realizó un manual donde se mencionan todos los posibles problemas que una planta de tratamiento FIME puede presentar, así como también se presenta su solución, todo con el fin de que el operador se pueda auxiliarse de dicho manual y así poder superar el problema que se presente en el momento.

- Conjunto FIME existente con sus respectivas fallas

Imagen 22. fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Daño en canal de rebose.

Imagen 23. FGD; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Mal configuración en granulometría de los lechos

Imagen 24. FGD; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Válvulas colmatadas de sedimentos por estar a la intemperie sin protección

Imagen 25. FGD; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Imagen 26. FGD; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020
Daño severo en el canal de rebose.

Imagen 27. FGD; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020
Llaves de interconexiones expuestas al intemperismo.

Tubo de desagüé improvisado

Imagen 28. FGAC; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Sistema de Cloración

Imagen 29; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Va del FGAC hacia al FLA tubería improvisada daño físico a la estructura

Imagen 30; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Mal granulometría en las capas del lecho filtrante, arenilla muy fina

Imagen 31. FLA; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Daño físico a la estructura, toma de abastecimiento secundaria improvisada y un oricio de desagüé al costado del FLA

Imagen 32. FLA; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Tubería de obstrucción al paso del efluente hacia el FGAC

Imagen 33; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Caseta del operador y almacenamiento construida la cual no abastece las necesidades requerida para laborar

Imagen 34; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Pintura en todas las unidades deteriorada sin ninguna clase de mejora y al no contar con cámara de lavado, el lecho filtrante (grava) queda expuesto al intemperismo

Imagen 35, fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Tanque de almacenamiento con lama en exterior, con la pintura deteriorada y con 2 tomas de abastecimiento de agua

Nota: Imagen 36; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

La tubería color azul corresponde al diseño de la planta desde su construcción la cual proviene del FLA hacia el tanque, y la tubería de color blanco es una práctica que jamás debe ser utilizada por ningún operario ya que proviene de la entrada de ingreso de la planta y va directamente al tanque sin que se le realice el proceso de tratamiento.

Imagen 36; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020
Daño estructural en la pared divisoria del FLA

Vertedero FLA

Imagen 36; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

Proviene de la entrada de la planta de tratamiento. Conexión directa

Imagen 37; fuente. Propia, visita de campo realizada 06/02/2020

En vista a las imágenes mostradas podemos decir que la operatividad de la planta no es la adecuada, la configuración del sistema FIME por la cual fue construida ha sido alterado en su totalidad, no se está tratando la calidad del agua a como debe ser, y el operador ejecuta un mal funcionamiento de la misma ya que al poner de manera directa la conexión de la entrada de agua hasta el tanque de almacenamiento es una práctica que nunca se debe realizar.

7.8 Personal de trabajo

La planta de tratamiento su personal encargado de operar y dar el respectivo mantenimiento es una persona de tercera edad la cual no tiene la preparación ni las condiciones físicas para ejercer las labores cotidianas de la misma, se debe de contratar y capacitar a un fontanero con las capacidades adecuada ya que dé él depende que la calidad del para que la población la consuma.

7.9 Manual de operación y mantenimiento de un sistema FIME

Para lo que corresponde al manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento ISLA DE PEÑAS BLANCA decidimos elaborarlo de una manera independiente cumpliendo así el objetivo específico No. 5 el cual dice:

1.) Elaborar manuales de operación y mantenimiento como plan de acción para el buen uso y manejo de la planta de tratamiento.

De esta manera cumplimos con el objetivo y dejamos un manual de ayuda para que la persona encargada de operar la planta se apoye en los conocimientos que brinda dicho manual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. conclusiones y recomendaciones

8.1 conclusiones

Con los cálculos realizados podemos comentar las siguientes conclusiones.

- Se realizó levantamiento topográfico y levantamiento físico de la planta de tratamiento, obteniendo los datos reales en cada unidad todo con el fin de saber si en su construcción se respetaron las dimensiones que se habían establecido en los planos; y con ayuda de nuestro nuevo diseño compararemos esas dimensiones de las cuales comentaremos y daremos conclusiones de las misma.

A continuación, se muestran los datos:

Dimensiones de cada unidad levantada en campo.

-En el filtro grueso dinámico un área de filtración de 6.13 m^2 por modulo en total dos unidades, con una profundidad de caja de 1.10 m.

-En el filtro grueso ascendente en capas un área de filtración de 21.45 m^2 por modulo en total dos unidades, con una profundidad de caja de 1.56 m.

-En el filtro lento de arena un área de filtración de 97.60 m^2 por modulo, en total dos unidades con una profundidad de 2.42 m.

Resultados de dimensiones levantadas en campo.

Dimensiones de cada unidad levantada					
Unidad	Simbologia	Ancho (m)	Largo(m)	Profundidad (m)	Area filtracion(m2)
Filtro Grueso Dinamico	FGDi	1.75	3.50	1.10	6.13
Filtro Grueso Ascendente en capas	FGAC	3.25	6.60	1.56	21.45
Filtro Lento en Arena	FLA	8.00	12.20	2.42	97.60

Dimensiones de cada unidad de diseño calculada.

-En el filtro grueso dinámico un área de filtración de 5.78 m^2 por modulo en total dos unidades, con una profundidad de caja de 1.10 m.

-En el filtro grueso ascendente en capas un área de filtración de 20.48 m^2 por modulo en total dos unidades, con una profundidad de caja de 1.55 m.

-En el filtro lento de arena un área de filtración de 82.95 m^2 por modulo, en total dos unidades con una profundidad de 2.4 m.

Resultados de las dimensiones de diseño.

Dimensiones de cada unidad diseñada					
Unidad	Simbologia	Ancho (m)	Largo(m)	Profundidad (m)	Area filtracion (m2)
Filtro Grueso Dinamico	FGDi	1.70	3.40	1.10	5.78
Filtro Grueso Ascendente en capas	FGAC	3.20	6.40	1.55	20.48
Filtro Lento en Arena	FLA	7.90	10.50	2.40	82.95

Comparativo de las dimensiones reales en campo vs dimensiones de diseños.

	EXISTENTE	DISEÑO	EXISTENTE	DISEÑO	EXISTENTE	DISEÑO	EXISTENTE	DISEÑO
	ANCHO (M)	ANCHO (M)	LARGO (M)	LARGO (M)	PROFUNDIDAD (M)	PROFUNDIDAD (M)	AREA FILTRACION (M^2)	AREA FILTRACION (M^2)
FGDI	1.75	1.70	3.50	3.40	1.10	1.10	6.13	5.78
FGAC	3.25	3.20	6.60	6.40	1.56	1.55	21.45	20.48
FLA	8.00	7.90	12.20	10.50	2.42	2.40	97.60	82.98

Comparando dimensiones existentes con las que obtuvimos de acuerdo al diseño, y a como se detalla en la tabla de comparación; llegamos a la conclusión de que se respetaron las dimensiones al momento de la construcción de la planta, por lo cual también respetaremos esas dimensiones existentes y en base a esta misma trabajaremos en el rediseño y la rehabilitación de la planta, en vista a que la variación es significativa y no excede mucho con las dimensiones reales.

8.1.2 Calidad físico-química-microbiológica en la entrada y la salida

- Los resultados obtenidos de los parámetros principales en la entrada son los siguientes: Turbiedad 0.112 UTN, color verdadero menor a 1 UC y coliforme fecal 34 NMP/100 ml esto nos indica que no cumple con normas del INNA y el agua necesita ser tratada (Ver anexo; imagen 39, imagen 40).

- Los resultados obtenidos en la entrada de la planta nos demuestran que la calidad del agua se encuentra en un nivel bajo de contaminación (Ver anexo imagen 40 y comparar con tabla 1 y tabla 2); por lo cual podemos afirmar que el agua que proviene de la fuente es de buena calidad.

- No se pudo caracterizar la calidad físico-química-microbiológica en la salida del sistema, ya que la planta no está funcionando correctamente y actualmente el agua no circula por ninguna de las unidades.

8.1.3 Eficiencia de la planta

- La selección de alternativa de la tecnología FIME es la correcta ya que pudimos confirmar que el sistema cuenta con filtro grueso dinámico, filtro grueso ascendente en capa y filtro lento de arena, de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis físico-químico-microbiológico (Ver anexo imagen 40 y comparar con tabla 1 y tabla 2).
- Por resultados de laboratorio obtenidos la selección del sistema no necesita filtro grueso ascendente en capas, pero se tomó en cuenta en la revisión del diseño y en las rehabilitaciones del mismo, todo esto para que la planta tenga una mejor eficiencia.
- Las infraestructuras de cada unidad se encuentran en estado deplorable es decir en mal estado. Debido a que el operador no sabe cómo dar una pronta solución a cualquier problema que presente la planta; donde tiende a hacer cambios que no son los adecuados y que más bien perjudica la operación del sistema afectando así la eficiencia de la misma (Ver imagen 31,32 y 33).

8.1.4 Operación y mantenimiento.

- No se cuenta con una programación de actividades diarias, periódicas y eventuales para la operación y el mantenimiento.
- La planta no cuenta con manuales de operación y manteamiento, de igual manera no posee un medio visual donde el operador pueda acudir para poder retroalimentarse de como poder dar solución ante cualquier eventualidad que se presente.
- El operador no cuenta con las herramientas mínimas para dar un óptimo mantenimiento al sistema tales como, comparador de cloro, turbidímetro de columna ni material para limpieza de las unidades de tratamiento; al igual que no existe bitácora y lo que es la desinfección no se realiza de manera adecuada.

8.1.5 Infraestructura, planos y costo de rehabilitación de la planta.

- Efectuamos una revisión de planos constructivos e hicimos una comparación de lo que realmente está construido, y pudimos notar que hubo cambios a la hora de la ejecución física de la obra.
- Actualmente las infraestructuras de la planta tienen afectaciones físicas en los elementos estructurales que perjudican directamente el diseño hidráulico y la calidad del agua del sistema.
- En nuestra propuesta económica garantizamos meramente el funcionamiento de la planta; asegurando operación, calidad y desempeño optimo, reduciendo costos enfocándonos específicamente con la eficiencia del sistema de tratamiento. Obteniendo un monto total de rehabilitación de C$ 813,644.14 córdobas.

8.2 Recomendaciones

Ante todo, lo mencionado podemos dar las siguientes recomendaciones.

- Contratar una persona con mejores condiciones físicas que sea capaz de poder realizar todas las actividades que requiera la planta.
- Hacer uso del manual de operación y manteamiento FiME que se les proporcionara.
- Tener medios visuales de los posibles problemas que pudiere presentar junto con las posibles soluciones. para que el operador se auxilie de este mismo.
- Realizar lavado eventual de la boca toma para un mejor funcionamiento evitando taponamientos no deseados que pudiesen perjudicar la eficiencia del mismo.
- Brindar al operador las herramientas mínimas para una mejor operación en el sistema controlando y/o midiendo los principales parámetros que influyen en la eficiencia de este sistema.
- Capacitar al operador en la preparación de la solución de cloro (hipoclorito de calcio) para la desinfección y en su aplicación. También se le debe capacitar en el manejo y almacenamiento del hipoclorito de calcio.
- Construir una letrina tipo fise para que los operadores puedan hacer sus necesidades fisiológicas.
- Construir andenes de conexión en todas las unidades para que el operador puede moverse con facilidad
- Construir otro tanque de recolección de agua para que haya un mejor abastecimiento a los pobladores.
- Construir las nuevas modificaciones al diseño en lo que respecta a unidades de entrada en cada módulo.

Bibliografía

- Water Supply for Rural Areas and Small Communities (APA)
- Vargas, V. y Galvis, A. 2007. Modelos estadísticos para la comparación para la comparación de filtros gruesos para potabilización de agua por tecnología FiME. Seminario Internacional La hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Instituto Cinara. Universidad del Valle.
- OMS. 2006. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1. 3a ed. Organización mundial de la salud. ISBN 9241546964. http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506_Final%20Spanish.pdf
- OPS/CEPIS. b. 2005. Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. Organización Panamericana de la Salud. http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/030_Construcci%C3%B3n_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME/Construcci%C3%B3n_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf
- OPS/CEPIS. a. 2005. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Organización Panamericana de la Salud. http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/035_dise%C3%B1o%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores/Dise%C3%B1o%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf
- Documento técnico filtración en múltiples etapas Gerardo Galvis M. Cinara edición 1999
- Normas de diseño CAPRE (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.)

- NTOM-09 003-99 (NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA)
- Estudio de ONG NITLAPLAN 2015 (INSTITUTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO)
- Alvestegui Alfonzo. (2004). Tecnologías alternativas para la provisión de servicios de agua y saneamiento en pequeñas localidades.
- Mark L. McFarland. Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (INAA). (1999). Normas técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua en el Medio Rural (NTON 9001-99)

ANEXOS

Tabla 29. Costo detallado de rehabilitación de planta de tratamiento

"EVALUACION DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FiME) PLANTA DE TRATAMIENTO LA ISLA. (MATAGALPA – LA DALIA - COMUNIDAD LA ISLA)".

COSTO DE REHABILITACION DETALLADO DE PLANTA DE TRATAMIENTO LA ISLA DE PEÑAS BLANCAS					
ETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO C$	COSTO TOTAL C$
1	**PRELIMINARES**				**C$ 13,900.00**
1.1	LIMPIEZA INICIAL	M2	100.00	15.00	C$ 1,500.00
1.2	TRAZO Y NIVELACION	M2	20.00	20.00	C$ 400.00
1.3	CONSTRUCCIONES TEMPORALES	GLB	1.00	8,000.00	C$ 8,000.00
1.4	INSTALACIONES DE SERVICIOS TEMPORALES	GLB	1.00	4,000.00	C$ 4,000.00
2	**MOVIMIENTO DE TIERRA**				**C$ 2,200.00**
2.1	DESCAPOTE	M2	20.00	50.00	C$ 1,000.00
2.2	CORTES	M3	5.00	80.00	C$ 400.00
2.3	RELLENO Y COMPACTACION	M3	2.00	400.00	C$ 800.00
3	**FILTRO GRUESO DINAMICO**				**C$ 46,202.27**
3.1	**FUNDACIONES**				**C$ 8,825.00**
3.1.1	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	2.00	350.00	C$ 700.00
3.1.2	RELLENO Y COMPACTACION	M3	1.00	500.00	C$ 500.00
3.1.3	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	79.55	55.00	C$ 4,375.00
3.1.4	FORMALETA	M2	1.00	250.00	C$ 250.00
3.1.5	FUNDIR CONCRETO 210 KG/CM2 (3,000 PSI)	M3	0.50	6,000.00	C$ 3,000.00
3.2	**CONSTRUCCION DE PAREDES**				**C$ 9,977.27**
3.2.1	FUNDIR CONCRETO EN MURO 210 KG/CM2 (3,000 PSI)	M3	0.80	6,000.00	C$ 4,800.00
3.2.2	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	59.09	25.00	C$ 1,477.27
3.2.3	FORMALETA	M2	10.00	250.00	C$ 2,500.00
3.2.4	ACABADO TIPO FINO PIZARRA	M2	10.00	120.00	C$ 1,200.00
3.3	**OBRAS HIDROSANITARIAS (AGUA POTABLE)**				**C$ 20,360.00**
3.3.1	TUBERIAS DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE 6" CON ACCESORIOS	M	7.00	300.00	C$ 2,100.00
3.3.2	TUBERIAS DE DISTRIBUCION LATERAL DE 3" CON ACCESORIOS	M	17.00	180.00	C$ 3,060.00
3.3.3	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 6" CON ACCESORIOS	M	13.00	300.00	C$ 3,900.00
3.3.4	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 2" CON ACCESORIOS	M		80.00	C$ -
3.3.5	VALVULA DE APERTURA RAPIDA HG DE 6"	UNIDAD	2.00	1,500.00	C$ 3,000.00
3.3.6	VALVULA DE PASE HG DE 4"	UNIDAD	1.00	1,000.00	C$ 1,000.00
3.3.7	FILTRO DE GRAVA(MEDIDA SEGÚN PLANOS)	M3	9.00	700.00	C$ 6,300.00
3.3.8	MALLA PLASTICA PARA SEPARACION DE LECHOS	UNIDAD	2.00	500.00	C$ 1,000.00
3.3.9	VERTEDERO TRIANGULAR DE LAMINA DE ACERO LISA 6.35mm (14") Y REGLA DE AFORO METALICA	UNIDAD	1.00	4,000.00	C$ 4,000.00
3.4	**OBRAS EXTERIORES**				**C$ 2,990.00**
3.4.1	ANDEN DE 2500 PSI CON BORDILLO DE BLOQUE DE CEMENTO	M2	5.00	250.00	C$ 1,250.00
3.4.2	REHABILITACION DE ANDENES	M2	19.00	60.00	C$ 1,140.00
3.4.3	ACABADO TIPO FINO PIZARRA	M2	5.00	120.00	C$ 600.00
3.4.4	REHABILITACION DE LA CAJA DE FILTRACION	GLB	1.00	3,500.00	C$ 3,500.00
3.5	**PINTURA**				**C$ 4,050.00**
3.5.1	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA DE ACEITE	M2	15.00	120.00	C$ 1,800.00
3.5.2	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA SANITARIA	M2	15.00	150.00	C$ 2,250.00
4	**FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS**				**C$ 87,625.00**
4.1	**FUNDACIONES**				**C$ 8,825.00**
4.1.1	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	2.00	350.00	C$ 700.00
4.1.2	RELLENO Y COMPACTACION	M3	1.00	500.00	C$ 500.00
4.1.3	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	79.55	55.00	C$ 4,375.00
4.1.4	FORMALETA	M2	1.00	250.00	C$ 250.00
4.1.5	FUNDIR CONCRETO 210 KG/CM2 (3,000 PSI)	M3	0.50	6,000.00	C$ 3,000.00
4.2	**CONSTRUCCION DE PAREDES**				**C$ 11,750.00**
4.2.1	FUNDIR CONCRETO EN MURO 210 KG/CM2 (3,000 PSI)	M3	0.80	6,000.00	C$ 4,800.00
4.2.2	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	59.09	55.00	C$ 3,250.00
4.2.3	FORMALETA	M2	10.00	250.00	C$ 2,500.00
4.2.4	ACABADO TIPO FINO PIZARRA	M2	10.00	120.00	C$ 1,200.00

4.3	**OBRAS HIDROSANITARIAS (AGUA POTABLE)**				**C$ 59,200.00**
4.3.1	TUBERIAS DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE 0.15 m (6") CON ACCESORIOS	M	13.00	300.00	C$ 3,900.00
4.3.2	TUBERIAS DE DISTRIBUCION LATERAL DE 4" CON ACCESORIOS	M	52.00	200.00	C$ 10,400.00
4.3.3	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 0.15 m (6") CON ACCESORIOS	M	13.00	300.00	C$ 3,900.00
4.3.4	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 0.05 m (2") CON ACCESORIOS	M		80.00	C$ -
4.3.5	VALVULA DE APERTURA RAPIDA HG DE 0.15 m (6")	UNIDAD	2.00	1,500.00	C$ 3,000.00
4.3.6	VALVULA DE PASE HG DE 0.1 m (4")	UNIDAD	1.00	1,000.00	C$ 1,000.00
4.3.7	FILTRO DE GRAVA(MEDIDA SEGÚN PLANOS)	M3	50.00	700.00	C$ 35,000.00
4.3.8	MALLA PLASTICA PARA SEPARACION DE LECHOS	UNIDAD	4.00	500.00	C$ 2,000.00
4.3.9	VERTEDERO TRIANGULAR DE LAMINA DE ACERO LISA 6.35mm (14") Y REGLA DE AFORO METALICA	UNIDAD	1.00	4,000.00	C$ 4,000.00
4.4	**OBRAS EXTERIORES**				**C$ 3,530.00**
4.4.1	ANDEN DE 2500 PSI CON BORDILLO DE BLOQUE DE CEMENTO	M2	5.00	250.00	C$ 1,250.00
4.4.2	REHABILITACION DE ANDENES	M2	28.00	60.00	C$ 1,680.00
4.4.3	ACABADO TIPO FINO PIZARRA	M2	5	120.00	C$ 600.00
4.4.4	REHABILITACION DE LA CAJA DE FILTRACION	GLB	1	4,000.00	C$ 4,000.00
4.5	**PINTURA**				**C$ 4,320.00**
4.5.1	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA DE ACEITE	M2	16.00	120.00	C$ 1,920.00
	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA SANITARIA	M2	16.00	150.00	C$ 2,400.00
5	**FILTRO LENTO DE ARENA**				**C$ 277,350.00**
5.1	**OBRAS HIDROSANITARIAS (AGUA POTABLE)**				**C$ 263,400.00**
5.1.1	TUBERIAS DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE 8" CON ACCESORIOS	M	21.00	400.00	C$ 8,400.00
5.1.2	TUBERIAS DE DISTRIBUCION LATERAL DE 6" CON ACCESORIOS	M	315.00	300.00	C$ 94,500.00
5.1.3	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 8" CON ACCESORIOS	M	15.00	400.00	C$ 6,000.00
5.1.4	TUBERIAS DE LIMPIEZA DE 2" CON ACCESORIOS	M		80.00	C$ -
5.1.5	VALVULA DE APERTURA RAPIDA HG DE 8"	UNIDAD	2.00	1,800.00	C$ 3,600.00
5.1.6	VALVULA DE PASE HG DE 4"	UNIDAD	1.00	1,000.00	C$ 1,000.00
5.1.7	FILTRO DE GRAVA(MEDIDA SEGÚN PLANOS)	M3	249.00	600.00	C$ 149,400.00
5.1.8	MALLA PLASTICA PARA SEPARACION DE LECHOS	UNIDAD	1.00	500.00	C$ 500.00
5.1.9	VERTEDERO TRIANGULAR DE LAMINA DE ACERO LISA 6.35mm (14") Y REGLA DE AFORO METALICA	UNIDAD	1.00	4,000.00	C$ 4,000.00
5.2	**OBRAS EXTERIORES**				**C$ 4,500.00**
5.2.1	ANDEN DE 2500 PSI CON BORDILLO DE BLOQUE DE CEMENTO	M2	75.00	60.00	C$ 4,500.00
5.2.2	REHABILITACION DE LA CAJA DE FILTRACION	GLB	1.00	6,000.00	C$ 6,000.00
5.2	**PINTURA**				**C$ 9,450.00**
5.2.1	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA DE ACEITE	M2	35.00	120.00	C$ 4,200.00
5.2.2	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA SANITARIA	M2	35.00	150.00	C$ 5,250.00
6	**TANQUE DE ALMACENAMIENTO**				**C$ 105,813.10**
6.1	**FUNDACIONES**				**C$ 39,090.00**
6.1.1	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	20.00	350.00	C$ 7,000.00
6.1.2	RELLENO Y COMPACTACION	M3	3.00	500.00	C$ 1,500.00
6.1.3	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	243.64	55.00	C$ 13,400.00
6.1.4	FORMALETA	M2	3.00	250.00	C$ 750.00
6.1.5	FUNDIR CONCRETO 210 KG/CM2 (3,000 PSI)	M3	2.74	6,000.00	C$ 16,440.00
6.2	**CONSTRUCCION DE PAREDES**				**C$ 53,229.50**
6.2.1	CONSTRUCCION MUROS Y LOSA DE CONCRETO REFORZADO	M3	4.57	6,000.00	C$ 27,420.00
6.2.2	ACERO DE REFUERZO No 3 (3/8")	KG	315.45	55.00	C$ 17,350.00
6.2.3	FORMALETA	M2	10.15	250.00	C$ 2,537.50
6.2.4	ACABADO FINO	M2	49.35	120.00	C$ 5,922.00
6.3	**OBRAS HIDROSANITARIAS (AGUA POTABLE)**				**C$ 5,600.00**
6.3.1	SISTEMA DE BOLLA	UNIDAD	1.00	4,000.00	C$ 4,000.00
6.3.2	VALVULA DE LIMPIEZA	UNIDAD	1.00	900.00	C$ 900.00
6.3.3	VALVULA DE PASE	UNIDAD	1.00	700.00	C$ 700.00
6.5	**OBRAS EXTERIORES**				**C$ 3,033.60**
6.5.1	ANDEN DE 2500 PSI CON BORDILLO DE BLOQUE DE CEMENTO	M2	12.64	120.00	C$ 1,516.80
6.5.2	ACABADO TIPO FINO PIZARRA	M2	12.64	120.00	C$ 1,516.80
6.6	**PINTURA**				**C$ 4,860.00**
6.6.1	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA DE ACEITE	M2	18.00	120.00	C$ 2,160.00
6.2.2	APLICAION DE DOS MANOS DE PINTURA SANITARIA	M2	18.00	150.00	C$ 2,700.00
7	**DESINFECCION**				**C$ 15,000.00**
7.1	HIPOCLORADOR	UNIDAD	1.00	15,000.00	C$ 15,000.00
8	**CONSTRUCCION DE CAJAS DE REGISTROS**				**C$ 14,500.00**
8.1	CAJA DE REGSITRO PARA FGDi	UNIDAD	2.00	1,500.00	C$ 3,000.00
8.2	CAJA DE REGISTRO PARA FGAC	UNIDAD	1.00	1,500.00	C$ 1,500.00
8.3	CAJA DE REGISTRO PARA FLA	UNIDAD	3.00	1,500.00	C$ 4,500.00
8.4	TUBERA DE LIMPIEZA DE 3" CON ACCESORIOS	M	65.00	180.00	C$ 11,700.00
8.5	PILA DE LAVADO DE GRAVA DE MAMPOSTERIA	UNIDAD	1.00	5,500.00	C$ 5,500.00
9	**CONSTRUCCION DE LETRINA TIPO FISE**				C$ 35,000.00
9.1	CONSTRUCCION DE LETRINA TIPO FISE CON DOBLE BANCO DE FIBRA CON TODOS SUS ACCESORIOS. INCLUYE FOSA DE MAMPOSTERIA REFORZADA PARA EL ALMACENAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS Y LIQUIDOS	UNIDAD	1.00	35,000.00	C$ 35,000.00
10	**LIMPIEZA FINAL**				**C$ 2,000.00**
10.1	INCLUYE DESALOJAR CUALQUIER TIPO DE ESCOMBRO Y GARANTIZAR TODO LA LIMPIEZA EN EL AREA	M2	100.00	20.00	C$ 2,000.00
	COSTOS DIRECTOS				C$ 599,590.37
	COSTOS INDIRECTOS (10 %)				C$ 59,959.04
	UTILIDADES (8 %)				C$ 47,967.23
	SUB TOTAL				**C$ 707,516.64**
	IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO IVA (15 %)				**C$ 106,127.50**
	TOTAL				**C$ 813,644.14**

Encuentas elaborada para el censo en la comunidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGERIERIA
UNI - RUPAP

ENCUESTA

Fecha:

Nombre:

Comunidad a la que pertenece:

La siguiente encuesta es para fines investigativos con el fin de mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento, ubicada en la comunidad de La Isla de Peñas Blancas. La encuesta no es de carácter obligatorio.

A continuación deberá responder las siguientes preguntas marcando con una X:

1- ¿Es beneficiada con el servicio de agua potable de esta planta?

Si _____ NO_____

2- ¿Tiene agua potable a diario?

SI_____ NO_____

En el caso de responder No, especifique el periodo: R:

3- ¿Usted toma de esta agua?

SI_____ NO_____

4- ¿Alguna vez se ha enfermado o le ha dado algún malestar por el consumo de esta agua?

SI_____ NO_____

5- ¿Paga alguna tarifa mensual por el servicio?

SI_____ NO_____

En el caso de responder SI, podría decirme un aproximado de su tarifa mensual.

R:

6-¿Cómo calificaría el servicio de agua?

MALO _____

REGULAR _____

BUENO _____

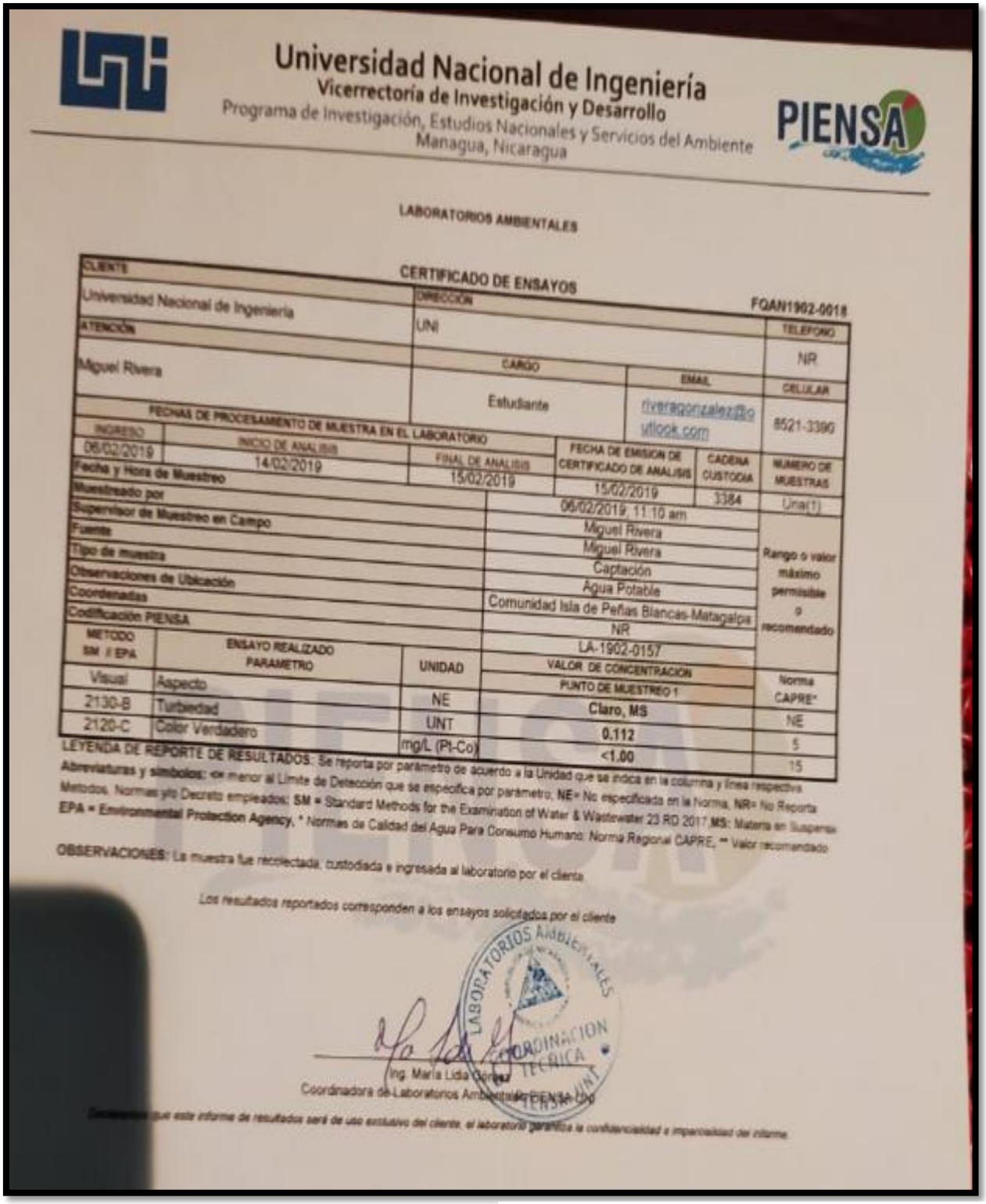
MUY BUENO_____

GRACIAS

PLANTA DE TRATAMIENTO FiME EN LA COMUNIDAD DE LA ISLA DE PEÑAS BLANCAS – LA DALIA - MATAGALPA

Imagen 38. (elaboración propia)

Prueba de laboratorio físico, químico del afluente MATAPALO



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN1902-0018

CLIENTE	DIRECCIÓN		TELEFONO
Universidad Nacional de Ingeniería	UNI		NR
ATENCIÓN	CARGO	EMAIL	CELULAR
Miguel Rivera	Estudiante	riveragonzalez@outlook.com	8521-3390

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
06/02/2019	14/02/2019	15/02/2019	15/02/2019	3384	Una(1)

Fecha y Hora de Muestreo			06/02/2019 11:10 am	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Muestreado por			Miguel Rivera	
Supervisor de Muestreo en Campo			Miguel Rivera	
Fuente			Captación	
Tipo de muestra			Agua Potable	
Observaciones de Ubicación			Comunidad Isla de Peñas Blancas-Matagalpa	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1902-0157	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Claro, MS	NE
2130-B	Turbiedad	UNT	0.112	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. **Abreviaturas y símbolos:** <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro; **NE**= No especificada en la Norma, **NR**= No Reporta Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017,**MS**: Materia en Suspensión **EPA** = **Environmental Protection Agency**, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, ** Valor recomendado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

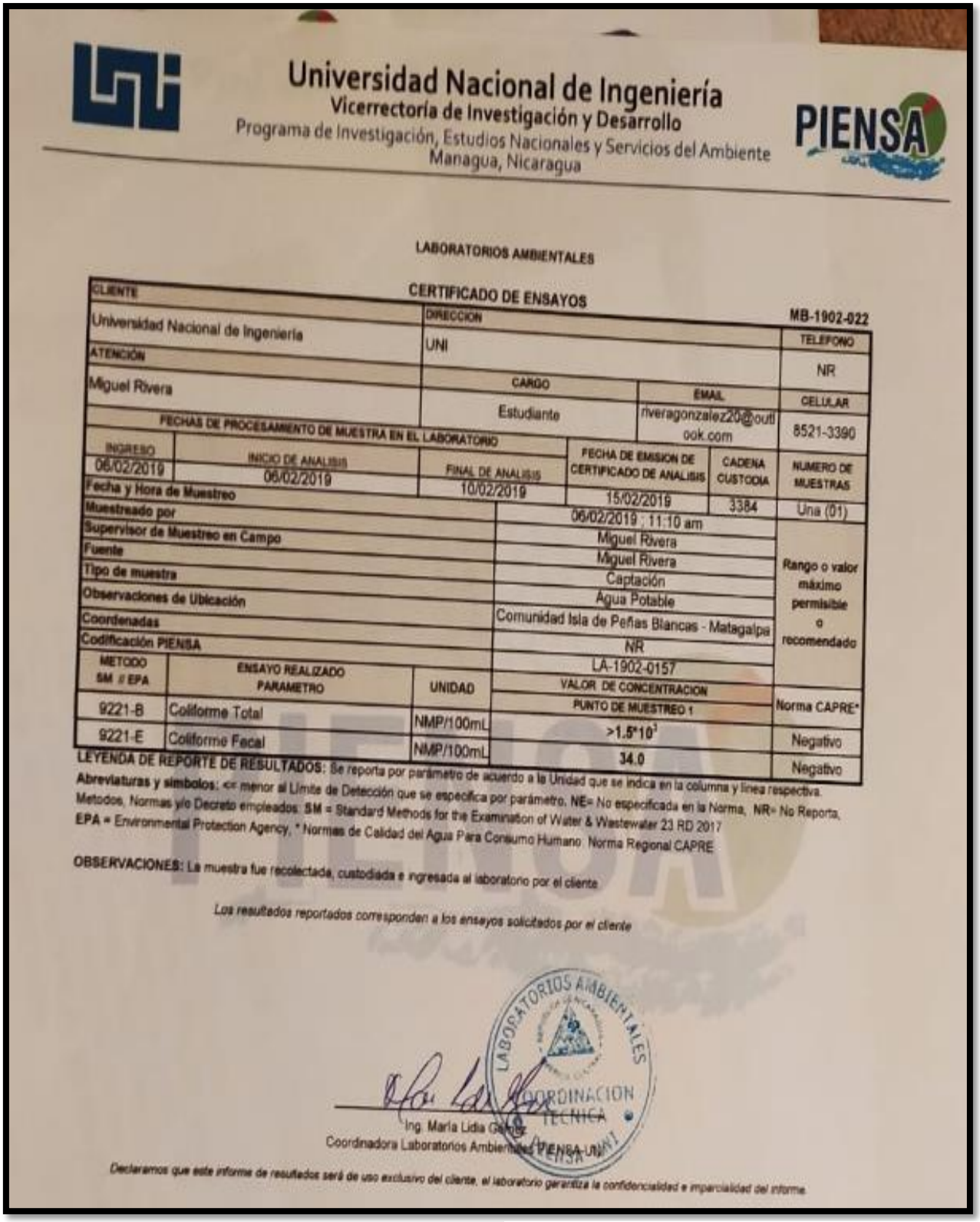
LABORATORIOS AMBIENTALES COORDINACIÓN TÉCNICA PIENSA UNI

Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaración: que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Imagen 39. Fuente (laboratorio PIENSA)

Prueba de laboratorio coliformes fecales del afluente MATAPALO



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1902-022

CLIENTE	DIRECCION		TELEFONO
Universidad Nacional de Ingeniería	UNI		NR
ATENCIÓN	CARGO	EMAIL	CELULAR
Miguel Rivera	Estudiante	riveragonzalez20@outlook.com	8521-3390

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
06/02/2019	06/02/2019	10/02/2019	15/02/2019	3384	Una (01)

Fecha y Hora de Muestreo			06/02/2019 ; 11:10 am	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Muestreado por			Miguel Rivera	
Supervisor de Muestreo en Campo			Miguel Rivera	
Fuente			Captación	
Tipo de muestra			Agua Potable	
Observaciones de Ubicación			Comunidad Isla de Peñas Blancas - Matagalpa	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1902-0157	
METODO SM ó EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	$>1.5*10^3$	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	34.0	Negativo

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, **NE**= No especificada en la Norma, **NR**= No Reporta, Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

LABORATORIOS AMBIENTALES COORDINACION TECNICA PIENSA-UNI

Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe

Imagen 40. Fuente (laboratorio PIENSA)

Tabla 30. Prueba de aforo

Caudal real medido en campo				
# de ensayos	vol (L)	tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal promedio (L/s)
1	40	5.56	7.196	8.554
2	40	4.84	8.264	
3	40	4.84	8.264	
4	40	4.97	8.053	
5	40	4.57	8.762	
6	40	4.59	8.721	
7	40	5.14	7.788	
8	40	4.16	9.607	
9	40	4.31	9.277	
10	40	4.16	9.607	