



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**  
**TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE**  
**AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS**  
**UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA,**  
**CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

---

**AUTOR:** Francisco Alejandro Espinosa Vaca

**TUTOR:** Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

**AMBATO – ECUADOR**

**Agosto - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Francisco Alejandro Espinosa Vaca**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805304662, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

---

**Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, Francisco Alejandro Espinosa Vaca, con C.I. 1805304662 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones, y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



---

**Francisco Alejandro Espinosa Vaca**  
C.I. 1805304662  
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto 2021



---

**Francisco Alejandro Espinosa Vaca**  
C.I. 1805304662  
**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Francisco Alejandro Espinosa Vaca de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firma:

---

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes  
**Miembro Calificador**

---

Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

Dedico los triunfos de este proyecto principal y fundamentalmente a Dios, porque a través de su palabra y de sus bendiciones ha permitido que logre prepararme profesionalmente, cosa que no es accesible para todas las personas, así que me siento privilegiado y amado por Dios con este logro.

De manera grata y con mucho cariño dedico este trabajo a mis padres Galo Espinosa y Marianita Vaca porque con mucho esfuerzo hicieron mi instrucción profesional posible, mis queridos padres me han alentado a levantarme cada vez que he tropezado, continuando firme a alcanzar este logro, que con su transmisión de fe me han hecho un hombre temeroso de Dios y seguro de que el siempre obrara en mi vida.

Dedico este trabajo de manera muy especial a mi amada esposa Estefanía Peñaloza, que ha sido mi soporte y aliento siempre, en especial cuando muchas veces sentí no poder continuar a ella mi eterno amor y gratitud por su amor desmedido así este hombre defectuoso.

Como no dedicar este logro a mi amada hija Danna Isabella, quien se ha convertido en el motor fundamental de mi hogar, y quien cada día me enseña a amar incondicionalmente y a ser agradecido con Dios.

A toda mi familia que siempre se mantuvo al pendiente de mí y supieron muchas veces apoyarme, animarme e instruirme en este arduo caminar que sin ellos no hubiera podido culminar.

Finalmente, también quiero dedicar este trabajo a mis queridos docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica porque me han ayudado a aprender cada una de las materias para poder ser un excelente profesional y a mis queridos compañeros con quienes hemos formado un grupo de amigos y hemos pasado buenos y gratos momentos.

**Francisco Espinosa**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato que ha sido el campo que me ha brindado los conocimientos necesarios para formarme tanto profesionalmente como éticamente, el apoyo profesional de mi tutor, Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino, que me ha brindado sus conocimientos en el transcurso de este proyecto.

Agradezco de manera especial a todos los ingenieros que conforman mi querida Carrera de Ingeniería Civil, cada uno con su manera de enseñar me han ayudado a escalar como alumno para ayudarme a ser un profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	5
1.1.3 Fundamentación Teórica	7
1.1.3.1 Aguas Lluvias	7
1.1.3.2 Características del Agua	8
1.1.3.3 Nivel de servicio del agua	9
1.1.3.4 Precipitaciones	12
1.1.3.5 Sistemas de captación de aguas lluvias	15
1.1.3.6 Normativas de calidad de agua	31
1.1.4 Hipótesis	36
1.2 Objetivos:	36
1.2.1 Objetivo General	36
1.2.2 Objetivos Específicos	36
CAPÍTULO II	37
METODOLOGÍA	37
2.1 Materiales y Equipos	43



2.1.1 Materiales _____	43
2.1.2 Equipos _____	44
2.2 Métodos _____	45
2.2.1 Plan de Recolección de Datos _____	45
2.2.2 Levantamiento de datos en campo _____	49
2.2.3 Tabulación de Resultados _____	52
2.2.4 Obtención de Dotación In Situ _____	61
2.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información. _____	65
2.3.1. Cálculo de dotación _____	65
2.3.2. Diseño del Sistema de aprovechamiento de aguas lluvia _____	66
2.2.4 Toma de muestras según NTE- INEN _____	82
2.2.5 Parámetros a ser analizados en las muestras _____	83
CAPÍTULO III _____	86
RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	86
3.1 Análisis y Discusión de los resultados _____	86
3.1.1 Análisis de la muestra de agua lluvia cruda sin tratar _____	86
3.1.2 Análisis de la muestra de agua lluvia tratada _____	89
3.1.3 Análisis comparativo entre el agua lluvia cruda y el agua lluvia tratada _____	91
3.2 Verificación de Hipótesis _____	95
CAPITULO IV _____	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	96
4.1 Conclusiones _____	96
4.2 Recomendaciones _____	98
BIBLIOGRAFÍA _____	99
ANEXOS _____	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Guía básica Agua y saneamiento: opciones prácticas para vivir mejor	7
Figura 2.	Techos utilizados como áreas de captación de aguas lluvias.....	17
Figura 3.	Malla retenedora de impurezas .....	18
Figura 4.	Sistema de Captación y Conducción .....	18
Figura 5.	Filtro lento de arena a nivel domiciliario.....	21
Figura 6.	Filtro lento de carbono activado .....	22
Figura 7.	Filtro Lento de Zeolita .....	23
Figura 8.	Bomba manual de Mecate.....	29
Figura 9.	Gráfico general de uso de agua domestico .....	30
Figura 10.	Diagrama de sistema a implementar .....	39
Figura 11.	Ubicación geográfica de la comunidad Santa Fe Valparaíso 4 Esquina de la parroquia Atahualpa (Chisalata).....	49
Figura 12.	Información número de personas por vivienda.....	52
Figura 15.	Viviendas con agua de regadío .....	55
Figura 16.	Concurrencia de utilización de agua potable .....	56
Figura 17.	Cortes de agua.....	57
Figura 18.	Viviendas que reutilizarían el agua lluvia.....	58
Figura 19.	Viviendas con un sistema alternativo .....	59
Figura 20.	Aceptación de sistema de captación .....	60
Figura 21.	Área de Captación.....	68
Figura 22.	Detalles pendientes de cubierta.....	69
Figura 23.	Geometría Dipanel DP5.....	69
Figura 24.	Instalación Estándar Tanque TITÁN – Vista en Planta.....	71
Figura 25.	Instalación Estándar Tanque TITÁN – Vista en Corte.....	72
Figura 26.	Especificaciones Técnicas Tanque TITÁN .....	72
Figura 27.	Canal PVC 3m código 924337 Plastigama.....	73
Figura 28.	Detalle Canaletas con Micro Malla .....	74
Figura 29.	Bajante PVC de 3 m código 924336 Plastigama .....	74
Figura 30.	Vista Frontal Casa Tipo y Sistema de Conducción .....	75
Figura 31.	Vista Lateral Derecho Casa Tipo y Sistema de Conducción .....	75
Figura 32.	Vista Lateral Izquierda Casa Tipo y Sistema de Conducción .....	76

Figura 33.	Vista Posterior Casa Tipo y Sistema de Conducción .....	76
Figura 34.	Vista en Planta de Filtro en Serie.....	77
Figura 35.	Vista en Corte Sistema de Filtro en Serie .....	78
Figura 36.	Sistema de Filtro en Serie Vista Posterior Casa Tipo.....	79
Figura 37.	Detalle Instalación Recipiente de cloro .....	80
Figura 38.	Detalle implementación bomba de mecatro.....	81
Figura 39.	Grafica de comparación de parámetros del agua lluvia sin tratar con respecto a la tabla 1 y tabla 3 del TULSMA 2015 .....	87
Figura 40.	Comparación de parámetros para agua de consumo humano según Normativa INEN “Agua para consumo humano” .....	90
Figura 41.	Comparación agua lluvia Cruda vs Agua lluvia tratada .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Nivel de servicio y cantidad de agua recolectada.....	10
Tabla 2.	Dotaciones para edificaciones de uso específico.....	11
Tabla 3.	Coefficiente de esorrentías.....	16
Tabla 4.	Características Físicas .....	31
Tabla 5.	Sustancias Orgánicas .....	32
Tabla 6.	Plaguicidas.....	32
Tabla 7.	Residuos de desinfectantes .....	33
Tabla 8.	Subproductos de desinfección .....	33
Tabla 9.	Cianotoxinas .....	33
Tabla 10.	Requisitos microbiológicos.....	33
Tabla 11.	Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.	34
Tabla 12.	Criterio de calidad de agua para riego agrícola .....	35
Tabla 13.	Materiales.....	43
Tabla 14.	Equipos .....	44
Tabla 15.	Distribución Nominal .....	48
Tabla 16.	Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 1 .....	61
Tabla 17.	Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 2 .....	62
Tabla 18.	Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 3 .....	63
Tabla 19.	Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 4 .....	64
Tabla 20.	Precipitaciones estación Querochada UTA .....	67
Tabla 21.	Precipitaciones estación Píllaro .....	68
Tabla 22.	Coefficiente de esorrentías .....	70
Tabla 23.	Comparación de parámetros de las aguas lluvia sin tratar con respecto al TULSMA 2015 .....	86
Tabla 24.	Comparación de agua lluvia tratada con respecto a la Norma INEN “Agua para consumo humano” .....	89
Tabla 25.	Comparación de los parámetros analizados entre el agua lluvia cruda y el agua lluvia tratada .....	92
Tabla 26.	Comparación de porcentajes de remoción e incremento .....	93

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Unidad de medida de precipitación.....	15
Ecuación 2.	Volumen Recolectado .....	25
Ecuación 3.	Tamaño de muestra .....	47
Ecuación 4.	Promedio Dotaciones .....	65
Ecuación 5.	Promedio Precipitaciones.....	68
Ecuación 6.	Volumen agua recolectada .....	70
Ecuación 7.	Días de dotación .....	73
Ecuación 8.	Volumen de cloro necesario.....	79

## RESUMEN

Para la elaboración de este proyecto se inició con una encuesta detallada y específica para los moradores de la zona a ser estudiada, escogiendo primordialmente las viviendas unifamiliares tipo MIDUVI y cuyos resultados fueron útiles para encaminar la alternativa de aprovechamiento de agua lluvia.

El sistema se diseñó con varias etapas: La captación que consta de una cubierta que recolecta el agua lluvia, La conducción que es la que dirige mediante canales de agua lluvia y bajantes toda el agua recolectada hacia el filtro, El sistema de filtración con un tanque lleno de (piedra partida gruesa, piedra partida fina, Zeolita y Carbón activado), los cuales fueron utilizados como materiales filtrantes y ayudaron a la purificación del agua lluvia, El tratamiento mediante cloro que desinfectó el agua lluvia para poder utilizarla en el consumo humano y finalmente que esta agua purificada sea distribuida mediante una bomba de mecatro que se conecta con el sistema principal de abastecimiento de la vivienda.

Todo se diseñó siguiendo rigurosamente diferentes normas y guías de aprovechamiento del agua lluvia dictadas por: Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) que dieron la pauta para el correcto diseño y utilización de este recurso hídrico.

Para determinar que el agua tratada se puede utilizar para el consumo humano fue analizada en el laboratorio de calidad de agua EMAPA cuyo resultado fue comparado con el TULSMA y la Norma INEN 1108 “Agua para consumo humano”.

**Palabras clave:** Agua lluvia, purificación de agua, cloración, calidad de agua, vivienda unifamiliar.

## **ABSTRACT**

For the elaboration of this project, a detailed and specific survey was carried out for the inhabitants of the area to be studied, choosing primarily MIDUVI type single-family houses, the results of which were useful for the development of the rainwater harvesting alternative.

The system was designed with several stages such as: the catchment system, which consists of a roof that collects rainwater; a conduction system that directs through rainwater channels with a micro mesh and downspouts all the water collected to the filter, a filtration system consisting of a tank in which was filled with (coarse broken stone, fine broken stone, Zeolite and activated carbon), which materials helped to purify the rainwater, chlorine treatment that disinfected the rainwater so that it can be water for human consumption and finally that this purified water is distributed by a hand pump that connects to the main internal supply system of the house.

Everything was designed strictly following different standards and guidelines for rainwater harvesting dictated by the Pan American Health Organization (PAHO) and the World Health Organization (WHO), which set the guidelines for the correct design and use of this water resource.

In order to determine that treated rainwater can be used for human consumption, this water was analyzed at the EMAPA water quality laboratory and the results were compared with the TULSMA and the INEN 1108 "Water for human consumption"

**Keywords:** Rainwater, water purification, chlorination, water quality, single-family home.

# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

Las aguas superficiales a lo largo de la historia han sido el eje en el cual las civilizaciones y los seres humanos desde sus inicios han forjado y desarrollado su sociedad puesto que la utilización de estas aguas ha beneficiado al transporte y comercio, como al consumo y variedad de actividades que han fomentado en las mismas.[1]

Durante décadas la sociedad debido al auge de aguas superficiales alrededor del mundo y su pronta accesibilidad no han dispuesto que se tomen medidas secundarias de obtención de aguas para el consumo humano. Una de estas es la obtención de este recurso hídrico mediante las precipitaciones de cada región [aguas lluvias] que se le atribuía únicamente al riego en la agricultura.[1]

Actualmente el crecimiento de la población mundial y con ello el aumento de la demandad de agua apta para el consumo humano han impulsado aprovechar hasta la última gota de este recurso hídrico, sumado a la utilización del agua en el área industrial, la sobreexplotación, su uso incorrecto y debido a catástrofes naturales este recurso natural ha sido comprometido y se ha visto afectado por lo cual es necesario considerara alternativas innovadoras que permitan mejorar el abastecimiento, saneamiento e higiene del agua potable lo que lograra prevenir aproximadamente, el 9.1% de la carga mundial de morbilidad y el 6.3% de todas las muertes causadas por efectos relacionados a dichos problemas.[2]

Uno de los sistemas alternativos que en la actualidad ha ganado espacio es la recolección de aguas lluvias que, no obstante, es un sistema antiguo de obtención de este recurso que consiste en la captación del agua lluvia dependientemente de las condiciones climáticas de la región ya que las precipitaciones son su fuente de obtención con un almacenamiento que posteriormente será distribuida a las diferentes necesidades básicas tanto potables como no potables.[2]



El agua se la utiliza principalmente en el sector doméstico, industrial y agrícolas siendo afectados por la demanda y consumo desmedido de agua en los últimos años. La necesidad de este recurso hídrico es impulsada por factores económicos, sociales, demográficos y la dinámica de la población y en los últimos tiempos, por lo cual en distintas partes del mundo se han tomado medidas precautelarias que garanticen la debida obtención y distribución del agua apta para la vida. [3][4]

Al igual que muchos países en desarrollo, cabe mencionar Nigeria, no pueden satisfacer sus necesidades de agua para el uso doméstico, tan solo el 47% de la población total tiene acceso a agua de fuentes mejoradas y debido a las precipitaciones variadas de la región han tenido que implementar métodos alternativos al sistema de dotación pública del país para sostener demanda que crece cada año, reduciendo así el consumo de agua publica y el gasto económico que representa el mismo. [4]

Ya que el uso de las aguas lluvias ha generado un importante ahorro de agua potable en diversas edificaciones y viviendas en países de la región como Brasil gracias a la implementación y uso de las aguas lluvias existe un potencial de ahorro de agua potable variante según la región geográfica del 48% en la región sureste, 82% en regiones del sur y del 100% en regiones del norte.

Para poder determinar el ahorro de agua potable que genera la utilización de aguas lluvias para la dotación en viviendas hay que conocer los datos de precipitaciones que generalmente se producen en la zona a ser estudiada, la demanda de agua potable, la población y las viviendas.[5]

Al tener el conocimiento que existen regiones en donde el agua subterránea es escasa o no es químicamente apta directamente para el consumo humano es válido el análisis de la posibilidad de aprovechamiento de las precipitaciones como fuente alternativa para el abastecimiento de agua para el consumo doméstico como ha sido costumbre en algunas regiones de la Argentina, no solo para el consumo humano si no para una variedad de actividades en las cuales el agua es fundamental.[6]

Históricamente el aprovechamiento del agua lluvia para la utilización domestica se ha practicado en regiones favorables o que el suministro de agua se ha tornado difícil. Un sistema que se ha utilizado tradicionalmente se basa en el aprovechamiento del agua

de lluvias que se obtiene de un sistema cuyos tres elementos principales son: una superficie de recolección, canaletas y un almacenamiento del agua.

La superficie de recolección debe ser lo suficientemente amplia como para recolectar un volumen considerable de agua lluvia usualmente se utilizan los techos de las viviendas posteriormente dirigida hacia las canaletas que serían el sistema de conducción relativamente económica pero el más descuidado y por último la captación de almacenamiento que debe ser lo suficientemente grande lo suficiente para resistir las fluctuaciones a corto plazo en el uso del agua y las fluctuaciones a largo plazo con la lluvia es importante que el tanque de almacenamiento este bien cubierto . [6][7]

Algunos de estos sistemas tienen un sistema que trata el agua sucia por decantación, estos sistemas tienen varios problemas de diseño ya que se deben adecuar específicamente en cada vivienda con sus diferentes diseños por lo cual para implementar este tipo de sistemas se debe realizar un análisis previo para que el dimensionamiento y el tipo de material utilizado sea óptimo, para que el porcentaje de desperdicio que se genere sea el mínimo. [6]

En países en desarrollo frente a la demanda creciente del agua como Sudáfrica, una región semi-árida, varios factores tales como el crecimiento económico, el mejoramiento de la calidad de vida, la migración rural-urbana, las sequías frecuentes han aumentado los escasos del recurso hídrico que va de la mano con la obtención de energía para el país. A partir de las aguas grises de las viviendas por ejemplo de la lavadora, duchas, baños y lavavajillas se han podido tratar ya que contiene un bajo porcentaje de patógenos para su reutilización aparte que también se ha optado por la obtención de este recurso por la recolección de aguas lluvias no solo beneficiando al medioambiente sino beneficiando económicamente a los usuarios y al país en general.[8]

Al ser el agua un recurso vital e insustituible indispensable para la subsistencia de la vida en la tierra su contaminación es un grave problema que reduce y encarece el suministro de agua potable apta para el consumo humano por lo cual se han implementado diversas herramientas que nos permite ponderar la calidad del agua en un determinado tiempo. Una de estas herramientas fundamentales al momento de determinar la calidad del agua es el índice de calidad de agua (ICA) que diagnostica la

calidad de este recurso natural. A la fecha, el uso del ICA es considerado como la herramienta más eficiente para la obtención y comparación de resultados. Este método de obtención de la calidad de agua nos puede ayudar a determinar si las aguas obtenidas por las precipitaciones son aptas para la reutilización tanto en el regadío como para las labores domésticas. [9]

### **1.1.2 Justificación**

En la actualidad un promedio de 1.100 millones de personas carece de agua tratada y más de 2.600 millones carece de los servicios de higiene básicos. Sin medidas tomadas por las naciones en el futuro 1 de cada 3 personas vivirá en países con escases de agua potable. Este problema aqueja a todo el mundo, pero en especial recae en los países con las economías más pobres donde nacen el 95% de los 80 millones de personas que anualmente acrecientan la población del planeta.[10]

En el mundo el agua disponible per capital por año es de 150 m<sup>3</sup> y se estima que se reduzca a 91 m<sup>3</sup> per capital por año para el año 2025 si no se toman medidas para satisfacer la creciente demanda de agua debido al incremento de la población mundial, de la contaminación y del cambio climático. A mediados de este siglo en el peor de los escenarios se tendrá a 7.000 millones de personas en 60 países que sufrirán de escases de agua.[10][11]

El siglo XXI ha sido llamado como el “Siglo del agua” unos 2000 millones de habitantes en el mundo se enfrentan, hoy a los escases de agua, siendo esta la principal causa que un 15% de la población mundial este desnutrida y cada año va en aumento. Nuestro planeta ha venido perdiendo el equilibrio entre la cantidad de agua utilizada y la demanda existente con lo cual no solo existe escases, sino que de 3 a 4 millones de personas pierden la vida cada año por enfermedades ligadas a la falta de agua potable. La insuficiencia de agua dulce sea principalmente el principal factor que afecte el desarrollo económico en los tiempos actuales y venideros, advierte el Banco Mundial.[12]

En los últimos años una de las alternativas impulsadas es el enfoque al derecho humano al agua, declarando explícitamente el derecho al agua potable y saneamiento como un derecho esencial para la vida y todos los derechos humanos según la resolución a/res/64/292 de la Asamblea general de la ONU.[13]

Para garantizar la descontaminación del agua en los abastecimientos para el consumo humano según la OMS se aplican barreras que impiden el paso de contaminantes desde la captación hasta que recae en el consumidor esto permite eliminar o reducir los niveles de contaminación y se consume un agua que no perjudique la salud humana.

El agua debe pasar por una desinfección eficaz contra numerosos agentes patógenos dañinos para la salud tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas.[14]

Una de las alternativas para satisfacer la demanda de este recurso hídrico que aumenta cada año es la implementación de sistemas de captación de aguas lluvias que no solo es amigable con el medioambiente, sino que reduce el consumo y gasto público que el mismo genera

La implementación de este sistema de captación alternativo de agua para el consumo doméstico es la mejor forma de salvaguardar las generaciones futuras.

Los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales como urbanas que sufren de la carencia de este vital líquido. Es urgente que en este milenio cada ser vivo disponga de agua de calidad y en cantidades adecuadas para lograr el verdadero desarrollo sustentable de la humanidad.

Las precipitaciones pluviales son un recurso natural que no ha sido aprovechado de la mejor manera y que se nos presenta de manera gratuita, es una de las opciones más reales para solucionar los problemas de escases de agua y proporcionar las misma a aquellos que no cuentan con este recurso o escasea en sus poblaciones. La posibilidad de implementar un sistema de captación de aguas lluvias es viable y autosustentable, que en la realidad en que vivimos beneficia en el ámbito ambiental, económico y humano.[12]

### 1.1.3 Fundamentación Teórica

#### 1.1.3.1 Aguas Lluvias

El agua es el elemento más importante para la vida y en la naturaleza la encontramos en tres estados: Sólido, líquido y gaseoso. El agua para consumo humano debe carecer de algunas impurezas que pueda causar problemas en la salud humana.

Al caer las primeras gotas de agua lluvia arrastran partículas de polvo y gases presentes en la atmósfera contaminando esta agua, al permanecer almacenada por unos minutos esta agua normalmente esta libre de impurezas por ende se puede utilizar para las distintas necesidades básicas. Sin embargo, en diferentes regiones donde la contaminación atmosférica tiene niveles muy altos, por ejemplo, en zonas industrializadas, el nivel de contaminación es alto por lo cual el uso del agua directamente tomada del agua lluvia puede producir algunos inconvenientes a la hora de utilizarla con respecto a la salud.

Los arroyos que se dirigen a los ríos, lagos y lagunas se consideran aguas superficiales y forman parte de las aguas lluvias porque el agua logra filtrarse al caer en la superficie y estas forman aguas subterráneas como pozos y manantiales. Al evaporarse el agua subterránea por efectos de la temperatura se forman las nubes que al ser enfriadas con el viento estas producen lluvia que permite que el agua natural se mantenga (ciclo ecológico).[15]

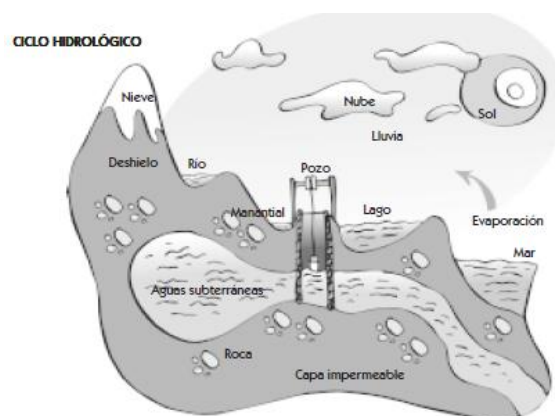


Figura 1. Guía básica Agua y saneamiento: opciones prácticas para vivir mejor

Fuente OPS/OMS [15]

### **1.1.3.2 Características del Agua**

#### **Características Físicas**

Se hace referencia al olor, sabor, color y turbiedad. El agua no puede presentar sabores o colores que puedan desagradar al consumidor ya que el consumidor evalúa la calidad del agua basándose principalmente en sus sentidos.

Los componentes microbiológicos que puedan presentarse en el agua puede cambiar su aspecto, olor y sabor sin embargo puede que estos agentes no produzcan ningún efecto en la salud, pero los consumidores pueden considerar que el agua turbia, con colores característicos o con un sabor u olor desagradable es insalubre y rechazarlo a pesar que existen aguas físicamente aceptables pero que pueden ser insalubres.[14][15]

#### **Características químicas**

Se refiere al contenido de minerales como el hierro o el manganeso y otras sustancias que son identificables por que cambian las propiedades del agua como por ejemplo el exceso de carbonato de calcio que impide que el jabón se disuelva en el agua.[15]

Pocos componentes químicos en el agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única excepto en casos de contaminación de gran magnitud accidental. Hay pocos productos químicos cuyos aportes del agua de consumo humano en la ingesta general es un factor importante para prevenir una enfermedad. Es el caso del fluoruro que aporta protección ante las caries dentales.[14]

#### **Características biológicas**

El termino biológico corresponde a la presencia de organismos patógenos como huevos quistes, bacterias y virus, que se encuentran presentes en las heces, en la basura, en las aguas estancadas o en la superficie contaminada con excremento. Aunque el agua se vea limpia es necesario que se realicen tratamientos que eliminen los patógenos que a simple vista no se observan y que puede ocasionar enfermedades en las personas que consumen esta agua.[15]

## **Aspecto Radiológicos**

Hay que tener en cuenta que los radionúclidos de origen natural son un riesgo para la salud, aunque en condiciones normales la exposición total a radionúclidos es muy pequeña. En el agua de consumo humano no se fija valores de referencia formales de radionúclidos sino se utiliza el análisis de la radioactividad alfa total y beta total en el agua. [14]

### **1.1.3.3 Nivel de servicio del agua**

El consumo de agua es una necesidad fisiológica básica para una persona para mantenerse hidratada, se pueda coser los alimentos y se mantenga una buena higiene personal fundamental para precautelar la salud. En base a los valores referenciales que se tiene por parte de la organización mundial de la salud (OMS) se puede determinar que cada persona adulta consume alrededor de 2 litros de agua al día, pero esto está sujeto a variar de acuerdo al clima en que se viva, el nivel de actividad y la alimentación. Según los últimos datos que se han reportado la cantidad mínima de agua que una persona para sus necesidades de hidratación y de incorporación a los alimentos en la mayoría de las condiciones de vida es de 7.5 litros de agua al día.

Dependiendo del suministro de agua que se tenga se puede determinar los niveles de servicio que se pueden llegar a tener, se puede definir cuatro niveles de servicio siendo el más apropiado el acceso óptimo. El acceso optimo es el nivel de servicio ideal para satisfacer necesidades personales de subministro de agua con un promedio de 100 a 200 litros de agua por día. [14]



*Tabla 1 Nivel de servicio y cantidad de agua recolectada*

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Distancia/Tiempo</b>	<b>Volúmenes probables de agua captada</b>	<b>Riesgo para la salud pública debido a una higiene deficiente</b>	<b>Prioridad de intervención y medidas</b>
sin acceso	Más de 1 km/ más de 30 min ida y vuelta	muy bajo: 5 litros per capital por día	<b>Muy alto</b> Practica de higiene comprometida El consumo básico puede estar comprometido	<b>Muy alta</b> Suministro del nivel básico de servicio Educación sanitaria Tratamiento y almacenamiento seguro de agua a nivel domiciliario con una medida provisional
Acceso básico	En 1km/ en 30 min ida y vuelta	Promedio aproximado de 20 litros per capital por día	<b>Alto</b> La higiene puede estar comprometida La ropa puede lavarse fuera de la parcela	<b>Alta</b> Suministro del nivel de servicio mejorado Educación sanitaria Tratamiento y almacenamiento seguro de agua a nivel domiciliario con una medida provisional
Acceso Intermedio	Agua suministrada en la parcela mediante al menos un grifo como mínimo (suministro en el patio)	Promedio aproximado de 50 litros per capital por día	<b>Bajo</b> La higiene no debería estar comprometida Es probable que la ropa se lave en la parcela	<b>Baja</b> La promoción de la higiene sigue generando beneficios para la salud Fomento del acceso optimo
Acceso optimo	Suministra de agua a través de múltiples grifos en la vivienda	Promedio de 100-200 litros per capital por día	<b>Muy bajo</b> La higiene no debería estar comprometida La ropa se lava en la parcela	<b>Muy baja</b> La promoción de la higiene sigue generando beneficios para la salud

*Fuente: Domestic wáter quantity, service level and health-OMS[14]*

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 Capitulo 16 la dotación requerida para bloques de viviendas es de 200 a 350 l/habitante/día reflejándonos los rangos que se deben tomar en cuenta para viviendas.[16]

Tabla 2 Dotaciones para edificaciones de uso específico

<b>Tipo de edificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dotación</b>
Bloques de viviendas	L/habitante /día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m2 área útil /día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante /día	3 a 5
Centro comercial	L/m2 área útil /día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante /día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante /día	20 a 50
Hospitales	L/cama /día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante /día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante /día	350 a 800
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante /día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m2 /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto /día	100 a 500
Oficinas	L/persona /día	50 a 90
Piscinas	L/m2 área útil /día	15 a 30
Prisiones	L/persona /día	350 a 600
Sala de fiestas y casinos	L/m2 área útil /día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario /día	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador /jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero /día	10 a 15
Universidades	L/estudiante /día	40 a 60
Zonas Industriales, agropecuarias y fábricas	L/s /Ha	1 a 2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 capítulo 16[16]

#### **1.1.3.4 Precipitaciones**

La precipitación es toda forma de humedad que siempre está presente en la atmósfera aún en días sin nubes y aguas meteóricas que se generan a partir de la evaporación de distintas superficies de agua principalmente de los océanos y caen sobre la superficie de la tierra de forma líquida como sólida (nieve, granizo).

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas por lo cual su cuantificación y distribución es uno de los problemas más importantes a tomar en cuenta.

Para que ocurra esta precipitación se debe presentar diversos factores tales como el enfriamiento del aire lo suficiente para que llegue progresivamente al punto de saturación. El enfriamiento de grandes masas es necesario para producir grandes cantidades de precipitaciones.

La cantidad de agua de la cual se puede disponer en una región depende directamente del régimen de precipitación incidente. La precipitación tiene tiempo de duración, intensidad que es el volumen de precipitación por unidad respecto al tiempo y finalmente la frecuencia que es el número de precipitaciones en un tiempo estimado y en determinadas características.[17][18]

El agua que se precipita en forma de lluvia puede tomar los siguientes caminos:

##### **Depositada en la superficie vegetal**

Cuando las lluvias son de un volumen bajo de precipitación o de tiempos muy cortos en zonas con una vegetación densa ocurren esta clase de depósitos que posteriormente se evaporan desde la capa vegetal sin llegar a la superficie.[17]

##### **Alcanzar la superficie e infiltrarse**

A través del suelo poroso que es permeable mientras más volumen de precipitación exista esta agua es útil para la producción vegetal y la recarga de la capa freática.[17]

## **Alcanzar la superficie y escurrir**

Cuando la intensidad de las precipitaciones supera la velocidad de infiltración de la superficie lo cual produce que exista la escorrentía en la superficie. Estas escorrentías son negativas porque los volúmenes de agua no son aprovechadas, y en ocasiones daños en el área de captación de estas lluvias.

Las características más importantes del régimen de lluvia relacionadas con el aprovechamiento de aguas lluvias son la frecuencia de las lluvias por ende el volumen y la intensidad de las aguas lluvias con las cuales se podrá determinar la captación que se podría obtener.[17]

## **Clasificación de las precipitaciones**

### **Preparación Ciclónica**

Se produce por el levantamiento del aire que converge en un área de baja presión o centro ciclónico, pudiéndose presentar como precipitación frontal que ocurre en cualquier depresión barométrico resultado del acceso debido a la convergencia de masas de aire que llena la zona baja de presión y la precipitación no frontal que resulta del levantamiento de aire cálido a un lado de una superficie frontal sobre aire más denso y frío. [18]

### **Precipitación convectiva**

Esta precipitación se origina en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. El calentamiento diferencial de la capa superior del aire son el resultado de estas temperaturas variantes.[18]

### **Precipitación ortográfica**

Se denomina así a la precipitación que tiene origen en el acceso de la masa de aire forzado por una barrera montañosa y se representa en forma de lluvia o nieve, siendo muy irregulares en importancia y localización. [18]

## **Formas en las que caen las precipitaciones**

### Lluvia

Son gotas de agua en forma líquida de un diámetro igual o mayor a medio milímetro y cae en aire en calma con velocidades superiores a dos metros por segundo.

Ligera tasa de caída de hasta 2.5 mm/h

Moderada desde 2.5 hasta 7.5mm/h

Fuerte por encima de 7.5 mm/h [18]

### Llovizna

Precipitación análoga a la lluvia, pero de gotas de diámetros menores a dos milímetros y uniformemente dispersos que aparentemente flotan en el aire de forma muy numerosa.[18]

### Chaparrón o aguacero

Esta precipitación es de una extremada intensidad que comienzan y acaban a bruscamente de duración relativamente corta, estas precipitaciones pueden ser en estado líquido o sólida.[18]

### Nieve

Estas se forman por agrupación cristalina de hielo en estrellas hexagonales, ramificadas y con frecuencia mezcladas con cristales simples, se pueden presentar en forma de conos de nieve que son el conglomerado de los cristales de hielo que pueden llegar a tener varios centímetros de diámetro. La densidad de la nieve varia grandemente que se requiere de 125 a 500 mm de nieve para formar a las 25mm de agua líquida.[18]

### Rocío

Gotas de agua divididas a la condensación directa del vapor contenido en el aire.[18]

### Escarcha

Cristales diminutos de hielo, en formas de escamas o agujas que se forman por condensación del vapor de agua existentes en el aire, que pasa directamente al estado sólido sobre las superficies muy enfriadas durante la noche.[18]

### Granizo

Precipitación de granos de hielo traslucido, que se produce por nubes convectivas.[18]

### **Unidades de medida de precipitaciones**

Se mide por la altura que el agua caída alcanzaría sobre la superficie plana y horizontal, en donde no existe perdidas por infiltración y evaporación; tal altura se expresa en milímetros y las mediciones se llevan a una aproximación de los décimos de mm.[18]

$$1mm = \frac{10m^3}{ha}$$

*Ecuación 1. Unidad de medida de precipitación*

### **1.1.3.5 Sistemas de captación de aguas lluvias**

Estos sistemas de captación de aguas lluvias en general no tienen grandes variantes entre sí básicamente se dividen en 3 etapas captación conducción y almacenamiento. Existen sistemas que implementan un proceso de filtros cuyo fin es el tratamiento del agua lluvia con el fin de garantizar que la calidad del agua captada se encuentre dentro de la normativa técnica ecuatoriana INEN1108 para su potabilización.  
[1][2][6][12][15]

## Captación de las primeras aguas

La captación de las aguas lluvias principalmente se la realiza mediante una superficie sobre la cual cae la lluvia. Las ares que se utilizan para este fin son los techos de las casas, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con material que las impermeabilicen. Es importante que los materiales con que estén construidas estas superficies no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar las aguas pluviales o alterar sus propiedades ya que la calidad del agua recolectada es directamente proporcional a la superficie que la está captando. La superficie de captación de agua lluvias debe ser de tamaño suficiente para cumplir con la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar la escorrentía del agua ya que los diferentes materiales que se emplean para la construcción de cubiertas presentan diferentes porcentajes de escorrentía de acuerdo al tipo de material.[2][12]

*Tabla 3 Coeficiente de escorrentías*

<b>Coeficiente de Escorrentía</b>	
<b>Material</b>	<b>Coeficiente</b>
Calamina Metálica	0.90
Tejas de arcilla	0.80-0.90
Madera	0.80-0.90
Faja	0.60-0.70

*Fuente: Sistema de captación de agua lluvia para uso doméstico[2]*

En las zonas urbanas usualmente los techos de las construcciones están hechas de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio, en las zonas periféricas rurales son construidas de concreto, láminas de asbesto, lámina galvanizada, madera y paja. En el caso de tener cubiertas de concreto se debe realizar una limpieza antes de realizar la impermeabilización para la captación y en caso de lámina galvanizada o asbesto se debe realizar una inspeccionar determinar que no exista filtraciones. Cabe recalcar que hay que inspeccionar y asegurar las estructuras para que posteriormente soporte el sistema de conducción y el agua recolectada.[12]

Para facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias hacia el sistema de recolección en los casos que amerite y se tenga la facilidad constructiva el techo puede tener una pendiente del 20%. [1]



*Figura 2. Techos utilizados como áreas de captación de aguas lluvias*

*Fuente: Captación de agua lluvia [12]*

### **Conducción de las aguas captadas**

El sistema de conducción específicamente se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que traslada el agua lluvia captada en los techos hacia el sistema de almacenamiento a través de bajantes con tubo de PVC. En general los materiales ocupados para la colocación del sistema de conducción son bambú, metal, asbesto-cemento o plástico PVC. [12][15]

Las canaletas deben tener las dimensiones adecuadas para que se pueda recolectar todo el volumen de agua lluvia que se captara a través de la cubierta tomando en cuenta que la profundidad de las canaletas debe ser lo suficiente para que no exista rebose. [6][12]



La instalación de las canaletas se realiza en los bordes más bajos del techo donde el agua lluvia se acumula antes de que se dirija al suelo, el material a utilizarse debe ser resistente, ligera y de una fácil manipulación también debe ir de la mano con el diseño exterior de las construcciones y sobre todo que no contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos por lo que se recomienda también colocar mallas que impidan el paso de basura, sólidos y hojas y no se produzcan obstrucciones en el sistema de conducción.[12]



*Figura 3. Malla retenedora de impurezas*

*Fuente: Captación de aguas lluvias [12]*



*Figura 4. Sistema de Captación y Conducción*

*Fuente: Captación de aguas lluvias[12]*

## **Sistema de Filtración**

Es muy importante que se incorpore un sistema de filtración al proceso de captación y conducción de las aguas lluvias para posteriormente almacenarla ya que esto permite garantizar que la calidad del agua recolectada se encuentre en los rangos aceptables para su posterior ocupación domiciliar.[2]

Según la OMS el material particulado se puede remover de las aguas crudas mediante filtros de una forma rápida por filtros de gravedad, horizontales, a presión o filtros lentos de arena. La filtración lenta de arena esencialmente es un proceso biológico mientras que otros sistemas son procesos de filtración físicos.[14]

### **Filtros rápidos por gravedad**

Generalmente consisten en tanques rectangulares abiertos normalmente de un volumen menor a 100 m<sup>3</sup> contienen arena de sílice de 0.5 a 10mm con una profundidad que oscila entre 0.60m a 2 m. El principio consiste en que el agua fluya hacia abajo y los sólidos que se encuentren en el agua se concentran en la capa superior del material filtrante. El agua al pasar por el filtro se recolecta mediante una boquilla en el suelo del filtro, para su limpieza se puede retirar los sólidos acumulados periódicamente mediante un lavado a contracorriente.[14]

Este tipo de filtros se pueden utilizar también como medios duales y como multimedia que incorporan diferentes materiales cuyo material filtrante va de prueba a fina a medida que el agua pasa a través del filtro. Se utilizan materiales con densidades adecuadas para que al unirse los diferentes materiales se mantengan separados.[14]

Un ejemplo común de filtro con dos medios es el de antracita de 1.5mm con una capa de 0.2m de profundidad y arena de sílice con una capa de 0.6m. La ventaja de los filtros de doble medio y los multimedia es que pueden aprovechar de mejor manera toda la profundidad del lecho para retener las partículas en el agua.

Estos filtros de gravedad rápida se utilizan para eliminar flóculos de aguas coaguladas, también se utilizan para reducir la turbiedad del agua incluyendo los productos

químicos que se encuentre además del hierro y manganeso que suelen existir en las aguas crudas.[14]

### **Filtros gruesos**

También ocupados como prefiltros para posteriormente entrar en otros procesos de tratamiento como la filtración lenta de arena. Estos filtros de grava gruesa o roca triturada tratan eficazmente el agua con turbiedades altas mayores a 50 unidades nefelométricas de turbiedad. Su principal ventaja es que el medio filtrante purifica el agua tanto por filtración como por sedimentación debido a la gravedad.[14]

### **Filtros a presión**

Estos filtros se los aplica en los casos que la carga de presión se necesita mantener para no necesitar una bomba para el suministro, estos filtros se encierran en una carcasa cilíndrica que puede alcanzar diámetros de hasta 4m de diámetro fabricados con recubrimiento especial de acero. En cuanto a la operación y el desempeño es parecido a los filtros rápidos por gravedad con instalaciones similares para la limpieza.[14]

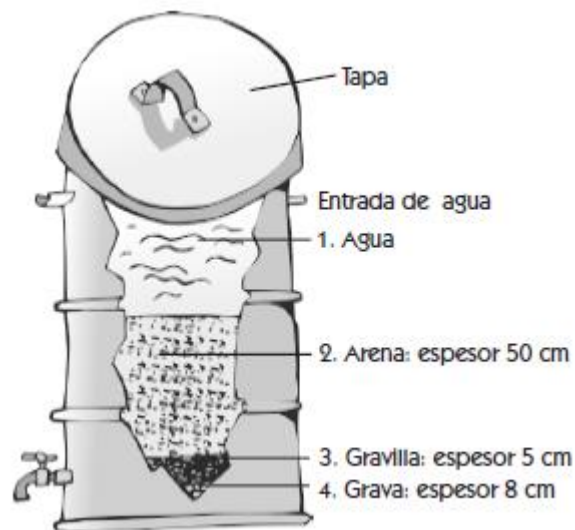
### **Filtros lentos de arena**

Por lo general son tanques que contienen arena de diámetro efectivo de 0.15 mm a 0.3 mm y entre 0.5 mm a .5 mm de profundidad. Este filtro al ingresar el agua cruda esta comienza a filtrarse hacia abajo removiendo en los primeros centímetros de arena los microorganismos y la turbiedad. En la superficie del filtro se genera una capa biológica que puede eliminar microorganismos con eficacia, el agua al llegar al fondo del filtro es recolectada por tuberías de salida ubicadas en la parte inferior del filtro. Periódicamente se debe extraer los primeros centímetros de arena ya que contiene los sólidos acumulados, la tasa de flujo que usualmente tienen este tipo de filtro es de 0. A 0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.[14]

Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el numero de virus total, bacterias del 99% al 99.9% que son dañinos para la salud. La turbiedad del efluente puede llagar hasta a 1 UTN. La remoción de carbono orgánico se reduce hasta en un 50% llevada a cabo por la actividad biológica generada en los lechos, el color real se remueve hasta

en un 60%, el hierro se puede reducir de un 30% a un 90% pero el filtro se colmata si el hierro en el agua es mayor a 1 mg/l por lo cual es necesario tener un grano de arena mas grande de mas o menos 5 mm para contrarrestar este tipo de afectaciones por lo cual es también recomendable tener en el filtro granos gruesos con el fin que ayuden a reducir la turbiedad si esta es mayor a 10 UTN y hasta 30 UNT.[19]

Este tipo de filtros se utilizan para aguas con una baja turbiedad o para aguas que ya han sido previamente tratadas, Se utilizan para la eliminación de algas y microorganismos incluyendo protozoos, es eficaz para eliminar algunos compuestos orgánicos incluidos algunos plaguicidas y también el amoniaco.[14]



*Figura 5. Filtro lento de arena a nivel domiciliario*

*Fuente: OPS/OMS [15]*

## Filtro carbón activado

Este filtro tiene la misma finalidad de un filtro de arena la diferencia radica en los elementos que se utilizan para la filtración y la finalidad que tiene cada uno. El carbón activado es un material natural que debido a sus millones de agujeros microscópicos atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Principalmente detiene sustancias no polares como el aceite mineral, poli hidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias alógenas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y sabores del agua, levaduras, materia orgánica, microorganismos, herbicidas, pesticidas, etc. Respetando los oligominerales y sin generar residuos y sobre todo sin alterar la composición original del agua. Un filtro casero de carbón activado que suministra 300 litros/día debe ser renovado por lo menos vez al año.[19]

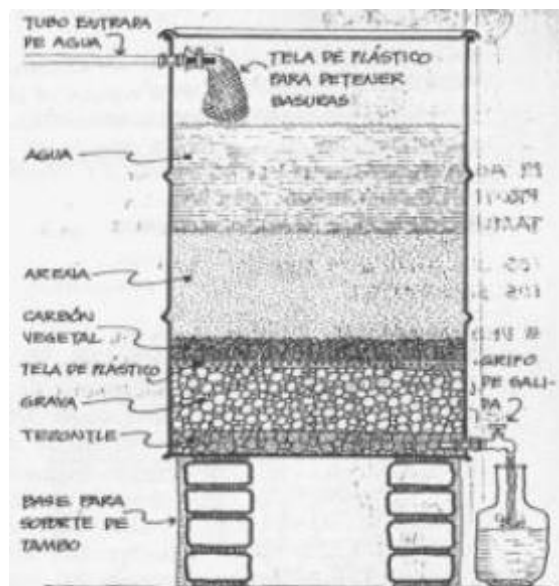


Figura 6. Filtro lento de carbono activado

Fuente: Medrano [19]

## Filtro Lento de Zeolita

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos (Especialmente Na, K, Mg, Ca) estructurado en redes cristalinas tridimensionales, tetraedros compuestos de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{AlO}_4$ . Absorbente natural por su alto grado de hidratación, captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras. Sus propiedades de intercambio de catión neutralizan cientos de elementos. [19]

La zeolita reduce un poco la acidez del agua, posee una mayor superficie y porosidad y produce una mayor claridad al agua filtrada, es el medio filtrante más durable con más de 5 años solo necesita un periódico retro lavado para mantener su eficacia y desempeño. Tiene una capacidad de flujo 4 veces mayor a cualquier material filtrante.[19]

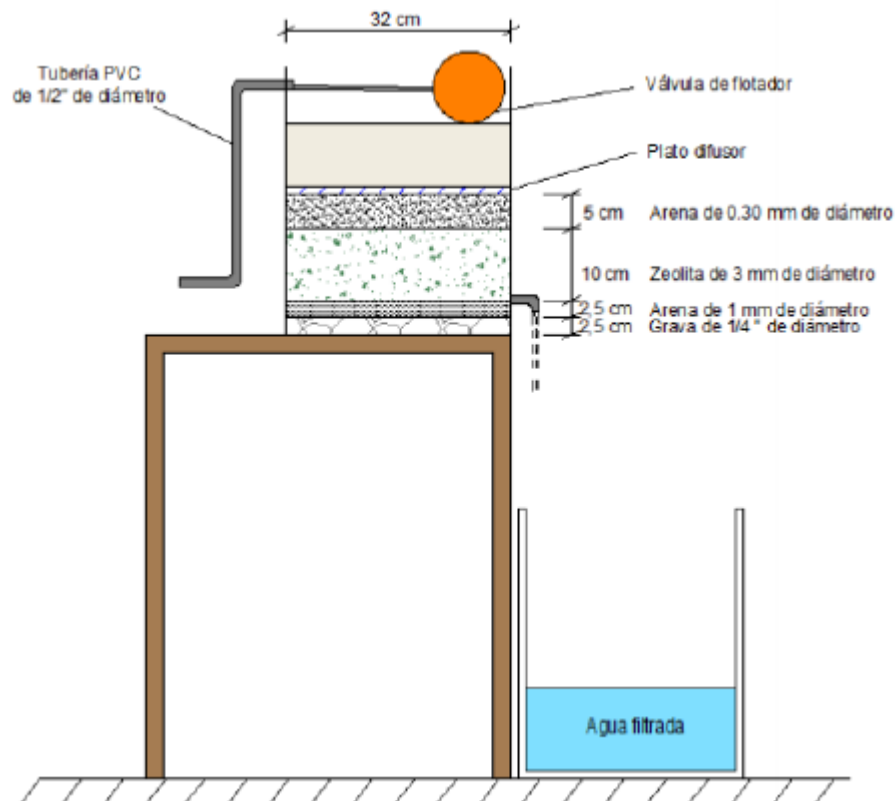


Figura 7. Filtro Lento de Zeolita

Fuente: Larea,2015 [19]

## **Sistema de Almacenamiento**

Este componente del sistema global de recolección de agua lluvias es uno de los más costoso dependiendo del material a ser utilizado y de la capacidad de almacenamiento que se necesite siendo las cisternas o tanques los más comunes. Pueden estar enterrados semienterrados o en la superficie dependiendo del diseño del sistema y dependiendo de las condiciones económicas de los beneficiarios.[2][6]

El objetivo de este tanque de almacenamiento es mantener un depósito de agua permanente dependientemente de los niveles de agua lluvia captada permitiendo la disponibilidad del agua en horas de mayor demanda y de cortes del sistema de dotación principal. [15]

Los materiales más comunes para la construcción de cisternas y tanques de almacenamiento son los siguientes:

**Plásticos:** Fibra de vidrio, polietileno y PVC.

**Metales:** Barril de acero, tanques de acero galvanizado. Este tipo de material tiene una desventaja que es la corrosión y la oxidación que se genera con el tiempo.

**Concreto:** Ferrocemento (se fractura), piedra (difícil mantenimiento) y bloque de concreto (se agrieta).

**Madera:** Madera roja, abeto, ciprés (eficiente, pero de alto costo)

El almacenamiento de concreto usualmente es enterrado y se lo llama cisterna, por lo general las paredes de esta cisterna se colocan en capas o enlucidas para minimizar la evaporación o percolación.

Para determinar el volumen del almacenamiento se debe determinar el área de captación en m<sup>2</sup>, la intensidad de la lluvia en mm y relacionar lo con el coeficiente de escorrentía que depende del material que se emplee para la captación.

$$VR = I * H * C / 1000$$

*Ecuación 2. Volumen Recolectado*

Donde:

VR: Cantidad de agua recolectada en  $m^3$ .

I: Intensidad de lluvia en  $mm$ .

H: Área de captación en  $m^2$

C: Coeficiente de escorrentía (sin unidades).

### **Tratamiento del agua domestica con cloro**

Cloración es el nombre que se le da al procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro u alguno de sus derivados como el hipoclorito de calcio o de sodio. El cloro posee grandes poderes destructivos sobre los microorganismos presentes en el agua evitando las enfermedades producidas por estos organismos.[14][15]

El cloro se lo puede encontrar en varias presentaciones tales como:

#### **Hipoclorito de sodio**

Líquido trasparente de un aspecto amarillo ámbar. Se suministra en garrafas plásticas hasta de 55 galones.

#### **Hipoclorito de calcio**

Pueden ser el polvo o granulado de color blanco. Se comercializa en tambores metálicos o bolsa plásticas en una concentración que varía del 30% al 65% de cloro activo. La solución que se le da para su utilización se denomina solución madre.[15]



## **Cloro Gaseoso**

Utilizado en las plantas de tratamiento de acueductos convencionales de color amarillo verdoso.

Para la desinfección domestica del agua se utiliza en la mayoría de veces el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio ( cloro liquido comercial sin aroma) ya que su costo es relativamente económico y con una efectiva acción contra bacterias y virus presentes en el agua [15]

## **Tratamiento del agua con hipoclorito de sodio**

Al utilizar cloro liquido comercial sin aroma y con una concentración de 5.25% se procede a la aplicación del cloro en el agua agregando 5 gotas de cloro para cada galón de agua y mezclando antes de consumirla tiene que estar en reposo por lo menos por 30 minutos.[15]

## **Control de cloración**

Después de la filtración del agua y en el almacenamiento se procede a realizar la cloración, el cloro aplicado debe estar por lo menos 30 minutos para tener una adecuada desinfección. las dosis seguras de cloro residual oscilan entre 0.2 y 1 ppm (miligramos por litro). El empleo de cantidades mayores de cloro en el agua a más de no ser económico es perjudicial para la salud. En situaciones de emergencia el cloro puede ser mayor.[15]

Para agua de consumo humano debe establecerse un cloro residual de 0.2 a 0.5 ppm (miligramos por litro). Para determinar los niveles de cloro en el aguan se utilizan comparadores que identifican los rangos de cloro dependiendo del color de la muestra.[14][15]

## **Distribución**

Los sistemas de distribución del agua lluvia captada depende del uso que se le a este recurso obtenido como es el consumo humano, uso doméstico, agricultura, ganadería y uso industrial también depende de la ubicación geográfica y de la topografía de la localidad.[12]

Para que el agua pueda llegar a dotar la vivienda puede ser por conducción directa o por gravedad sea el caso que exista desniveles con lo cual se facilitaría el flujo del agua, la selección del medio de transporte depende del objetivo que se tiene y también de los recursos disponibles.[17]

La conducción siempre es mejor trabajarla a gravedad, pero dependiendo la viabilidad al no tener alternativas se tiene que estudiar la factibilidad de bombeo por medio de bombas manuales, a motor, arietes o ruedas hidráulicas.[17]

## **Bomba de mecate**

Esta tecnología ha sido implementada principalmente en nicaragua debido a la necesidad de extraer agua de los pozos ya sean estos excavados, perforados, depósitos subterráneos artificiales o para elevar el agua hacia depósitos elevados o pilas.

El sistema consiste en un mecate (cuerda) sin fin que en toda su extensión consta de pistones que extraen el agua hacia la superficie a través de una tubería apta para el bombeo del mismo diámetro del pistón. Estos pistones generan la suficiente fuerza para que el agua buba hacia una superficie de hasta 50 metros de altura. El mecate es accionado en la superficie por la rotación de una rueda que es activada mediante una manivela. Existen ocasiones en las cuales dependiendo de la factibilidad se puede acoplar un sistema de pedaleo adecuando una bicicleta para de este sistema obtenga más potencia de bombeo.[20]

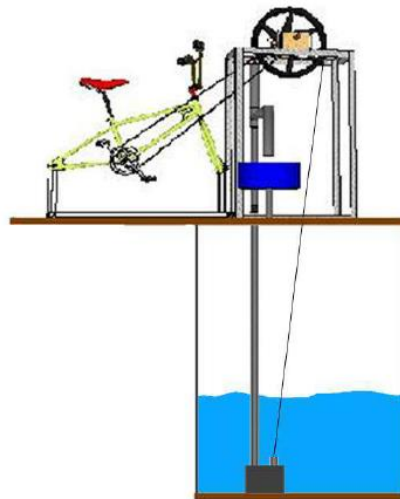
El equipo en general tiene las siguientes características:

- Tecnología de bajo costo sencilla de aplicar con una eficiencia de hasta 50 metros de profundidad en el bombeo, tecnología apropiada en el casco rural.
- Se fabrica artesanalmente con cejas de llantas en desuso, plástico de reciclaje, cerámicas, angulares, tubos y varillas de hierro de construcciones una cuerda y tubería PVC.
- El mantenimiento y la reparación del sistema es fácil y sencillo por lo cual lo puede realizar cualquier usuario ya que por su diseño permite que exista pleno dominio de la tecnología.[20]

Los componentes principales de la bomba de mecatro:

- **Estructura:** la cual soporta todos los esfuerzos a los que es sometida debido a la acción respecto al eje, las ruedas y la manivela. Fija las tuberías de bombeo y salida a de mas de ser la parte estética y visible de la bomba.[20]
- **Manivela:** hace girar la rueda dependiendo de la potencia aplicada por el usuario en algunas adaptaciones de esta bomba se le puede implementar una bicicleta que conecte la llanta de la misma con la del sistema para con ello poder obtener más potencia de bombeo. Al accionar el sistema manualmente se obtendrá una fuerza de 30 a 50 newtons con una potencia de 38 a 80 watts, mientras al hacerlo pedaleando se obtiene una fuerza de 50 a 150 newtons y una potencia de 60 a 270 watts.[20][21]
- **Rueda:** Son cejas de una llanta de automóvil o de bicicleta que se unen con grapas y rayos formando dos paredes de grabados donde el mecate empistonado se agarra al hacer girar. El radio de la rueda por lo general tiene radios que varían y por lo general son de entre 200 a 3000 mm de radio.[20][21]
- **Freno:** Evita que la rueda gire al terminar de bombear ya que el peso de la columna de agua la obligaría a girar en el sentido contrario.

- **Mecate y Pistones:** Forma una cadena sin fin que traslada al pistón por todo el sistema haciendo que este empuje el agua que se encuentra en el depósito hacia arriba.
- **Guía:** Esta guía el mecate y los pistones por la tubería de bombeo manteniéndolo todo vertical y con la atención necesaria.[20]
- **Tubería y Accesorios:** El cilindro por donde se mueve el mecate empistonado moviendo la columna de agua hacia arriba. La abertura del tubo de bombeo y el pistón debe ser la correcta para que este no sea ni muy pequeño ni muy grande para que no roce la tubería y tampoco deje perder el agua al bombearla.[20]



*Figura 8. Bomba manual de Mecate*

*Fuente: Grupo de tecnologías apropiadas[21]*

## Uso del agua domestica

Las personas día a día usan el agua en una variedad de actividades unas más indispensables que otras, siendo así el más importante el beber agua para la hidratación del cuerpo que es primordial antes que lavar ropa, que si bien es necesario para tener un buen vivir no son indispensables para la vida. El claro que cada utilización adicional del agua conlleva al cuidado de la salud u otros tipos de beneficios que no son menester. Esto se puede determinar clasificándolo en litros por persona ( per capital) por día.[19]



Figura 9. Gráfico general de uso de agua domestico

Fuente: OMS 2009[19]

### 1.1.3.6 Normativas de calidad de agua

Según el INEN el agua potable debe cumplir con los siguientes parámetros

Tabla 4 Características Físicas

PARÁMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características Físicas</b>		
Color	Unidad de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 1)
Cobre, Cu	mg/l	2
Cromo, Cr (Cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total *	Bq/l	0,1
Radiación total **	Bq/l	1
Selenio, Se	mg/l	0,01
<p>1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos</p> <p>*Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos:  <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu</p> <p>** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos:  <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu</p>		

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 5 Sustancias Orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos Policíclicos aromáticos HAP Benzo (a) pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1.2 dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1.2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1.4-Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Ninitrilotriacetino	mg/l	0,2

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 6 Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,1
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabólicos	mg/l	0,001
1.2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1.3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 7 Residuos de desinfectantes

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Monocloramina	mg/l	3

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 8 Subproductos de desinfección

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
Bromodiclorometano	mg/l	0,06
Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 9 Cianotoxinas

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Microcistina-LR	mg/l	0,001

Fuente: INEN 2011[22]

Tabla 10 Requisitos microbiológicos

	<b>Máximo</b>
Coliformes fecales (1) :	
Tubos multiples NMP/100 ML ó	< 1,1*
Filtración por membrana UFC/100ml	< 1**
Cryptosporidium, número de ooquistes/100 litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tunos de 20 cm <sup>3</sup> ó tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) Número de unidades a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: INEN 2011[22]



## Criterios de calidad de las aguas según el TULSMA

Tabla 11 Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias Solubles en hexeno	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidad de platino Cobalto	75
Cromo Hexavalente	Cr +b	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demandad Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 Dias)	DBO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO3	mg/l	50
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de Ph	6 -9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
sulfatos	SO4	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Fuente: TULSMA 2015[23]

Tabla 12 Criterio de calidad de agua para riego agrícola

<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Aceites y Grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	Be	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr +6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO2	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
Ph	Ph	mg/l	6 - 9
Plomo	Pb	mg/l	5
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO4	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: TULSMA 2015[23]

## **1.1.4 Hipótesis**

### **Hipótesis de trabajo**

El uso de una técnica alternativa para el aprovechamiento de aguas lluvia, permitirá la dotación de agua para uso doméstico en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

### **Hipótesis nula**

El uso de una técnica alternativa para el aprovechamiento de aguas lluvias no permitirá la dotación de agua para uso doméstico en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

## **1.2 Objetivos:**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Examinar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para la dotación en viviendas unifamiliares autosustentables.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar las condiciones actuales en las cuales se encuentra la dotación de agua de una vivienda unifamiliar
- Evaluar en que porcentaje el aprovechamiento de las aguas lluvias va abastecer a una vivienda unifamiliar.
- Establecer el uso de una técnica alternativa para el aprovechamiento de aguas lluvias en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.
- Diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para la dotación en viviendas unifamiliares.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

El presente sistema de captación de aguas lluvia, proveniente de las precipitaciones de alta o baja intensidad presentadas en una vivienda unifamiliar ubicada en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua se basará en la investigación de artículos científicos, tesis de grado, tesis doctorales, normas vigentes del buen uso de aguas naturales, etc.

El procedimiento a seguir para la presente investigación son los siguientes ítems que orientaran cronológicamente la real y verídica obtención de datos, muestras, criterios a tomar y posteriormente resultados que conllevaran al debido diseño de un sistema de captación de aguas lluvias que puedan ser reutilizadas para consumo humano como para limpieza doméstica y regadío.

- ✓ Mediante una encuesta se realizó la toma de datos referentes al porcentaje de utilización de sistemas de recolección de aguas lluvias que disponen en el sector de estudio y el beneficio que se podrá dar al tener en cuenta que es un sector que tiene un alta producción agrícola y altos índices de consumo de agua domiciliar y agua de riego.

Esta toma de datos se realizó en las viviendas unifamiliares del sector que preferencialmente serán de tipo MIDUVI con la cual obtendremos datos reales de las actividades que se realizan en el sector y las necesidades a las que se enfrentan este tipo de viviendas.

Se puede acotar que al momento de realizar este muestreo la ciudadanía ha tomado esta iniciativa como productiva e innovadora ya que obtener agua de una fuente natural como es la lluvia es una forma práctica y económica de sustentar sus hogares con otra fuente de dotación alternativa para las épocas de sequía.

Cabe recalcar que en algunas viviendas del sector ya han implementado algún tipo de sistemas caseros de obtención de aguas lluvias a través de canaletas y baldes para la utilización como agua de riego.

- ✓ Para implementar un sistema de captación de aguas lluvias que beneficie de la mejor forma las necesidades que se presentan en las viviendas unifamiliares del sector se ha realizado una investigación de diversos artículos científicos, tesis de grado, normas vigentes de utilización del agua para poder realizar el correcto diseño de un sistema apto para la implementación en este tipo de viviendas.
- ✓ Para obtener el nivel de captación de aguas lluvias que se podrá obtener en el sector se debió analizar los datos históricos de las afluencias pluviales que se han dado en el sector en los últimos 20 a 30 años a través del IHAMHI (Instituto de Meteorología en Hidrología) con lo cual se obtiene los valores referenciales en [mm], con los cuales se estimaría el volumen de recolección de aguas lluvias que se podrán dar para el diseño del almacenamiento del sistema.
- ✓ Las pruebas que se realizaron para determinar la calidad del agua obtenida del sistema de captación son turbiedad, cloro residual, coliformes fecales, pH, color aparente y color real, con lo cual se determinara que estas aguas obtenidas de las lluvias son aptas para la dotación domestica como (agua de consumo humano, aseo, lavandería, limpieza y para el regadío).

- ✓ El sistema que se propone diseñar para la implementación en las viviendas en estudio consta de:

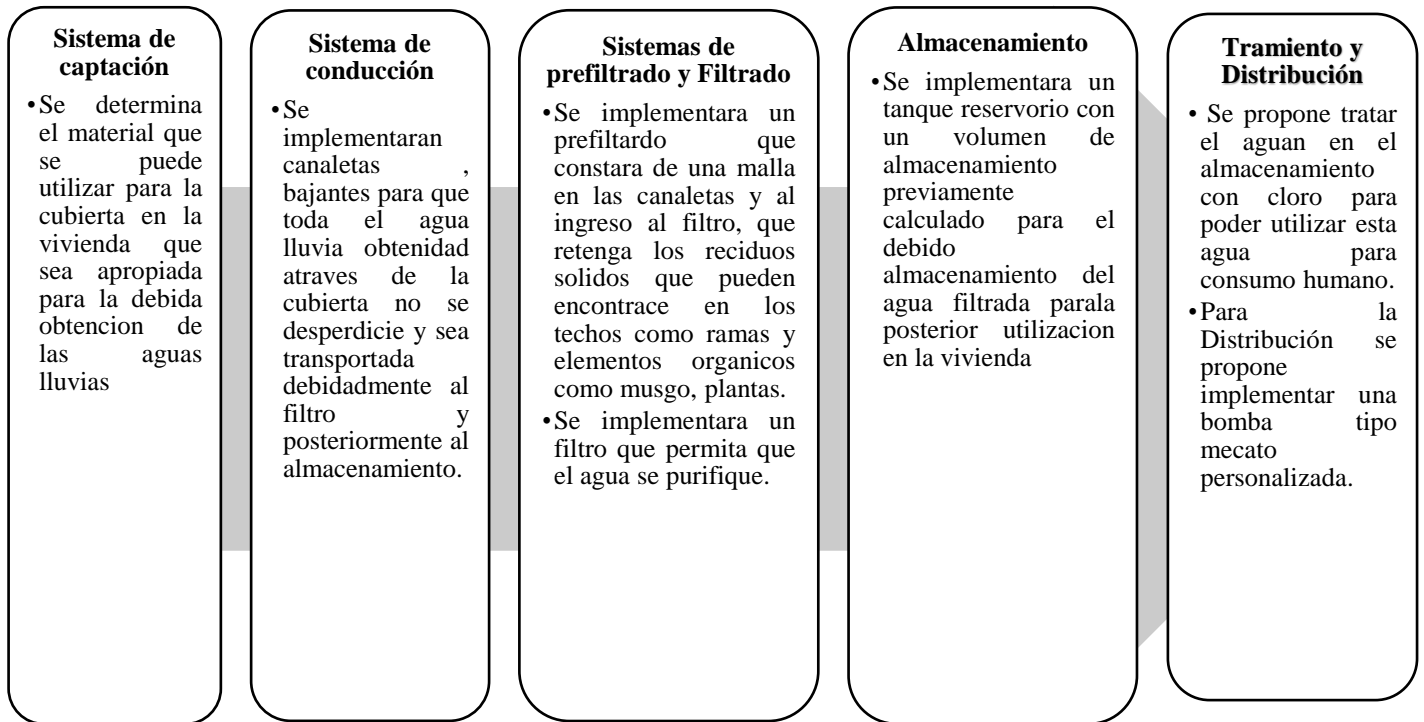


Figura 10. Diagrama de sistema a implementar

Fuente: Francisco Espinosa

- ✓ Sistema de captación

Este sistema de captación consta de una superficie bien acondicionada apta para captar agua lluvia de manera eficiente que pueden ser teja de arcilla, madera, paja, cemento. En nuestro presente proyecto debido a su durabilidad el precio relativamente bajo y que el agua se obtenga de buena calidad se ha empleado utilizar techos metálicos tipo Dipanel DP5 en galvalume (aluminio, zinc, silicio en el alma de acero del panel).

Para una correcta obtención de las aguas lluvias las pendientes en el techo no debe ser inferior al 5% y se recomienda optar por una pendiente del 20% que facilitara el escurrimiento del agua lluvia hacia las canaletas y bajantes. [1]

Hay que tomar en cuenta que el techo necesariamente necesita que se implemente cumbreros para que no exista filtraciones hacia la vivienda en este caso se implementara cumbreros lisos galvalumen con calidad ASTM A792 con un espesor de 0.50mm.

✓ Sistema de conducción

Este sistema consta de canaletas y bajantes que es importante que se encuentre debidamente adosadas en las partes bajas del techo para obtener una mayor recolección de agua lluvia. Las canaletas deben ser diseñadas con pendientes no pronunciadas que conduzca el agua hacia las bajantes y no se produzca el desbordamiento del agua. Es conveniente que los canaletes se instalen con un desnivel adecuado con una pendiente de 0.005(5cm por cada 10 me longitud).[6]

El material de las canaletas utilizadas debe ser en lo posible ligero resistente al agua y fácil de montar para que en lo posible no exista fugas de agua. Los materiales más utilizados para este fin son el bambú, madera, metal o PVC. Para el presente proyecto se optó por la implementación de canales de PVC, ya que su durabilidad es alta con muchos años de vida útil, un fácil mantenimiento, un montaje sencillo al ser un material liviano no requiere soldaduras con un moderno diseño, resistencia contra rayos UV a diferencia de problemas de polillas en la madera y bambú, la oxidación y difícil manipulación del metal. Es recomendable un ancho mínimo de 75 mm y un máximo de 150mm por lo cual se optó por implementar el canal residencial de PVC con dimensiones 120mm x 135mm, color blanco variable.

En el pate superior de la canaleta se implementará protectores de canaletas tipo micro malla de zinc cuyo fin será que los escombros y materiales solidos no ingresen al canal y que el agua ingrese sin solidos que impidan el flujo del agua y la contaminen.

Para las bajantes de igual manera se implementará bajantes de PVC ya que los acoples y uniones con los canales son sencillos de implementar. Estas bajantes tendrán un dimensionamiento de 64.77mm x 61.2 mm que son medidas estándar de fabricación.

✓ Sistema de Pre filtrado y Filtrado

Para el prefiltrado se optó por implementar una micro malla al ingreso al filtro para que los sólidos que pudiesen dirigirse hacia el sean retenidos en una segunda instancia por esta micro mallas que impedirán el paso de ramas, hojas y sedimentos orgánicos que pueden encontrarse en los techos y en el ambiente.[6][15]

La superficie filtrante debe ser proporcional al área de captación que se tiene por ende por cada 100m<sup>2</sup> de superficie de captación se recomienda disponer de 1 m<sup>2</sup> de superficie de filtrante.[6]

El filtro será diseñado como un filtro en serie con dos tanques de plásticos de 60 litros de capacidad. En el filtro se colocará en la parte inferior una capa de 10 cm de espesor de ripio grueso que permita que el agua al salir no se mescle con partículas pequeñas de arena de las capas superiores sobre esta una capa de 20 cm de espesor de piedra partida fina (Chispa) de diámetro igual o menor a 10 mm, los siguientes 5 cm serian de zeolita que reduce la acides del agua y le da claridad, finalmente una capa de 20 cm de carbón activado fundamental para regular el color, olor y sabor del agua. Todos estos materiales ayudaras a obtener una calidad de agua óptimo, de igual manera este filtro contara con una saliente en la parte inferior que conectara con el tanque de almacenamiento .[19]



Cabe recalcar que este tipo de filtro se puede implementar para aljibes contruidos con mampostería, ferrocemento, placas de cemento y también para depósitos plásticos teniendo en cuenta que dependiendo del tipo de material que se utilizará se deberá implementar una base de soporte.

✓ Almacenamiento

El almacenamiento del agua lluvia se lo realizará mediante una cisterna enterrada cuyo volumen y dimensionamiento dependerá directamente del área de captación de la vivienda y de los datos de las precipitaciones de la zona otorgadas por el INAMHI de los últimos 30 años o más.

El tanque a ser utilizado sería un tanque plástico plastigama tipo cilíndrico del volumen determinado en el cálculo del cual se establece una pérdida del 10% por el coeficiente de escorrentía.[5]

✓ Tratamiento y Distribución (Calidad del agua)

El tratamiento que se consiste en la cloración del agua con la cual se garantizara la buena calidad del agua almacenada, combatiendo los microorganismos patógenos, bacterias y materiales orgánicos. Para la dosificación se considera 1 gota por cada litro de agua habiendo un aproximado de 20 gotas en 1cm<sup>3</sup> es fundamental que el cloro este en contacto con el agua por lo menos 30 minutos.[2]

Para la distribución es necesario un sistema de bombeo en este caso se implementará una bomba tipo mecatro que es suficiente para poder distribuir el agua almacenada a todos los rincones de la casa ya que podría generar de 50 a 150 newtons de fuerza y una potencia de 60 a 270 watts, implementando un pedal de bicicleta.[20][21]

## 2.1 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados para el presente proyecto son lo que se han utilizado para realizar la recolección, conducción, filtración y tratamiento del agua lluvia proveniente de las precipitaciones.

### 2.1.1 Materiales

*Tabla 13 Materiales*

<b>TIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Canales de agua lluvia PVC	2	u
Tapa canal derecho PVC	1	u
Tapa canal izquierdo PVC	1	u
Unión Canal PVC	1	u
Bajante PVC	1	u
Ganchos canal	6	u
Malla fina	3	m
Tanque de 60 litros PVC	2	u
Acople de tanque	1	u
Unión de 1/2cm	2	u
Neplo de 10cm	2	u
Llave de media vuelta 1/2	2	u
Kalipega	1	u
Teflón	1	u
Piedra partida Gruesa (Ripio)	7	Kg
Piedra partida fina (Chispa)	15	Kg
Carbón Activado	15	Kg
Zeolita	3	Kg
Perfil de acero 6 m	1	u

*Fuente: Francisco Espinosa*

### 2.1.2 Equipos

*Tabla 14 Equipos*

<b>TIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Cierra	1	u
Martillo	1	u
Pala	1	u
Escalera	1	u
Soldadura	2	u
Computadora	1	u

*Fuente: Francisco Espinosa*

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Plan de Recolección de Datos**

#### **Tipos de investigación**

En el presente proyecto experimental a fin de obtener los mejores resultados se ha visto necesario aplicar los siguientes tipos de investigación:

- **Investigación de campo**

Para nuestra investigación fue necesario recolectar información básica referente al consumo de agua en la parroquia, la dotación y también si existe en la actualidad algún sistema alternativo de captación de agua alternativas, para con ello empezar a identificar las necesidades que requieren los moradores de la zona especialmente las viviendas unifamiliares tipo MUDUVI que se optó por estudiar para con ello establecer la magnitud del proyecto y los beneficios que se obtendrán al diseñar este tipo de sistemas de captación de aguas lluvias, por lo cual se realizó un cuestionario que nos ayudaría a recolectar datos para establecer el alcance de nuestro proyecto e IN SITU encuestar a todas las personas que hacen parte de esta investigación.

Por otro lado, las muestras de aguas lluvias se las recolecto de una vivienda del sector con el fin de realizar los análisis previos del agua sin un previo filtrado y determinar la calidad de agua obtenida.

Se realizó un filtro tipo para proceder a filtrar el agua obtenida de la vivienda a fin de determinar el mejoramiento que obtiene la misma y posteriormente tratarla con cloro y determinar si el agua la podemos utilizar para consumo humano, uso doméstico y riego.

- **Investigación de laboratorio**

Para esta investigación se recolecto 2 muestras de agua lluvias para el filtro diseñado, en primera instancia se obtuvo el agua lluvia de la vivienda unifamiliar seleccionada la cual se la traslado a los laboratorios de (EMAPA) que han sido determinados en el proyecto para obtener los resultados de la calidad de agua captada y así obtener las condiciones en las cuales se encuentra el agua sin ningún tipo de manipulación.

Posteriormente se recolecto el agua que ha pasado por el sistema de filtración y tratamiento propuesto y con ello determinar la calidad del agua obtenida.

Los ensayos que se realizaron son determinar el PH, coliformes fecales, turbiedad, cloro residual, color real, color aparente.

- **Investigación Exploratoria**

Se realizó una investigación profunda de diferentes tipos de sistemas de recolección de aguas lluvias que alrededor del mundo han sido utilizados para reducir el gasto público y dotar de agua en épocas de sequía y que con éxito han ayudado a solventar la escasez de agua.

Con la ayuda de estos estudios previos se ha determinado que tipo de sistema es el más factible implementar en nuestro proyecto para obtener los beneficios más altos de este tipo de sistema y en base al INEN 1108 y el TULSMA determinar si el agua que ya ha pasado por este sistema de captación y purificación son aptas para la dotación domestica (consumo humano, lavandería, limpieza) y el riego.

## POBLACIÓN Y MUESTRA

### POBLACIÓN

Para el presente proyecto experimental se consideró la población o universo a las viviendas unifamiliares de interés social tipo (MIDUVI) ubicadas en el cantón Ambato Parroquia Atahualpa, Comunidad Santa Fe construidas por el MIDIVI, de las cuales es necesario obtener una muestra considerable para el estudio.

### MUESTRA

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en la Parroquia Atahualpa, Comunidad Santa Fe, se han construido 75 viviendas.

#### *Cálculo del tamaño de la muestra*

En la presente investigación se utilizará el muestreo aleatorio simple:

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$
$$n_o = \frac{Z^2 \alpha^2 \sigma^2}{E^2} = \frac{Z^2 \alpha PQ}{E^2}$$

*Ecuación 3. Tamaño de muestra*

#### **Donde:**

$n$ : Tamaño de la muestra

$n_o$ : Tamaño de muestra aproximada

$N$ : Tamaño de población bajo estudio

$Z \alpha$ : Valores correspondientes al nivel de significación

$E$ : Erro de tolerancia de la estimación (0-10%)

$\alpha$ : Nivel de significancia

$\sigma^2 = PQ$ : Varianza de la variable

$P$ : Denotar la proporción estimada de la variable, si no se conoce el valor  $P=0.5$

**Datos:**

$E = 10\%$  pues las viviendas son separadas entre si

Con un nivel de confianza del 95%

$$1 - \alpha = 0.95$$

$$\alpha = 0.05$$

**Solución:**

$$1 - \frac{\alpha}{2}$$
$$1 - \frac{0.05}{2} = 0.975$$

(Este valor se lo encuentra en la Tabla 15)

Tabla 15 Distribución Nominal

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9756	0.9761	0.9767

Fuente: Lic. Nel Quezada Lucio – Estadística para Ingenieros

Obteniéndose los siguientes valores:

Fila: 1.9    Columna: 0.06 x representa el segundo decimal

$$Z (2.5\%) = 1.96$$

$$n_o = 94.04$$

$$n = 33 \text{ viviendas}$$

### 2.2.2 Levantamiento de datos en campo

El proyecto tiene cabida en el Cantón Ambato, parroquia Atahualpa, específicamente en el sector de Santa Fe Valparaíso 4 esquinas considerado como una zona rural donde los habitantes tienen una gran cantidad de cultivos que es la mayor fuente de recursos económicos en el sector, también consta de una gran cantidad de viviendas unifamiliares cuya dotación de aguas no siempre es constante ya que en el sector regularmente se producen cortes de agua potable que interfieren con las labores domésticas siendo este un problema constante para los habitantes del sector.

Está ubicada en la zona norte de Ambato, en la parte interna del Parque Industrial Ambato, geográficamente se encuentra en:

- Coordenada Norte: 766591.04 m E
- Coordenada Este: 9867146.25 m S
- Elevación: 2727 m



*Figura 11. Ubicación geográfica de la comunidad Santa Fe Valparaíso 4 Esquina de la parroquia Atahualpa (Chisalata)*

*Autor: Francisco Espinosa*



## Visita Técnica para Encuestas

Para nuestra investigación se utilizó la metodología de toma de datos a través de Encuestas, con el fin de obtener la mayor cantidad de datos necesarios para proceder con la investigación y propuesta del proyecto, con esta metodología se extrajo información que nos permitió resolver que alternativa tomar para diseñar un sistema de captación de aguas lluvias favorable y práctico para las viviendas unifamiliares en estudio.

Con el cuestionario impuesto se determinó las condiciones actuales en las que se encuentran este tipo de viviendas y con ello brindar una alternativa factible que ayude a mejorar las condiciones de vida de los habitantes con el desarrollo del trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero Civil, con el tema “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

1. **Provincia:** Tungurahua
2. **Cantón:** Ambato
3. **Parroquia:** Atahualpa
4. **Número de Personas que habitan en la vivienda:** \_\_\_\_\_
5. **m2 de vivienda:** \_\_\_\_\_
6. **Fecha de entrevista:** \_\_\_\_\_
7. **¿Posee agua potable?**

SI	NO	TOTAL
30	3	33

8. **¿Cuánta paga al mes en consumo de agua?** \_\_\_\_\_
9. **¿Utiliza agua de regadío?**

SI	NO	TOTAL
14	19	33

10. **¿A qué hora del día utiliza o consume mayor cantidad de agua?**

MAÑANA	TARDE	NOCHE	TOTAL
22	8	3	33

11. **¿Existen cortes de agua en el sector?**

SI	NO	TOTAL
17	16	33

12. **¿Recolecta o reutiliza en agua lluvia de alguna manera?**

SI	NO	TOTAL
4	29	33

13. **¿Posee algún sistema alternativo de captación de agua lluvias?**

SI	NO	TOTAL
1	32	33

14. **¿Implementaría un sistema de captación de aguas lluvias para abastecer la demanda de agua domestica?**

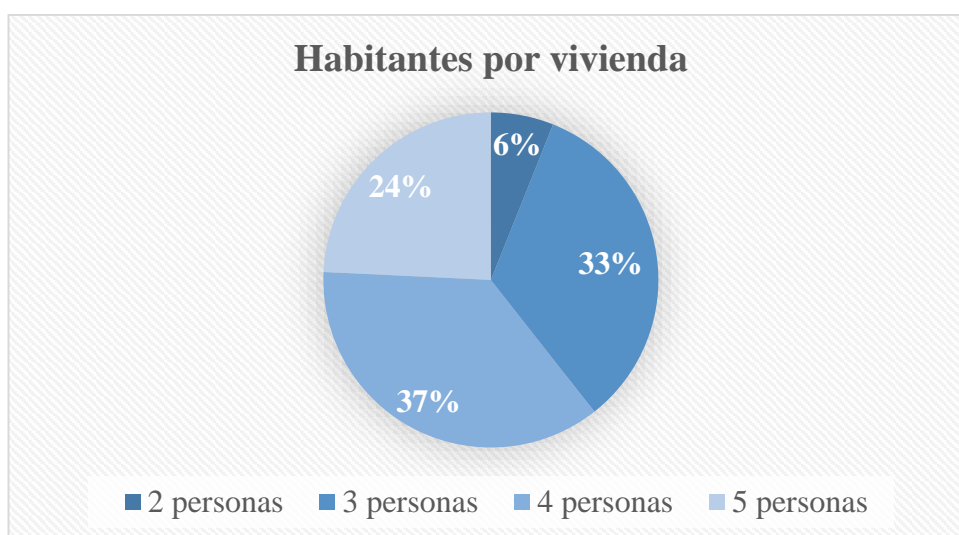
SI	NO	TOTAL
31	2	33

Total, de encuestados 33 personas.

### 2.2.3 Tabulación de Resultados

**Pregunta 4.** Número de Personas que habitan en la vivienda:

Habitantes / vivienda	Encuestas/Casas
2 personas	2
3 personas	11
4 personas	12
5 personas	8
<b>Total</b>	<b>33</b>



*Figura 12. Información número de personas por vivienda*

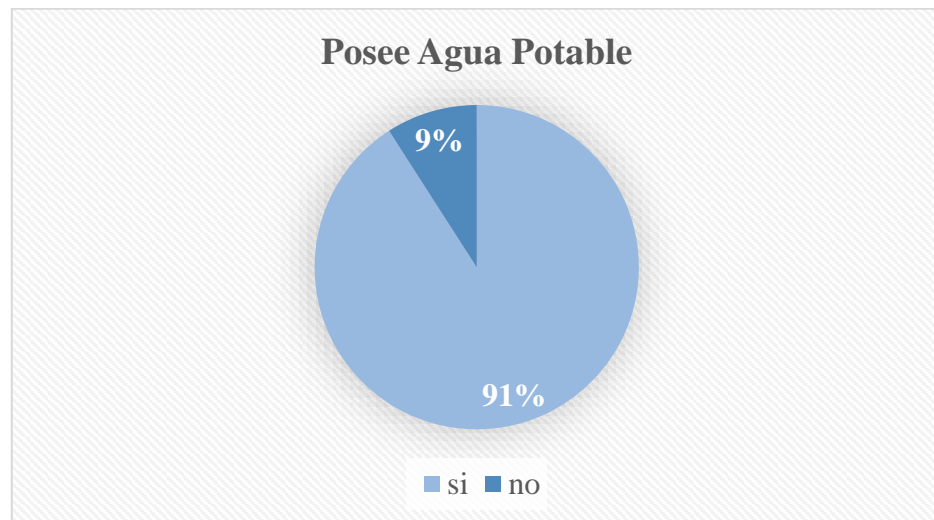
*Autor. Francisco Espinosa*

Promedio de Habitantes
4

El 37 por ciento, correspondiente a 12 viviendas en las cuales habitan un promedio de 4 personas, el 33 por ciento corresponde a 11 viviendas en las cuales habitan 3 personas, el 24 por ciento corresponde a 8 viviendas en las cuales habitan 5 personas y un 6 por ciento corresponde a 2 viviendas en las cuales habitan 2 habitantes.

**Pregunta 7.** ¿Posee agua potable?

Agua potable	
Si	30
No	3
Total	33

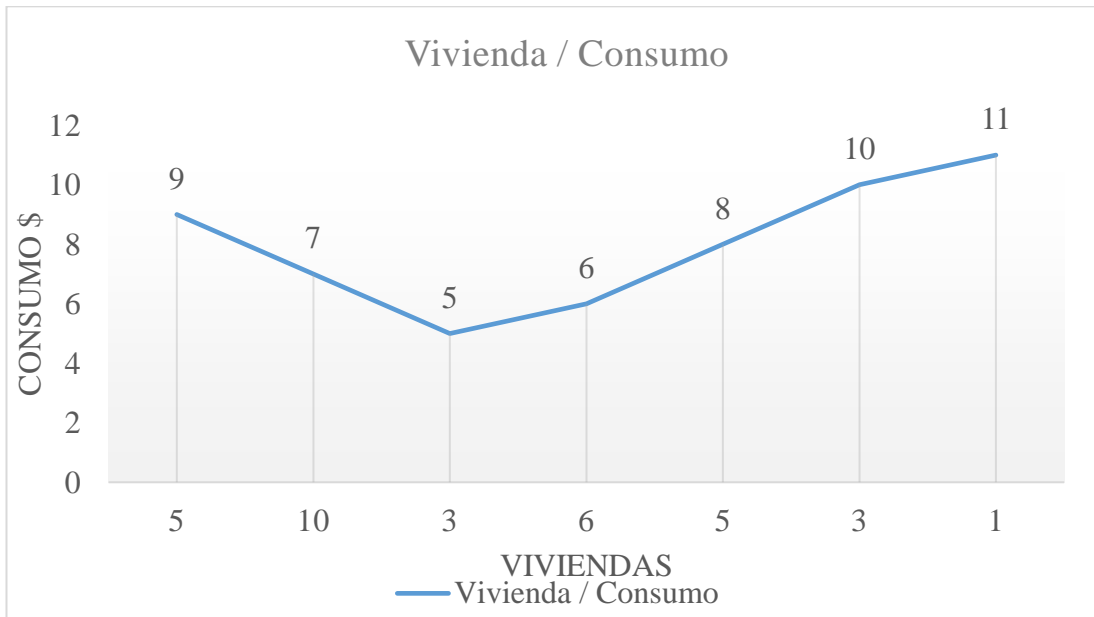


*Figura 13. Viviendas que poseen agua potable*

*Fuente: Francisco Espinosa*

El 91 por ciento de las encuestas corresponde a 30 viviendas en las cuales se tiene un abastecimiento de agua potable mientras el 9 por ciento corresponde a 3 viviendas en las cuales no tienen acceso al agua potable.

**Pregunta 8.** ¿Cuánta paga al mes en consumo de agua?



*Figura 14. Consumo de Agua*

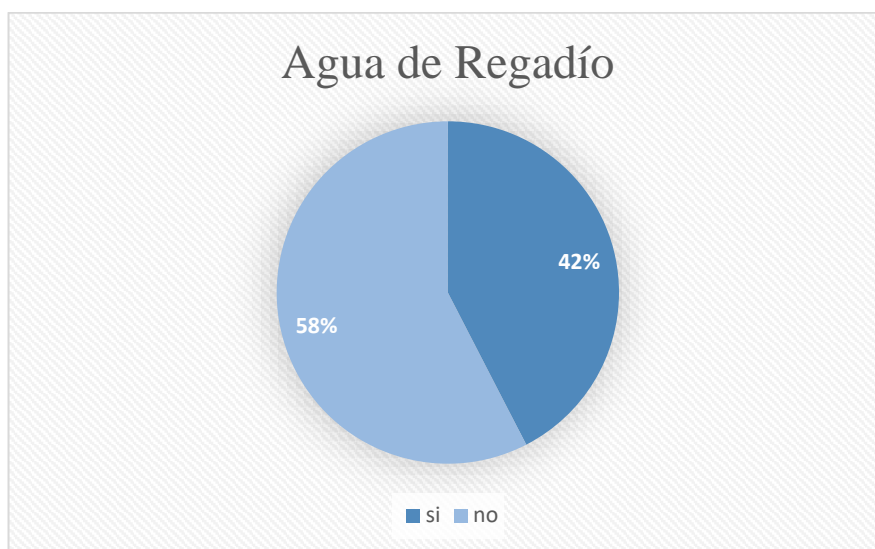
*Fuente: Francisco Espinosa*

Promedio de Consumo
\$7,50

El esquema nos muestra que existe una variante de dividendos que se genera por el consumo de agua potable de entre 5 dólares y 11 dólares siendo el máximo, con lo cual se determina que existe un promedio de gasto de 7.50 dólares mensuales en el consumo de agua potable. Esta información nos ayuda a determinar qué tipo de beneficio se podrá obtener con la implementación del sistema de captación de aguas lluvias.

**Pregunta 9.** ¿Utiliza agua de regadío?

Utiliza Agua de regadío	
Si	14
No	19
Total	33



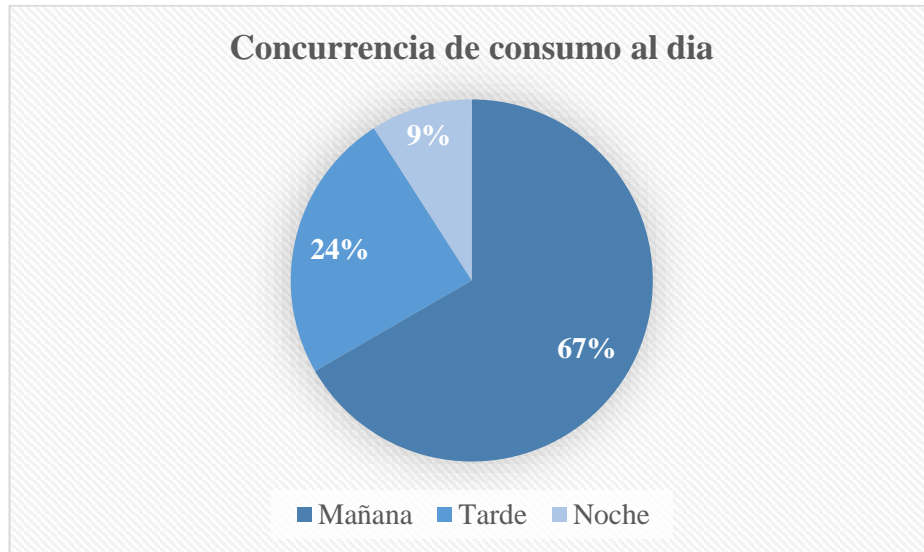
*Figura 15. Viviendas con agua de regadío*

*Fuente: Francisco Espinosa*

El 58 por ciento de las encuestas corresponden a 19 viviendas en las cuales no se utiliza el agua de regadío y el 42 por ciento corresponde a 14 viviendas que si requieren agua para el regadío. Este dato es indispensable para determinar el fin que va tener el agua captada en la vivienda y su aporte en la misma.

**Pregunta 10.** ¿A qué hora del día utiliza o consume mayor cantidad de agua?

Viviendas	
Mañana	22
Tarde	8
Noche	3
Total	33



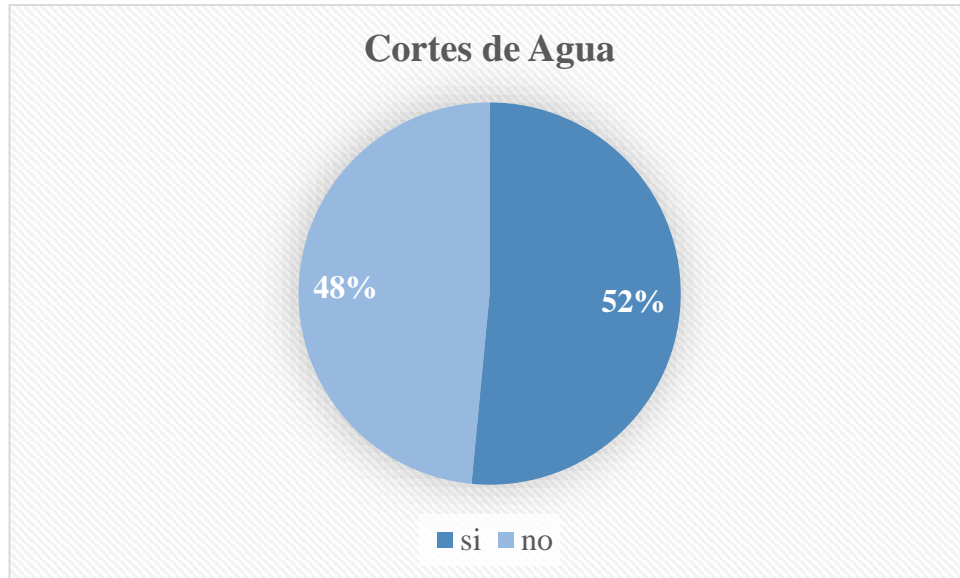
*Figura 16. Concurrencia de utilización de agua potable*

*Fuente: Francisco Espinosa*

El 67 por ciento corresponde a 22 viviendas que utilizan con concurrencia el agua en la mañana, un 24 por ciento que corresponde a 8 viviendas la utilizan más en las tardes por sus necesidades en la alimentación y un 9 por ciento que corresponde a 3 viviendas concurren las noches.

**Pregunta 11.** ¿Existen cortes de agua en el sector?

Cortes de Agua	
Si	17
No	16
Total	33



*Figura 17. Cortes de agua*

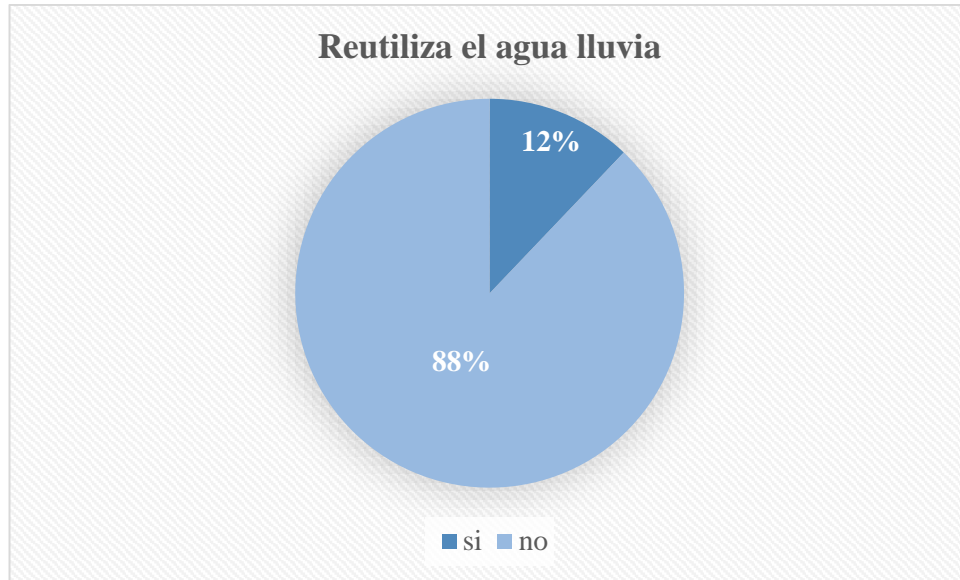
*Fuente: Francisco Espinosa*

El 52 por ciento que corresponde a 17 viviendas manifestaron que si existen cortes de agua en la zona habituales mientras que un 48 por ciento que corresponde a 16 viviendas manifestaron que no es concurrente los cortes de agua. Con estos datos podemos determinar la magnitud del beneficio que se podría brindar a los hogares en los cortes de agua que se manifiesta que existen en la zona.



**Pregunta 12.** ¿Recolecta o reutiliza en agua lluvia de alguna manera?

Reutiliza el agua lluvia	
Si	4
No	29
Total	33



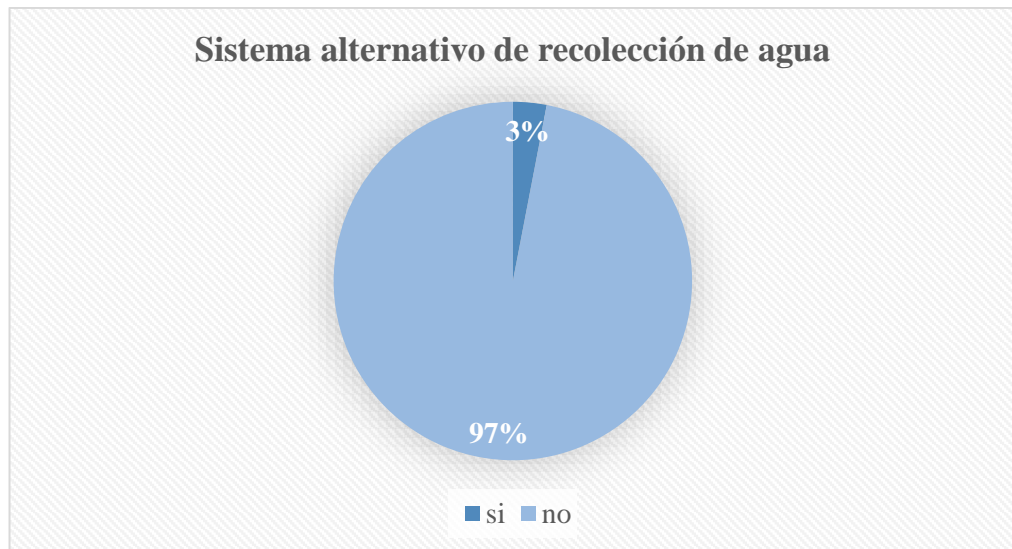
*Figura 18. Viviendas que reutilizarían el agua lluvia*

*Fuente: Francisco Espinosa*

El 88 por ciento que corresponde a 29 viviendas manifestaron que no reutilizan el agua por ningún motivo mientras el 12 por ciento que corresponde a 4 viviendas mantienen un tipo de sistema casero para recolectar las aguas lluvias y reutilizarla en el regadío. Con esto determinamos que es viable la propuesta de implementar un sistema alternativo que ayude a abastecer de agua lluvia a las viviendas que no se han implementado y mejorar los sistemas de las viviendas que ya la están aprovechando.

**Pregunta 13.** ¿Posee algún sistema alternativo de captación de agua lluvias?

Sistema Alternativo	
Si	1
No	32
Total	33



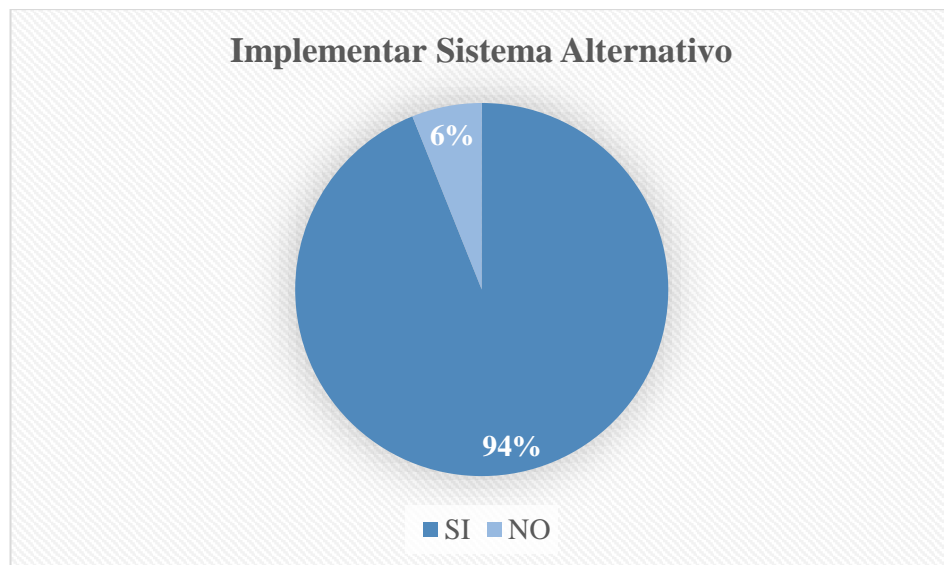
*Figura 19. Viviendas con un sistema alternativo*

*Fuente: Francisco Espinosa*

El 97 por ciento que corresponde a 32 viviendas no constan con sistemas alternativos para obtención de aguas para consumo doméstico mientras que el 3 por ciento que corresponde a 1 vivienda si consta con un sistema de recolección de aguas lluvias. Lo cual nos indica que la implementación del sistema de captación de aguas lluvias es totalmente factible ya que los escasos y la falta de alternativas en la dotación de agua en la zona demandan una solución factible y fácil en las futuras viviendas que se pueden construir o adecuar.

**Pregunta 14.** ¿Implementaría un sistema de captación de aguas lluvias para abastecer la demanda de agua domestica?

¿Implementaría un Sistema Alternativo?	
Si	31
No	2
Total	33











*Figura 20. Aceptación de sistema de captación  
Fuente: Francisco Espinosa*

El 94 por ciento que corresponde a 31 viviendas ven provechoso la implementación de un sistema de captación de aguas lluvias ya que mejoraría sus condiciones de vida y reduciría su gasto en consumos mensuales mientras que un 6 por ciento correspondiente a 2 viviendas no lo ve factible porque no tienen mayor problema con su abastecimiento de aguas potable. Esto nos catapulta a poder diseñar con énfasis el sistema de captación de aguas lluvias ya que es indispensable para la mayoría de los habitantes de la zona que mantienen un problema de dotación o falta de recursos para obtener toda la dotación necesaria que generan diariamente.

## 2.2.4 Obtención de Dotación In Situ

La dotación se obtuvo de la recolección de datos que cada miembro del grupo de investigación que recopiló datos de los medidores de 4 distintas viviendas por una semana, tomadas a las 12h00 del medio día que empezaron desde el día 10 de febrero del 2020 hasta el 17 de febrero del mismo año.

*Tabla 16 Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 1*

DOTACIÓN VIVIENDA 1					
DIA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m <sup>3</sup> ]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H01		1680,8240	1,1210
JUEVES	11 Feb. 2020	12H05		1681,945	0,7940
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		1682,739	0,8320
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H10		1683,571	1,7750
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H00		1685,346	1,0710
LUNES	15 Feb. 2020	12H04		1686,417	0,8040
MARTES	16 Feb. 2020	12H03		1687,221	0,8670
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H05		1688,088	1,0377
<b>DOTACIÓN ACTUAL CASA 1</b>					
259,428			lt/hab/día		









*Fuente: Francisco Espinosa*

Tabla 17 Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 2

DOTACIÓN VIVIENDA 2					
DÍA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m³]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H00		3879,0395	0,2859
JUEVES	11 Feb. 2020	12H01		3879,3254	1,3489
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		3880,6743	0,3168
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H05		3880,9911	0,2158
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H04		3881,2069	0,2460
LUNES	15 Feb. 2020	12H02		3881,4529	0,7505
MARTES	16 Feb. 2020	12H00		3882,2034	0,5316
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H00		3882,735	0,5279
DOTACIÓN ACTUAL CASA 2					
131,982			lt/hab/día		









Fuente: Francisco Espinosa

Tabla 18 Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 3

DOTACIÓN VIVIENDA 3					
DÍA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m <sup>3</sup> ]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H10		592,6240	0,3830
JUEVES	11 Feb. 2020	12H11		593,007	0,5840
VIERNES	12 Feb. 2020	12H06		593,591	0,4830
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H05		594,074	2,6130
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H04		596,687	0,3460
LUNES	15 Feb. 2020	12H01		597,033	0,2950
MARTES	16 Feb. 2020	12H05		597,328	1,2960
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H03		598,624	0,8571
DOTACIÓN ACTUAL CASA 3					
214,285			lt/hab/día		

Fuente: Francisco Espinosa

Tabla 19 Dotación de agua consumida en un día en la vivienda 4

DOTACIÓN VIVIENDA 4					
DIA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m <sup>3</sup> ]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H01		430,5030	0,4490
JUEVES	11 Feb. 2020	12H05		430,952	0,1810
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		431,133	1,3000
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H10		432,433	0,3890
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H00		432,822	1,0630
LUNES	15 Feb. 2020	12H04		433,885	0,4220
MARTES	16 Feb. 2020	12H03		434,307	1,1820
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H05		435,489	0,7123
DOTACIÓN ACTUAL CASA 4					
178,071			lt/hab/día		

Fuente: Francisco Espinosa

## 2.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información.

### 2.3.1. Cálculo de dotación

*Promedio de dotación vivienda*

$$\text{Vivienda 1: } Pd = 1.0377 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Vivienda 2: } Pd = 0.5279 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Vivienda 3: } Pd = 0.8571 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Vivienda 4: } Pd = 0.7123 \text{ m}^3/\text{día}$$

***Promedio Diario Total: Pdt: 3.135 m<sup>3</sup>/día***

*Dotación actual vivienda*

$$Da = \frac{\text{Promedio de lecturas}}{\text{Numero de personas por vivienda}}$$

*Ecuación 4. Promedio Dotaciones*

$$Da = 1.0377 \frac{\text{m}^3}{4\text{hab}} * \frac{1000\text{lt}}{\text{m}^3} * \frac{1}{\text{día}}$$

$$\text{Vivienda 1: } Da = 259.43 \text{ lt/hab/día}$$

$$\text{Vivienda 2: } Da = 131.98 \text{ lt/hab/día}$$

$$\text{Vivienda 3: } Da = 214.28 \text{ lt/hab/día}$$

$$\text{Vivienda 4: } Da = 178.08 \text{ lt/hab/día}$$

*Dotación Media Actual*

$$Da = \frac{(259.43 + 131.98 + 214.28 + 178.08) \text{ lt/día/hab}}{4}$$

***Dotación media actual: 195.94 lt/día/hab  $\cong$  196 lt/día/hab***



### **2.3.2. Diseño del Sistema de aprovechamiento de aguas lluvia**

#### **Intensidad de agua lluvia**

La intensidad de la lluvia del sector se la determino mediante los datos obtenidos a través del INHAMI que para el análisis de nuestro sector se tomó para el diseño las 2 estaciones más cercanas a la zona de estudio siendo la estación Querochaca UTA con 33 años de datos y la estación Pillaro con 34 años de datos tabulados de la siguiente manera.

Tabla 20 Precipitaciones estación Querochada UTA

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE ESTACIÓN:QUEROCHACA (UTA)								CODIGO: M0258						
PERIODO: 1980 -2020				LATITUD: 1G 22' 01.56" S				LONGITUD: 78G 36' 19.94" W				ELEVACIÓN: 2865.00		
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
1985												31,5		
1986	12,5		68,3	43,9	58,6	51,8	68,6	27,3	47,4	31,1	26,1	30		
1987	24,3		53,8	106,7	55	28,3	32,1	44,6	37	56,9	23,5	14,2		
1988	32,9	94,2	36,5	63	78	58,8	76,1	45,7	36,5	94,6	60,3	20,6	697,2	<b>58,1</b>
1989	33,4	43,1	100,6	37,6	66,4	154,8	61,1	6,4	44,6	55	20,3	7,7	631	<b>52,5</b>
1990	18,2	53,1	47,7	59,6	63,4	71,1	43,7	38,8	33,2	109,8	42,7	30,2	611,5	<b>50,9</b>
1991	36,6	33,7	43,9	37,1	61,5	92,7	65,6	41,1	17,3	36,4	76,1	21,1	563,1	<b>46,9</b>
1992	10,4	39,1	49,5	67,7	40	37,3	58,3	22,5	34,4	16,9	50,4	9,4	435,9	<b>36,3</b>
1993	32,7	36,4	77,9	81,8	65,4	32,5	71,7	28,2	26,5	37,8	67,7	23,6	582,2	<b>48,5</b>
1994	44,8	33,6	50,6	76,1	44,6	81,6	59,7	73,5	20,1	43,2	49,5	49,6	626,9	<b>52,2</b>
1995	17,9	3,2	31,7	69,8	53,6	40,5	101,4	47,7	25,8	21,5	56,2	32,5	501,8	<b>41,8</b>
1996	65,1	62,8	45	61,5	65,1	57,6	48,8	38	46,6	15,3	33,7	39,5	579	<b>48,2</b>
1997	37,2	28,6	47,2	22,2	50,6	47,8	89,4	45,1	20,9	33,8	111,9	41,9	576,6	<b>48</b>
1998	22,5	42,8	29,6	99,6	94,3	83,2	57,5	38,8	14,5	61,4	11,8	11,4	567,4	<b>47,2</b>
1999	50,5	70,7	59,1	82,1	50,1	82,1	23	61,5	107,2	23,3	23,8	87,3	720,7	<b>60</b>
2000	61,9	91,1	49,1	72,2	215,6	106	34,7	56	42,6	26	10,6	54,6	820,4	<b>68,3</b>
2001	23,7	37,1	67,1	47,2	40,8	82,1	45	31,4	29,3	27,6	16,3	73,9	521,5	<b>43,4</b>
2002	25	46,5	39,5	70,5	78,9	65,1	58	31,4	23,3	58,8	54,9	41,8	593,7	<b>49,4</b>
2003	39,7	32	50,2	36,4	35,5	73,9	27,9	7,1	13,3	56,4	38,5	27	437,9	<b>36,4</b>
2004	1,5	41,1	60,6	78,6	75,7	37	55,7	34,7	38,5	25,4	81,6	37,9	568,3	<b>47,3</b>
2005	12,4	56,7	83,1	79	44,2	76,4	25,5	18,6	12,7	24,6	32,2	78,9	544,3	<b>45,3</b>
2006	46,8	40,7	53,1	56,4	37,3	85,5	18	40,6	37,6	37,3	76,2	36,6	566,1	<b>47,1</b>
2007	62,2	19,1	84,9	87,4	92,3	158,8	24,4	74,6	36,9	40,1	32,9	40	753,9	<b>62,8</b>
2008	28	93,5	65,2	81,2	74,5	70,3	68,8	54,6	48,3	75,6	60,4	40,9	761,3	<b>63,4</b>
2009	56,7	43	27,1	69,4	33,7	94,8	53,4	27,4	12,4	44,4	14,8	8,7	485,8	<b>40,4</b>
2010	11,8	37,4	52,7	93,9	71	67,5	61,1	41,8	42,5	26,3	111,7	81	698,7	<b>58,2</b>
2011	38	72,1	39,7	108,8	75,9	56,1	58,1	79,5	41,7	15,8	56,9	99,3	741,9	<b>61,8</b>
2012	53,9	49	23,3	91,9	37,3	35,9	59,8	48,2	28,1	83,1	21,9	17,1	549,5	<b>45,7</b>
2013	27,9	102,1	34,5	37,5	61,2	40,8	78,5	35,7	34,8	54,2	44,6	19,4	571,2	<b>47,6</b>
2014	39,7	14,3	60,3	48,9	84,8	76,4	58,8	58	39,6	47,1	18,2	24,7	570,8	<b>47,5</b>
2015	31,3	31,7	73,3	38,1	46,8	115,3	99,5	35,4	20	41,6	50,2	25,8	609	<b>50,7</b>
2016	18,4	37,1	86	93,5	42,1	86,8	39,3	21,5	47,8	17	28	21,1	538,6	<b>44,8</b>
2017	70,8	67,7	88,9	55,5	100,9	106,8	63,4	52,9	21,6	36	46,1	72	782,6	<b>65,2</b>
2018	35,4	37,8	23,6	62,7	100	38,1	39,8	54,5	20,4	18,6	58,1	48,3	537	<b>44,7</b>
SUMA	1124,1	1491,3	1803,6	2217,8	2195,1	2393,7	1826,7	1363,4	1103,4	1392,6	1508,1	1299,5	19719,3	<b>1643,2</b>
MEDIA	34	48,1	54,6	67,2	66,5	72,5	55,3	41,3	33,4	42,2	45,7	38,2	599,3	<b>49,9</b>
MINIMA	1,5	3,2	23,3	22,2	33,7	28,3	18	6,4	12,4	15,3	10,6	7,7		<b>1,5</b>
MAXIMA	70,8	102,1	108,8	108,8	215,6	158,8	101,4	79,5	107,2	109,8	111,9	99,3		<b>215,6</b>

Tabla 21 Fuente: INHAMI

Tabla 22 Precipitaciones estación Píllaro

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE ESTACIÓN: PILLARO								CODIGO: M0127						
PERIODO: 1980 -2020				LATITUD: 1G 10' 21.00" S				LONGITUD: 78G 33' 18.00" W				ELEVACIÓN: 2793.00		
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
1980	31,4	77,1	90,9	52,6	22,4	36,9	22,8	38,2	25	92	59,4	39	587,7	<b>48,9</b>
1981	36,7	73,5	85,2	48,7	57,5	20,4	50,7	49,1	20,9	56,5	79,2	36,6	615	<b>51,2</b>
1982	45,5	58,5	51,7	66,5	125,8	23,1	59,9	45,6	20,5	81,4	96,5	145,9	820,9	<b>68,4</b>
1983	36,8	62,1	88,6	140,6	91	38,3	18,7	20,4	45,6	101	17,5	84,2	744,9	<b>62</b>
1984	45,4	105	95,9	66,4	49,7	68,8	34,7	14,4	154	68,4	137	26	865,7	<b>72,1</b>
1985	25,6	16,3	15,2	27,1	124,5	50,4	43,7	52,9	51,1	30,7	42	58,8	538,3	<b>44,8</b>
1986	27,5	42,6	65,1	68,4	71,4	41,8	44,2	22,8	34,6	53,8	37,6	37,5	547,3	<b>45,6</b>
1987	22,8	75,4	63,3	82,2	46	15,4	29,6	16,8	34,9	92,3	15,4	20,5	514,6	<b>42,8</b>
1988	6,2	105,1	27,5	73,5	81,9	82,4	46,4	46,1	29,4	93,6	82,5	42,9	717,5	<b>59,7</b>
1989	52,3	66,2	112,1	56	74,5	135,5	47,5	16,8	49,8	63,3	19,3	10,5	703,8	<b>58,6</b>
1990	36,9	60,2	36,9	127,3	56,9	50,8	35,8	8,8	26,5	126	39	39,9	645	<b>53,7</b>
1991	37,5	24,7	109,3	31,4	39,8	48,3	38,2	23,7	12,4	34,2	55,3	17,3	472,1	<b>39,3</b>
1992	17,8	76,8	57,7	64,2	45,2	27,5	31,1	19,9	29,5	69,8	31,8	22	493,3	<b>41,1</b>
1993	40,3	47	101,4	70,9	59	21,4	40,2	50,7	33,5	46,8	64,4	45,1	620,7	<b>51,7</b>
1994	68,7	69,4			27,4	55,8	38,4	52,2	13,1	38		63,9		
1995	19,6	28	47,1	66,4	64,4	33,1	60,8	29,7	10,7	27,4	101,4	41,9	530,5	<b>44,2</b>
1996	72	83,7	57,4	72,2	79,1	35,5	33	19	43	56,6	24			
1997				39,5	48,6	0	0	0	59,2	0	0	41		
1998	0	40	4	0	0	70	0	0	0	0	96			
1999	7	131,7	73,1	86	16,5	72,2	18,8	42,6	21	11	0	2	481,9	<b>40,1</b>
2000	35	29	14	112,7	111,6	110,2	34,2			2,2	10,1			
2001	37,1	26,5	36,6			46,6	40,9							
2002	28,9	14,8	30,1	50	73,6	57,7								
2004					103,6	21,9	50	27,9	35,5		63,9	68		
2006	70,6	1,6	8,9				16,8	19,9	78,7	43,3				
2007	9,6	51,4	29,4	74,7	38,6	106,7	13,9	30,1						
2008		164,5	40,4	26,7	42,8	38,5	44,2	43,4		23,6	53,1	72,5		
2009	15,7				134	28,4	1,8	15,7	28,9					
2010	24,9	1,9	0											
2011					78,9	46,7	60,2	31,3	48,6	21,5	108,4	70,9		
2012	77,3	94,9	49,7	91,5	41	18,2	20,6	27,8	12,7	109,6	32,6	36,1	612	<b>51</b>
2013	29,7	49	71,4	87,4		28,5		19,1	16,4	34,7	30,7	21,5		
2014	45,8	29,9	59,8		48,8	57,3								
SUMA	1004,6	1706,8	1522,7	1682,9	1854,5	1488,3	977,1	784,9	935,2	1377,7	1297,5	1044	15676,2	<b>1306,3</b>
MEDIA	34,6	58,8	54,3	67,3	63,9	48	33,6	28	35,9	52,9	51,9	45,3	575,1	<b>47,9</b>
MINIMA	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		<b>0</b>
MAXIMA	77,3	164,5	112,1	140,6	134	135,5	60,8	52,9	126	126	137	145,9		<b>164,5</b>

Fuente: INHAMI

Con estos datos podemos determinar una media de intensidad de 49.9 mm en la estación Querochaca UTA y de 47.9 mm de la estación Píllaro para determinar la intensidad de diseño del proyecto se saca el promedio de estos datos dándonos así:

$$I = \frac{I(QUTA) + I(PILLARO)}{2}$$

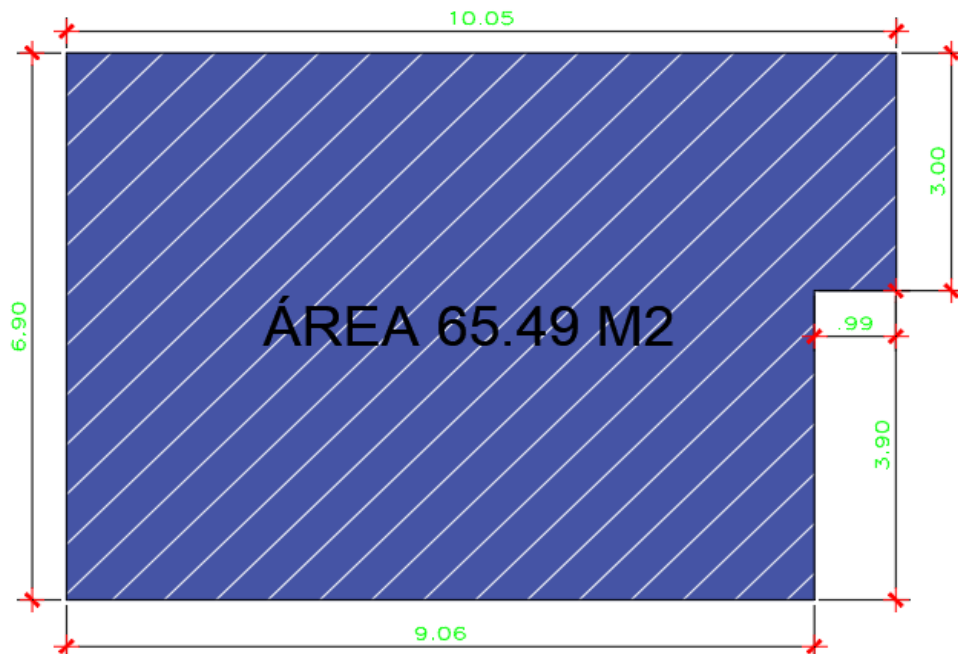
*Ecuación 5. Promedio Precipitaciones*

$$I = \frac{49.9 \text{ mm} + 47.9 \text{ mm}}{2}$$

$$I = 48.9 \text{ mm}$$

### Área de Captación

El área de captación de la vivienda unifamiliar que se dotara se determinó de la siguiente manera:



*Figura 21. Área de Captación  
Fuente: Francisco Espinosa*

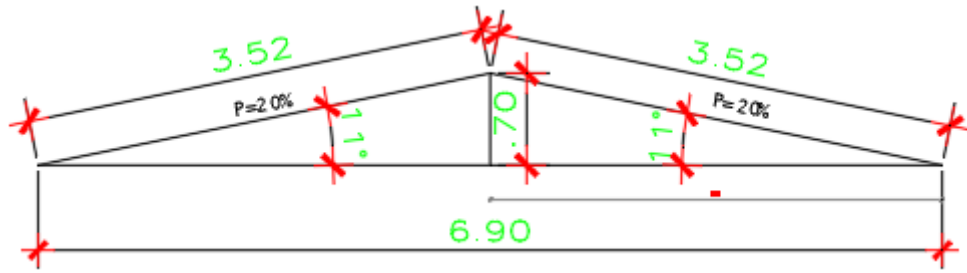


Figura 22. Detalles pendientes de cubierta

Fuente: Francisco Espinosa

El área de captación de la superficie del techo de la vivienda tipo a implementar es de 65.49 m<sup>2</sup> pero al diseñar con una pendiente de 20% el área de captación aumenta con lo cual realizando una regla de 3 determinaremos el área real de captación.

$$\frac{65.49 \text{ m}^2}{H} = \frac{6.90 \text{ m}}{7.04 \text{ m}}$$

$$H = 66.82 \text{ m}^2 \text{ Área de captación.}$$

### Coefficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía de la superficie de captación se determina dependiendo la materia que se utilizara en este caso es C=0.90 ya que es un metal específicamente el Dipanel DP5 Galvalumen de 0.50 de espesor.

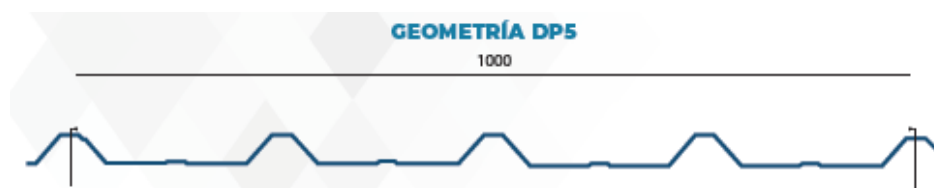


Figura 23. Geometría Dipanel DP5

Fuente: DipacManta DP5 [24]

Tabla 23 Coeficiente de escorrentías

Coeficiente de Escorrentía	
Material	Coefficiente
Calamina Metálica	0.90
Tejas de arcilla	0.80-0.90
Madera	0.80-0.90
Faja	0.60-0.70

Fuente: Sistema de captación de agua lluvia para uso doméstico[2]

### Volumen de agua recolectada

Para determinar el volumen de captación que se va obtener se utiliza la siguiente formula: [3]

$$VR = \frac{I * H * C}{1000}$$

Ecuación 6. Volumen agua recolectada

Donde:

VR: Volumen de agua recolectado.

I: Intensidad de la lluvia mediada en mm.

H: Área de captación en m<sup>2</sup>.

C: Coeficiente de escorrentía.

$$VR = \frac{I * H * C}{1000}$$

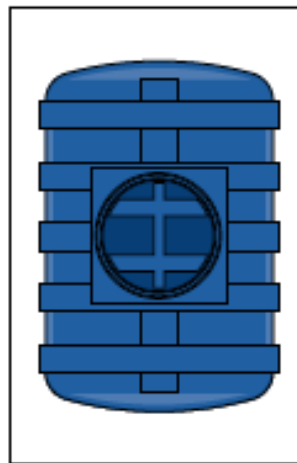
$$VR = \frac{48.9 \text{ mm} * 66.82 \text{ m}^2 * 0.90}{1000}$$

$$VR = 2.94 \text{ m}^3$$

Se determina que mensualmente el sistema de aprovechamiento de agua lluvia tendrá promedio un volumen de 2.94 m<sup>3</sup> de agua que llegará para el almacenamiento y distribución posterior.

### **Almacenamiento**

Al saber que el Volumen de recolección es de 2940 litros mensuales se determina que para el almacenamiento se requiere un Tanque de 3000 litros, pero ya que el proceso de cloración se va realizar en este tanque y el agua no debe permanecer estancada por mucho tiempo 1000 litros se destinaran al riego y limpieza de patios y lo restante de redondeado son 2000 litros se los utilizara para la dotación de la vivienda por lo cual se predispone implementar un tanque de reserva tipo Tanque Cisterna TITÁN de 2000 litros.



*Figura 24. Instalación Estándar Tanque TITÁN – Vista en Planta*

*Fuente: Tanques de Almacenamiento Plastigama [25]*

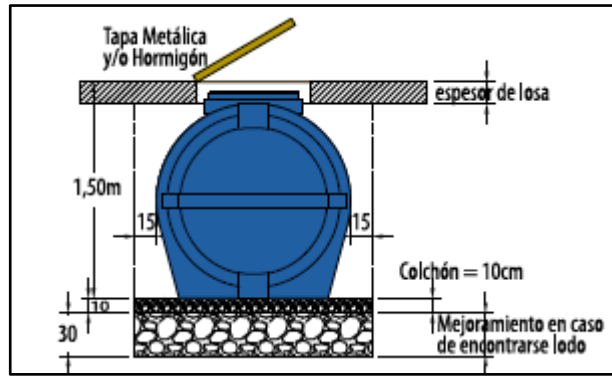


Figura 25. Instalación Estándar Tanque TITÁN – Vista en Corte

Fuente: Tanques de Almacenamiento Plastigama [25]

Las dimensiones del tanque son:

B = 1346 mm

L = 1954 mm

H = 1425 mm

A = 620 mm



Figura 26. Especificaciones Técnicas Tanque TITÁN

Fuente: Tanques de Almacenamiento Plastigama [25]

Considerando que la dotación obtenida en campo de las casas unifamiliares es de 196 lt/día/hab y teniendo en cuenta que para bloques de viviendas la dotación según la NEC es de 200 a 350 lt/día/hab podemos determinar que nuestra dotación de análisis sería de 200 lt/día/hab para viviendas unifamiliares con un promedio de 4 habitantes por vivienda.



Al determinar que se captara 2000 litros de agua al mes para la dotación domestica podemos establecer que el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias dotara de agua a la vivienda durante

$$\text{DíasDotacion} = \frac{Ve}{Dd}$$

*Ecuación 7. Días de dotación*

Donde:

Ve: Volumen empleado

Dd: Dotación Diaria requerida

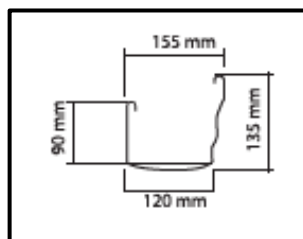
$$\text{DíasDotacion} = \frac{2000 \text{ litros}}{200 \text{ litros/hah/dia}}$$

$$\text{Días Dotacion} = 10 \frac{\text{hah}}{\text{días}}$$

Con lo cual podemos determinar que con la el volumen de agua que se va obtener de las aguas lluvias podemos dotar de agua la una vivienda unifamiliar durante 10 días al implementar este sistema de aprovechamiento de agua lluvias.

### **Sistema de Conducción**

Las canaletas serán de PVC plastigama con una sección especificada en la siguiente figura:



*Figura 27. Canal PVC 3m código 924337 Plastigama*

*Fuente: Canales y bajantes de PVC [26]*

Adicionalmente se implementará una micro malla que sea la primera intelección de materiales flotantes que puedan estar presentes en el agua lluvia derivado a la naturaleza y otros agentes.

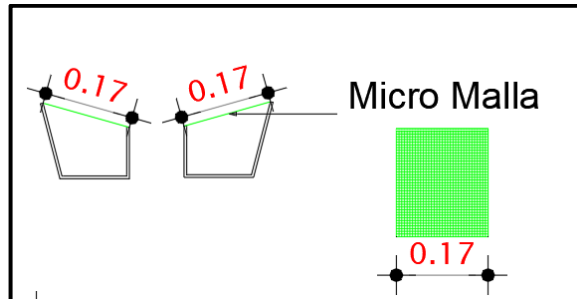


Figura 28. Detalle Canaletas con Micro Malla

Fuente: Francisco Espinosa

Las canaletas estarán unidas a una bajante que guiara el agua recolectada hacia los filtros para el proceso de tratamiento del agua.

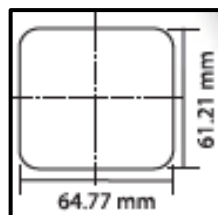
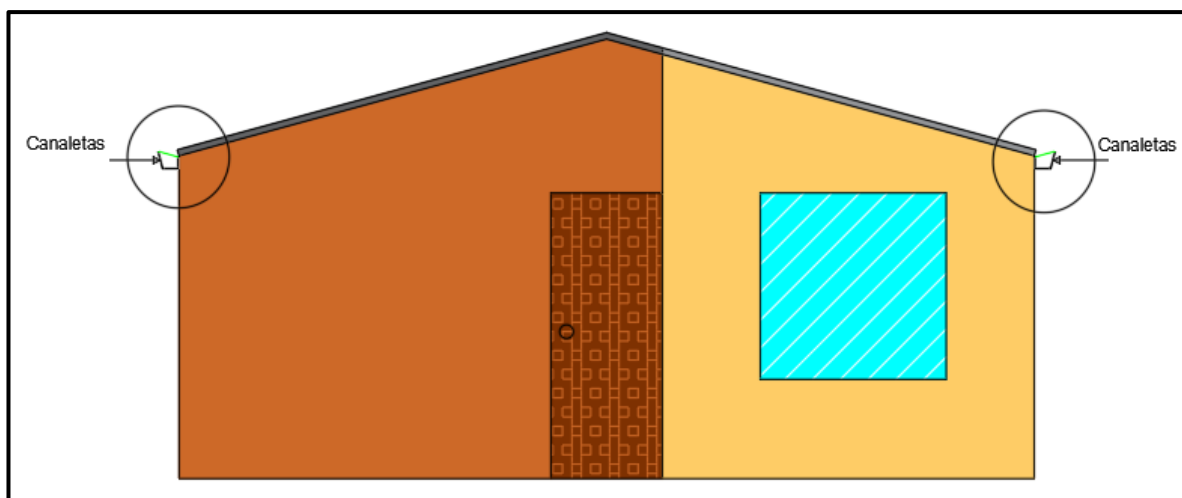


Figura 29. Bajante PVC de 3 m código 924336 Plastigama

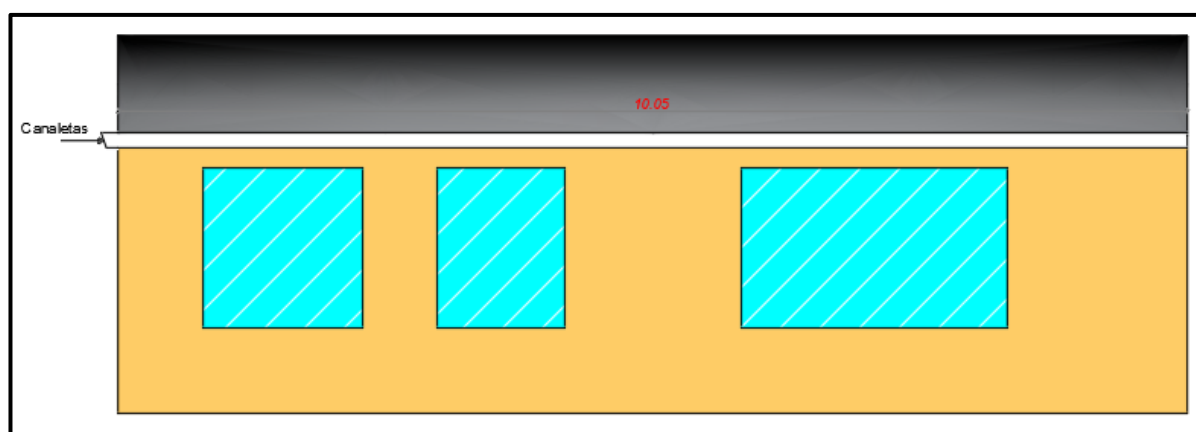
Fuente: Canales y bajantes de PVC [26]

El diseño queda estructurado de la siguiente manera:



*Figura 30. Vista Frontal Casa Tipo y Sistema de Conducción*

*Fuente: Francisco Espinosa*



*Figura 31. Vista Lateral Derecho Casa Tipo y Sistema de Conducción*

*Fuente: Francisco Espinosa*

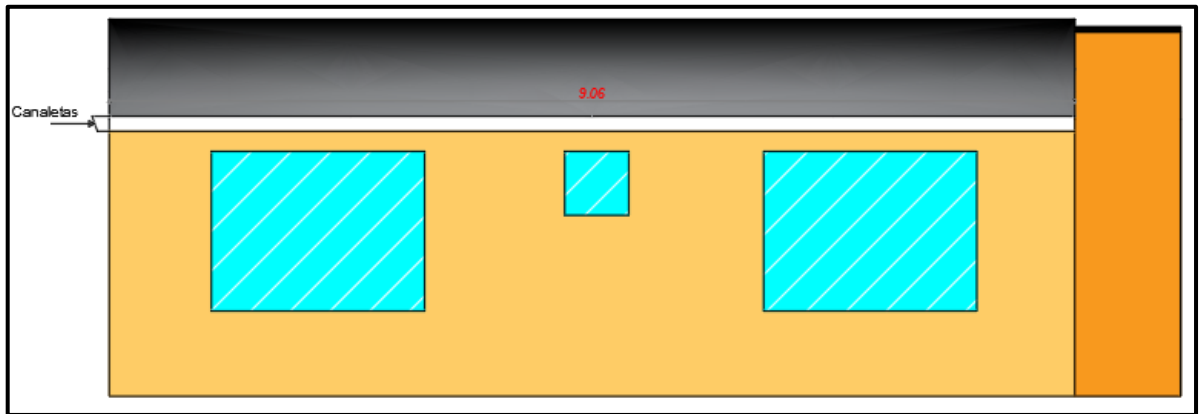


Figura 32. Vista Lateral Izquierda Casa Tipo y Sistema de Conducción

Fuente: Francisco Espinosa

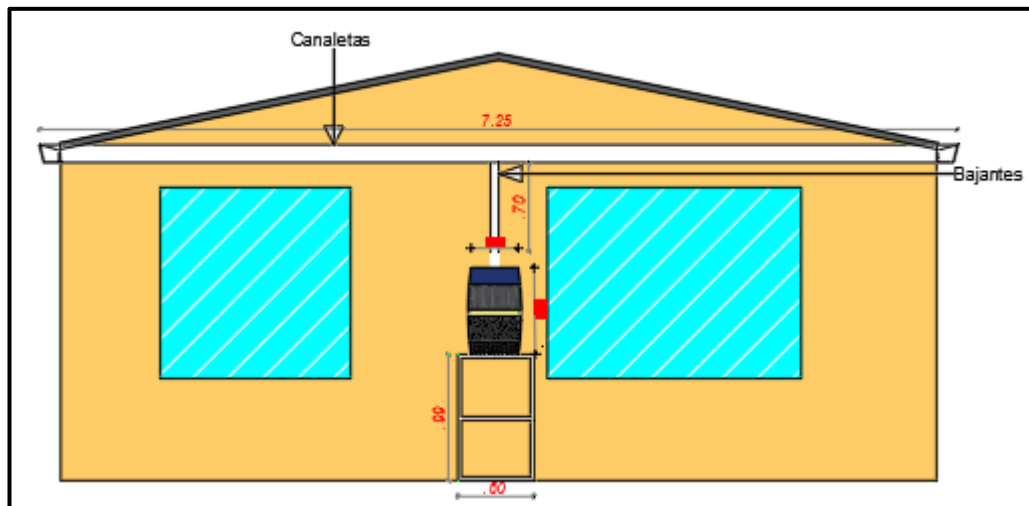


Figura 33. Vista Posterior Casa Tipo y Sistema de Conducción

Fuente: Francisco Espinosa

## Sistema de filtración

Para el filtro se colocará dos tanques en serie que se los llenará de material filtrante cuya función será purificar el agua obtenida. El diseño contará con una micro malla de acceso al filtro que ayude a contener los materiales que arrastre el sistema de conducción.

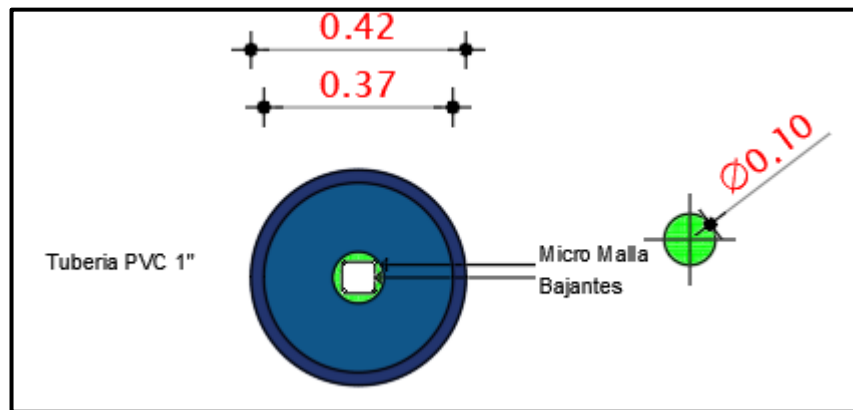


Figura 34. Vista en Planta de Filtro en Serie

Fuente: Francisco Espinosa

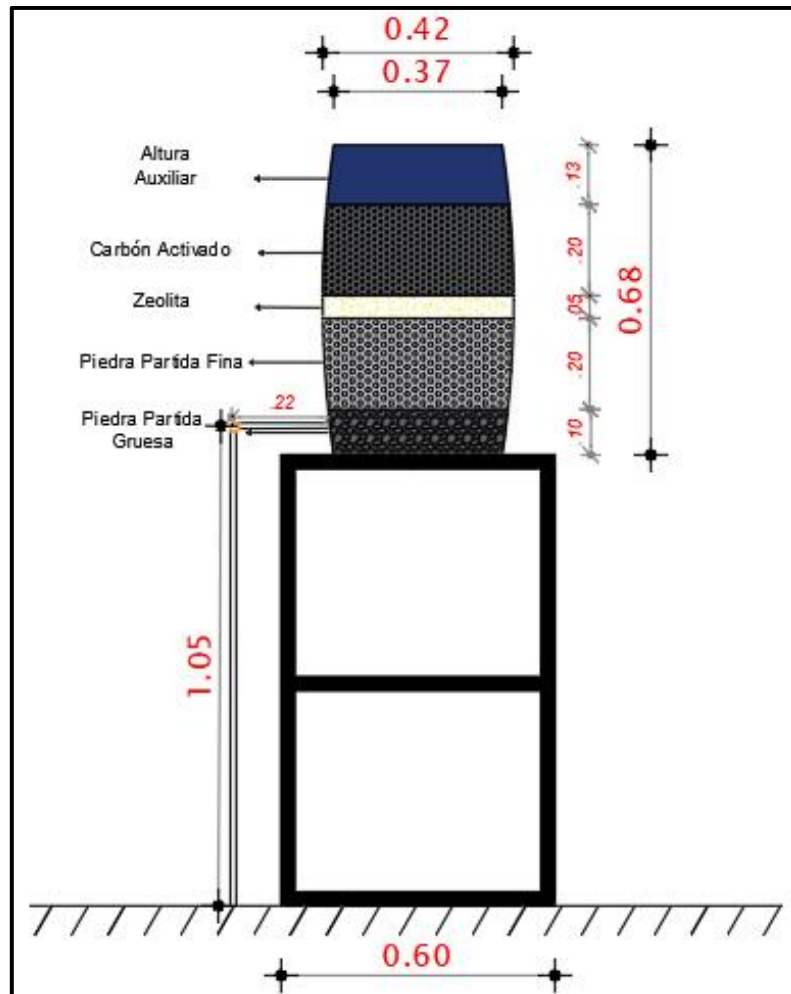


Figura 35. Vista en Corte Sistema de Filtro en Serie

Fuente: Francisco Espinosa

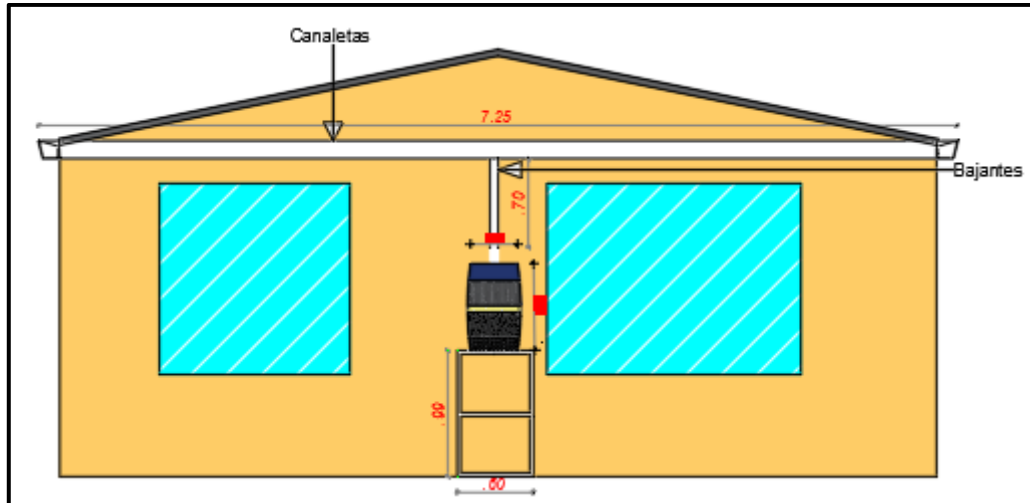


Figura 36. Sistema de Filtro en Serie Vista Posterior Casa Tipo

Fuente: Francisco Espinosa

### Tratamiento y Distribución

Para el tratamiento consideramos que se debe añadir 1 gota de cloro por cada litro de agua y realizamos el siguiente calculo.

$$VT = 2000 \text{ lts} / 3.78541 \text{ lts} = 528.344 \text{ galones.}$$

$$VT = 528.344 \text{ galones} * 5 \text{ gotas} = 2641.72 \text{ gotas}$$

$$20 \text{ gotas de cloro} = 1 \text{ cm}^3 \text{ de cloro}$$

$$VCL = \frac{VT}{20 \text{ gotas}} = 100 \text{ cm}^3$$

Ecuación 8. Volumen de cloro necesario

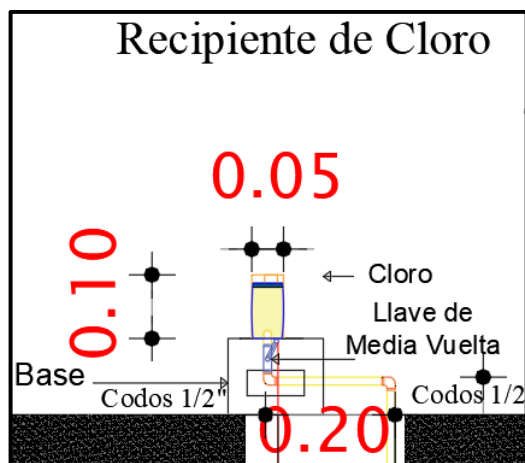
$$VCL = \frac{2641.72 \text{ gotas}}{20 \text{ gotas}} = 132.09 \text{ cm}^3$$

$$VCL = 132.09 \text{ cm}^3 = 0.13209 \text{ lts} = 132 \text{ ml [Cloro]}$$

Donde:

VT: Gotas necesarias según volumen de tanque según la OPS-OMS

VCL: Volumen de cloro necesario.



*Figura 37. Detalle Instalación Recipiente de cloro*  
*Fuente: Francisco Espinosa*

La distribución del agua lluvia tratada para el consumo doméstico se realizará mediante una bomba de mecatro que se implementará en el tanque de reserva anteriormente seleccionado, este sistema de bombeo será mecánico por lo cual será accionado por medio del pedaleo, el sistema estará directamente conectado a la red de distribución domestica principal.

Este sistema de bombeo generaría una fuerza de 50 a 50 newtons que equivaldría a una potencia de 60 a 270 watts.



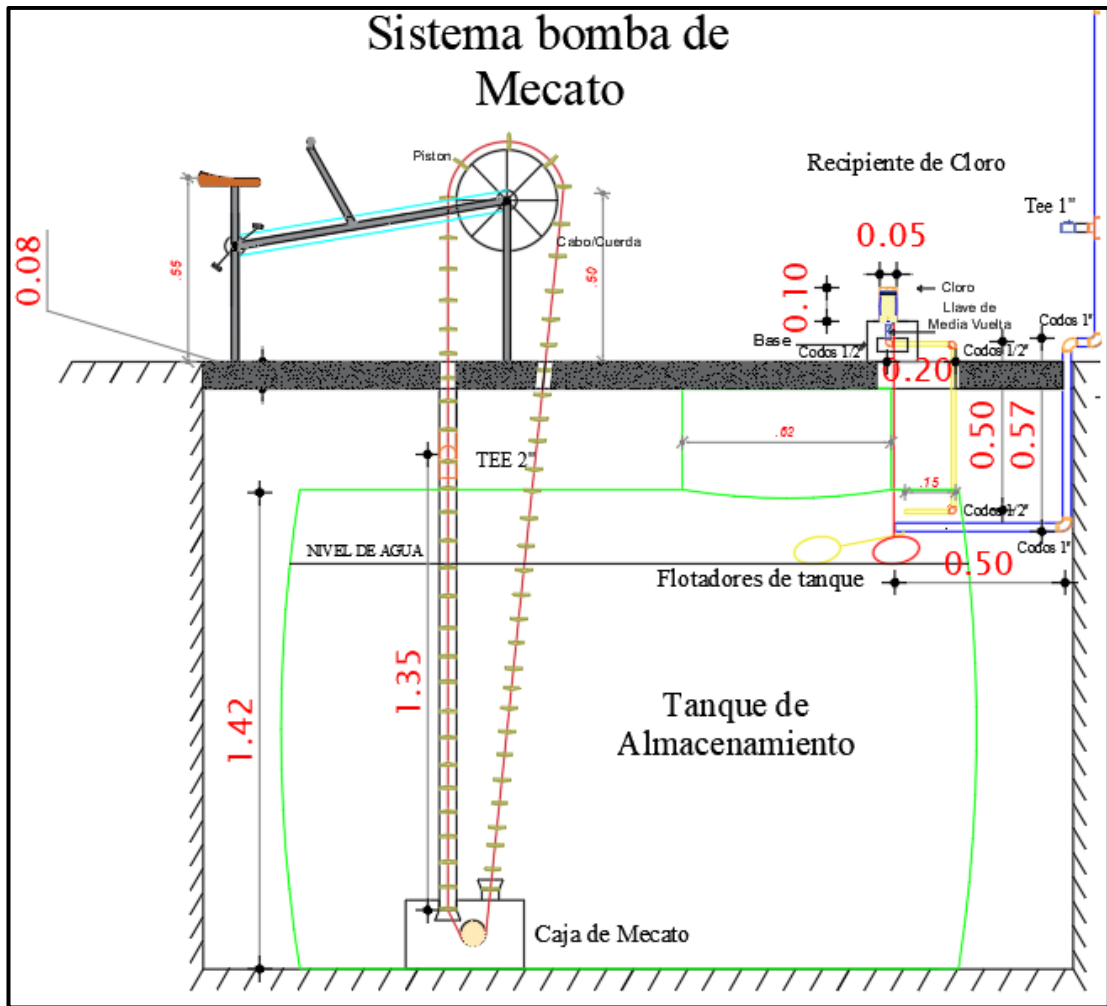


Figura 38. Detalle implementación bomba de mecato

Fuente: Francisco Espinosa

#### **2.2.4 Toma de muestras según NTE- INEN**

Las muestras que se debe tomar son puntuales ya que son muestras individuales recogidas de una forma manual. La muestra puntual es esencial cuando se quiere estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad. [27]

También en las muestras puntuales son recomendadas para determinación de los parámetros inestables tales como la concentración de gases disueltos, cloro residual y sulfitos solubles.[27]

Las muestras serán tomadas en recipientes de preferencia opacos o de vidrio ámbar que puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente, también el contenedor y tapa no deben ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos como por ejemplo las tapas coloreadas que pueden tener niveles altos de metales pesados.[28]

Los recipientes en los que se toma la muestra deben ser previamente lavados para retirar el polvo o diferentes contaminantes que pueden reposar en el recipiente con ello minimizar la contaminación de la muestra, el llenado del recipiente debe ser completo para que no exista aire sobre la muestra que limita la interacción de gases en la muestra por agitación durante el transporte.[28]

Las muestras deben guardarse a las temperaturas más bajas a la temperatura a la cual se recolectó, el simple refrigeramiento a baño de hielo o refrigerador a temperatura de 2°C y 5°C y en un lugar oscuro en muchos casos es suficiente para conservar la muestra.[28]

Los recipientes que contengan las muestras deben estar debidamente rotulados de manera clara y permanente para que el laboratorio los identifique sin errores.[28]

Para nuestros análisis se debe tomar 2 muestras, la primera es el agua lluvia cruda recolectada por las canaletas sin filtros y la segunda es la muestra del agua que ha pasado por el filtro y se ha tratado con el cloro con el fin de analizar las muestras y determinar si son aptas para el consumo humano, la utilización doméstica y el riego agrícola.

### **2.2.5 Parámetros a ser analizados en las muestras**

#### **Coliformes fecales (NMP) y (UFC)**

Estos son bacterias que pertenecen al grupo coliforme cuyo origen proviene de los intestinos animales de sangre caliente y humanos. Su origen es esencialmente fecal, fermenta la lactosa con la producción de ácidos y gas en 24 h de incubación este es un indicador de contaminación de agua y determina la eficiencia del tratamiento el agua y la presencia de contaminantes fecales. Para el agua cruda se realiza el análisis por tubos múltiples NMP (Numero más probable) y para los análisis del agua tratada se realiza por filtración de membrana UFC (Unidades formadoras de colonias) [29]

#### **Color Real**

El agua de consumo doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora, las aguas superficiales pueden ser coloreadas debida a la presencia de iones metálicos naturales humus materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales. El color real en el agua es el que presenta cuando se ha eliminado la turbidez siendo principalmente causados por materiales únicos coloidales.[30]

## **Color Aparente**

El agua al tener un color no incoloro se debe tratar ya que no se puede utilizar hasta que se renueva dicha coloración. El color aparente es determinado directamente e la muestra original debido a la existencia de solidos suspendidos.[30]

## **Cloro Residual**

La desinfección de los abastecimientos de agua son una barrera eficaz contra enfermedades de transmisión hídrica y el cloro es el principal agente de desinfección ya que por su costo, eficacia y facilidad de medición en laboratorios y en campo. El cloro libre residual debe ser analizado inmediatamente después de ser tomada la muestra ya que los niveles de cloro se evaporan conforme transcurre el tiempo. Este análisis es muy importante ya que a diferencia de otros desinfectantes el cloro contribuye a prevenir la nueva contaminación durante el transporte y almacenamiento de agua en el hogar.[31]

## **Ph**

Es importante medir el ph al mismo tiempo que el cloro residual ya que la desinfección de la muestra va de la mano dependiendo del grado de ph que exista, cuando el ph pasa de 8 la desinfección es menos efectiva, por lo cual el ph debe ser menor de 8 para ser efectivo el tratamiento. El rango aceptable de ph según la OMS varia, pero suele oscilar en el intervalo 6.5-8 del ph. Aunque el ph no suele afectar a los consumidores es uno de los parámetros más importantes para la calidad del agua y no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.[14] [31]

## **Turbiedad**

La turbidez expresada generalmente como unidades de nefelométricas de turbidez (UNT), es la pérdida de claridad del agua a causa de partículas suspendidas como por ejemplo arcilla y sedimentos y precipitados químicos como el manganeso y el hierro. La turbidez es muy importante ya que para el consumidor del agua esta influye en su aceptación y también en los procesos de tratamiento que se le den al agua. En todos los procesos en los que se usa la desinfección la turbiedad debe ser siempre baja preferentemente bajo 1 UNT y para la desinfección que este por debajo de las 5 UNT.[14][31]

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y Discusión de los resultados

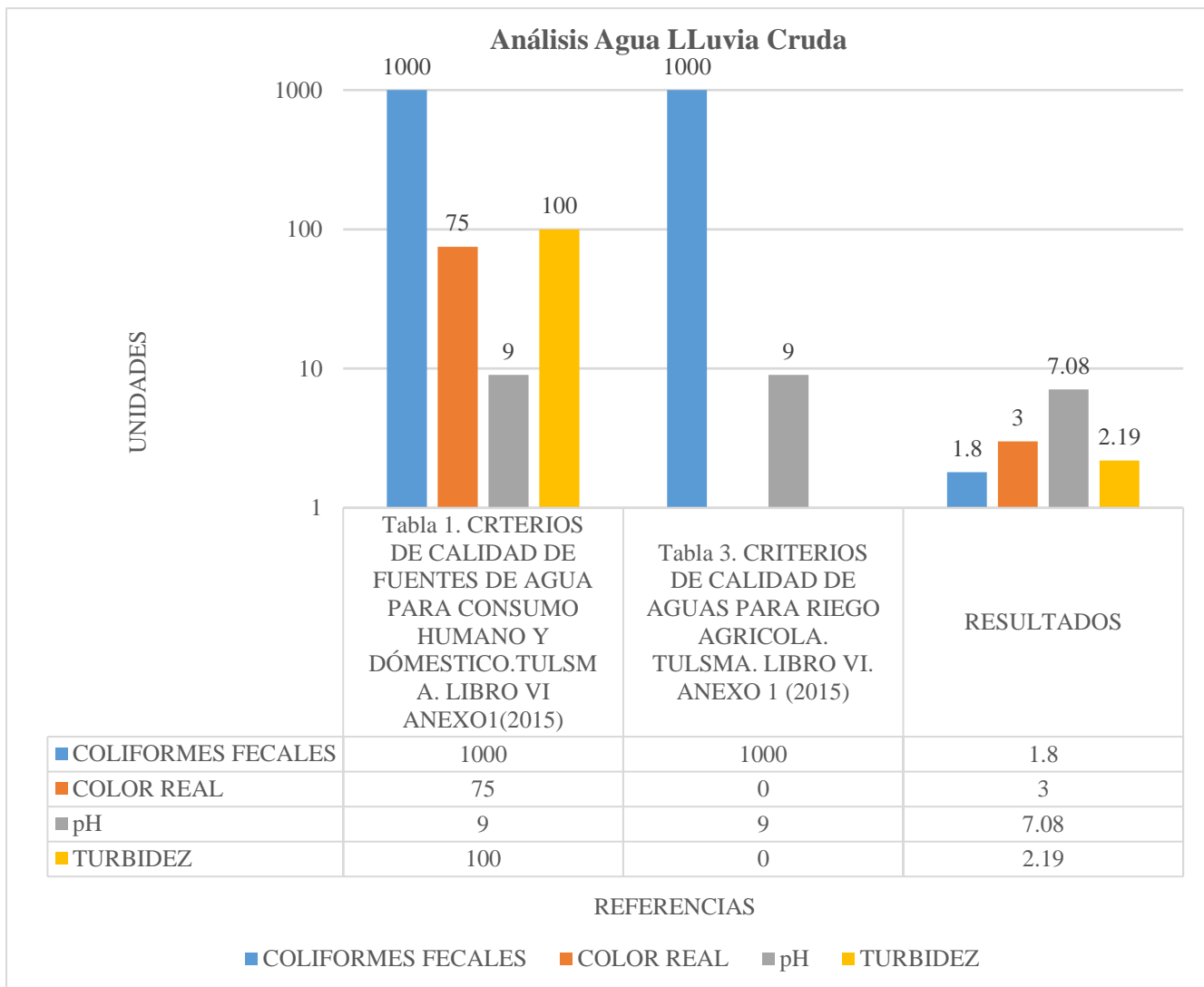
##### 3.1.1 Análisis de la muestra de agua lluvia cruda sin tratar

Los resultados obtenidos de esta primera muestra proveniente de agua lluvia sin tratar serán analizadas y comparadas referenciando con el TULSMA 2015 específicamente con las tablas número 1 y 3 que corresponden a criterios de utilización de aguas de fuentes para consumo doméstica y agua para riego agrícola respectivamente para de esta manera obtener el estado actual del agua y posteriormente obtener los datos de mejora que se palparan con el tratamiento.

*Tabla 24 Comparación de parámetros de las aguas lluvia sin tratar con respecto al TULSMA 2015*

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DÓMESTICO.TULSM A. LIBRO VI ANEXO1(2015)	Tabla 3. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
COLIFORMES FECALES	nmp/100mL	Standard Methods-9221-C	1000	1000	<1,8	SÍ
COLOR REAL	U Pt-Co	HACH 8025	75	/	3	SÍ
pH	UpH	Standard Methods-4500H+B	6 - 9	6 - 9	7,08	SÍ
TURBIDEZ	NTU	Standard Methods-2530-B	100	/	2,19	SÍ

*Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua EMAPA*



*Figura 39. Gráfica de comparación de parámetros del agua lluvia sin tratar con respecto a la tabla 1 y tabla 3 del TULSMA 2015*

*Fuente: Francisco Espinosa*

Como se observan en la tabla y la gráfica comparativas los resultados obtenidos del agua lluvia tomada directamente de su fuente están dentro de los rangos establecidos por las tablas 1 “Calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico” y la tabla 3 “Criterios de calidad de agua para riego agrícola” del TULSMA 2015 de los cuales se analizó los 4 parámetros fundamentales que indican directamente la calidad del agua obtenida.

Para los coliformes fecales los rangos límite que se debe tener es de según la tabla 1 y 3 del TULSMA (1000, 1000 nmp/100ml ) respectivamente, en los análisis obtenidos se puede apreciar que se obtiene un (1,8 nmp/100ml), que entra en el rango y se considera apropiada; Ph según las tablas tiene un límite de tolerancia de (6-9 UpH), en ambas y nuestro análisis arrojó un resultado de (7,08 UpH), que se encuentra en el rango admisible por lo cual cumple el parámetro; Color Real en la tabla 1 del TULSMA tiene un valor referencial de (75 U Pt-Co), más en la tabla 3 del TULSMA no tiene un rango de referencia ya que son aguas para riego, para nuestros resultados se obtuvo un color real de (3 U Pt-Co), que esta cumple para los límites referenciados en las tablas ; Turbidez para la tabla 1 del TULSMA tiene un rango de tolerancia de hasta 100 NTU, pero para la tabla 3 del TULSMA no requiere este análisis por tratarse para riego, el resultado obtenido es de (2.19 NTU), que cumple con los rangos de tolerancia.

Con el análisis obtenido podemos apreciar que el agua lluvia directamente obtenida sin tratar es una fuente de agua para consumo humano mas no para el consumo doméstico ya que para ello necesitamos basarnos en las Normas INEN “Agua para consumo humano” pero sí que podemos utilizarla para un tratamiento posterior con cloro que nos ayude a desinfectar el agua de cualquier contaminante que pueda estar en ella y posteriormente utilizarla para consumo doméstico.

El análisis nos ayuda también a comprender que directamente esta agua puede ser utilizada como agua de riego ya que es totalmente beneficiosa según los rangos de tolerancia que se tiene para aguas para utilización agrícola y sin ningún tipo de tratamiento.



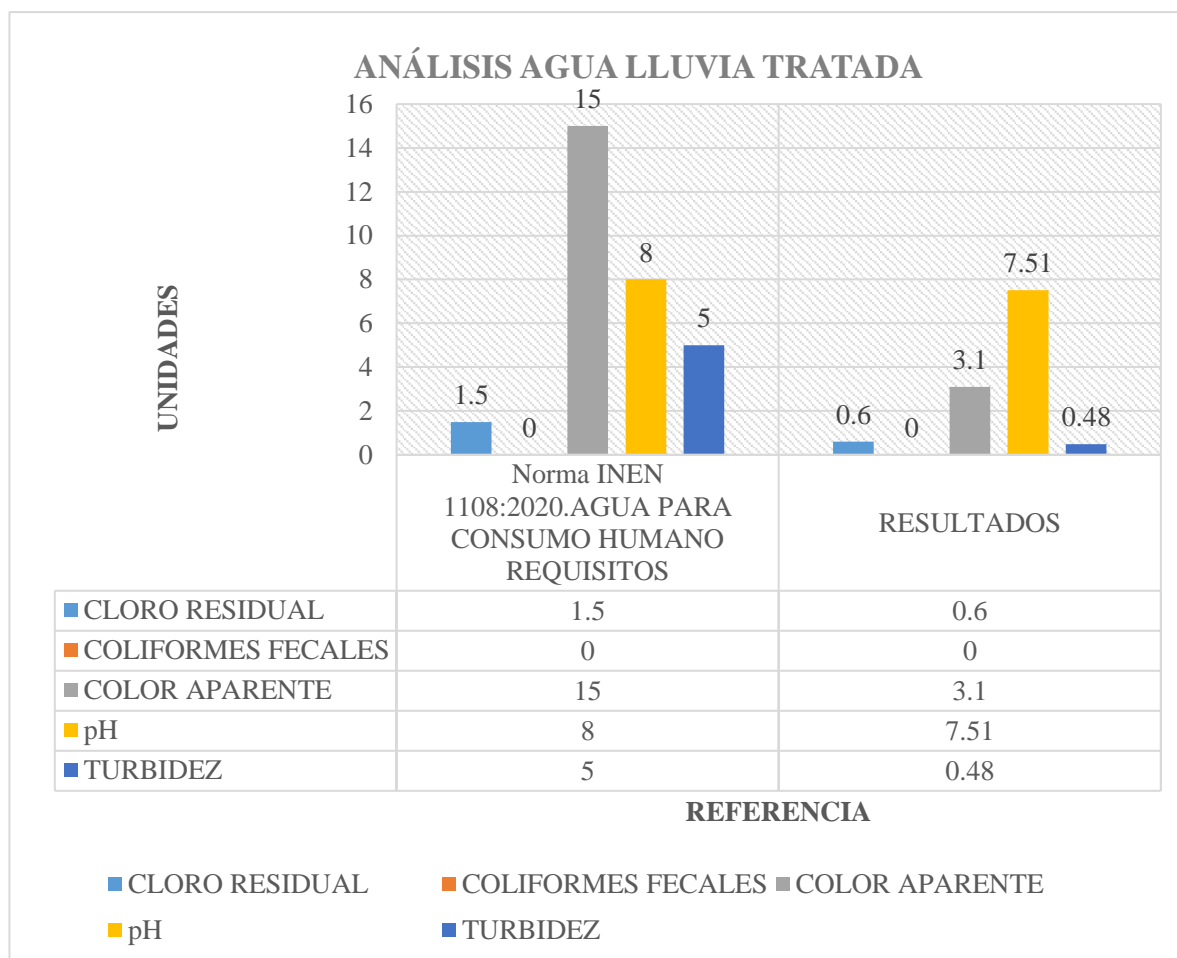
### 3.1.2 Análisis de la muestra de agua lluvia tratada

Los resultados obtenidos de la muestra de agua lluvia tratada después de su filtración por el Filtro descendente y posteriormente su cloración, se compararán con la Norma INEN 1108:2020 “Agua para consumo humano”, para de esta manera tener detallado la calidad de agua que se está obteniendo después del tratamiento y determinar si esta agua se puede utilizar para el consumo humano y utilización doméstica.

*Tabla 25 Comparación de agua lluvia tratada con respecto a la Norma INEN “Agua para consumo humano”*

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma INEN 1108:2020.AGUA PARA CONSUMO HUMANO REQUISITOS	RESULTADOS	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
<b>CLORO RESIDUAL</b>	mg/L	HACH-8021	0,3 - 1,5	0,6	SI
<b>COLIFORMES FECALES</b>	ufc/100mL	Standard Methods-9222-D	Ausencia	0	SI
<b>COLOR APARENTE</b>	U Pt-Co	HACH 8025	15	3,1	SI
<b>pH</b>	UpH	Standard Methods-4500H+B	6,5 - 8	7,51	SI
<b>TURBIDEZ</b>	NTU	Standard Methods-2130-B	5	0,48	SÍ

*Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua EMAPA*



*Figura 40. Comparación de parámetros para agua de consumo humano según Normativa INEN “Agua para consumo humano”*

*Fuente: Francisco Espinosa*

Como se observa en la tabla y grafica en la que se compara los parámetros fundamentales para la determinación de la calidad del agua para consumo humano según la Norma INEN “Agua para consumo Humano”, el agua obtenida a través del tratamiento del agua lluvia se han analizado 5 parámetros fundamentales.

El primer parámetro a tratar es el cloro residual que tiene según la INEN “Agua para consumo humano” un rango de aceptación de (0.3 a 1.5 mg/L), en los resultados obtenidos en nuestra muestra arroja un valor de (0.6 mg/L), lo cual nos indica que el nivel de cloro residual en el agua es apto para el consumo humano y la debida desinfección del agua; coliformes fecales para este parámetro según la norma debe permanecer ausente (0 ufc/100ml), en nuestra muestra los coliformes fecales están ausentes en el agua con un valor de (0 ufc/100ml), lo que nos indica que el agua es

apta para su consumo humano; color aparente el rango de tolerancia para este parámetro es de hasta (15 U Pt-Co), en nuestro análisis el agua contiene (3.1 U Pt-Co), lo cual indica que está dentro del rango de tolerancia para que esta agua sea utilizada para consumo humano; pH este parámetro tiene un rango de aceptación de entre 6.5 a 8 U pH, según la INEN ,en nuestra muestra podemos apreciar que nuestro Ph tiene un valor de (7.51 U Ph), que está dentro del rango e indica que es apto para consumo humano; por último el parámetro de la turbidez que según la INEN “Agua para consumo humano” tiene que ser menor a (5 NTU), en nuestro análisis de agua podemos apreciar que tenemos un valor de turbidez de (0.48 NTU) que son menore al máximo admitido lo cual no indica un agua adecuada para el consumo humano.

Este análisis en general nos ayuda a poder apreciar que el agua tratada que hemos analizada para nuestro proyecto está perfectamente dentro de los rangos admitidos por la Norma INEN “Agua para consumo humano” lo cual nos permite poder decir que esta agua tratada puede utilizarse para el consumo humano y utilización doméstica.

### **3.1.3 Análisis comparativo entre el agua lluvia cruda y el agua lluvia tratada**

Para esta comparativa vamos a tomar en cuenta tres parámetros fundamentales en nuestro trabajo que son los coliformes fecales, turbidez y pH, ya que son los parámetros que dan las pautas para poder encaminar una aceptación de un agua para consumo humano y también que son los análisis que se repiten en los exámenes y constan en ambas normativas (TULSMA 2015-INEN “Agua para consumo humano”).

Tabla 26 Comparación de los parámetros analizados entre el agua lluvia cruda y el agua lluvia tratada

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	AGUA LLUVIA CRUDA	AGUA LLUVIA TRATADA	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
<b>COLIFORMES FECALES</b>	ufc/100mL (nmp/100mL)	Standard Methods-9222-D /9221-B	1,8	0	SI
<b>pH</b>	UpH	Standard Methods-4500H+B	7,08	7,51	SI
<b>TURBIDEZ</b>	NTU	Standard Methods-2530-B/ 2130-B	2,19	0,48	SÍ

Fuente: Francisco Espinosa

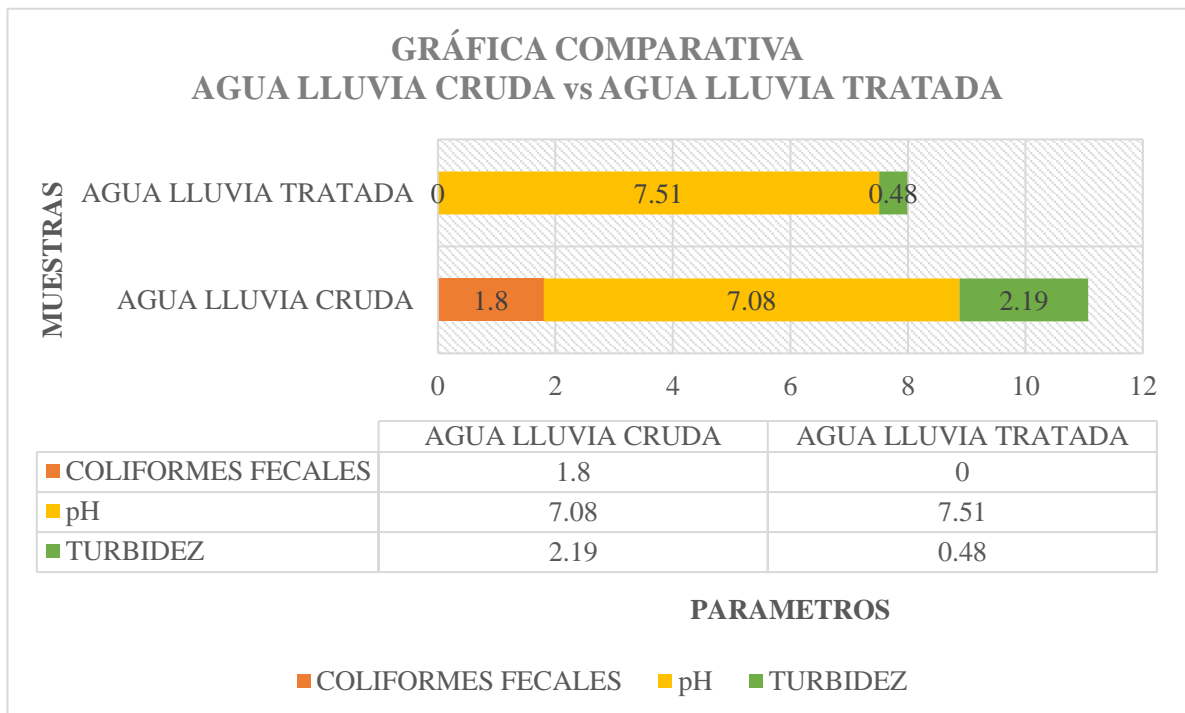


Figura 41. Comparación agua lluvia Cruda vs Agua lluvia tratada

Fuente: Francisco Espinosa

Al realizar la comparativa podemos apreciar que existen diferencia entre estos tres parámetros para coliformes fecales se puede apreciar que el agua de lluvia cruda tiene (1.8 nmp/100mL), se redujo en el agua tratada a (0 ufc/100mL), lo cual nos permite entrar en la ausencia que la norma INEN “Agua para consumo humano” especifica que se debe tener para consumo humano; Turbidez al compararla podemos decir que tanto el agua lluvia cruda y el agua lluvia tratada están dentro del límite de tolerancia que permite la Norma INEN “ Agua para consumo humano” que es un máximo de (5 NTU), para el agua de lluvia cruda se obtuvo un valor de (2.19 NTU), que al ser tratada se redujo a (0.48 NTU), con lo cual el tratamiento realizado redujo la turbidez del agua lo cual es más saludable para el consumo humano; pH para el este parámetro podemos determinar que en ambos análisis están en el rango de tolerancia que refiere la Norma INEN “ agua para consumo humano” de (6.5 a 8 U pH) y se observa que el para el agua lluvia cruda el valor es de (7.08 U Ph), que aumenta en el agua lluvia tratada a (7.51 U Ph), lo cual es el indicador que no el agua lluvia tratada y el proceso de tratamiento son eficaces ya que el agua tratada cumple con los parámetros para ser utilizada para consumo humano y utilización doméstica.

*Tabla 27 Comparación de porcentajes de remoción e incremento*

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	AGUA LLUVIA CRUDA	AGUA LLUVIA TRATADA	PORCENTAJES DE REMOCION E INCREMENTO	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
<b>COLIFORMES FECALES</b>	ufc/100mL (nmp/100mL)	Standard Methods-9222-D /9221-B	1,8	0	100	SI
<b>pH</b>	UpH	Standard Methods-4500H+B	7,08	7,51	5,72	SI
<b>TURBIDEZ</b>	NTU	Standard Methods-2530-B/ 2130-B	2,19	0,48	78,08	SÍ

*Fuente: Francisco Espinosa*

Finalmente se determina que el sistema de tratamiento a removido el 100% de los coliformes fecales existentes en el agua lluvia. De igual manera en la turbidez se aprecia una remoción del 78.08% al ser tratada lo cual determina que el tratamiento es

eficaz. El pH por su parte tuvo un incremento del 5.72 % con respecto al agua lluvia cruda esto es ocasionado por la adición del cloro en el agua tratada ya que este es alcalino por lo cual tiende a incrementar el pH pero al ser mínimo el incremento el pH se encuentra en el rango admisible según la norma INEN “Agua para consumo humano”.

### 3.2 Verificación de Hipótesis

El uso de una técnica alternativa para el aprovechamiento de agua lluvia ha tenido resultados óptimos favorables para su utilización que permitirá la dotación de agua para uso doméstico en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Al analizar los resultados obtenidos del agua lluvia tratada podemos determinar que el sistema de filtración es efectiva al momento de remover coliformes fecales teniendo un porcentaje del 100% de remoción con respecto al agua lluvia no tratada, también podemos determinar que la turbidez del agua en el agua tratada se redujo con un porcentaje del 78.08% de remoción con respecto al agua lluvia no tratada lo cual nos permite ratificar la propuesta de filtración ya que mejora este parámetro, en cuanto al pH se determina que se incrementa en un 5.72% con respecto al agua lluvia cruda ya que esta agua al ser tratada con un proceso de cloración hace que el agua reaccione al cloro que es alcalino y este suba el pH pero al tener un resultado de 7.51 U Ph, que está dentro del rango admisible nos confirma la eficiencia del tratamiento.

Al tener un cloro residual de 0.6 mg/L, se ratifica que el tratamiento está debidamente desarrollado ya que se encuentra dentro del rango de 0.3 a 1.5 mg/L, y por último el color aparente que con un valor de 3.1 U Pt-Co, es admisible pone en evidencia que el sistema de filtración y tratamiento funcionaron con eficacia arrojando valores óptimos para que esta agua sea utilizada como agua de consumo Doméstico.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se concluyó que el abastecimiento de agua potable en la zona de estudio no es permanente, debido a que el 52% de la población encuestada tiene problemas de abastecimiento por los cortes frecuentes de la red pública y un 88% de las viviendas no consta con un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias lo cual nos permite beneficiar directamente en la dotación con la implementación de nuestro sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.
- Se determinó que la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en viviendas unifamiliares autosustentables es viable gracias a que mediante la captación de la lluvia se llega a obtener 2940 litros de agua de los cuales para el tratamiento y dotación en la vivienda se ocuparán 2000 litros, sabiendo que la NEC 2011 especifica que una vivienda debe tener una dotación de agua de entre 200 a 350 L/hab/día y nuestros datos obtenidos en campo lanzaron un promedio de 196 L/hab/día se confirma que nuestra agua lluvia captada y tratada es suficiente para abastecer a la vivienda por 10 días continuos, siendo el 33.33% del abastecimiento total mensual.
- Se determinó que el agua lluvia cruda obtenida mediante el sistema de aprovechamiento indica bajos valores de contaminación o que están dentro del rango de tolerancia: coliformes fecales menor a 1.8 nmp/100mL, color real 3 U Pt-Co, pH 7.08 UpH, turbidez 2.19 NTU, análisis que son aceptables según el TULSMA 2015 para la tabla 1 “Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico” y la tabla 3 “Criterios de agua para riego agrícola”.



- Se concluyó que el agua lluvia cruda de acuerdo a los valores obtenidos en el análisis es apta para reutilizarse en el tratamiento del agua para consumo humano, para la limpieza de la vivienda y a su vez para el riego agrícola, teniendo que en el sector el 42% de las viviendas utiliza agua de regadío.
- Se determinó que el agua tratada mediante el proceso de filtración y cloración tuvo una alta eficacia y es apta para reutilizarse para el consumo humano: cloro residual 0.6 mg/L, coliformes fecales 0 ufc/100 mL (Ausencia), color aparente 3. U Pt-Co, pH 7.51 UpH, turbidez 0.48 NTU, análisis que se encuentran en el rango de aceptación según la Norma INEN 1108 “Agua para consumo humano”
- Se concluyo que los porcentajes de remoción fueron altos: coliformes fecales (de 1.8 nmp/100mL a 0 ufc/100mL) en un 100%, turbidez (de 2.19 NTU A 0.48 NTU) en un 78.08% y se obtuvo un incremento porcentual en el pH (de 7.08 U pH a 7.51 U pH) en un 5.75% debido a la adición de cloro liquido en el agua sabiendo que este es alcalino, a su vez todos los valores se mantienen en el rango admisible según la Norma INEN 1108 “Agua para consumo humano”.
- Se concluyó que el diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia a implementar beneficiara a sus usuarios por su eficiencia en el tratamiento del agua lluvia para el consumo humano, además tienen una alta factibilidad constructiva debido a la utilización de materiales de fácil acceso en el mercado y una instalación simple ya que no necesariamente requiere mano de obra especializada reduciendo su costo, se considera una solución económica y amigable al medio ambiente.

## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda incentivar a la investigación de sistemas alternativos de obtención de agua para el consumo humano que permita que las generaciones futuras sean auto sustentables en el consumo del agua proveniente de fuentes naturales que no tengan un impacto ambiental negativo más bien sean amigables con el medio ambiente.
  
- Se recomienda realizar una socialización de esta alternativa en el GAD Municipalidad de Ambato con el fin de dar a conocer los costó-beneficios que representaría para la sociedad este tipo de sistemas que a más de tener un impacto ambiental positivo ayudaría al abastecimiento de agua en muchos sectores de la ciudad que carecen en gran medida por la demanda que se tiene y reduciría los gastos que genera la utilización de este recurso.
  
- Se recomienda que para este tipo de proyectos de experimentales la Universidad Técnica de Ambato conste con un laboratorio debidamente equipado para el análisis de las muestras de agua y en futuras investigaciones se tenga una mejor accesibilidad y factibilidad al momento de del análisis de datos ya que se reduciría el costo que requieren los exámenes e incentivarían a que posteriormente se siga investigando este recurso hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia,” *Gestión y Ambient.*, vol. 13, no. 2, pp. 25–39, 2010.
- [2] J. Solano, C.; Gonzaga, F.; Espinoza, F.; Espinoza, “Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico , Isla Jambelí , cantón Santa Rosa Rainwater collection system for domestic use , Jambelí Island , cantón Santa Rosa,” vol. 3, no. 1, pp. 151–159, 2017.
- [3] K. O. F. Engineering, “Kulliyyah of engineering department of mechanical engineering,” no. November 2016, p. 2016, 2016.
- [4] O. O. Aladenola and O. B. Adeboye, “Assessing the potential for rainwater harvesting,” *Water Resour. Manag.*, vol. 24, no. 10, pp. 2129–2137, 2010, doi: 10.1007/s11269-009-9542-y.
- [5] E. Ghisi, D. L. Bressan, and M. Martini, “Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil,” *Build. Environ.*, vol. 42, no. 4, pp. 1654–1666, 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.02.007.
- [6] P. Basán Nickisch, Mario<sup>1</sup> ; Sánchez, Luciano<sup>2</sup> ; Tosolini, Rubén<sup>3</sup> ; Tejerina Díaz, Fabián<sup>4</sup> ; Jordan, “Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura.,” vol. 10, no. 1688–2873, pp. 15–25, 2018.
- [7] T. Thomas, “Domestic water supply using rainwater harvesting,” *Build. Res. Inf.*, vol. 26, no. 2, pp. 94–101, 1998, doi: 10.1080/096132198370010.
- [8] E. Wanjiru and X. Xia, “Sustainable energy-water management for residential houses with optimal integrated grey and rain water recycling,” *J. Clean. Prod.*, vol. 170, pp. 1151–1166, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.212.
- [9] H. Rubio Arias, R. Ortiz Delgado, R. Quintana Martínez, R. Saucedo Terán, J. Ochoa Rivero, and N. Rey Burciaga, “Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México,” *Ecosistemas y Recur. Agropecu.*, vol. 1, no. 2, pp. 139–150, 2014, doi: 10.19136/era.a1n2.162.

- [10] N. Arboleda Montaña, “Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de Los Lagos, Buenaventura.,” *Luna Azul*, vol. 43, no. 43, pp. 29–55, 2016, doi: 10.17151/luaz.2016.43.3.
- [11] Awawdeh M, Al-Shraideh S, Al-Qudah K, and Jaradat R, “Rainwater harvesting assessment for a small size urban area in Jordan,” *Int. J. Water Resour. Environ. Eng.*, vol. 4, no. 12, pp. 415–422, 2012, doi: 10.5897/IJWREE10.025.
- [12] V. Phillips, “Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso,” *Man. Capacit. para la Particip. comunitaria*, 2006.
- [13] J. M. Ortiz, E. X. Molina Castro, J. F. Quesada Molina, A. E. Calle Pesántez, and D. A. Orellana Valdéz, “Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca,” *Ingenius*, no. 20, pp. 28–38, 2018, doi: 10.17163/ings.n20.2018.03.
- [14] Organización Mundial de La Salud, “Guías para la calidad del agua de consumo humano.,” *Organ. Mund. la Salud*, vol. 4, p. 608, 2011, [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [15] A. Ing, H. Hernández, M. Rojas, and A. Rojas, “GUÍAS BÁSICAS AGUA Y SANEAMIENTO : OPCIONES PRÁCTICAS.”
- [16] N. H. Nhe, *NORMA ECUATORIANA DE LA COSTRUCION 2011 NHE CAPI6*. Ecuador, 2011, p. 38.
- [17] FAO, *Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia*. 2013.
- [18] A. Muller, “Las Precipitaciones,” *Hidrol. I*, p. 2, 2013, [Online]. Available: <http://www.conosur-rirh.net/ADVDF/documentos/hidro1.pdf>.
- [19] IVAN RICARDO AVILA BAREÑO and FIGUEROA MARIO ARTURO MORENO, “DISEÑO, PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN TANQUES DE RESERVA EN LA POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE LA INSPECCIÓN DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA,” 2016.
- [20] F. Brikké, R. Vera, N. Medina, F. Carranza, and Ricardo Mairena, “El Mercado de las Bombas de Mecate en Nicaragua,” Nicaragua, Centro America, 2008.

- [21] L. 2015 Grupo de Tecnologías apropiadas, “Bomba manual de mecatro ,Universidad Carlos III Madrid,” vol. 1, p. 2015, 2015.
- [22] NTE INEN 1108, “Agua Potable. Requisitos. Nte Inen 1108,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, vol. 1108, no. 5, pp. 1–10, 2014, [Online]. Available: <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf%0Ahttp://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>.
- [23] Ministerio del Ambiente, “Registro Oficial 387 - AM 140,” *Acuerdo Minist. 097-A, Texto Unificado Legis. Secund. del Minist. del Ambient.*, pp. 1–184, 2015.
- [24] Dipac Manta SA, “DIPANEL DP5 GALVALUME.” Manta, p. 31, 2020.
- [25] Mexichem Ecuador SA, “Tanques para almacenar productos de consumo humano, fabricados con Polietileno 100% virgen.,” vol. REV 2019-0. ECUADOR, p. 6, 2019.
- [26] Mexichem Ecuador SA, “Canales\_y\_Bajantes\_Diptico\_2019\_out.pdf.” ECUADOR, p. 4, 2019.
- [27] INEC, “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo,” 2013, vol. NTE INEN 2, pp. 1–15, 2013, [Online]. Available: <https://bit.ly/2C5dMyv>.
- [28] INEN 2169, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras.,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 26, 2013, [Online]. Available: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.
- [29] R. Pullés and M. R. Pullés, “Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba,” *Rev. CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 45, no. 1, pp. 25–36, 2014.
- [30] W. W. Johnson, “ANÁLISIS DE AGUAS,” vol. 1, p. 46, 2005.
- [31] OMS, “Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad - OMS,” *Segunda Edición*, vol. 3, p. 271, 1998.

## ANEXOS

### ➤ Fotografías



**Construcción sistema de aprovechamiento de aguas lluvias**



**Recolección de muestras de agua Cruda y tratada**

➤ **Modelo Encuesta**

**Encuesta**

1. **Provincia:** Tungurahua
2. **Cantón:** Ambato
3. **Parroquia:** Atahualpa
4. **Número de Personas que habitan en la vivienda:** \_\_\_\_\_
5. **m2 de vivienda:** \_\_\_\_\_
6. **Fecha de entrevista:** \_\_\_\_\_
7. **¿Posee agua potable?**
  
8. **¿Cuánta paga al mes en consumo de agua?** \_\_\_\_\_
9. **¿Utiliza agua de regadío?**
  
10. **¿A qué hora del día utiliza o consume mayor cantidad de agua?**
  
11. **¿Existen cortes de agua en el sector?**
  
12. **¿Recolecta o reutiliza en agua lluvia de alguna manera?**
  
13. **¿Posee algún sistema alternativo de captación de agua lluvias?**
  
14. **¿Implementaría un sistema de captación de aguas lluvias para abastecer la demanda de agua domestica?**



➤ Presupuesto

<b>PRESUPUESTO MAQUETA</b>				
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
CANALETAS	2	u	21,86	43,72
TAPA CANAL IZQUIERDO	1	u	1,7	1,7
TAPA CANAL DERECHO	1	u	1,7	1,7
BAJANTE	1	u	16,04	16,04
SOPORTE METÁLICO	6	u	1,33	7,98
UNIÓN CANAL	1	u	5,19	5,19
UNIÓN CANAL DESCENDENTE	1	u	6,76	6,76
MALLA FINA	1	m	3,13	3,13
TANQUE RESERVORIO 60L	1	u	15	15
REDUCCIÓN 3" A 2"	1	u	0,49	0,49
UNIÓN 3"	1	u	1,47	1,47
PEGATANKE	1	u	3,13	3,13
UNIÓN PLASTIGAMA	1	u	0,45	0,45
ADAPTADOR TANQUE	1	u	2,59	2,59
NEPLO 10 cm	1	u	0,45	0,45
TEFLÓN	1	u	0,45	0,45
LLAVE DE MEDIA VUELTA	1	u	7	7
ZEOLITA FINA MALLA 14 45KG	1	u	28,34	28,34
CARBÓN ACTIVADO MALLA 4 25KG	1	u	54,5	54,5
PIEDRA PARTIDA GRUESA (RIPIO)	1	saco	1,25	1,25
PIEDRA PARTIDA FINA (CHISPA)	1	saco	1	1
ANÁLISIS AGUA LLUVIA CRUDA	1	examen	37,84	37,84
ANÁLISIS AGUA LLUVIA TRATADA	1	examen	46,89	46,89
			<b>Total</b>	<b>287,07</b>

<b>PRESUPUESTO DISEÑO</b>				
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
CANALETAS	9	u	21,86	196,74
TAPA CANAL IZQUIERDO	1	u	1,7	1,7
TAPA CANAL DERECHO	1	u	1,7	1,7
BAJANTE	1	u	16,04	16,04
SOPORTE METÁLICO	27	u	1,33	35,91
UNIÓN CANAL	5	u	5,19	25,95
UNIÓN CANAL DESCENDENTE	1	u	6,76	6,76
MALLA FINA	6	m	3,13	18,78
TANQUE RESERVORIO 60 L	1	u	15	15
REDUCCIÓN 3" A 2"	1	u	0,49	0,49
UNIÓN 3"	1	u	1,47	1,47
PEGATANKE	2	u	3,13	6,26
UNIÓN PLASTIGAMA	1	u	0,45	0,45
ADAPTADOR TANQUE	1	u	2,59	2,59
NEPLO 10 cm	1	u	0,45	0,45
TEFLÓN	2	u	0,45	0,9
TEE 1"	1	u	0,85	0,85
TEE 2"	1	u	2,25	2,25
LLAVE DE MEDIA VUELTA	1	u	7	7
TUBO 1"	2	u	6,5	13
TUBO 2"	2	u	2,63	5,26
TUBO ½"	1	u	5	5
CODO 1"	4	u	1,02	4,08
CODO ½"	3	u	0,85	2,55
TANQUE DE RESERVA DE 2000 LITROS	1	u	600	600
FLOTADOR	2	u	9,86	19,72
ZEOLITA FINA MALLA 14 45KG	1	u	28,34	28,34
CARBÓN ACTIVADO MALLA 4 25KG	1	u	54,5	54,5
PIEDRA PARTIDA GRUESA (RIPIO)	1	saco	1,25	1,25
PIEDRA PARTIDA FINA (CHISPA)	1	saco	1	1
			<b>Total</b>	<b>1075,99</b>

➤ **Análisis de calidad de agua**

**INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

17025-RG-CC-71-10

Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
Acreditación  
N° SAE LEN 14-001**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	FRANCISCO ESPINOSA VACA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	21050615
DIRECCIÓN:	TUNGURAHUA/AMBATO/ATAHUALPA/BARRIO VALPARAISO	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2021-05-18; 09h34min
PERSONA DE CONTACTO:	FRANCISCO ESPINOSA VACA	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	2021-05-18
TELÉFONO DE CONTACTO:	0995773125	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	2021-05-19
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	AMBATO, ATAHUALPA	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	2021-05-22
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	TANQUE RECOLECTOR	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	2021-05-18; 08h40min		Humedad (%): 38
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	PUNTUAL		Temperatura (°C): 19,7
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	AGUA NATURAL		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	FRANCISCO ESPINOSA VACA		

**ANÁLISIS REALIZADOS**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)**	Norma de referencia: TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)**	RESULTADOS
COLIFORMES FECALIS *	nmp/100mL	Standard Methods-9221-C	1000	1000	<1,8
COLOR REAL *	U Pt-Co	HACH 8025	75	-	3
pH	U pH	Standard Methods-4500H+B	6 - 9	6 - 9	7,08
TURBIDEZ	NTU	Standard Methods-2130-B	100,0	-	2,19

\* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.

\*\* Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
pH	(4,32 a 12,31) UpH	3%	17025-PR-CC-20-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed. 23. 2017 4500 H+B.
turbidez	(0,32 a 106) NTU	12%	17025-PR-CC-21-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed. 23. 2017 2130 B.

**NOTA:** ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE, POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.

OBSERVACIONES: Ninguna

**PROFESIONALES RESPONSABLES:**

Firmado electrónicamente por:

**PAUL OMAR  
VEINTIMILLA  
POZO**Firmado electrónicamente por:  
**JACQUELINE DEL  
ROCIO AVILA  
JACOME**Ing. Paúl O. Veintimilla P.  
ANALISTA DE LABORATORIOIng. Jacqueline Avila Jácome  
RESPONSABLE TÉCNICO



INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

17025-RG-CC-71-10



Acreditación N° SAE LEN 14-001  
LABORATORIO DE ENSAYOS



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	FRANCISCO ESPINOSA VACA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	21050616
DIRECCIÓN:	TUNGURAHUA/AMBATO/ATAHUALPA/BARRIO VALPARAISO	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2021-05-18; 09h34min
PERSONA DE CONTACTO	FRANCISCO ESPINOSA VACA	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	2021-05-18
TELÉFONO DE CONTACTO:	0995773125	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	2021-05-19
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	AMBATO, ATAHUALPA	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	2021-05-22
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	TANQUE DE CLORACION	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	2021-05-18; 08h30min		Humedad (%): 38
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	PUNTUAL		Temperatura (°C): 19,7
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	AGUA DE CONSUMO		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	FRANCISCO ESPINOSA VACA		

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: NORMA INEN 1108:2020. AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS**	RESULTADOS
CLORO RESIDUAL*	mg/L	HACH-8021	0,3 a 1,5	0,6
COLIFORMES FECALES *	ufc/100mL	Standard Methods-9222-D	Ausencia	0
COLOR APARENTE	U Pt-Co	HACH 8025	15	3,1
pH	U pH	Standard Methods-4500H+B	6,5 - 8,0	7,51
TURBIDEZ	NTU	Standard Methods-2130-B	5	0,48

\* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.

\*\* Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDADELMÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Color aparente	(5 a 500) U Pt-Co	25%	17025-PR-CC-37-XX; Método de referencia: HACH 8025
pH	(4,32 a 12,31) UpH	3%	17025-PR-CC-20-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed. 23. 2017 4500 H+B.
Turbidez	(0,32 a 106) NTU	12%	17025-PR-CC-21-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed. 23. 2017 2130 B.

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE, POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO.

OBSERVACIONES: Ninguna

PROFESIONALES RESPONSABLES:

  
Firmado electrónicamente por:  
**PAUL OMAR VEINTIMILLA POZO**

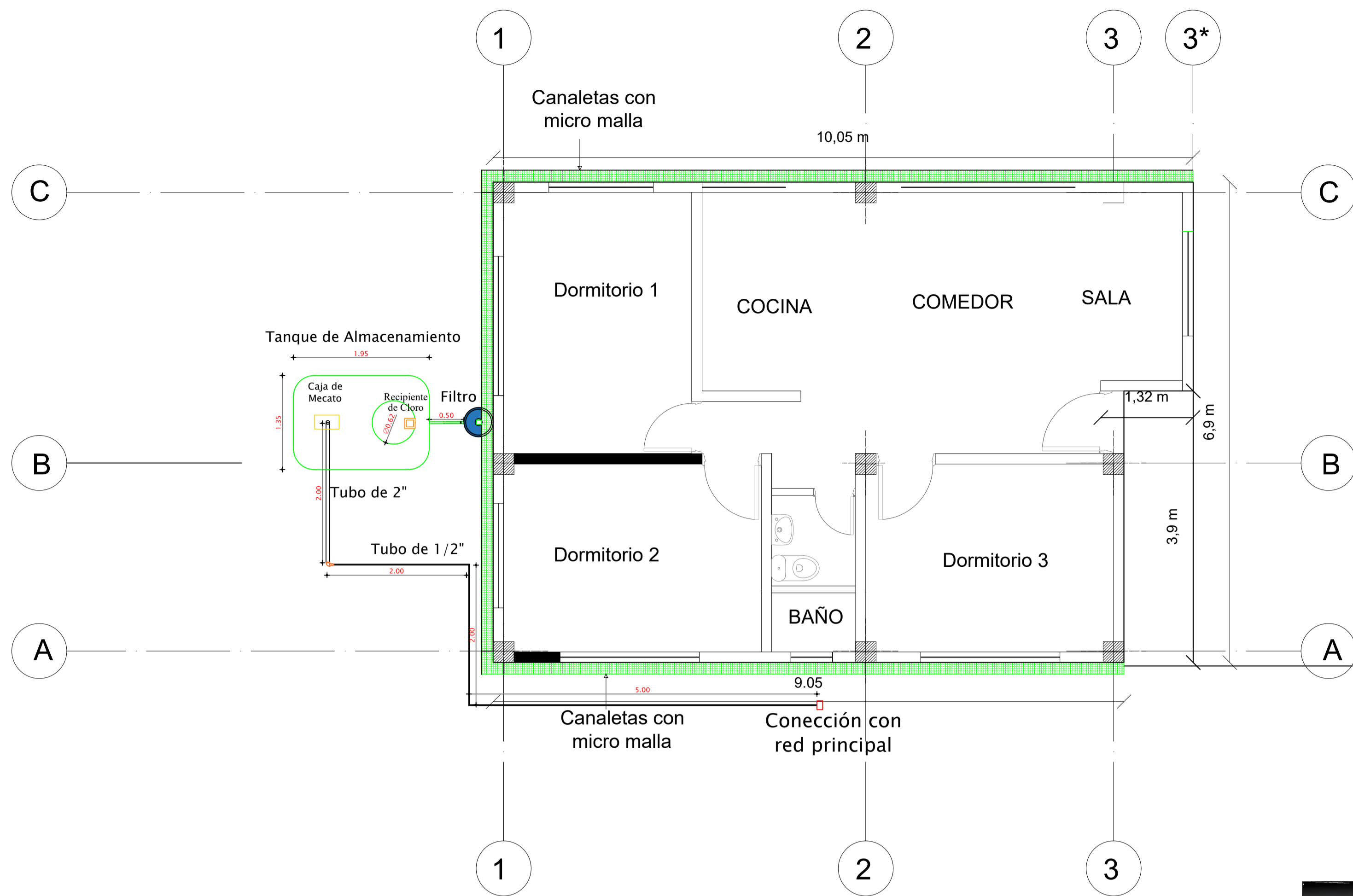
  
Firmado electrónicamente por:  
**JACQUELINE DEL ROCIO AVILA JACOME**

Ing. Paúl O. Veintimilla P.  
ANALISTA DE LABORATORIO

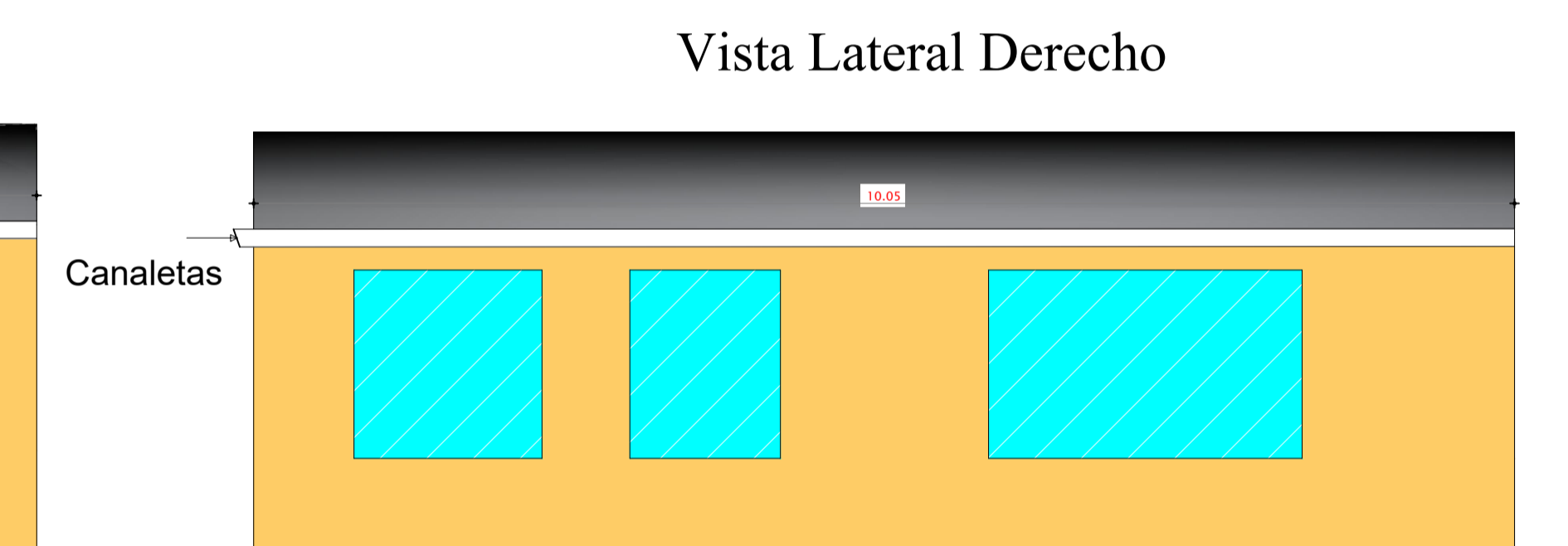
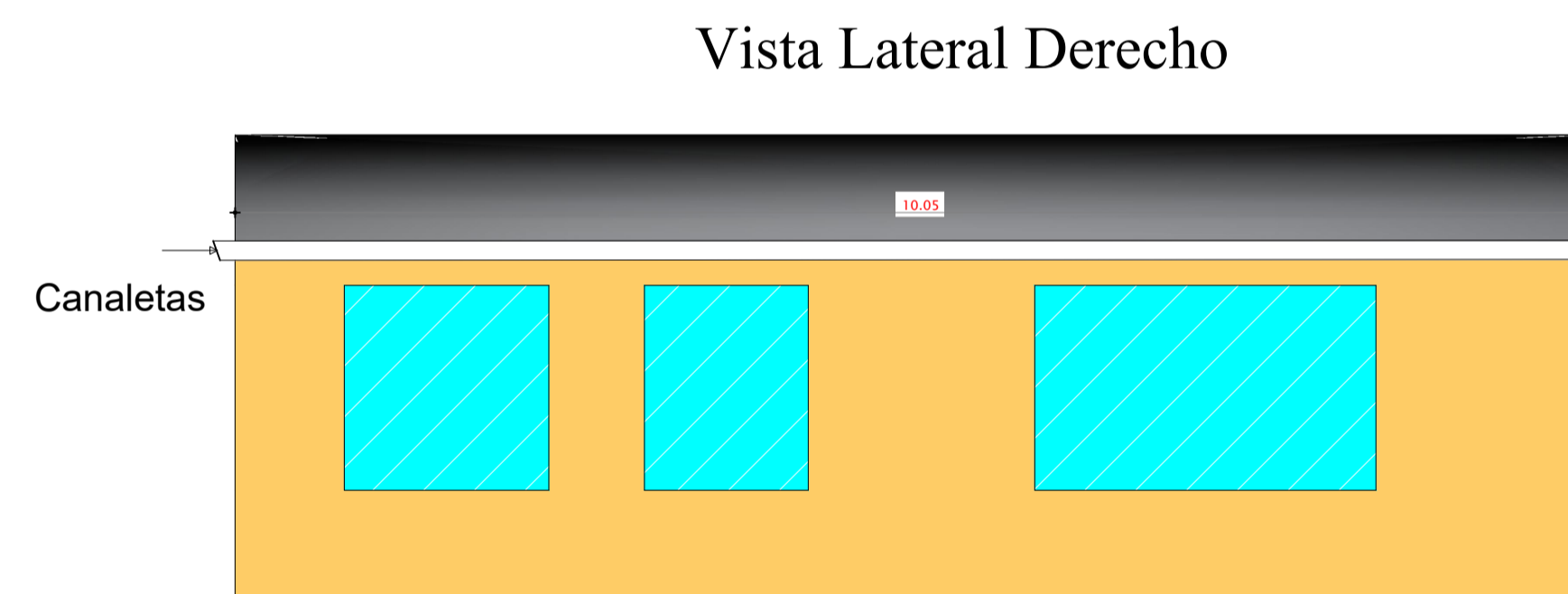
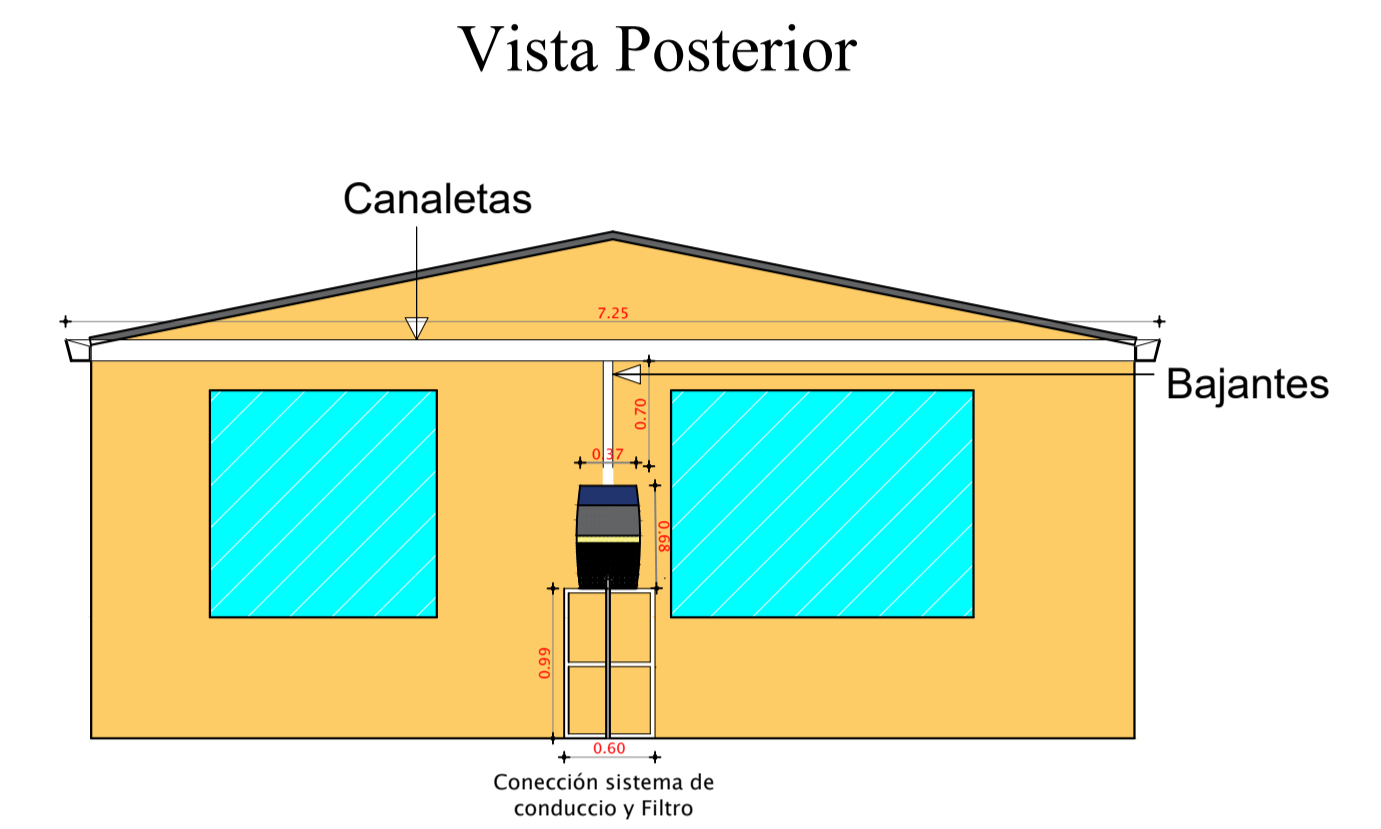
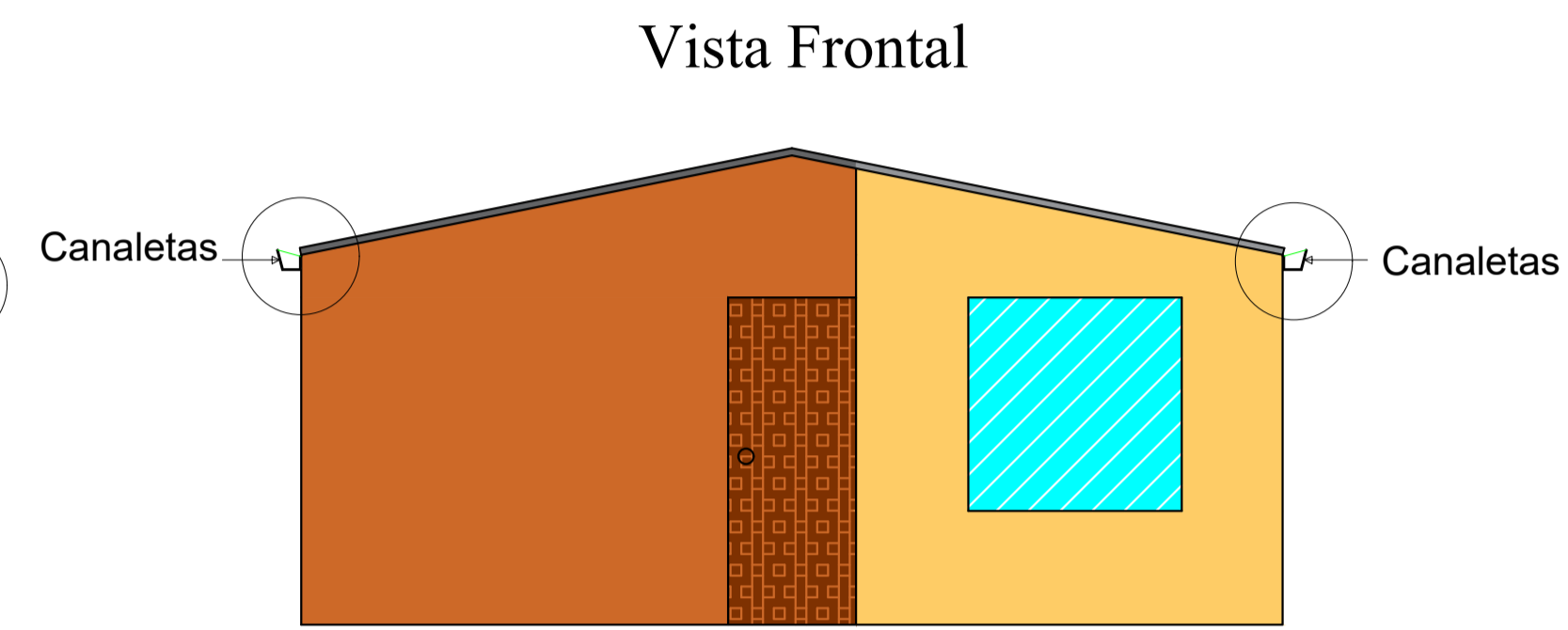
Ing. Jacqueline Avila Jácome  
RESPONSABLE TÉCNICO



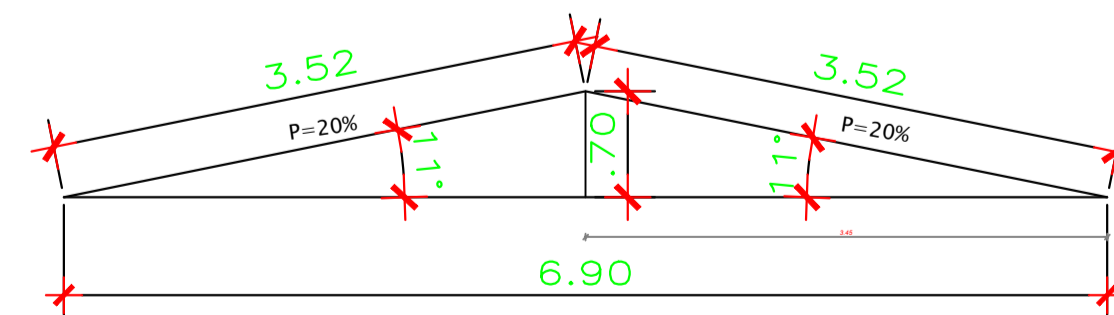
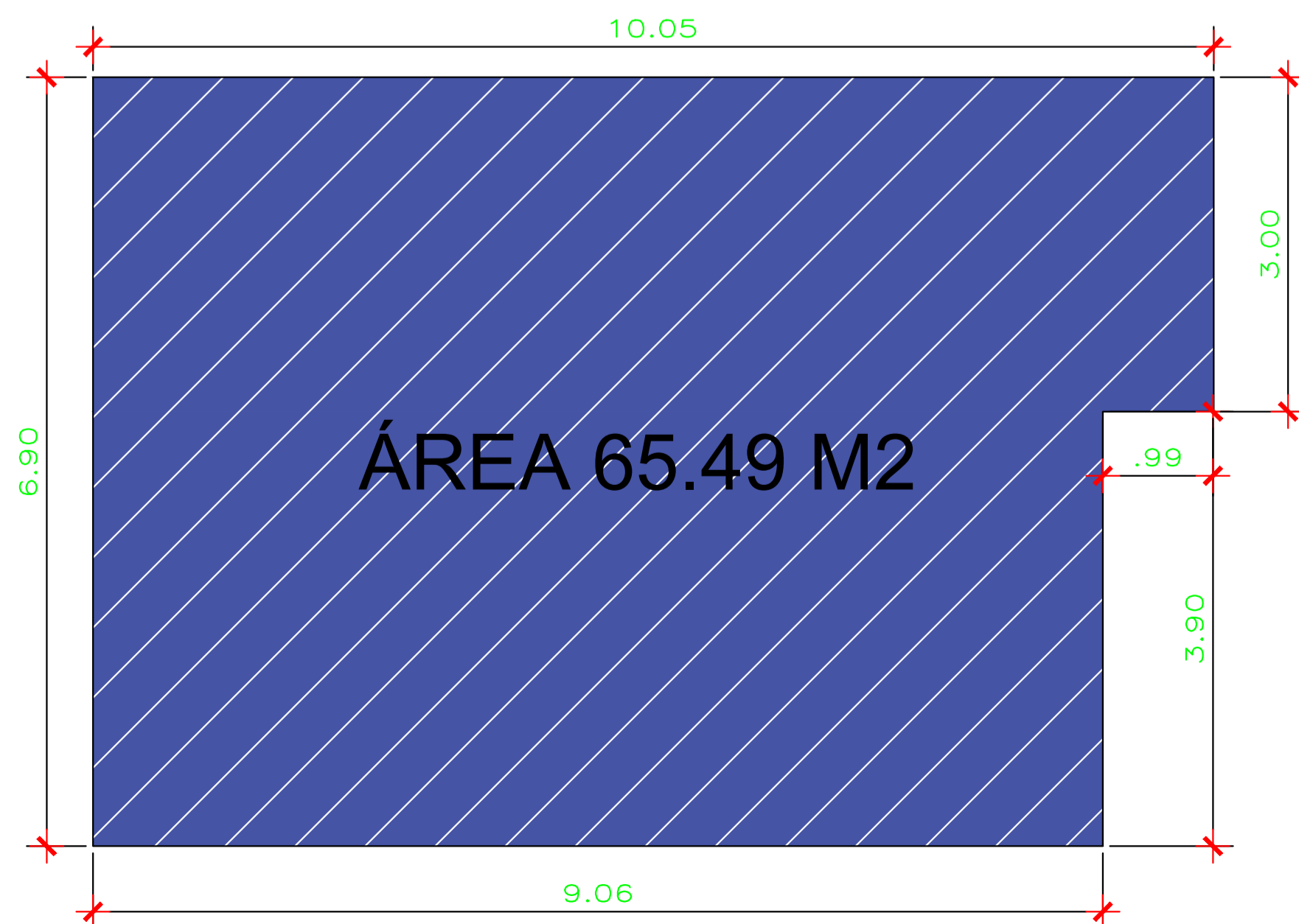
# VISTA EN PLANTA SISTEMA



# FACHADAS DEL SISTEMA EN LA VIVIENDA



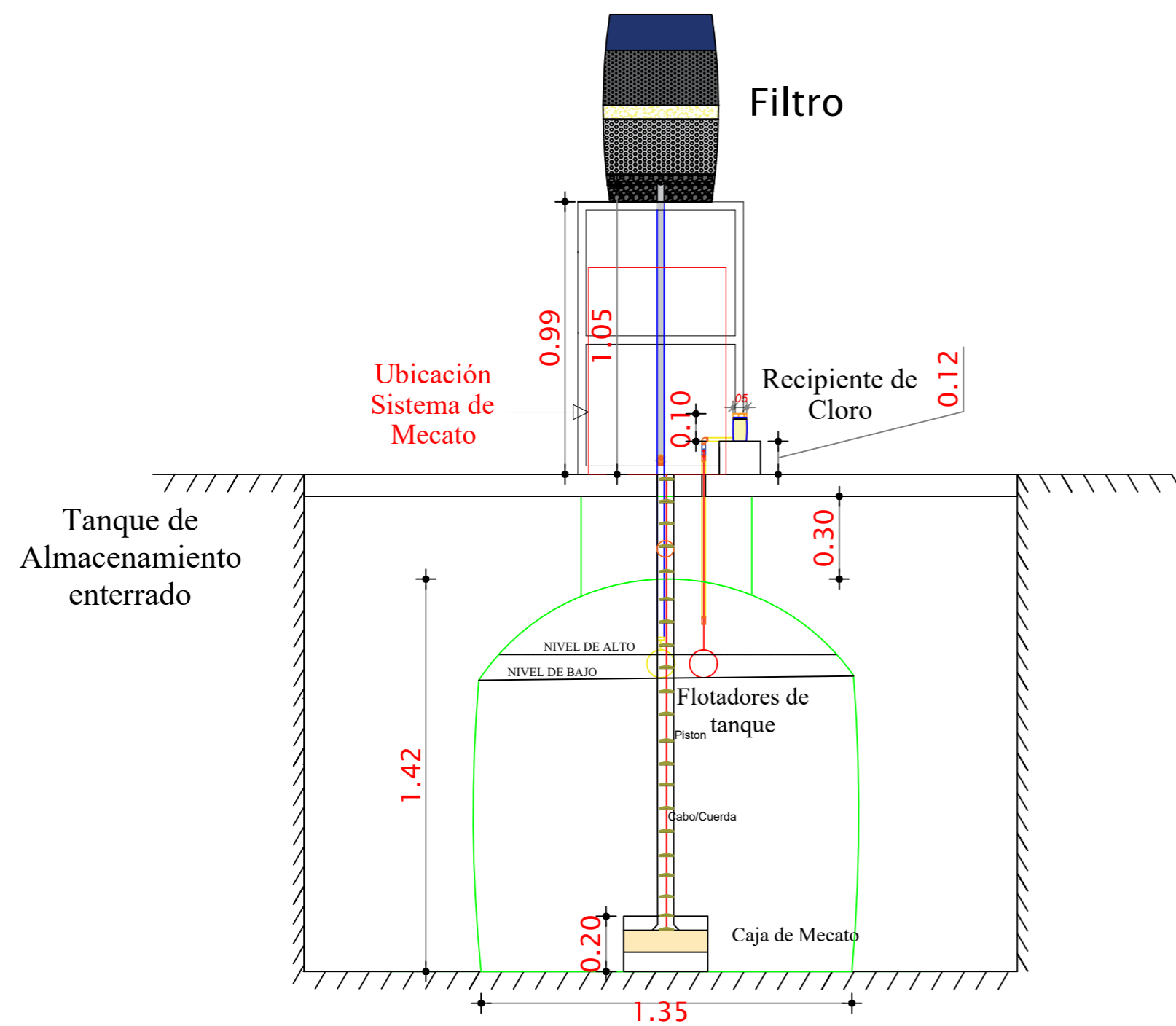
# AREA DE CAPTACIÓN



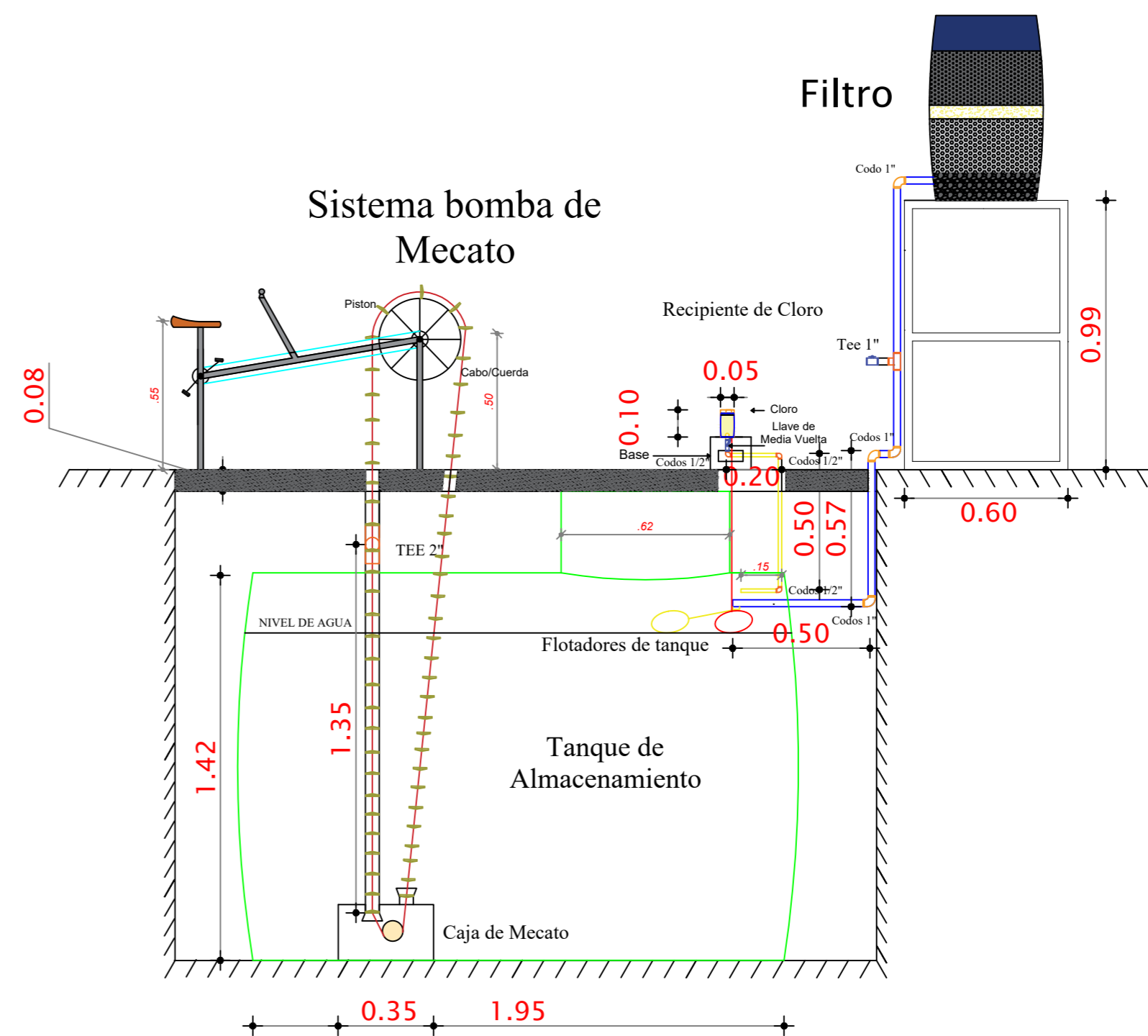
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PLANO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA		
FECHA: 2021	ESCALA: ESC: 1:50	LÁMINA: 1 DE 2
TUTOR: ING.MG. JORGE GUEVARA	ALUMNO: FRANCISCO ALEJANDO ESPINOSA VACA	

# DETALLE DEL SISTEMA

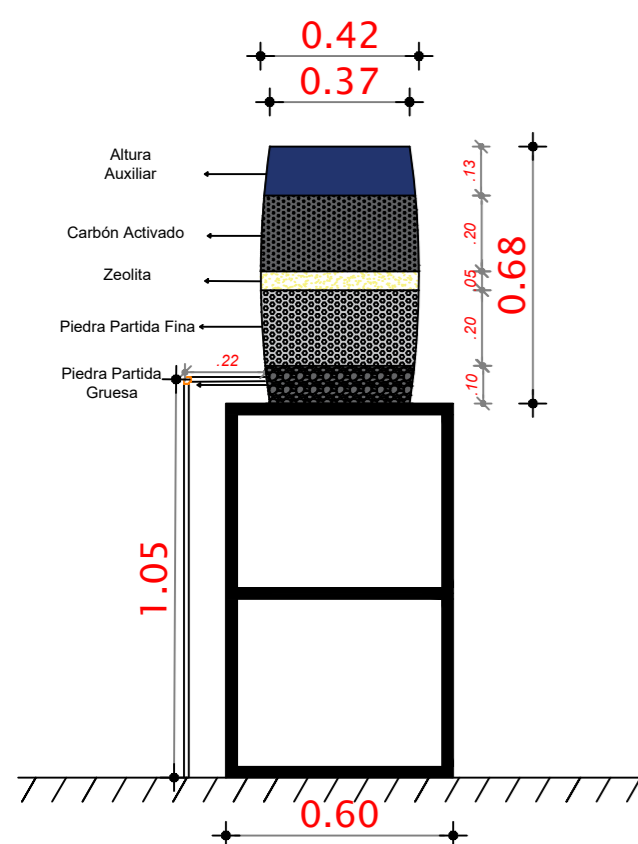
VISTA FRONTAL DEL SISTEMA



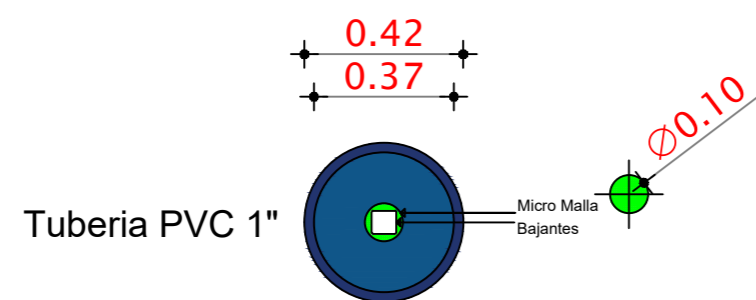
VISTA LATERAL DEL SISTEMA



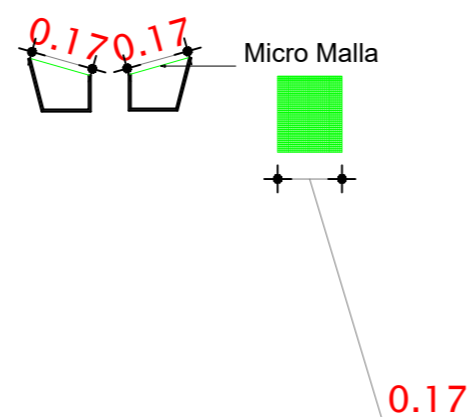
Vista en Corte Filtro



Vista en Planta Filtro



Detalle canal con micro malla



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA

FECHA:

2021

ESCALA:

ESC: 1:20

LÁMINA:

2 DE 2

TUTOR:

ING.MG. JORGE GUEVARA

ALUMNO:

FRANCISCO ALEJANDRO  
ESPINOSA VACA