

Edwin Rigoberto Ac Cú

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Asesor General Metodológico:  
Ing. Amb. Jorge Arturo Gordillo Reyes

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Edwin Rigoberto Ac Cú

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciatura en Ingeniería  
Civil con énfasis en construcciones rurales.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Rector de la universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Esta tesis fue presentada por Edwin Rigoberto  
Ac Cú, previo a obtener el título universitario  
de Licenciatura en Ingeniería Civil con énfasis  
en construcciones rurales.

## **Prólogo**

El programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala en cumplimiento a lo que estipula para obtener el título de ingeniero civil, en el grado académico de licenciatura, se elaboró la propuesta denominada: Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

Caserío El Conde es un poblado semiurbano mayormente habitado por personas de la etnia pocomchí, de los problemas existentes en el lugar, se optó por investigar la problemática del agua, esto por ser un elemento vital de consumo diario para el desarrollo integral del ser humano, la investigación se desarrolló, teniendo la participación activa de los miembros del caserío la cual llevó a tener los resultados previstos, los datos obtenidos colaboraron de gran manera para realizar la propuesta de planificación de un sistema de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

Otra de las razones por la cual se eligió investigar esta problemática, fue que las autoridades del lugar tenían provisto ya solicitar a la municipalidad la pronta solución a esta problemática.

La propuesta presentada tiene como finalidad el implemento de un sistema de captación, distribución y tratamiento de agua, para que la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, pueda contar con mejores condiciones en los servicios básicos, y así mejorar la calidad y condición de vida de la población del caserío. Esta propuesta de sistema de captación, distribución y tratamiento de agua, se desarrolló tomando en cuenta normas que regulan este tipo de proyectos, adquiriendo así requisitos básicos, estándares de calidad y seguridad, todo esto producto de la investigación realizada en el caserío.

## **Presentación**

La investigación realizada tiene por objeto determinar las causas de los problemas que tienen los habitantes del caserío El Conde acerca de las enfermedades gastrointestinales relacionadas al agua, ya que el agua es un vital líquido del que las personas deben adquirirlo en buena calidad.

El problema de la escasez del agua es un tema de auge mundial que se vive actualmente y caserío El conde no es la excepción, este tipo de problemas es núcleo de otros problemas, es decir, la falta de sanidad en el agua acarrea muchas otras enfermedades, por lo que es necesario la intervención pronta de los investigadores, afrontar y dar solución a este tipo de problemáticas para un desarrollo social integral.

Mediante las técnicas y métodos utilizados se determinó el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias que en un porcentaje alto se transmiten por la mala calidad del agua a causa de la inexistencia de un sistema adecuado de obtención del mismo.

Por medio del diagnóstico realizado en el caserío el Conde, Tactic, Alta Verapaz, en la investigación se identificó que la población no tiene el servicio del vital líquido adecuado, por lo cual se procedió a buscar nuevas alternativas para contrarrestar esta problemática, la investigación se realizó desde enero 2020 hasta diciembre del mismo año, en el caserío el Conde.

Se realiza la propuesta de un diseño de captación, red de distribución y tratamiento. Esto beneficiaría no solo a la población actual, sino que, hasta cierto grado a la población futura, ya que podrían contar con agua y distribución hasta sus hogares, así poder solucionar la problemática encontrada mediante la investigación.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
I.1 Planteamiento del problema .....	2
I.2 Hipótesis de trabajo.....	3
I.3 Objetivos .....	3
I.3.1 General: .....	3
I.3.2 Especifico: .....	3
I.4 Justificación .....	4
I.5 Metodología.....	5
I.5.1 Métodos .....	5
I.5.2 Técnicas .....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	9
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS.....	86
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	98
BILBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mala calidad del agua .....	12
<b>Figura 2.</b> Nivel de servicio y cantidad de agua recolectada .....	15
<b>Figura 3.</b> Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua para usos domésticos .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Figura 4.</b> Límites provisionales para las sustancias tóxicas en el agua potable. ....	33
<b>Figura 5.</b> Concentraciones de fluoruros recomendadas para el agua potable .....	34
<b>Figura 6.</b> Captación de agua de lluvia.....	35
<b>Figura 7.</b> Captación de agua superficial.....	43
<b>Figura 8.</b> Captación de agua subterránea .....	44
<b>Figura 9.</b> Aforo de agua por el método volumétrico .....	46
<b>Figura 10.</b> Aforo de agua por el método velocidad-área.....	47
<b>Figura 11.</b> Captación con pozos de infiltración.....	52
<b>Figura 12.</b> Galerías de infiltración.....	55
<b>Figura 13.</b> Toma de agua lateral.....	61
<b>Figura 14.</b> Tanque de captación-planta.....	62
<b>Figura 15.</b> Tanque de captación-perfil.....	65
<b>Figura 16.</b> Carga disponible en la línea de conducción .....	66
<b>Figura 17.</b> Clase de tubería de PVC.....	68
<b>Figura 18.</b> Tuberías y su máxima presión de trabajo.....	77
<b>Figura 19.</b> Cámara rompe presión.....	44
<b>Figura 20:</b> Válvula de aire.....	45
<b>Figura 21.</b> Válvula de limpieza o de purga.....	21
<b>Figura 22.</b> Volumen de agua disponible en el mundo.....	22
<b>Figura 23.</b> Regiones afectadas al 2025 por la falta de agua.....	53
<b>Figura 24.</b> Cobertura de agua en Guatemala.....	56
<b>Figura 25.</b> Sistema de agua ramificada.....	59
<b>Figura 26.</b> Sistema de distribución cerrado.....	59
<b>Figura 27.</b> Clarificación del agua.....	62

<b>Figura 28.</b> Filtración del agua.....	63
<b>Figura 29.</b> Desinfección del agua.....	29
<b>Figura 30.</b> Tanque de mezcla de cloro.....	67
<b>Figura 31.</b> Tanque de almacenamiento o reservorio.....	31
<b>Figura 32.</b> Conexiones domiciliarias.....	72
<b>Figura 33.</b> Conexiones domiciliarias vista en planta.....	73
<b>Figura 34.</b> Pirámide poblacional, departamento de Alta Verapaz, 2018.....	74
<b>Figura 35.</b> Organización política administrativo Tactic.....	79

..

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Grafica 1.</b> Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias. ....	87
<b>Grafica 2.</b> Tiempo que ha existido el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias. ....	88
<b>Grafica 3.</b> Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, se debe a la mala calidad del agua. ....	89
<b>Grafica 4.</b> El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico. ....	90
<b>Grafica 5.</b> Jefes de hogar que utilizan diferentes tipos de abastecimiento de agua en su hogar. ....	91
<b>Grafica 6.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que cuentan con una propuesta de diseño de sistema de agua para consumo humano. ....	92
<b>Grafica 7.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran necesario la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano. ....	93
<b>Grafica 8.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que apoyarían la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano. ....	94
<b>Grafica 9.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada. ....	95
<b>Grafica 10.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran, que la municipalidad tiene los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de un sistema de agua para consumo humano. ....	96

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias. ....	87
<b>Cuadro 2.</b> Tiempo que ha existido el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias. ....	88
<b>Cuadro 3.</b> Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, se debe a la mala calidad del agua. ....	89
<b>Cuadro 4.</b> El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico. ....	90
<b>Cuadro 5.</b> Jefes de hogar que utilizan diferentes tipos de abastecimiento de agua en su hogar. ....	91
<b>Cuadro 6.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que cuentan con una propuesta de diseño de sistema de agua para consumo humano. ....	92
<b>Cuadro 7.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran necesario la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano. ....	93
<b>Cuadro 8.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que apoyarían la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano. ....	94
<b>Cuadro 9.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada. ....	95
<b>Cuadro 10.</b> Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran, que la municipalidad tiene los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de un sistema de agua para consumo humano. ....	96

## I. INTRODUCCIÓN

La carencia de agua potable, además de un medio de distribución para su obtención, lleva a la investigación en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, y los resultados conllevan al desarrollo de la propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

Se utilizó el modelo de investigación dominó para general el árbol de problemas y objetivos, de esta forma se definieron los objetivos de esta investigación. Se elaboró la metodología y uso de técnicas que conllevaron a la comprobación de la hipótesis planteada, para soporte de la metodología se desarrolló el marco teórico, que contiene información de referencia.

Para la comprobación de la hipótesis planteada se realizó una encuesta a los habitantes del caserío y un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación y miembros del Consejo de Desarrollo Municipal del municipio de Tactic, Alta Verapaz, los resultados fueron interpretados y analizados por medio del coeficiente de correlación y ecuación lineal, para conocer la relación que existe entre la variable dependiente e independiente y proyectar a futuro el comportamiento de la problemática, la investigación consta de cuatro capítulos:

Capítulo I: el capítulo uno describe la situación de la problemática, como también las técnicas utilizadas en la investigación.

Capítulo II: se desarrolla el marco teórico el cual incluye temas conceptuales tales como el estado, características, normas y la situación del agua en Guatemala.

Capítulo III: se desarrolla la comprobación de la hipótesis el cual contiene las gráficas y los cuadros, resultado del vaciado de las boletas de campo que se utilizaron para comprobar las variables

Capítulo IV: se encuentran las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **I.1 Planteamiento del problema**

Debido daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, se llevó a cabo una investigación y se determinó que el problema es la Mala calidad del agua para consumo humano, esto a causa de la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz. El caserío no cuenta con un sistema formal de abastecimiento, y se abastece de agua de varias formas, como lo son el agua de lluvia, agua de pozo o agua de río, algo que conlleva a un trabajo extra y tedioso para tratar de que sea bebible. Otra de las alternativas con que cuenta la población es la compra de agua por cisternas, este último implica un costo adicional.

Los casos de enfermedades gastrointestinales constantes, el trabajo extra y tedioso para tratar el agua y el costo adicional que representa, tiene un impacto significativo en el desarrollo y economía de la población, adicional a esto, en invierno por las lluvias constantes al mismo tiempo que incrementa el caudal de los ríos, incrementan la turbiedad de los pozos, lo que agrava la situación.

Los problemas del agua para el consumo humano es un tema que ha tenido auge en estos últimos años, este resultado se asocia con el fenómeno del cambio climático que se vive a nivel mundial, sino se resuelve esta situación se aumentará significativamente muchos problemas de la sociedad, ya que esta problemática acarrea otros problemas, y se comporta como el efecto dominó, el agua como vital líquido para el ser humano, su ausencia por largos periodos de tiempo, da origen a otros tipos de enfermedades o diagnósticos, como deshidratación, deficiente desarrollo del ser humano, etc. En países desarrollados, con altos índices de desarrollo humano, las personas tienen acceso a mayor cantidad de agua, con esto podemos determinar que es un escenario que demanda la implementación de soluciones.

## **I.2 Hipótesis de trabajo**

El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

¿La inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, por la mala calidad del agua, causa daño a la calidad de vida por el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años?

## **I.3 Objetivos**

### **I.3.1 General:**

Disminuir el daño a la calidad de vida por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

### **I.3.2 Especifico:**

Reducir mala calidad del agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

#### **I.4 Justificación**

El daño a la calidad de vida por incremento de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, por la mala calidad de agua debido a la inexistencia de un diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, fue motivo de esta investigación, dicha investigación ha dado los siguientes resultados:

De acuerdo a la proyección lineal el resultado se comporta aproximadamente de la siguiente manera. Si no se ejecutara la propuesta: en el primer año de la proyección los resultados de los casos serán de 312; 333 en el segundo año; 354 el tercer año; 375 en el cuarto año; 396 en el quinto año y así seguiría el patrón incrementándose, por el contrario, los casos disminuirían si se llevase a cabo la propuesta comportándose de la manera siguiente: en el primer año disminuiría a 278 casos; 237 en el segundo año; 197 en el tercer año; 156 en el cuarto año; 102 en el quinto año y así seguiría conforme los años. Con estos datos se puede determinar la importancia inmediata de la intervención y ejecución de la propuesta.

El riesgo que puede implicar el desinterés de la implementación de esta propuesta, es que los habitantes continuarían adquiriendo dichas enfermedades teniendo por fuente agua que no es apta para el consumo humano sin mejorar la calidad de vida de los pobladores.

La implementación de la propuesta del diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, reduciría los casos de las enfermedades gastrointestinales. Además, con esto mejoraría la calidad del agua, y por consiguiente mejoraría la calidad de vida de la población del caserío.

Las graficas del comportamiento de esta problemática se presenta detalladamente en el apartado de comprobación que se encuentra en el capítulo II de este documento.

## **I.5 Metodología**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación.

### **I.5.1 Métodos**

#### **Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis**

- **Método deductivo**

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de principios. El método fue utilizado en la formulación de la hipótesis; primero se identificó la problemática existente en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, sobre la mala calidad del agua, después se generó la causa inmediata, así como el efecto que ocasiona el problema.

- **Método analítico**

Es un método que se basa en la experimentación y la lógica empírica, con este método se pudo identificar e interpretar los datos obtenidos de la formulación de la hipótesis, por medio del cual se analizaron las causas de la mala calidad del agua y así poder reducir los casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

- **Método de marco lógico**

Se utilizó en el momento que se conocía mejor la problemática, se desarrollaron los objetivos y resultados para conocer hasta donde se puede llegar con el estudio conforme la matriz de la estructura lógica.

#### **Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

- **Método inductivo**

Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos del problema

identificado en el caserío, lo que sirve para la elaboración de la comprobación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

- **Método estadístico**

El método estadístico permitió determinar mediante las encuestas, la comprobación de la hipótesis y así establecer que “El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano”.

- **Método sintético**

Se utilizó para obtener las conclusiones, recomendaciones y resultados de la investigación.

## **I.5.2 Técnicas**

### **Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis**

- **Lluvia de ideas**

Se utilizó esta técnica para enlistar muchos de los problemas relevantes del caserío, para que después se pudieran priorizar los que mayores efectos causan.

- **Observación directa**

Esta técnica se utilizó con la observación directa a los habitantes del caserío, para delimitar el problema que causa la falta de un sistema de captación, abastecimiento y tratamiento de agua.

- **Investigación documental**

Se realizó una búsqueda y una revisión bibliográfica de los documentos que tuvieran información similar a la problemática.

- **Entrevista**

Se realizó una entrevista a los habitantes del caserío, y a miembros de la dirección de planificación municipal de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz, con el fin de obtener diferentes perspectivas y así obtener información precisa para la problemática establecida.

### **Técnicas que se utilizaron para la comprobación de a hipótesis**

- **Censo**

Se realizó un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación y el Consejo de Desarrollo Municipal de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz ya que su población es de 10 personas la cual es menor a 35 con esto se ayudó a comprobar la variable independiente.

- **Encuestas**

Se elaboraron tres encuestas a distintas poblaciones: dos encuestas dirigidas a la población del caserío, para la comprobación de las variables dependiente e intermedia y una encuesta dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de planificación y el Consejo de Desarrollo de la Municipalidad de Tactic, Alta Verapaz, para la comprobación de la variable independiente.

- **Técnica de análisis**

Se utilizó esta técnica para obtener el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones en la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables.

- **Determinación de la población investigar**

En atención a este tema, por ser una población de 311 habitantes, fue necesario realizar el cálculo del tamaño de la muestra con el 90% del nivel de confianza y el

10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa, con un resultado representativo de 56 habitantes los cuales fueron encuestados para comprobar el efecto y el problema central.

Después de recabar información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, se procedieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

- **Correlación**

Se utilizó la técnica de correlación, para determinar la relación que existe entre la variable dependiente y la variable independiente.

- **Proyección**

Se utilizó la técnica de proyección con la finalidad de determinar el comportamiento a futuro de la situación, esto ayudó a tomar decisiones.

- **Método de modelo de investigación Dominó**

También se utilizó el modelo de investigación dominó que es un modelo que utiliza la Universidad Rural de Guatemala, Proporcionado por el Rector, que es conformado por 14 celdas, las primeras 3 celdas la conforman el efecto; problema central; y la causa principal, las celdas de la 4 a la 6, que la conforman el objetivo principal, los objetivos específicos y el nombre de la propuesta.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **Enfermedad gastrointestinal y parasitaria**

#### **Enfermedades relacionadas al agua**

Las enfermedades relacionadas con el agua son diferentes en cuanto a su naturaleza, transmisión, efectos y tratamiento, las consecuencias adversas para la salud con relación al agua se pueden establecer en tres clases: enfermedades transmitidas por el agua, incluidas las causadas por organismos fecales-orales y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades con base en el agua y las enfermedades vinculadas a la falta de agua o denominadas enfermedades vinculadas a la falta de higiene, son enfermedades que se desenvuelven donde el vital líquido limpio es escaso (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Una enfermedad que se adquiere por el agua indica entonces, que es agua impura, agua que ha sido contaminado con desechos humanos, animales o químicos. En el mundo, la inexistencia de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es causa de un poco más de 12 millones de defunciones por año (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Más de 1,200 millones de personas no tienen acceso a agua dulce de calidad, se menciona las enfermedades más frecuentes transmitidas por el agua, la cólera, fiebre tifoidea, shigella, poliomielitis, meningitis y hepatitis A y E. Los humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades. Millones de humanos alrededor del mundo tienen poco o nulo acceso a servicios sanitarios de evacuación de desechos o a agua limpia para la higiene personal. Se calcula que 3,000 millones de personas carecen de servicios higiénicos. (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Se calculan que todos los años se registran más de 3,000 millones de casos de

enfermedades diarreicas, que causan de 3 a 4 millones de muertes, sobre todo en niños. Las enfermedades relacionadas a la diarrea son las principales enfermedades debidas al agua, estas enfermedades predominan en países en donde el tratamiento de las aguas servidas es inadecuado. Los desechos humanos se evacuan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La Organización Mundial de la Salud calcula que el 94% de los casos de diarrea podrían evitarse a través de modificaciones del medio, ejemplo de ello, las intervenciones para aumentar la disponibilidad de agua apta y salubre, así mejorar el saneamiento y la higiene (ONU, 2007).

Un estudio realizado por la ONU en el 2005 dio como resultado que los casos diarreicos se reducen un 25% al mejorar el abastecimiento de agua, un 32% si se mejora el saneamiento; un 45% si se suma el lavado correcto de las manos y otros 39% si se trata y mejora el almacenamiento del agua para consumo humano (ONU, 2007).

Los niños pequeños, los lactantes, las personas debilitadas y los adultos mayores son la parte de la población que presenta mayor riesgo en adquirir enfermedades a causa del agua, en un alto grado si viven en condiciones de insalubridad (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

Como fuente el MSPAS, cinco de las primeras causas de morbilidad general pueden corresponder a enfermedades de origen hídrico, se mencionan algunos: enfermedad diarreica aguda, parasitismo intestinal, amebiasis intestinal, dengue clásico y malaria clínica confirmada. En el 2007 se estima casi 1 millón de casos. Como las estadísticas no los clasifica según los agentes causantes, no se puede tener un dato preciso de los casos que sean efectivamente atribuibles al agua (Lentini, 2010).

En Guatemala la morbilidad general asociada a enfermedades de origen hídrico en el 2005 fue de 1.3 millones de casos; la mortalidad general en el 2002, el 10% del total de las muertes se debía a enfermedades de transmisión hídrica. (Lentini, 2010).

La enfermedad diarreica aguda fue la segunda causa de morbilidad general con 392 mil casos en todo el país de estos el 60% fueron mujeres, también se agrega que en 2007 esto representó la cuarta causa de mortalidad general (Lentini, 2010).

De estos casos, los niños son los especialmente vulnerables al contagio de estas enfermedades, como lo afirma el MSPAS, al considerar dos causas de morbilidad infantil, las cuales son: enfermedad diarreica aguda y parasitismo intestinal, hubo 88 mil casos en 2007, lo que representa el 13% del total, y al tomar en cuenta tres causas de morbilidad infantil: enfermedad diarreica aguda; parasitismo intestinal y amebiasis intestinal en niños entre 1 y 4 años hubo 320 mil casos lo que representa el 23% del total (Lentini, 2010).

De esto se indica que el síndrome diarreico agudo fue la segunda causa de morbilidad infantil un total de 72 mil casos y de morbilidad de niños entre 1 y 4 años 153 mil casos (Lentini, 2010).

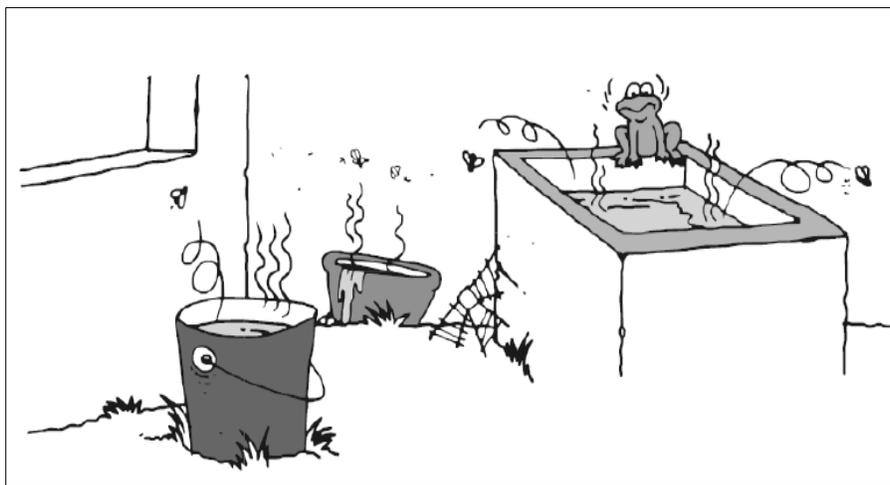
La enfermedad diarreica aguda también es la segunda causa de mortalidad en niños menores de 1 año, en 2007 resultó un total de 608 muertes representando el 10% del total de defunciones en esta categoría, según un análisis estadístico realizado por RASGUA en 2007 la población sin acceso al vital líquido es la más vulnerable y son la que presentan las mayores tasas de morbilidad general y morbilidad de los niños de 1 a 4 años por contaminación del agua, y mortalidad por enfermedad diarreica (Lentini, 2010).

Todas estas estadísticas manifiestan un precario estado en lo que respecta al cuidado

de la salud y exactamente relacionado con los sistemas de abastecimiento, claro está que estas estadísticas son datos un poco antiguos, pero esto no quiere decir que el problema no esté presente, siendo un poco más conservador, se puede indicar que los datos de ahora son menos desalentadores; otras instituciones también han tenido sus propias investigaciones y resultados.

Surgen enfermedades, en especial relacionadas a las gastrointestinales y diarreicas cuando se bebe agua sin tratar, a estas enfermedades se les denominan enfermedades de origen hídrico, ya que son causadas por parásitos, virus y bacterias que son microorganismos que se reproducen en aguas almacenadas, sin tratamiento y por deficiente o mala condición de higiene (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 1.** Mala calidad del agua



**Fuente:** (CARE Internacional-Avina, 2015).

En general, las enfermedades de origen hídrico son causadas principalmente por:

- Utilizar agua de mala calidad
- Un mal almacenamiento de agua
- Servicio de agua no continuo y malos hábitos de higiene

La utilización y consumo de agua de mala calidad produce enfermedades como:

- Colera
- Tifoidea
- Amebiasis
- Hepatitis
- Diarreas

### **Aguas servidas como fertilizante causante de enfermedades**

Cuando las aguas procedentes de las aguas servidas son utilizadas como fertilizante en tierras cultivables, puede provocar epidemias o enfermedades como la colera, estas enfermedades incluso pueden volverse crónicas donde es insuficiente el suministro de agua limpia. Existen casos en donde las aguas procedentes de aguas servidas fueron utilizadas para fertilizar campos de hortalizas y ocasionaron brotes de colera en Chile y Perú a inicios de los años noventa (Ercilio Moura, y otros, 2005).

### **Sustancias tóxicas y metales pesados en el agua**

Otra de las causas de las enfermedades transmitidas por el agua, son las sustancias tóxicas que llegan a terminar en las fuentes de agua dulce que cada vez son más casos, todo esto a causa de productos químicos de la agricultura y desechos industriales, como los fertilizantes y plaguicidas, estos desechos químicos en bajas concentraciones llegan a acumularse paulatinamente con el tiempo, lo que a largo plazo llega a causar enfermedades crónicas como cánceres de diferentes tipos en personas que usan este tipo de aguas (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Los nitratos de los fertilizantes químicos que se filtran en los pozos de agua ensuciándolos, se han convertido en una preocupación en más de 150 países alrededor del mundo, lo que causa muchos problemas de salud al beberlo (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Las grandes concentraciones de nitratos causan trastornos sanguíneos, en el agua estas concentraciones excesivas de nitratos y fosfatos favorecen y estimulan el crecimiento y propagación de algas denominadas verde-azules, que causan la desoxigenación del mismo. El oxígeno es fundamental para la afloración de organismos responsables de depurar el agua, descomponiendo la materia orgánica como los desechos humanos que lo contaminan, este es un ejemplo claro y clave del papel fundamental del oxígeno en el agua, y al ser un dato fundamental es uno de los datos esenciales que se debe de tomar como indicador de calidad (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Las plaguicidas como el heptaclor y el DDT, que en la agricultura son utilizados, en muchas ocasiones suelen filtrarse a las fuentes de agua, la presencia de este tipo de productos en el agua y en productos alimenticios tienen efectos contundentes en la salud de los seres humanos pues hay estudios que indican que causan enfermedades crónicas como el cáncer y pueden causar recuentos bajos de espermatozoides además de enfermedades neurológicas (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Como lo afirma Ercilio Moura y otros (2005) Dacca, Bangladés, los residuos de heptaclor en las fuentes del agua han logrado alcanzar niveles de 0.789 microgramos por litro, 25 veces más que el máximo de 0.03 microgramos por litro recomendado por la OMS.

En el país de América latina, Venezuela, un estudio realizado la cual consistió recoger agua durante la estación lluviosa, se determinó que el agua estaba contaminada con varios plaguicidas, también se examinó a las mujeres embarazadas de la zona, se encontró residuos de DDT en la leche materna, residuos que se transfieren automáticamente a los lactantes (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La introducción de contaminantes tóxicos en los mantos acuíferos y freáticos o depósitos de aguas superficiales que se utiliza para beber o para uso en el hogar

también causa problemas de salud en los países industrializados. En muchos países de Europa la contaminación del agua pone en riesgo la salud de cerca de 500 millones de personas, ejemplo de ello en el norte de Rusia, por ejemplo, medio millón de personas pertenecientes a la península de Kola ingieren agua contaminada con materiales pesados, esta práctica es uno de los indicios que ayuda a explicar las altas tasas allí notificadas de enfermedades intestinales y diarreicas (Ercilio Moura, y otros, 2005).

**Figura 2.** Nivel de servicio y cantidad de agua recolectada.

Nivel Servicio	Distancia/ Tiempo	Volumen de agua recolectada	Necesidades encontradas	Prioridad de intervención y acción
<b>SIN ACCESO</b>	Más de un kilómetro / más de 30 minutos caminando.	Muy baja. Frecuentemente menos de 5 litros diarios por persona.	Consumo no puede estar asegurado. Higiene comprometida. Consumo básico puede estar comprometida.	Muy Alto. Provisión del servicio básico.
<b>ACCESO BASICO</b>	Dentro de un kilómetro/ menos de 30 minutos caminando.	En promedio no excede aproximadamente de 20 litros diarios por persona.	Consumo debe estar asegurado. Higiene puede estar Comprometida.	Alto. Educación de higiene. Provisión del servicio a nivel intermedio.
<b>ACCESO INTERMEDIO</b>	Provisión del agua on – plot por lo menos un caño (yard level).	El promedio es un aproximado de 50 litros diarios por persona.	Consumo asegurado. Higiene no debería estar comprometida.	Bajo. Promoción de la higiene para lograr un nivel de salud. Alentar el acceso optimo.
<b>ACCESO OPTIMO</b>	Suministro de agua por múltiples caños dentro de la casa.	Un promedio entre 100 y 200 litros diarios por persona.	Consumo asegurado. Higiene no debería estar comprometida.	Muy Bajo. Promoción de la higiene hasta lograr una salud optima.

**Fuente:** (Ercilio Moura, y otros, 2005, pág. 23).

Como lo afirma Ercilio Moura, y otros (2005) si el abastecimiento de agua y el saneamiento básico fueran ampliados a aquellos que hasta el día de hoy no conocen esos servicios, se calcula que la carga de las enfermedades diarreicas infecciosas se reduciría en un 17% anual. Si se llevase a cabo un suministro de agua bien regulado de conducción universal por cañerías y un saneamiento completo, se reduciría la carga en cerca del 70% por año.

En países subdesarrollados cerca de 2.2 millones de personas, en gran mayoría niños,

mueren cada año, por enfermedades asociadas a la falta de agua potable, por saneamiento inadecuado y por falta de higiene, se pueden observar ciertos datos relacionados en la figura siguiente (Ercilio Moura, y otros, 2005).

También se calcula que un poco más de 3000 millones de casos de enfermedades alrededor del mundo son provocados anualmente por la falta de acceso de agua limpia y potable, además de que cada ocho segundos un niño muere de una enfermedad relacionado con el agua (Ercilio Moura, y otros, 2005).

### **Agua**

El agua es un compuesto químico estable, que se forma por los átomos de dos elementos, el hidrogeno y el oxígeno, estos elementos existen separadamente en la naturaleza y son fundamentales para la creación y mantenimiento de casi la mayoría de los procesos que se observa cotidianamente (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

El elemento más abundante en el universo es el hidrogeno, el sol, la estrella de la cual la tierra orbita, es la fuente de hidrogeno de nuestro sistema solar, en él, se produce el fenómeno llamado fusión nuclear, la vida en la tierra seria inimaginable sin él (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

Por otro lado, el Oxigeno es uno de los elementos fundamentales y más importantes de la química orgánica, ya que participa de forma vital en el ciclo energético en los seres vivos, es esencial en la respiración celular de los seres aeróbicos, en tiempos más contemporáneos ha tomado mucho auge en su unión triatómica, al proteger la tierra de los rayos ultravioletas provenientes del sol (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

Sin embargo la importancia que tienen estos elementos por separado para la vida en

la tierra y la formación del universo es menor que la unión de estos, un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrogeno se puede describir como una de las manifestaciones más prodigiosas, bellas y funcionales jamás observadas, simplemente es inconmensurable la belleza y vitalidad que se forma con estos dos elementos, elemento llamado agua (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

### **Química del agua**

El agua como una solución desde el punto de vista químico, se considera el líquido disolvente universal, contiene cierta cantidad de sustancias disueltas de distinto tipo además de las sustancias del nivel atómico y molecular, algunos de los materiales adicionales a los tamaños atómicos se mantienen a flote sin sedimentar (Giai, 2008).

Este detalle del agua significa que, si no se tiene en cuenta su química, es difícilmente llegar a entender con certeza los procesos que puede llegar a tener en su circulación o en cada uno de sus ciclos, tener conocimiento de la composición del agua permite desde el punto de vista práctico asignar su utilización o su aplicación, estos datos son determinantes para darle un uso específico (Giai, 2008).

### **Procesos formadores de la composición química**

Bien se sabe que el agua es un líquido muy activo químicamente, lo que lo hace un elemento muy agresivo. Es por ello que ni bien se forma, ataca a los materiales con los que está en contacto, agregándolos a su masa, existen varios procesos, las cuales son: (disolución, concentración, intercambio de iones, oxidación y reducción e hidrolisis e hidratación), se detalla a continuación (Giai, 2008).

### **Disolución**

La disolución consiste en la integración de átomos o moléculas de cualquier otro elemento cargados eléctricamente al agua, el agua lo toma a expensas del material. La

disolución depende de varias variables como la temperatura del medio en que tiene lugar, del tiempo de contacto y de las propiedades químicas del sistema material-agua (Giai, 2008).

### **Concentración**

El proceso de concentración tiene lugar en el tramo aéreo del ciclo hidrológico, justamente en el contacto entre la superficie del suelo y el aire, es decir la atmosfera. El agua al evaporarse o evotranspirarse, lo que se transfiere al aire son partículas de agua, mientras que las substancias que posee la misma, permanecen en la porción líquida (Giai, 2008).

El proceso de concentración se da en lagos y lagunas, en la zona de humedad edáfica, y en casos muy especiales, desde la capa freática, cuando el nivel del agua subterránea está cerca de la superficie del suelo y asciende por capilaridad (Giai, 2008).

### **Intercambio de iones**

Este proceso consiste en ceder al medio con el que el agua está en contacto algún ion de los que tiene disueltos, cambiándolo por otro que es tomado desde él. Ciertos minerales, en especial del grupo de las arcillas, tienen la capacidad de efectuar estos intercambios con el agua con la que entran en contacto (Giai, 2008).

### **Oxidación y reducción**

Estas reacciones se producen generalmente en el contacto entre la litosfera y la hidrosfera. El proceso de oxidación, en química se entiende la pérdida de electrones por parte de un átomo, que de esta manera aumenta su carga eléctrica positiva. Reducción es la inversa, o sea la ganancia de electrones y el resultado aumento de la carga eléctrica negativa de átomo receptor de electrones (Giai, 2008).

### **Hidrolisis e Hidratación**

Se puede definir la hidrólisis como la reacción química del agua con un compuesto, en la cual alguno de sus átomos pasa a formar unión de otra especie química, con otro tipo de especie, entendiéndose por especie a compuesto. Este tipo de reacciones puede tener lugar en cualquier tramo del ciclo hidrológico, aunque con preferencia ocurren en el contacto entre el material sólido y el agua, tal como en el fondo de lagos o en las capas de agua del subsuelo (Giai, 2008).

### **Calidad de agua**

Se refiere al agua de buena calidad cuando el líquido no contiene bacterias, hongos, parásitos o sustancias químicas que pueden alterar su composición y/o comportamiento (CARE Internacional-Avina, 2015).

Para mencionar, uno de los problemas de mayor importancia respecto a la calidad de la prestación se refiere son las condiciones físico-químicas del agua. Se calcula que solo el 15% del agua abastecida por los sistemas de red previamente es desinfectada con los parámetros mínimos que dictan las normas, se agrega también, que solo el 25% de los municipios cuentan con algún sistema de desinfección, esto sin conocer el estado de funcionamiento de los mismos (Lentini, 2010).

El agua ha sido considerada desde tiempos inmemoriales como elemento para el sostén de la vida. En los principios de la humanidad los asentamientos humanos se desarrollaron a lado de manantiales, ríos o lagos, lo que hacía posible conseguir, mantener y cosechar alimentos cada día, con el tiempo los seres humanos han comprendido que la salud depende mucho de la importancia de la calidad del agua que se consume (CARE Internacional-Avina, 2015).

Pero una de las inconvenientes es, que las poblaciones han crecido demasiado que es menos posible que todas estas poblaciones estén cerca de las fuentes de agua, y que si lo están, la cantidad y la calidad del agua ha ido disminuyendo y contaminándose,

es por ello que ha sido necesario traer agua de lugares retirados y purificarlo, esta es la razón por la que se construye obras para obtener agua potable, estas obras que captan, conducen, distribuyen y en muchos casos potabilizan el agua, son llamados sistemas de agua potable (CARE Internacional-Avina, 2015).

El agua en su estado natural no se encuentra pura, en una probabilidad muy alta contiene una serie de elementos disueltos que no se pueden ver a simple vista. Solo el pasaje normal del agua por el suelo, correr por lechos lodosos, saltar por encima de piedras y follaje, hace que se contamine, incorporándose en ella elementos físicos (ramas, piedras, papeles, latas), químicos (sales) y desechos bacteriológicos (CARE Internacional-Avina, 2015).

Los profesionales que se encargan de estudiar el agua, mencionan que algunos minerales y sales que se encuentran en el agua no afectan a la salud y que en una cantidad no exagerada puede convertirse hasta beneficioso, pero cuando estas minerales provocan olores o sabores en el agua, entonces se puede determinar que es una fuente de desconfianza, si a la hora de probar el agua, tiene un gusto desagradable, entonces es una señal que es dañina para el consumo humano, ejemplo de ello podemos mencionar que cuando el agua tiene una cantidad considerable de magnesio, produce diarreas (CARE Internacional-Avina, 2015).

En tiempos modernos los seres humanos contaminan el agua en especial las ciudades grandes con residuos químicos, orgánicos e industriales la cual es muy dañino para la vida, además de las fumigaciones que son utilizados en la agricultura en países subdesarrollados, contienen altas tasas de peligrosos pesticidas, que degradan el suelo y las fuentes de agua (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Características del agua potable**

Es el elemento que reúne las características físicas, químicas y biológicas que lo hacen

apto para el consumo humano, de acuerdo con los patrones de potabilidad de la organización panamericana de la salud (Pares Morales, 2017).

Existen normas de calidad avalados internacionalmente que establecen las principales características que debe tener el agua, estas características se dividen principalmente como físicas, químicas y bacteriológicas, estas la deben de tener el agua para ser potable (CARE Internacional-Avina, 2015).

El agua potable es aquella que al consumirla no daña el organismo del ser humano ni daña los materiales a ser usados en la construcción de todo el sistema de agua potable (Agüero Pittman, 1997).

Estas características del agua, nos son uniformes en todas las fuentes, es decir, cada fuente de agua tiene características únicas, por lo que es necesario realizar las evaluaciones pertinentes a cada una de ellas a la hora de un proyecto de suministro de agua.

### **Calidad física de agua**

Se define el agua físicamente como apto para consumo cuando:

- No tiene color (incolora).
- No tiene olor (inodora).
- No tiene sabor (insípida).
- Está libre de contaminantes químicos y microorganismos biológicos.
- Es apta para el consumo.

El agua para el consumo humano segura, en las guías toman como definición, el agua que ocasiona nulo riesgo para el consumo humano cuando se consume toda la vida, contando las diferentes vulnerabilidades que se suele presentar en las etapas de la

misma (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

El cambio climático que se ha manifestado en los últimos tiempos, se ha manifestado en mayores y más graves periodos de sequía o de lluvias más intensas, que ocasionan inundaciones que pueden tener un impacto tanto en la calidad como en la cantidad de agua, lo que requiere planificación y gestión para mermar los efectos adversos en las fuentes de agua para el consumo humano (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

### **Calidad microbiológica del agua**

El control de la calidad microbiológica del agua se fundamenta por lo general en el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal y normalmente se elige la escherichia coli o en lugar de ello coliformes termotolerantes (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

En ocasiones más especiales se puede elegir patógenos específicos para verificar que un brote fue transmitido por el agua o que un proyecto de sistema de abastecimiento haya sido eficaz (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

La existencia de la bacteria escherichia coli demuestra pruebas de contaminación fecal reciente y por ningún motivo debe de tener presencia en el agua de consumo humano, En ciertos casos, se pueden utilizar indicadores adicionales, como bacteriófagos o esporas bacterianas (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

En Guatemala el ente encargado de realizar el control de calidad del agua suministrada, es el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) a través del Sistema Integral en Salud (SIAS), mediante los inspectores de salud que laboran en los distritos de salud de cada municipio, pero la escasez de recursos, la débil capacidad de sanción y la poca organización de las autoridades han llevado a que el sistema carezca de efectividad.

La lluvia puede elevar la cantidad de niveles de contaminación microbiana en las fuentes de agua o en los sistemas de agua, es muy frecuente que después de largos periodos de lluvia aparezcan brotes de enfermedades (Organización Mundial de la Salud, 2011).

### **Calidad química del agua**

Como se menciona anteriormente la idoneidad de la calidad química del agua de consumo humano, se basa en la comparación de resultados con valores de referencia en guías que son proporcionados por entes reguladores, que normalmente no varían en muchos países, y una de los entes que proporciona estos estándares de evaluación es la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Estas guías dictan valores de referencia para muchos más contaminantes químicos que en realidad pudieran afectar a cualquier suministro de agua en particular, entonces antes de iniciar una evaluación química analítica se debe de elegir opciones apropiadas para el seguimiento y vigilancia (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Los químicos presentes en el agua solo representan un peligro si se produce una exposición prolongada, pero, algunos químicos pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un lapso corto de tiempo (CARE Internacional-Avina, 2015).

Para tener en cuenta estos peligros, es necesario conocer los factores causantes como el uso de fertilizantes en la agricultura, la evolución de las concentraciones detectadas, ya que pueden surgir espontáneamente, normalmente por actividades o circunstancias estacionales (CARE Internacional-Avina, 2015).

En las siguientes figuras se muestran los parámetros que el agua debe reunir.

**Figura 3:** Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua para usos domésticos

CONCENTRACIÓN O PROPIEDAD	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DESEABLE	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
SUSTANCIAS	5 unidades	50 unidades
Decolorantes (coloración)		
SUSTANCIAS Olorosas	ninguna	ninguna
SUSTANCIAS QUE DAN SABOR	ninguna	ninguna
MATERIAS EN SUSPENSIÓN (Turbidez)	5 unidades	25 unidades
SÓLIDOS TOTALES	500 mg/l	1500 mg/l
p.H.	7.0 a 8.5	6.5 a 9.2
DETERGENTES ANIÓNICOS	0.2 mg/l	1.0 mg/l
ACEITE MINERAL	0.001 mg/l	0.30 mg/l
COMPUESTOS FENÓLICOS	0.001 mg/l	0.002 mg/l
DUREZA TOTAL	2 m Eq/l (100mg/lCaCO <sub>3</sub> )	10 m Eq/l (500mg/lCaCO <sub>3</sub> )
NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	—	45 mg/l
CLORUROS (en Cl)	200 mg/l	600 mg/l
COBRE (en Cu)	0.05 mg/l	1.5 mg/l
CALCIO (en Ca)	75 mg/l	200 mg/l
HIERRO (en Fe)	0.1 mg/l	1.0 mg/l
MAGNESIO (en Mg)	30 mg/l	150 mg/l
MANGANESO (en Mn)	0.05 mg/l	0.5 mg/l
SULFATO (en SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l
ZINC (en Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l

Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 4:** Límites provisionales para las sustancias tóxicas en el agua potable

SUSTANCIA	CON CONCENTRACIÓN MÁXIMA mg/l
ARSÉNICO (en As)	0.05
CADMIO (en Cd)	0.01
CIANURO (en Cn)	0.05
MERCURIO TOTAL (en Hg)	0.001
PLOMO (en Pb)	0.1
SELENIO (en Se)	0.01

Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

**Figura 5:** Concentraciones de fluoruros recomendadas para el agua potable

PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DE AIRE EN °C	LÍMITES RECOMENDADOS PARA LOS FLUORUROS (en F) (mg/l)	
	INFERIOR	MÁXIMA
10.0 - 12.0	0.90	1.70
12.1 - 14.6	0.80	1.50
14.7 - 17.6	0.80	1.30
17.7 - 21.4	0.70	1.20
21.5 - 26.2	0.70	1.00
26.3 - 32.6	0.60	0.80

Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### **Agua para el consumo humano**

Cuando hablamos del agua para consumo humano, podemos imaginar un montón de ideas y problemas que a causa del mismo se sufre, y uno de los problemas más contundentes y llamativas es el consumo de agua por persona en los países del primer mundo frente a aquellos países en pleno desarrollo o también denominados subdesarrollados (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

Desde inicios del siglo XX, el crecimiento de la población en el planeta ha sido notable, este crecimiento ha sido efecto de los grandes avances médicos, económicos y tecnológicos que han hecho caer la tasas de mortalidad en un gran porcentaje, entonces la población mundial en un solo siglo se duplicó, los avances industriales y la expansión de la agricultura en el mismo siglo han llevado a que el consumo de agua se multiplique por seis en el planeta, esto concluye que no solo somos mucho más, sino que consumimos mucho mas (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

El consumo de agua por persona aumenta, esto se debe a la elevación del nivel de vida

del ser humano, junto a ello el crecimiento poblacional y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, se determina que solo es el principio de escasez, y la cantidad de agua existente para todos los usos paulatinamente ira disminuyéndose y esto conduce a una crisis global, que puede ser percibido en los próximos años (Ercilio Moura, y otros, 2005).

En muchos lugares de África el promedio de agua per cápita domestico es cerca de los 10 a 20 litros al día, a comparación de muchas ciudades de Europa y Norte América el promedio es superior a 350 litros per cápita (Ercilio Moura, y otros, 2005).

### **Sistema de captación de agua**

El sistema de captación de agua es un componente del sistema de suministro de agua, por lo tanto, se describe cada componente que conforma el sistema de suministro de agua.

### **El sistema de agua**

Un sistema de agua potable está conformado por un grupo de instalaciones y equipos cuya finalidad es el abastecimiento de agua a una población de forma continua, con una cantidad y calidad suficiente para garantizar un servicio de calidad a los usuarios (CARE Internacional-Avina, 2015).

Identificando la topografía del terreno y el desnivel entre el área de captación de agua y la población que va a consumir, en la mayoría de países latinos se distingue dos tipos de sistema de conducción de agua, sistema de agua por gravedad y sistema de conducción de agua por bombeo (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Sistema de agua por gravedad**

Este tipo de sistema de conducción de agua es más frecuente y es muy utilizado en

lugares con mucha pendiente, como zonas montañosas, utiliza la fuerza de gravedad para llevar agua desde la zona de captación, el punto más alto del sistema hasta distribuirlos en las zonas más bajas, garantizando la calidad, cantidad del agua y seguridad del sistema (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Sistema de agua por bombeo**

De este tipo de sistema, en donde se debe utilizar un artefacto de por medio para generar energía de trabajo y llevar agua desde una topografía inferior a una superior, se puede a su vez dividirlos en dos tipos, aquellos en donde se utilizan como fuente aguas superficiales y los de aguas subterráneas, almacenan el líquido en artefactos que normalmente son conocidos como tanques de almacenamientos o de reserva, ubicados en sitios estratégicos por su elevación con respecto al poblado a servir, luego desde el tanque se conduce a las viviendas por sistema de gravedad (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Conformación de sistema de agua potable**

En general un sistema de agua potable está formado por las siguientes partes:

- Fuente
- Captación
- Conducción
- Tratamiento
- Tanque de almacenamiento
- Macro medidor
- Red de distribución
- Acometidas domiciliarias
- Micromedidor
- Llaves de control
- Llaves de cierre

- Cajas de control

### **Fuente**

Las fuentes de agua comprenden el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y es necesario antes de dar un paso definir su ubicación, clase, calidad y sobre todo cantidad (Agüero Pittman, 1997).

También es el lugar donde aflora agua subterránea o agua superficial, natural o artificial, captado mediante alguna estructura para luego ser conducido, según la zona esta fuente puede ser un afloramiento de ladera o de fondo, un pozo, río o un lago o alguna de sus derivaciones (CARE Internacional-Avina, 2015).

Se deberá asegurar que el caudal de la fuente o de las fuentes si en caso fueren más de dos fuentes, que el caudal de captación sea suficiente y continuo, además se deberá garantizar obras y actividades relacionadas a la recarga hídrica en los alrededores de las mismas, y muy importante, garantizar que la utilización de estas fuentes no comprometa el recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo (IMFOM-MSPAS, 2011).

Generalmente en la mayoría de las poblaciones utilizan estos dos tipos de fuente de agua; la superficial y la subterránea, la primera representa las quebradas, riachuelos, y ríos que normalmente conduce agua con cierto grado de sedimentos y residuos orgánicos; siendo necesario planificar para su captación una estructura de tratamiento o trampa para la clarificación, esto representa un costo elevado, y para la mayoría de las poblaciones no es posible cubrir estos gastos (Agüero Pittman, 1997).

La segunda alternativa sin los manantiales localizados en la parte alta de la población, normalmente estas fuentes tienen agua de buena calidad, y es en su mayoría de los

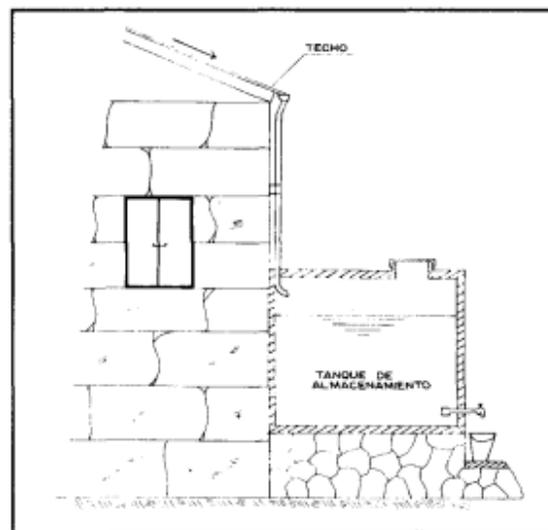
proyectos la fuente considerada (Agüero Pittman, 1997).

## **Tipos de fuente**

### **Agua de lluvia**

La fuente de agua de lluvia se emplea en aquellos lugares en donde no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas, y cuando la frecuencia de lluvias sea lo suficientemente conservador, para ello generalmente utilizan los techos de las casas o superficies impermeables para captar el agua y almacenarla (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 6:** Captación de agua de lluvia

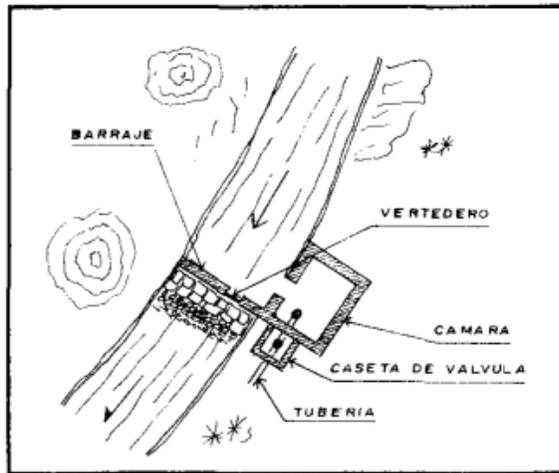


**Fuente:** (Agüero Pittman, 1997).

### **Aguas superficiales**

Las aguas superficiales están conformadas por los arroyos, ríos, lagos, etc. Que corren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas aguas arriba. Sin embargo, muchas veces no existe otra fuente alternativa, por lo que es necesario su utilización. Tener la información detallada de estas fuentes permite visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad del agua (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 7:** Captación de agua superficial

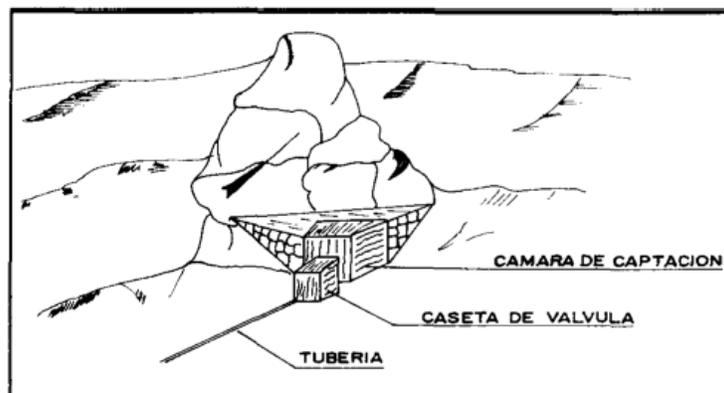


Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### **Aguas subterráneas**

Cierta cantidad de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas, el aprovechamiento de estas dependerá de las características hidrológicas y de la deformación geológica de las cavernas acuíferas, la captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos excavados (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 8:** Captación de agua subterránea-manantial



Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### **Cantidad de agua de fuente**

Idealmente se mejor realizar aforos en temporadas críticas, generalmente se toma aforos del caudal en la temporada de calor y temporada de lluvias con la finalidad de conocer los caudales mínimos y máximos, el valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario (Qmd) con la intención de cubrir la demanda de agua de la población futura (Agüero Pittman, 1997).

Una de las recomendaciones es preguntar a los habitantes del lugar de mayor edad acerca del comportamiento de la fuente. Existen varios métodos para determinar el caudal del agua y los mas utilizados en los proyectos de abastecimiento de agua en zonas rurales, son los métodos volumétricos y de velocidad-área, en el anexo de memoria de calculo se muestra el método volumétrico paso a paso.

### **Método volumétrico**

Es necesario encausar el agua para utilizar este método, generando una corriente del fluido de tal manera que se pueda producir un chorro, este método consiste en tomar el tiempo que tarda en llenar un recipiente de volumen conocido, posteriormente se realiza el cálculo conocido del caudal que es: volumen dividido el tiempo, el volumen en litros y el tiempo en segundos, obteniendo el caudal en l/s (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 9:** Aforo de agua por el método volumétrico



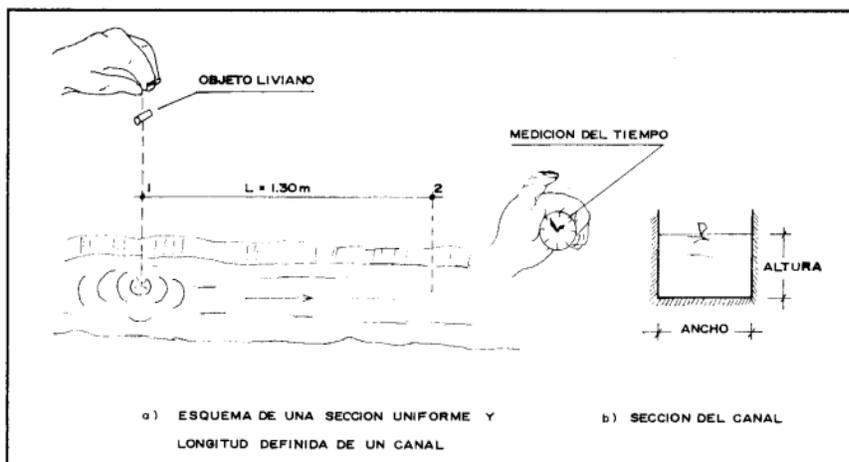
Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

Con el objetivo de definir el tiempo promedio, se recomienda realizar como mínimo 5 mediciones.

### Método velocidad-Área

Este método generalmente se utiliza cuando el caudal del agua es superior a 10 L/s, con este método se mide la velocidad del agua superficial que sale del manantial, tomando el tiempo que se tarda un objeto flotante en llegar de un punto a otro, en una sección uniforme, previamente haber definido la distancia que existe de un punto a otro, cuando la profundidad del agua es menor a 1 metro, la velocidad promedio del flujo se considera el 80% de la velocidad superficial (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 10:** Aforo de agua por el método velocidad-área



Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### Captación

Se le denomina captación al conjunto de estructuras que son necesarias para obtener, juntar o captar el agua para su posterior conducción, estas estructuras normalmente están compuestas por una cámara húmeda y una cámara seca, además de que se utilizan instrumentos como controles de cierre, tubería de rebose, etc. (CARE Internacional-Avina, 2015).

Dependiendo al tipo de fuente de agua, se puede clasificar como captaciones superficiales o captaciones subterráneas, pero también se incluye las captaciones de agua de lluvia, este último, es un sistema utilizado en donde los poblados están muy lejanos a fuentes de agua y en donde existe una precipitación pluvial considerable (CARE Internacional-Avina, 2015).

Elegida la fuente de agua, en el lugar donde el agua aflora se construye una estructura de captación que permite la recolección de agua para luego ser conducida por la línea de conducción normalmente hacia el tanque de almacenamiento (Agüero Pittman, 1997).

### **Captación por pozos de infiltración**

La dinámica de este tipo de captación es primero la captación de una fuente superficial como río, lago, etc. Luego el agua se infiltra en los pozos perforados que se encuentran localizados a un lado del río, luego se dirige directamente a la conducción, estas obras de captación normalmente son para abastecimientos de pocas personas (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 11.** Captación con pozos de infiltración.



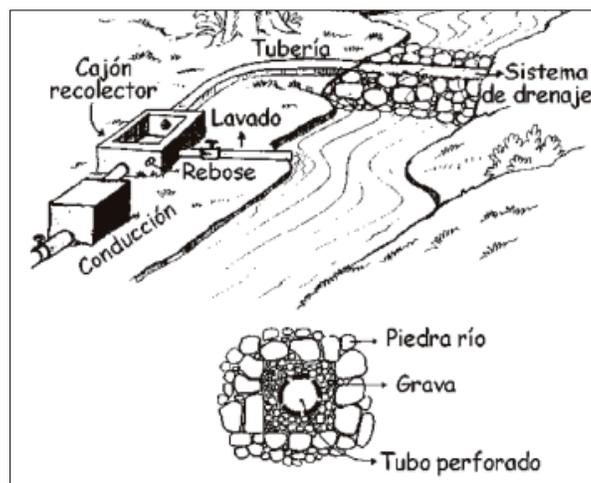
Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015).

También se puede describir a los pozos de infiltración como artefactos que consisten en excavaciones cilíndricas o rectangulares con profundidades distintas y permiten filtrar el agua de lluvia directamente del suelo a espacios reducidos, provocando el almacenamiento del agua en estos instrumentos y al mismo tiempo reduciendo el caudal y la velocidad del río, que de otro modo fuere difícil controlarlos (CARE Internacional-Avina, 2015).

### Galerías de infiltración

Con respecto a este tipo de captaciones se le define como obras construidas en el lecho de una quebrada o río. El agua se infiltra a través de material granular natural, se recoge a través de un sistema de drenaje y se conduce a un tanque que se encarga de recolectar el agua para posteriormente mediante la línea de conducción se suministra agua a un servicio directamente la mayoría de las veces sin la existencia de un tanque de almacenamiento (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 12.** Galerías de infiltración.



Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015).

También llamada galería filtrante o galería de captación es una estructura subterránea construida para alcanzar un acuífero cuya estructura permeable está diseñada con la

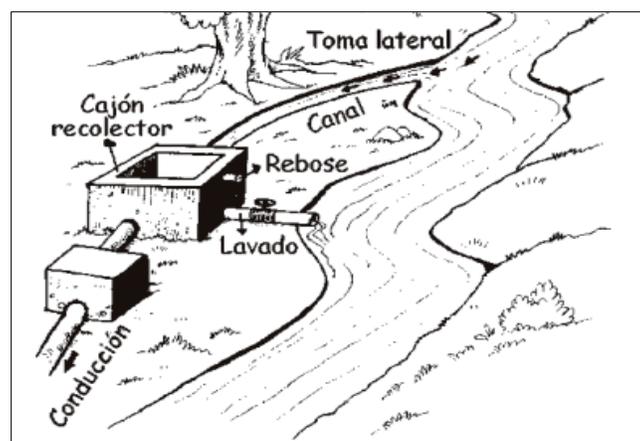
finalidad de captar las aguas subterráneas se puede apreciar una de estas estructuras y sus componentes, de más a detalle en la figura 5 (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Captación por toma lateral**

la captación por toma lateral, es una estructura que se construye a la orilla de ríos, cuando estos son caudalosos y tienen poca variación de nivel, una porción de la corriente de agua es encauzada y dirigida hacia un costado, puede ser por muros laterales con rejillas y compuertas que impiden el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería. El agua es recogida por un tubo o canal y es conducida hacia un tanque colector (CARE Internacional-Avina, 2015).

La captación por toma lateral no solo se puede dar en ríos o a las orillas del río, se refiere también a toma lateral cuando se construye obras de captación de agua en nacimientos, brotes, o manantiales de agua en partes altas de la montaña, estas obras de captación tienen la función de recolectar el agua para luego conducirlos, se caracterizan porque normalmente se construyen de concreto o de mampostería, aunque no se descartan que pueden haber o construirse de otros materiales diferentes a estos.

**Figura 13.** Toma de agua lateral.



Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Captación de fondo**

Son obras que se construyen en ríos y quebradas poco profundos y de gran velocidad. Normalmente se construye una pequeña presa de ancho menor o igual que el río. Sobre la presa se construye un canal para desviar el agua y en el fondo del canal se coloca una rejilla (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Captación flotante**

Estas captaciones son más especiales, por lo que son menos frecuentes, se construyen en ríos, lagos y represas que tienen variaciones de nivel. Son colocados sobre estructuras flotantes ancladas al fondo y en una de las orillas. Este tipo de captación necesita equipos de bombeo (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Captación de agua de lluvia**

En lugares y regiones con largos periodos de sequía entre épocas de lluvias fuertes, es recomendable construir estructuras para almacenar el agua que cae. El agua puede ser captada desde los techos de las casas luego conducida por canales laterales que terminan en depositar el agua en un tanque de almacenamiento, cisterna o reservorio (CARE Internacional-Avina, 2015).

Para asegurar que la captación de agua de lluvia sea segura y eficaz, es recomendable que los techos de las casas sean construidos apropiadamente con materiales que no permitan la obstrucción del recorrido del agua y que tengan suficiente área y adecuada pendiente (CARE Internacional-Avina, 2015).

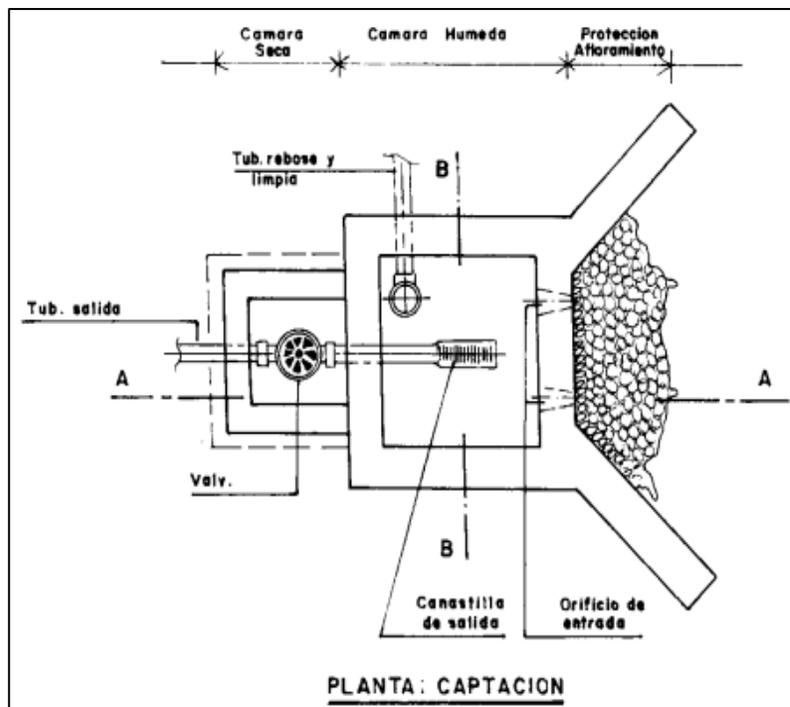
Se debe evitar que las primeras aguas de lluvia entren a la estructura de almacenamiento, porque estas primeras aguas normalmente acarrean consigo residuos y objetos pequeños, es recomendable construir una caja sobre la tapa del tanque donde las aguas de lluvia se van a depositar directamente, esto con el fin de poder inspeccionar y que algunos sedimentos queden atrapados en el mismo (CARE

Internacional-Avina, 2015).

Se puede utilizar también un dispositivo de filtro que admite brindar un tratamiento primario a estas aguas. Puede ser un filtro lento de arena en la parte superior del reservorio, tanque o cisterna y así garantizar que el agua almacenada sea de calidad optima, por último, si el destino del agua es para consumo humano, puede desinfectarse con cloro o hervirse (CARE Internacional-Avina, 2015).

Cuando la fuente es un manantial de ladera, como lo es este caso, la captación constará de tres partes: la primera corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, corresponde a una cámara húmeda, y la tercera una cámara seca, su función es proteger la válvula de control (Agüero Pittman, 1997).

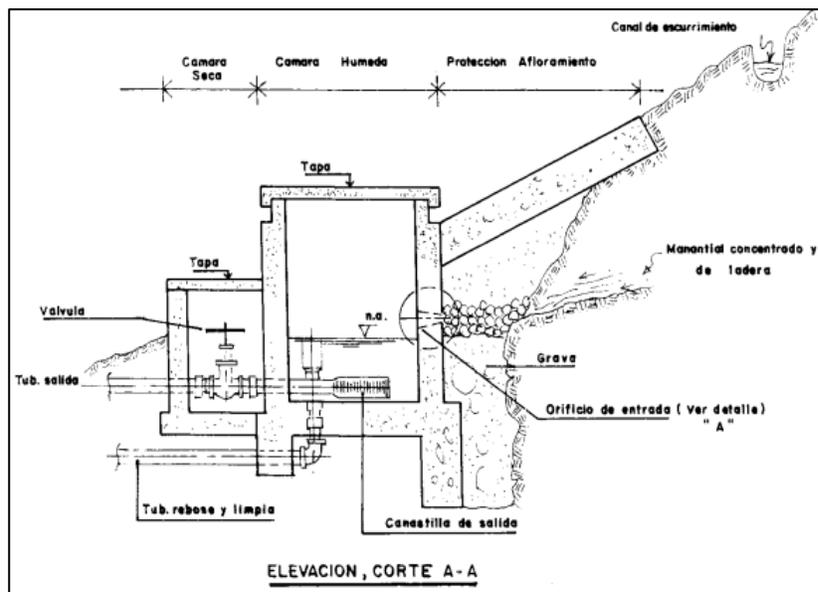
**Figura 14:** Tanque de captación-planta



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

El compartimiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de manera que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación, junto a la pared de la cámara existe material granular clasificado, que tiene por objetivo evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 15:** Tanque de captación-perfil



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

Se recomienda que en la parte alta de la obra de captación se construya un canal o cuneta, para evitar erosión en ese punto, en la figura anterior podemos verlo detalladamente.

### Conducción

La línea de conducción como suele llamarse también en un sistema de abastecimiento de agua por gravedad, es todo lo relacionado a las tuberías, válvula de aire, válvula de purga, caja rompedresión y obras de arte, encargados de conducir el agua desde la cámara de captación hasta el tanque de almacenamiento, dando provecho la carga

estática que existe (Agüero Pittman, 1997).

De acuerdo a la ubicación, topografía del terreno y naturaleza de la fuente de abastecimiento se consideran dos tipos de sistemas de conducción; los de bombeo y los de gravedad (Agüero Pittman, 1997).

Se indica también que es un componente del sistema general, componente mediante el cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o presión en el caso de sistemas por bombeo. Dependiendo del caudal de agua y de la topografía del terreno, se usan canales o tuberías. El agua cruda es la que procede directamente de una fuente superficial o subterránea en estado natural, es decir, que no ha sido sometida a algún proceso de tratamiento, desinfección o potabilización (CARE Internacional-Avina, 2015).

Tanto la línea de aducción como la línea de conducción son tuberías o canales por donde se transporta agua, pero mientras la conducción transporta agua cruda a presión o a flujo libre, la aducción transporta agua a presión muchas veces ya tratada desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento, reservorio o directamente hasta la red de distribución (CARE Internacional-Avina, 2015).

Muchas normas indican los diámetros mínimos que se debe usar para las tuberías de aducción y conducción se debe tener en cuenta que el diámetro mínimo utilizado debe ser de 2 pulgadas, cuando las tuberías trabajan a presión. La profundidad mínima de excavación para enterrarlas se recomienda que debe de ser de al menos 60 cm desde la parte superior de la tubería hasta la superficie del suelo (CARE Internacional-Avina, 2015).

Como limitación para las tuberías de la línea de conducción en sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales el diámetro mínimo a utilizar es de

3/4 de pulgada (OPS-OMS-CEPIS/OPS, 2004).

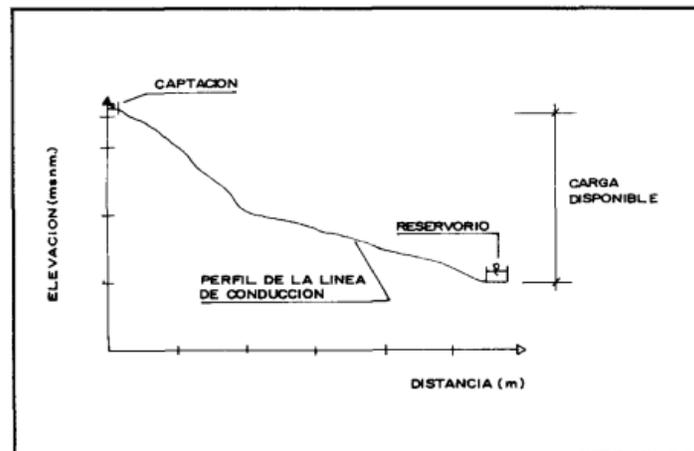
### **Carga disponible**

La carga disponible viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el tanque de almacenamiento o reservorio (Agüero Pittman, 1997).

### **Gasto de diseño**

Este dato es el correspondiente al gasto máximo diario ( $Q_{md}$ ), el que se estima considerando el caudal medio de la población para el periodo de diseño seleccionado ( $Q_m$ ) y el factor  $K_1$  del día de máximo consumo (Agüero Pittman, 1997).

**Figura16:** Carga disponible en la línea de conducción



Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### **Clases de tubería**

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea que representa la carga estática. Para la selección se debe seleccionar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, si no cuando se encuentra en estado de reposo o presión estática (Agüero Pittman, 1997).

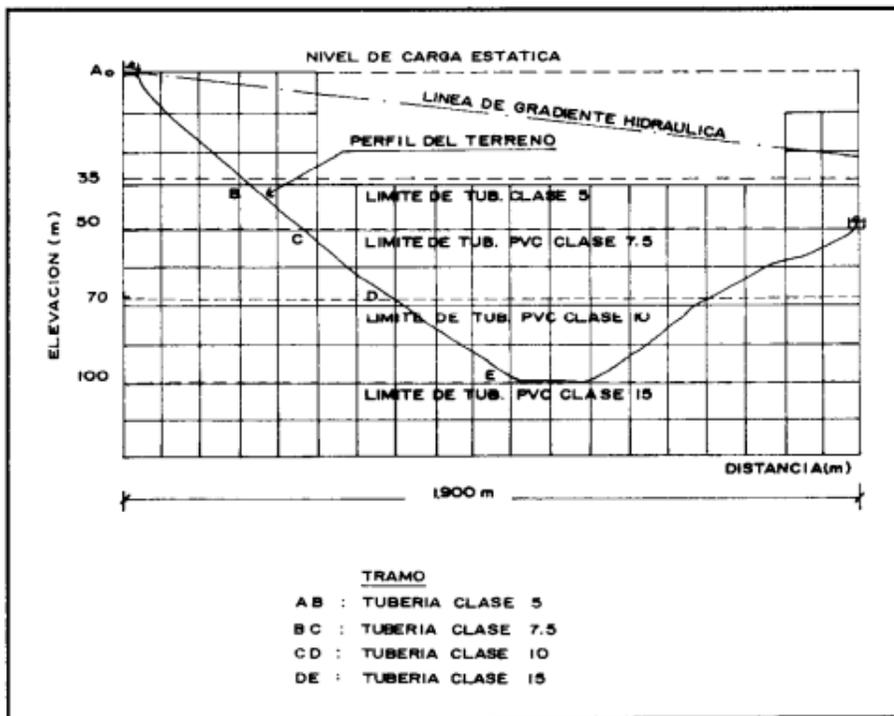
Se presentan las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

**Figura 17:** Clase de tubería de PVC

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE PRUEBA (m.)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (m.)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 18:** tuberías y su máxima presión de trabajo



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

Generalmente en la mayoría a no decir en todos los proyectos de abastecimiento de agua potable se utilizan tuberías de PVC, este material tiene excelentes propiedades para este tipo de trabajos, además de que es económico, flexible, durable, de poco peso, fácil de transportar e instalación, además que se encuentran fácilmente en el mercado local (Agüero Pittman, 1997).

### **Diámetro**

En cuanto la determinación de los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico, considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el gasto de diseño con velocidades de entre 0.6 y 0.3 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible (Agüero Pittman, 1997).

### **El agua como líquido que fluye por las tuberías de conducción y aducción.**

El agua puede hacerlo mediante la acción y fuerza de la gravedad como es el caso de sistemas de gravedad, la cual no necesita otra fuerza para su conducción más que esta (CARE Internacional-Avina, 2015).

Para las líneas de conducción por bombeo lo hace a presión, es decir que el agua no tiene contacto con la atmósfera y tiene una presión más elevada a la presión atmosférica (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Principales componentes de las líneas de aducción y conducción**

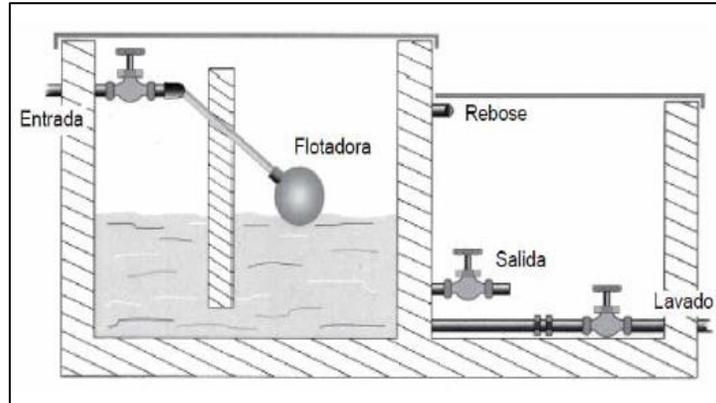
Los componentes de líneas de aducción o conducción son acompañados de estructuras y elementos especiales ya que en terrenos quebrados las tuberías, para su buen funcionamiento requieren la instalación de estas, se mencionan las indispensables (CARE Internacional-Avina, 2015).

- Cámara de quiebre de presión o tanques rompe presión
- Válvulas reductoras y reguladoras de presión
- Válvulas de aire o ventosas
- Válvulas de purga o de limpieza
- Válvulas de control

### **Cámara de quiebre o tanque rompe presión**

Este elemento que normalmente va en la línea de conducción es una estructura en forma de caja o tanque utilizada para disminuir la presión del agua cuando la topografía del terreno es demasiado pronunciada, que a veces llega con mucha fuerza. Así se evitan altas presiones en los elementos ubicados aguas abajo (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 19.** Cámara rompe presión.



**Fuente:** (CARE Internacional-Avina, 2015).

La presión con que están diseñadas las tuberías muchas veces son menores a la presión acumulada en las mismas, hay tuberías que soportan presiones altas, pero para proyectos en donde la economización es parte fundamental, termina siendo antieconómico, el material del que están construidas las tuberías y de su espesor soportan cierta cantidad de presión, el fabricante recomienda la presión máxima que

puede soportar el tubo. Esta información hace que los ingenieros puedan decidir colocar, de ser necesario, varias cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión a lo largo de la línea de conducción (CARE Internacional-Avina, 2015).

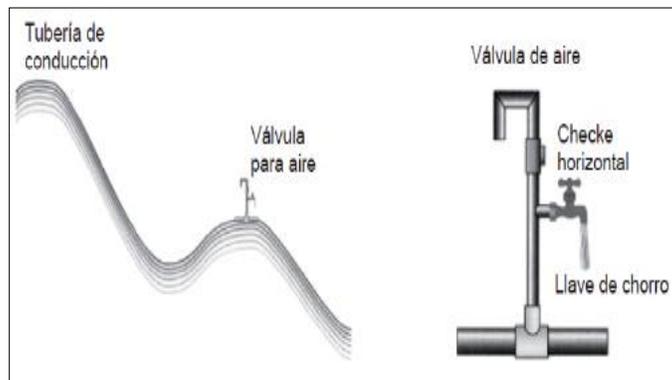
La caja rompepresión es una estructura pequeña, que normalmente no sobrepasa el metro de longitud por lado, la tubería de entrada está localizada en la parte superior, entonces el agua al caer al tanque pierde su presión, he aquí de la razón del nombre (CARE Internacional-Avina, 2015).

En cuestión la finalidad de esta estructura es permitir disipar la energía y reducir la presión relativa prácticamente a cero, y así evitar daños en la tubería, además estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, como se menciona anteriormente, permitiendo considerablemente reducir los costos de obras de abastecimiento de agua potable (Agüero Pittman, 1997).

### **Válvulas que alivian la presión**

También conocidas como válvulas de aire, su función es aliviar la presión en las tuberías protegiéndolas de este modo de sobrepresiones. Cumplen de igual manera la función de las cajas rompe-presión, son instaladas en las partes altas de las tuberías, para evitar la acumulación de burbujas de aire (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 20.** Válvula de aire



**Fuente:** (CARE Internacional-Avina, 2015).

Además, se puede indicar que el aire acumulado en los puntos altos provoca reducción del área de flujo del agua, produciendo así un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto, la instalación de estos accesorios evita este fenómeno (Agüero Pittman, 1997).

Otra de las ventajas de las válvulas reguladoras de presión es que se usan para mantener una presión constante y controlada a un valor previamente fijado a la salida de estos accesorios (CARE Internacional-Avina, 2015).

El aire, que es menos denso y por ende menos pesado que el agua, forma una especie de tapón que impide el paso del mismo. Si ese aire permanece ahí durante largos periodos de tiempo y no se expulsa, junto con obstruir el correcto paso del agua, puede provocar un rápido deterioro de las tuberías (CARE Internacional-Avina, 2015).

En muchas ocasiones se hacen perforaciones en esta parte de la tubería para que ese aire salga. Sin embargo, esta es una práctica arcaica que no se recomienda, puesto que además de deteriorar la tubería, permite que se introduzcan al sistema desde sedimentos hasta impurezas. Entonces, al mismo tiempo que se puede obstruir o deteriorar el sistema también representa un peligro sanitario importante (CARE Internacional-Avina, 2015).

Estos dispositivos trabajan expulsando el aire acumulado a través de unas cámaras metálicas conectadas a la tubería y tiene un orificio en la parte superior que está sellado normalmente por un flotador. Cuando la cámara se llena de aire, el flotador cae automáticamente y deja salir el aire a través del orificio (CARE Internacional-Avina, 2015).

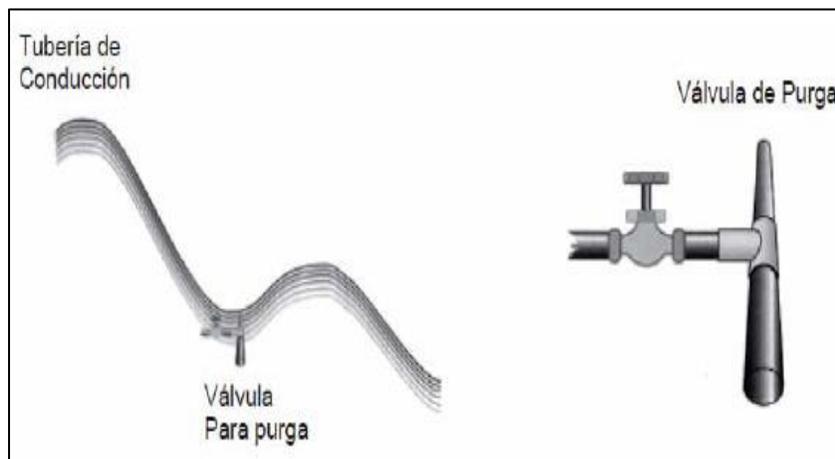
### **Válvulas de limpieza o de purga**

Son accesorios que permiten desalojar o purgar el material acumulado en el interior de los tubos, además de la normal circulación del agua y descargue de tubería.

De acuerdo con Care internacional-Avina (2015) el agua tiene las posibilidades de arrastrar consigo tierra, arena e inclusive piedras adentro de las tuberías. En los puntos más bajos de las tuberías estos materiales se sedimentan, obstruyendo el tubo y el paso del agua.

Estos accesorios son colocados en los puntos bajos de las líneas de conducción, aducción o distribución, entonces al abrirlas permiten la eliminación de los sedimentos acumulados, estos instrumentos deben ser operados frecuentemente (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 21.** Válvulas de limpieza o de purga



**Fuente:** (CARE Internacional-Avina, 2015)

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, teniendo la necesidad la instalación de válvulas de purga que permitan la eliminación de estos, necesitando operarlos periódicamente (Agüero Pittman, 1997).

### **Distribución de agua**

La escasez de agua apta para el consumo en el planeta se ha transformado en una de las mayores amenazas de la humanidad y la causa de múltiples tensiones y conflictos. Los roces y altercados de grupos sociales por las fuentes de agua aumentan cada vez más. Como el vital líquido es primordial para la supervivencia y el desarrollo, a menudo, las reservas de agua dulce han sido el origen de controversias y conflictos, pero también se puede mencionar que son motivo de cooperación entre quienes lo comparten (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Las negociaciones, convenios y pactos acerca de la asignación y la gestión de los recursos hídricos se han vuelto más habitual conforme aumenta la demanda del vital líquido mencionado. Los temas referentes al agua tienen repercusiones importantes en materia de género pues en los países subdesarrollados generalmente las mujeres suelen ser las encargadas de acarrear el agua y, según las estimaciones, cada año las mujeres y las niñas invierten 10 millones de años-persona en transportar agua desde fuentes lejanas. Por lo tanto, ellas también tienden a sufrir las consecuencias de la falta de saneamiento (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Según la estimación de los expertos antes de 50 años, cerca de 2.500 millones de personas sufrirán la escasez que actualmente ya se están experimentando en numerosas regiones del mundo (Ercilio Moura, y otros, 2005).

### **Disponibilidad mundial de recursos hídricos**

El agua es el elemento más importante en la tierra, se calcula que el 71% del planeta tierra es agua, pero de todo este líquido el 97.5% es agua salada. El volumen total de agua es alrededor de 1.400 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales solo el 2.5%, o alrededor de 35 millones de km<sup>3</sup>, corresponde al agua dulce (Ercilio Moura, y otros, 2005).

**Figura 22.** Volumen de agua disponible en el mundo.

Agua	Volumen (1.000 km3)	% del total de agua	% del total de agua dulce
<b>Agua salada</b>			
Océanos	1.338.000	96,54%	
Aguas subterráneas salinas / salobres	12,870	0,93%	
Lagos de agua salada	85	0,01%	
<b>Aguas Continentales</b>			
Glaciares cubierta de nieve permanente	24.064	1,74%	68,70%
Agua dulce subterránea	10.530	0,76%	30,06%
Hielo del suelo, gelisuelo	300	0,02%	0,86%
Lagos de agua dulce	91	0,01%	0,26%
Humedad del suelo	17	0,001%	0,05%
Vapor de agua atmosférica	13	0,001%	0,04%
Pantanos, humedales*	12	0,001%	0,03%
Ríos	2	0,0002%	0,01%
Incorporados en la biota*	1	0,0001%	0,003%
<b>Total de agua</b>	<b>1,385,984</b>	<b>100,00%</b>	
<b>Total de agua dulce</b>	<b>35,029</b>		<b>100%</b>

Fuente: (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Guatemala cuenta con más de 90 millones de metros cúbicos de agua, esto incluye el caudal ecológico, caudal que es el agua que usa el ecosistema para funcionar que representa un estimado de 23 millones de metros cúbicos, lo que nos deja con cerca de aproximadamente 70 millones de metros cúbicos de agua netos (MARN-JICA, 2004).

### Ubicación y distribución

Las condiciones climatológicas, geológicas y topográficas dadas en Guatemala, los recursos hídricos disponibles son variados. Sin embargo, la información de los volúmenes disponibles es insuficiente en lo que respecta a aguas subterráneas. Para fines hidrológicos Guatemala se define en 3 vertientes: Pacífico, Antillas, y Golfo de México, siendo este último el mayor de todos con una superficie de 51 mil kilometro cuadrados (COMITE PERMANENTE DE COORDINACION DE AGUA Y SANEAMIENTO, 1995).

El agua dulce en su mayoría (68.7%) está presente en forma de hielos perennes o nieves eternas, ubicados en la región Antártica y en Groenlandia, o en profundos acuíferos de aguas subterráneas. Las fuentes de agua en su mayoría para uso humano son los lagos, ríos, la humedad del suelo y cuencas de aguas subterráneas que se

encuentran poco profundas. Solo se puede aprovechar de esas fuentes aproximadamente 200.000 km<sup>3</sup> de agua, una cantidad menor al 1 por ciento del total de agua dulce y solo el 0.01 por ciento de toda el agua del planeta (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Y la mayor parte de esta agua disponible se encuentra lejos del alcance de las poblaciones humanas, esto complica aún más su aprovechamiento (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La recarga de agua dulce sigue el fenómeno del ciclo del agua. Es decir, depende de la evaporación resultante de la superficie de los océanos, tierra, y por todos los medios en donde pueda existir la evaporación. Alrededor de 430,000 km<sup>3</sup>, se evaporan de los océanos cada año. Otros 70,000km<sup>3</sup> se evaporan de la tierra. cerca del 80% del total de las precipitaciones, esto es, alrededor de 390,000km<sup>3</sup>/año, cae en los océanos y los restantes 110,000km<sup>3</sup>/año, sobre la tierra (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La diferencia entre la precipitación sobre la superficie terrestre y la evaporación de esa superficie 110,000 km<sup>3</sup> menos 70,000 km<sup>3</sup> por año son las escorrentías, de aproximadamente 40,000 km<sup>3</sup> por año (Ercilio Moura, y otros, 2005).

El suministro del agua es muy desigual, y no sucede solo entre distintos países del mundo, acontece también entre regiones de un mismo país. Un caso en Europa, se puede mencionar a España de esta desigualdad, inclusive países con muchos recursos como lo es Brasil, que tiene regiones en el noreste con una gran escasez (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La desigualdad en la distribución del agua y su dotación es exagerada, se percata solo con comparar algunos lugares del mundo. Canadá con una población aproximadamente del 2.5% de la de China, tiene alrededor de la misma cantidad de

agua que esta. Asia, que tiene la población aproximadamente el 60% del total mundial, solo dispone del 36% del agua dulce que circula por el mundo y de esta cantidad, el 80% es contaminada por inundaciones que se producen entre mayo a octubre (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Se ha multiplicado por 4 la población en el último siglo, y el consumo de agua domestico se ha multiplicado por 9, el uso en las industrias se ha multiplicado por cuarenta. La disminución de los almacenamientos y reservas de agua con el aumento de la población mundial será grave, se calcula en alrededor de un 40% sobre la actual en los próximos 25 años según la ONU, y los 6000 millones de habitantes actualmente se calcula que será de 8300 millones en el año 2025 (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Cerca de la mitad del agua de los sistemas de suministro de agua potable de las poblaciones del mundo en desarrollo, se esfuma por filtraciones, conexiones ilícitas y vandalismo. A medida que la población crece, aumentan los ingresos y por ende se eleva la calidad de vida necesitando más agua. El agua es un elemento primordial y esencial en cualquiera de los ámbitos del desarrollo. Los sectores más prósperos de la sociedad utilizan más agua y consumen más carne, y la producción de carne o cualquiera de los elementos sustanciales como el grano necesitan más agua para su producción (Ercilio Moura, y otros, 2005).

En la actualidad, se estima que 1200 millones de personas no cuentan con instalaciones necesarias para suministrarse de agua y se calcula que 2400 millones no cuentan o no tienen acceso a sistemas de saneamiento. En el círculo vicioso de la pobreza y la enfermedad, el agua y el saneamiento insuficientes son a la vez la causa y el efecto. Las personas que adoptan de un suministro agua suficiente y abordable son, sin duda alguna, los más pobres (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Se estima que una tercera parte de la población en Guatemala carecen de acceso al

agua potable. A su vez, no cuentan con sistemas de saneamiento cerca de 6 millones de personas (Naciones Unidas, 2011).

Uno de los problemas con que más acontecen los países subdesarrollados es la necesidad abrumadora de invertir fuertemente en instalaciones de aguas servidas y la provisión de agua limpia. El banco mundial ha calculado aproximadamente que durante los próximos 10 años se necesitarán entre 600,000 millones y 800,000 millones de dólares para satisfacer la demanda total de agua potable, se incluye servicios sanitarios, irrigación y generación de energía eléctrica (Ercilio Moura, y otros, 2005).

De esta enorme cantidad, el banco mundial solo podrá prestar un máximo de entre 35,000 millones y 40,000 millones de dólares. El resto tendrá que venir de alguna combinación de financiamiento público o de inversiones privadas (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Estos datos reflejan la pronta intervención de los gobiernos de América latina para la solución de dicha problemática.

para casi la totalidad de los países en pleno desarrollo será difícil, si no imposible, financiar el resto. Ejemplo de ello es que, solamente en América Latina se calcula que las inversiones en la administración e infraestructura relacionados al recurso hídrico requerirá 100,000 millones de dólares en los próximos 20 años (Ercilio Moura, y otros, 2005).

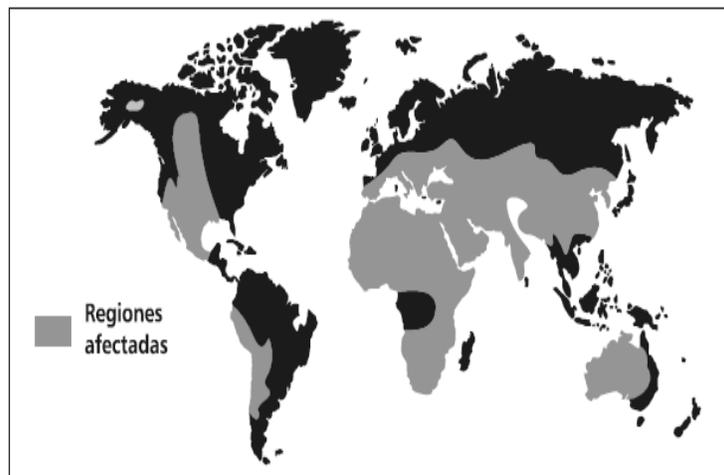
Una gran cantidad de agua dulce cerca de un 70% se utiliza para la agricultura, y una cantidad importante se pierde en el proceso de riego. La mayoría de los métodos utilizados en el proceso de riego son deficientes, eso conlleva a perder un 60% del agua que extraen, que se evapora o vuelve al cauce de los ríos o a los acuíferos

subterráneos. Los métodos de riego ineficientes o dispendiosos traen sus propias consecuencias de riego a la salud (Ercilio Moura, y otros, 2005).

El agua dulce se ha ido reduciendo a causa de la contaminación, cerca de 2 millones de toneladas de desechos son arrojados cada día en las aguas de diferente índole, como ríos lagos etc. incluyendo los residuos industriales y químicos, desechos humanos y desechos agrícolas como fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas derivados de las actividades de campo. Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se calcula que la producción global de aguas residuales es de cerca de 1,500km<sup>3</sup> (Ercilio Moura, y otros, 2005) .

Un litro de aguas residuales contamina un poco más de 8 litros de agua dulce, en la actualidad la carga mundial de contaminación puede ascender a 12,000 km<sup>3</sup> sin considerar ríos y lagos. Como siempre, las poblaciones más ricas resultan menos afectadas y las más pobres las más afectadas, un 50% de la población de los países subdesarrollados están expuestas a fuentes de agua contaminada (Ercilio Moura, y otros, 2005).

**Figura 23.** Regiones afectadas al 2025 por la falta de agua.



**Fuente:** (Ercilio Moura, y otros, 2005, pág. 25).

El problema se intensifica si se toma en cuenta la contaminación de los ríos y lagos mundiales, aunque la carencia del agua se deba a ciclos climatológicos extremos, la actividad humana está interviniendo y jugando un papel importante en el aumento de la falta del agua y por consecuencia, al tema nuevo que se ha dado nombre como stress del agua o stress hídrico indicación de que no hay suficiente agua en calidad y cantidad para satisfacer las necesidades humanas y medioambientales (Ercilio Moura, y otros, 2005).

En tiempos recientes ha crecido las zonas de escasez de agua y estrés por déficit hídrico, principalmente en el norte de África y en Asia occidental. Se prevé que en los próximos 20 años el mundo necesitará un 17% más de agua para cultivar alimentos para una población que crece en los países en desarrollo, y que el total de agua utilizada aumentará un 40% (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Actualmente, en este siglo, una tercera parte de todos los países de las regiones que son afectados por el estrés o déficit hídrico podrían tener que hacer frente a una grave precariedad del agua y, para el año 2025 habría más de 30 países, entones cerca de 800 millones de personas, con disponibilidades de agua menores a 1,000 m<sup>3</sup>/Hab/año, quizás dos tercios de la población del mundo vivan en países donde la escasez de agua será entre moderada y grave. Las zonas áridas y semiáridas del planeta, que aproximadamente son el 40% de la masa continental, reciben el 2% de la esorrentía (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Este escenario requiere la urgente necesidad de un alto en el uso extremo sin consideración del agua y en la contaminación que le afecta. En estudios recientes se ha reflejado una mejora en la calidad del agua, esto significa que en muchos países existe reducción de la anemia infantil y mejora de la nutrición (Ercilio Moura, y otros, 2005).

En los países en pleno desarrollo, entre el 90% y el 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales, se depositan sin tratar y contaminan los depósitos utilizables de agua (Ercilio Moura, y otros, 2005).

En la capital de México una de las ciudades más pobladas en el mundo, alrededor del 80% del suministro de agua es subterránea, agua subterránea que va disminuyendo continuamente, ya que la extracción supera bastante la reposición. En muchos lugares la excesiva extracción de agua subterránea provoca hundimientos y deformaciones en el suelo, esto ocurre por ejemplo en Albuquerque, Las Vegas, y Tucson en Estados Unidos y algo similar ocurre también en otras grandes ciudades del mundo como Pekín (Ercilio Moura, y otros, 2005).

La mayor parte de las regiones, los problemas que tienen no son la falta de agua dulce potable sino, más bien, la mala gestión y distribución de los recursos hídricos y los métodos y sistemas que la desperdician (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Se puede mencionar también a la industria de agua embotellada como uno de los sectores que crece más rápido y es el menos reglamentado. Entre 1970 y el 2021, las ventas de agua en botella en el planeta aumentaron evidentemente, pasando de 1 mil millones de litros a 89 mil millones de litros (Ercilio Moura, y otros, 2005).

El agua embotellada es en promedio miles de veces más cara que el agua de la tubería. En la actualidad miles de personas compran agua embotellada, principalmente debido al marketing enorme de las empresas del agua, que presentan este tipo de agua como más pura y más sana. Una investigación en Bélgica comprueba sin embargo que esto no es verdad, en los países donde el agua de tuberías está bien organizada y controlado (Ercilio Moura, y otros, 2005).

Otro dato sucede en el oriente donde este recurso es escaso, el pakistaní o el indio, en

promedio consumen menos de medio litro de agua embotellada al año. Pero las empresas multinacionales de agua como Danone y Nestlé han invadido recientemente este mercado, infestando con campañas publicitarias a países como la India, Pakistán, y Brasil, donde los pobres muchas veces no tienen acceso a agua de tubería sana y son convencidos de la necesidad de agua embotellada cara (Ercilio Moura, y otros, 2005).

El agua es vital para la vida y todas las personas deben de ser dotados de un abastecimiento satisfactorio, suficiente, seguro y accesible. La mejora del acceso al agua de consumo humano puede dar beneficios notables para la salud. Se debe tratar a toda costa que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible (Organizacion Mundial de la Salud, 2011).

#### **Distribución y cobertura de servicios de agua en Guatemala**

La cobertura de agua en Guatemala de acuerdo al censo de población y vivienda del año 2002 arrojó que el 66% de las familias tenían chorro exclusivo, y que aumentaba al 74%, si se agregaban las familias con chorro compartido. Esto a su vez, con datos de la ENCOVI la cobertura de agua por red y chorro público alcanzó el 78% en el 2006, esto es un dato alentador de progreso, cabe resaltar que estos datos difieren, cuando lo desglosamos por departamento (Lentini, 2010).

**Figura 24.** Cobertura de agua en Guatemala.

<b>Tipo</b>	<b>Miles de hogares</b>	<b>Porcentaje</b>
Chorro de uso exclusivo	1.458	66
Chorro para varios hogares	94	4
Chorro público (fuera del local)	89	4
Pozo	337	15
Camión o tonel	49	2
Río lago o manantial	106	5
Otro tipo	67	3
<b>Total</b>	<b>2.201</b>	<b>100</b>

Fuente: (Lentini, 2010)

Guatemala cuenta con una cantidad de agua mayor a la demanda, sin embargo, como el régimen hidrológico depende de la lluvia y el almacenamiento subterráneo, pero la precipitación es muy irregular lo que hace que la disponibilidad natural del agua no coincida exactamente con las demandas, se registran grandes problemas de escasez por recurrentes eventos de sequía y de inundación en muchas regiones del país.

### **Red de distribución del agua**

La red de distribución es todo el conjunto de tuberías diámetros diferentes, válvulas, grifos entre otros accesorios, el origen de estos comienza desde el punto de entrada al pueblo, es decir, final de la línea de aducción y que se desempeña en todas las calles del poblado a distribuir (Agüero Pittman, 1997).

Se debe garantizar la calidad, la cantidad y las presiones adecuadas en las redes de distribución haciendo chequeos en las acometidas domiciliarias (CARE Internacional-Avina, 2015).

Las redes de distribución deben de diseñarse con el dato mayor entre el consumo máximo horario y el máximo diario agregándole la demanda por incendio cuando así lo requiera, este diseño será considerado como mínimo 20 años (Ministerio de obras publicas, 2019).

Con la red de distribución se encuentran los hidrantes, las válvulas de limpieza o también llamadas válvulas de purga en los puntos más bajos del sistema, también las válvulas de cierre, que admiten aislar tramos de la red cuando se necesite realizar labores de reparación, mantenimiento o cuando se necesita regular el servicio (CARE Internacional-Avina, 2015).

las redes de distribución se pueden conformar de una red matriz o principal y por redes secundarias. La red matriz distribuye el agua proveniente de la línea de conducción,

planta de tratamiento o tanques de almacenamiento a las redes secundarias. Es la encargada de mantener las presiones básicas de servicio para el funcionamiento óptimo del sistema en general y normalmente no reparte agua en ruta (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Tipos de sistemas de distribución**

Distribuir agua a los domicilios en puntos de consumo es la función de la red de distribución. Dependiendo de la forma y la dimensión de la población, la red de distribución puede ser tipo lineal, es decir, ramal abierto esto se implementa cuando las poblaciones se desarrollan a lo largo de una vía o poblaciones dispersas, o cerrada en forma de malla, conformada por tubos y accesorios conectados en forma continua de diferentes diámetros, esta última se desarrolla generalmente en áreas urbanas (CARE Internacional-Avina, 2015).

Es cerrada o en forma de malla la distribución de agua en el caso de poblaciones con un desarrollo urbano en manzanas o cuadras, formando un circuito cerrado. Garantiza una mejor distribución del agua, ya que dentro de las tuberías el agua puede circular en dos direcciones (CARE Internacional-Avina, 2015).

Se detalla los dos tipos importantes de sistemas de distribución.

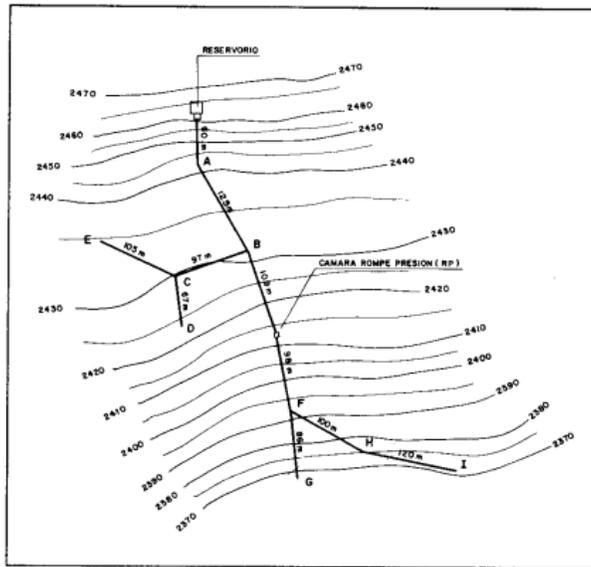
#### **Ramificada**

Como se menciona anteriormente este tipo de red es la que está compuesta por una tubería principal para luego distribuirse con ramificaciones secundarias que terminan en puntos muertos o ciegos como también se le denomina. Este tipo de sistema es conocido también como configuración de espina de pescado (CARE Internacional-Avina, 2015).

Este tipo de redes generalmente se emplean en caminos o veredas, donde por la

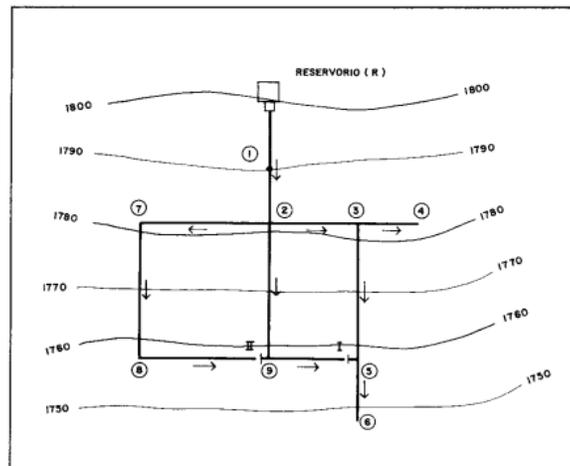
topográfica del terreno no favorece su implementación, otra razón es que no es económico ni técnico implementar conexiones de tipo malla. O porque el desarrollo de las poblaciones es a lo largo de una vía o de un río (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 25:** Sistema de agua ramificada



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

**Figura 26:** Sistema de distribución cerrado



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

## **Tratamiento de agua**

Se le denomina tratamiento de aguas cuando se lleva a cabo diferentes procesos y acciones con el fin de mejorar las características físico-químicas y bacteriológicas del agua convirtiéndola en agua potable, agua con calidad para el consumo (CARE Internacional-Avina, 2015).

La desinfección in situ es una opción de bajo costo. Ejemplo de ello es la desinfección solar que es gratuita, solo se debe disponer de botellas de plástico, otra opción es la preparación de una mezcla de cloro (ONU, 2007).

También se puede utilizar filtros de cerámica sencillos moldeados por artesanos locales, sin embargo, el hervor es el método más utilizado en los hogares para hacer que el agua sea apta para el consumo (ONU, 2007).

Pero se debe potabilizar el agua dependiendo a sus características químicas, físicas y bacteriológicas, porque solo conociendo estos datos a profundidad podemos determinar el tipo de tratamiento o tratamientos que necesita, se detalla mejor en los párrafos siguientes.

Para el proceso de potabilización y purificación del agua es necesario someterla a uno o varios procesos de tratamiento dependiendo de las características del agua cruda, Entre estos procesos figuran coagulación-floculación, clarificación, filtración y la desinfección (CARE Internacional-Avina, 2015).

La elección del proceso de tratamiento se debe elegir de acuerdo la calidad del agua cruda, el grado de desarrollo y los recursos propios de la comunidad (IMFOM-MSPAS, 2011).

En Guatemala se calcula que solo el 15% del agua que se abastece en redes de sistemas

de agua, se desinfecta previamente con los parámetros mínimos que exigen las normas, y que solo el 25% de los municipios cuentan con algún sistema de desinfección, desconociendo el estado de funcionalidad de los mismos (Lentini, 2010).

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia social a través del Sistema Integral de Atención en Salud, cuenta con una red de inspectores que además de otras tareas llevan el control de calidad del agua suministrada en los sectores, pero, la escasez de recursos y la débil capacidad de sanción por el propio ministerio ha llevado a que el sistema prácticamente no tenga efectividad (Lentini, 2010).

### **Coagulación-floculación**

Es el proceso en donde se añaden compuestos químicos al agua para minimizar las fuerzas que separan a los sólidos suspendidos menores a un milímetro sin diferenciar orgánicos e inorgánicos para que formen aglomerados que sean removidos del agua por el proceso de sedimentación (Comision Nacional del Agua, 2007).

El proceso se realiza en dos fases, en la primera que es coagulación, las fuerzas Inter partículas responsables de la estabilidad de los coloides, son minimizadas o eliminadas por la adición de reactivos. En la segunda fase que es la floculación, las colisiones entre partículas ayudan el crecimiento de flóculos que pueden ser eliminados en otra etapa por el proceso de sedimentación (Comision Nacional del Agua, 2007).

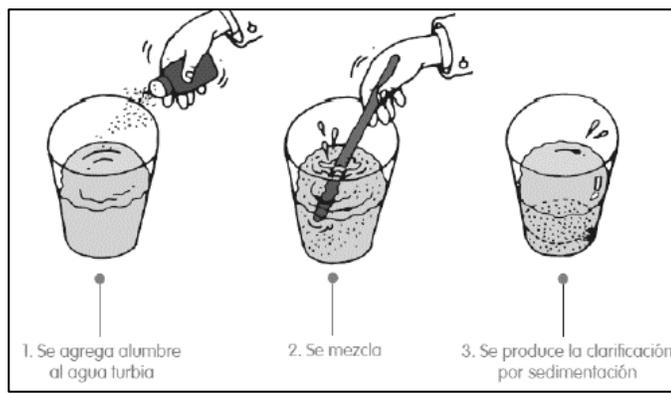
En la practica la primera fase se lleva a cabo mediante un rápido mezclado para diseminar el coagulante y favorecer su contacto con las partículas en suspensión, y la segunda se realiza una mezcla lenta con el objetivo de promover la formación y el aumento de tamaño de los flóculos, por último, estos son eliminados mediante medios físicos como la sedimentación, flotación o filtración (Comision Nacional del Agua,

2007).

### **La clarificación**

Este proceso se trata en separar las partículas suspendidas en el agua turbia para convertirla en agua clara (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 27.** Clarificación del agua.



Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015).

Se habla de sedimentación o clarificación cuando existe remoción de partículas, flóculos químicos y precipitados de una suspensión en un sedimentador que trabaja por gravedad. Se hace uso de la sedimentación para eliminar la fracción de sólidos sedimentables de los sólidos en suspensión que son estadísticamente el 60%. Considerados como sólidos sedimentables a las partículas que por la estructura de peso y tamaño sedimentan en una hora (Comision Nacional del Agua, 2007).

Se nombran a las estructuras que sirven para reducir la velocidad del agua para que puedan sedimentar los sólidos sedimentables como sedimentadores (Comision Nacional del Agua, 2007).

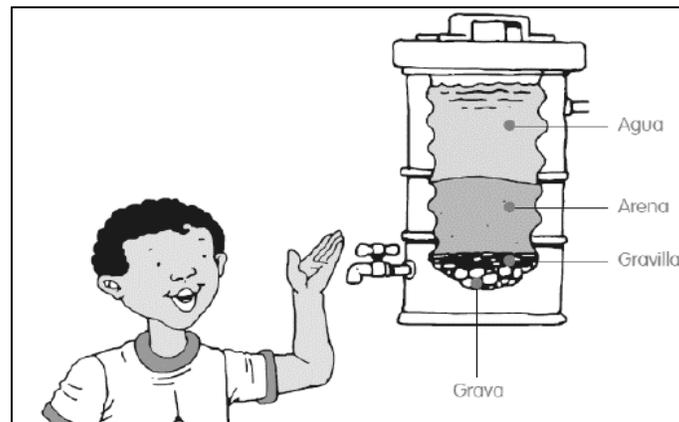
### **La filtración**

Este proceso es uno de los más utilizados con frecuencia para potabilizar las aguas.

Se emplea con o sin pretratamiento de coagulación y sedimentación, es decir, filtración directa, para eliminar sólidos presentes originalmente en el agua (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Como lo afirma CARE Internacional-Avina, (2015) Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de varias capas de material poroso con el fin de retener algunas bacterias y partículas suspendidas en el líquido.

**Figura 28.** Filtración del agua



**Fuente:** (CARE Internacional-Avina, 2015).

En el medio uno de los esquemas más utilizados con frecuencia para la potabilización de cuerpos superficiales consiste en combinar la coagulación-floculación con una sedimentación previa a la filtración (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### **Desinfección o eliminación de organismos**

La desinfección tiene una importancia indiscutible en la seguridad del abastecimiento de agua de consumo humano. La eliminación de microorganismos patógenos es una parte fundamental que con frecuencia se realiza con productos químicos como el cloro, derivados, u otros químicos (Organización Mundial de la Salud, 2011).

La desinfección crea una barrera eficaz ante los patógenos en especial las bacterias durante el tratamiento del agua de consumo humano. Debe usarse para las aguas superficiales y también para las aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal y otras formas de contaminación (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Una gran cantidad de microorganismos pueden ser eliminados de las aguas mediante el uso secuencial de productos derivados del cloro, tomando en cuenta que se debe tener estudios del agua antes de determinar qué tipo de desinfectante debe usarse (CARE Internacional-Avina, 2015).

Sin embargo, el uso del cloro en sus diferentes presentaciones en el agua requiere de mucha supervisión y cuidado ya que una cantidad insuficiente no produce la desinfección total, y una dosis excesiva produce efectos negativos para la salud (CARE Internacional-Avina, 2015).

Un sistema de abastecimiento de agua que presenta contaminación fecal y es tratado con desinfección química minimizará el riesgo de enfermedades, pero esto no lo garantizará totalmente. Se indica que la desinfección del agua para el consumo humano con cloro tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos en particular el parásito del cryptosporidium y algunos virus. La eficacia de la desinfección disminuye relativamente contra agentes patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante (Organización Mundial de la Salud, 2011).

La inexistencia de una fase de clarificación o fases previas similares con el mismo objetivo, provoca la turbiedad elevada del agua, esto puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, permitir la proliferación de bacterias y generar una alta demanda de cloro. Entonces es esencial que se implemente una estrategia eficaz de múltiples barreras en conjunto con la desinfección, con el

objetivo de eliminar la contaminación microbiana, sin olvidar la protección del agua durante su almacenamiento y distribución (Organización Mundial de la Salud, 2011).

El uso de productos químicos para la desinfección del agua suele generar productos secundarios. Sin embargo, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son demasiado pequeños en comparación con los riesgos relacionados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección (Organización Mundial de la Salud, 2011).

El porcentaje de concentración de algunos desinfectantes en el agua de consumo humano, como el cloro, pueden monitorearse y controlarse fácilmente, se recomienda el monitoreo frecuente cuando el cloro es aplicado al agua (Organización Mundial de la Salud, 2011).

En países de América latina menos del 5% de las aguas residuales reciben un tratamiento adecuado, lo que significa un gran riesgo para la salud humana y los seres vivos que lo consumen. El vertido de aguas residuales contamina las fuentes de agua, reduciendo en gran medida la cantidad y calidad de agua potable utilizable por el ser humano en esta región (Avellaneda Yajahuanca, Peñataro Yori, & Martín Brañas, 2011).

la desinfección por medios químicos controla la contaminación que se puede dar en el agua desde que sale de la unidad de tratamiento físico, desarenadores o filtros hasta la llegada a los servicios en casa, es uno de los métodos más confiables (CARE Internacional-Avina, 2015).

El elemento más utilizado para la desinfección del agua en Guatemala, es el legía o también conocido como el cloro, en ciertos manuales nacionales e internacionales

indican las minias y máximas cantidades que deben ser utilizados dependiendo de las características del agua.

**Figura 29.** Desinfección del agua



Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015)

### **Uso del cloro en la etapa de desinfección**

En el medio rural, el producto más usado para la desinfección es el cloro. Un producto bactericida de amplia eficacia, capaz de matar las bacterias o imposibilitar su desarrollo. Otro de los beneficios es su bajo precio y su fácil manejo (CARE Internacional-Avina, 2015).

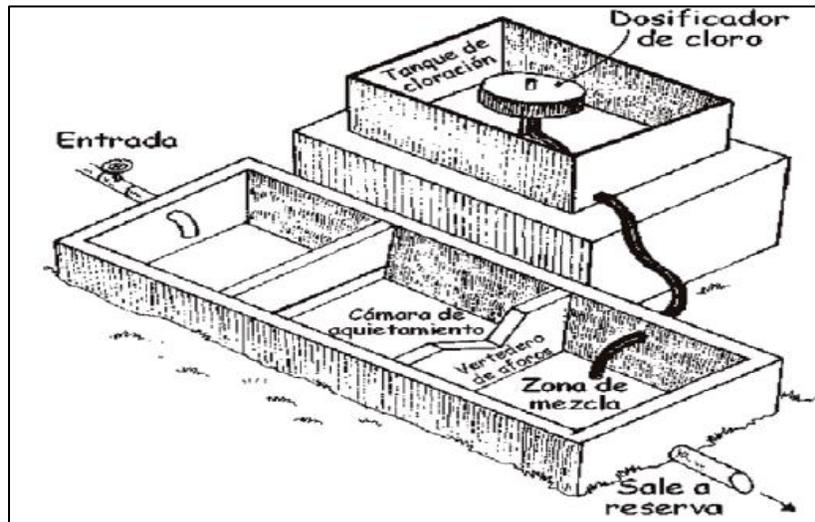
El cloro se usa en dos de sus presentaciones

- Granular como hipoclorito de calcio
- Líquido como hipoclorito de sodio

La dosificación de cloro es de acuerdo a la cantidad y la calidad del agua. Por su enorme efectividad como desinfectante, una dosis pequeña de un miligramo de cloro

puede desinfectar un litro de agua. Si se compara, un miligramo es como un cristal de azúcar (CARE Internacional-Avina, 2015).

**Figura 30.** Tanque de mezcla de cloro



Fuente: (CARE Internacional-Avina, 2015)

El hipoclorito de calcio es un producto sólido generalmente de color blanco con geometría granular. Su almacenaje debe ser impermeable, se recomienda que sea en un recipiente oscuro y tapado, bajo sombra, evitando que con el tiempo pierda su potencia. Generalmente el hipoclorito de calcio viene empacado en recipientes de 50 libras o 25 kilos, con una concentración al 70% como cloro. Es importante tener presente la compresión del cloro en el hipoclorito que viene marcada en el recipiente, ya que esto determina el los resultados del cálculo que se debe hacer (CARE Internacional-Avina, 2015).

Ejemplo: ¿Cuánto hipoclorito de calcio con concentración del 70% como cloro se debe usar para desinfectar un tanque de 100 m<sup>3</sup> de capacidad?

Las normas técnicas establecen un parámetro de concentración de cloro que debe ser

cerca de 50 pares por millón de cloro, o sea 50 miligramos/litro, que es lo mismo que 50 gramos de cloro por metro cubico de agua. Si la capacidad del tanque es de  $100 \text{ m}^3$  x 50 gramos de cloro = 5,000 gramos de cloro, o sea 5 kilogramos de cloro. Pero como el hipoclorito tan solo tiene una concentración del 70% de cloro, entonces se necesitan  $5 \text{ kilogramos} \div 0.7 = 7.1$  kilogramos de hipoclorito de calcio que deben ir diluyendo en un balde conforme se va llenando el tanque (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Tanque de almacenamiento**

Es una estructura cuyo objetivo es almacenar agua, puede ser construido de hormigón armado, mampostería, acero u otros materiales como el plástico de alta resistencia. Su geometría puede ser cuadrada, rectangular o redonda y sen olvidar que debe estar cubierto (CARE Internacional-Avina, 2015).

El tamaño del tanque de almacenamiento debe garantizar la cantidad de agua requerida por la población en las horas de mayor consumo. El tanque acumula agua durante la noche y en la hora de menor consumo, y su volumen dependerá del tamaño de la población, el caudal, y el consumo máximo promedio (CARE Internacional-Avina, 2015).

El tanque o reservorio por su funcionamiento se ubica en un punto alto de la población. En poblaciones grandes y de topografía muy irregular, puede existir uno o más reservorios (CARE Internacional-Avina, 2015).

Una de las ventajas del uso del tanque de almacenamiento es para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios o interrupciones provocadas por daños del acueducto aguas arriba del tanque, se puede omitir el uso del tanque solo cuando el caudal garantice un suministro alto, aun así no es recomendable (CARE Internacional-Avina,

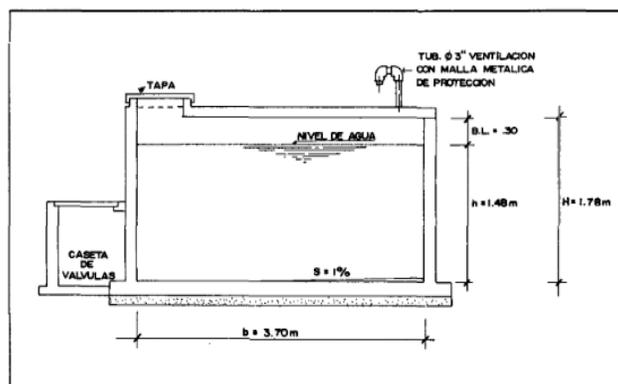
2015).

### **Cálculo de capacidad del tanque de almacenamiento**

En el cálculo de capacidad del tanque de almacenamiento o reservorio se utilizan métodos gráficos y analíticos, los métodos gráficos se basan en la determinación de la curva de masa o de consumo integral, tomando en cuenta los consumos acumulados. En los métodos analíticos, se tiene que disponer de datos de consumo por horas y del caudal de la fuente disponible, que generalmente es igual al consumo promedio diario (Agüero Pittman, 1997).

En gran mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua rural, por razones diversas no se cuenta con estas informaciones que nos permitan utilizar los métodos mencionados, pero si podemos estimar el consumo medio anual, con este dato se puede determinar el volumen del almacenamiento. Entidades recomiendan una capacidad de regulación de los tanques, entre el 25% y 30% del volumen del consumo promedio diario anual  $Q_m$  (Agüero Pittman, 1997).

**Figura 31.** Tanque de almacenamiento o reservorio



Fuente: (Agüero Pittman, 1997).

### **Principales elementos de un tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento, además de la estructura para almacenar, debe tener

siempre los siguientes elementos.

### **Tubería de llegada**

El diámetro de esta tubería está definido por la tubería de conducción, se debe tener una válvula de cierre o compuerta antes de la entrada al tanque de almacenamiento (Agüero Pittman, 1997).

### **Tapa de protección**

Tapa o cubierta para evitar la contaminación como caída de hojas secas y otros objetos dentro del tanque (CARE Internacional-Avina, 2015).

Una tapa o compuerta la cual tendrá por objetivo facilitar el acceso al interior del tanque para inspecciones y mantenimiento (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Escalera de acceso**

Se debe construir una escalera de acceso al tanque, tanto externa como interna, para facilitar las labores de inspección, mantenimiento y limpieza (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Tubería de ventilación**

Proveer a los tanques de almacenamiento con tubos de ventilación o respiradores con sus propias rejillas para impedir la entrada de elementos o insectos al tanque (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Tubería de rebose**

La tubería de rebose es la tubería que se encuentra en la parte superior del tanque, su objetivo es eliminar el agua del caudal sobrante, esta tubería no se proveerá de válvula de compuerta con el fin de descargar el agua sobrante en cualquier momento (Agüero Pittman, 1997).

### **Tubería de salida**

El diámetro de la tubería de salida tendrá que ser correspondiente a la línea de aducción, se debe proveer de una válvula de control con el objetivo de cerrar y regular el abastecimiento (Agüero Pittman, 1997).

Como lo dictan la mayoría de constructores es necesario proveer una tubería de salida, con su correspondiente válvula para permitir o impedir la salida de agua del tanque.

### **Tubería de drenaje**

Es una tubería de desfogue con su correspondiente válvula para evacuar el agua al momento de limpiar el tanque (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Tubería by-pas**

Consiste en una conexión directa entre la entrada del tanque de abastecimiento y la salida, cuyo objetivo es desviar el agua desde la línea de conducción a la línea de aducción, permitiendo el control de flujo a la hora de hacer trabajos de mantenimiento y al mismo tiempo no se interrumpa el servicio de agua en cualquier instante (Agüero Pittman, 1997).

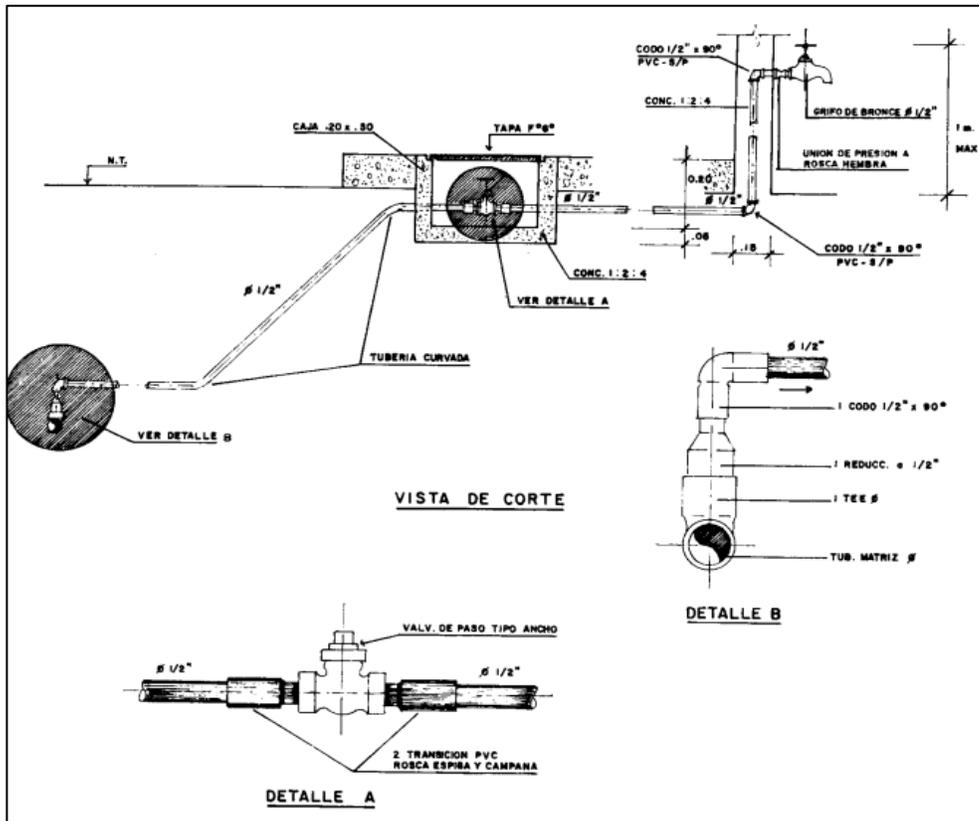
La derivación o tubería de paso directo (by-pass) como también se le conoce, conecta directamente la tubería de entrada a la tubería de salida, sin pasar por el tanque, para no interrumpir el servicio cuando el tanque esté en mantenimiento (CARE Internacional-Avina, 2015).

### **Conexiones de servicio**

En las poblaciones, especialmente las rurales existen sistemas de abastecimiento de agua potable que consideran que sean piletas publicas o conexiones domiciliarias el tipo de alimentación, en el primero de los casos con la finalidad de limitar la distancia de recorrido de los usuarios, se ubican piletas en puntos estratégicos dentro del área

del centro del poblado. En el segundo caso, se les instalan conexiones que derivan de la tubería matriz hasta el interior o exterior de los domicilios (Agüero Pittman, 1997).

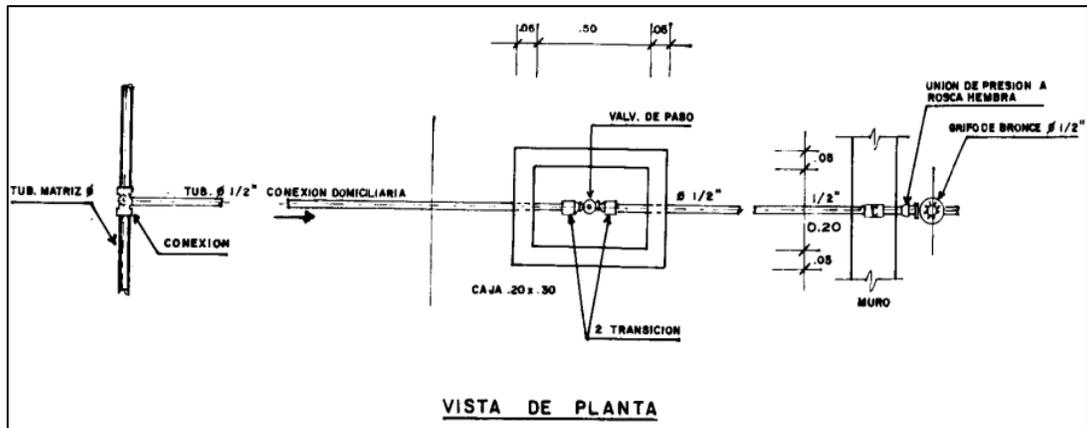
**Figura 32:** conexiones domiciliarias



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

En la figura anterior se muestra los detalles de las conexiones domiciliarias, estas conexiones gozan del privilegio de que las personas pueden disponer de ellas lo mas cerca posible del lugar donde conviven, la decisión de tomar qué tipo de conexión se debe hacer se debe a varios factores, factores como el costo del proyecto, la topografía del terreno, el caudal de diseño, la mano de obra disponible en el lugar, la disposición de los beneficiarios a la hora de realizar el proyecto. Las conexiones de piletas generalmente se ejecutaban en la década de los 90 hasta 2010,

**Figura 33:** Conexiones domiciliare vista en planta



Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

## Alta Verapaz

### Ubicación geográfica

El departamento se encuentra al norte de Guatemala a  $15^{\circ}29'00''$  latitud norte y  $90^{\circ}19'35''$  longitud oeste. Tiene una extensión territorial aproximado de 8,686 **km<sup>2</sup>** que es cerca del 8% del territorio nacional, la altura sobre el nivel del mar promedio es de 1316, en conjunto al departamento de Baja Verapaz integra la región nacional II Norte, aproximadamente la cabecera departamental se encuentra a 220 km de la capital del país. Tiene límite al Norte con el departamento de Petén; al Oeste con Quiché; al Sur con Zacapa y Baja Verapaz y al Este con Izabal (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Alta Verapaz está conectado con los departamentos de Quiché, Peten, Izabal, por medio de la carretera Franja Transversal del Norte, que va desde la carretera asfaltada de rio dulce e intercomunica a Chahal, Fray Bartolomé de las Casas, Raxruhá, la zona Norte de Chisec, Cobán y para salir al municipio de Ixcán en el departamento de Quiché, esto permite la movilización de personas, el movimiento del comercio en la parte Norte del departamento; en la parte Sur del departamento, la región conocida

como la ruta del Polochic la conectividad se da a través de la ruta 7E (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Esta ruta une a los municipios de Tamahú, Tukurú, Santa Catarina la Tinta, Senahú y Panzós lo que permite la dinamización de la economía en esta extensa región hacia la cabecera departamental para la Ruta CA-14 y hacia el departamento de Quiché por su conexión con la Ruta 7W (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

### **Historia**

En el siglo XVI, periodo de la conquista y la colonización española, la región de las Verapaces era una tierra sobresaliente por el carácter de su resistencia ante la colonización, es por ello que se le adjudica el nombre de Tezulutlán que significa Tierra de Tecolotes o Tierra de Guerra (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Como lo citan los cronistas de la colonia Tezulutlán limitaba al Norte con el río Chixoy, al Oriente con el río Motagua y el Golfo de Honduras, al Occidente con el río la Pasión y el Sartún, así como tierras de Choles y Manchés y al Sur, no existía una delimitación clara, sin embargo, se hace referencia al Río Motagua. La región era contemplada por poblaciones de etnias poqomchi's, achi's, choles y los q'eqchi's en el centro de la zona (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

La Tezulutlán original era constituido por diferentes grupos nativos, repartidos en una inmensa región geográfica, entre éstos destacaban los ubicados en su centro, la zona que hoy se conoce como el municipio de San Juan Chamelco y gobernados por Aj Pop Batz, pero grupos de gran extensión como los lacandones también eran influyentes y numerosos en la región (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Un hecho más, que sobresale en la historia de la Verapaz es la llegada de los alemanes, admitido por el gobierno del General Justo Rufino Barrios, algunos historiadores

consideran que fueron atraídos a la Verapaz por su belleza natural, su aislamiento, el clima y la fertilidad de su tierra para el cultivo del café. La presencia llegó a tener tanta importancia que se estableció en Cobán un consulado y un Club Alemán; también, se construyó en la Zona del Polochic la línea de ferrocarril llamada de la Verapaz (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Este ferrocarril estaba ubicado entre Panzós y Pancajché, la cual, por falta de financiamiento no fue posible construirla hasta Tukurú. Entonces, mientras funcionó el Ferrocarril Verapaz, el café fue trasladado hasta el puerto fluvial y para luego salir por barcazas de vapor hasta los navíos que lo transportaban a los consumidores europeos, aumentando así el comercio de Alta Verapaz (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Oskar Klover un inmigrante alemán botánico de profesión, en 1914 trajo a Guatemala semillas de plantas procedentes de la India como el té negro, especies de pimienta, canela y el cardamomo. En el gobierno del General Jorge Ubico, se expropió de manera forzosa el Ferrocarril Verapaz y Agencias del Norte, Limitada en base al Decreto No. 3115 de 22 de junio de 1944, que estipulaba la expropiación y nacionalización de todas las fincas de café de los alemanes, bonos, acciones y participaciones que tuvieran en algunas de las fincas expropiadas (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Con los años, entre 1976 a 1983 el territorio fue uno de los escenarios de la guerra interna, situación que provocó la migración de un gran número de la población hacia distintos puntos del país; en el año de 1996 luego de la firma de los acuerdos de paz, la población desplazada fue retornando gradualmente ubicándose principalmente en la región de la Franja Transversal del Norte, provocando el mayor asentamiento de retornados que con el tiempo, ha permitido la cohesión de la población Q'eqchi' (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Se puede resumir y describir de esta manera la historia de Alta Verapaz que es diversa y multicultural, producto de las aportaciones dadas de las etnias mayas en conjunto de los grupos de inmigrantes como los españoles, alemanes entre otros, asentados en el territorio (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

### **División político administrativa**

El departamento de Alta Verapaz cuenta con 17 municipios: Cobán que es la cabecera departamental, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, Tactic, Tamahú, Tukurú, Panzós, Senahú, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, Lanquín, Cahabón, Chisec, Chahal, Fray Bartolomé de las Casas, Santa Catarina La Tinta y Raxruhá, este último es un municipio recién fundado, el 20 de febrero de 2008, según decreto No. 10-2028 (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Para fines puramente metódicos al proceso de planificación departamental, el departamento de Alta Verapaz se divide en subregiones, es decir, una división en áreas menores con características casi homogéneas como un método de apoyo en la planificación. Esta descomposición permite un mejor conocimiento del territorio y su heterogeneidad (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Estas subregiones son: Región sub departamental I conformada únicamente por la cabecera departamental Coban; Región sub departamental II conformada los municipios de Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, Tactic y Tamahú; Región sub departamental III conformada por los municipios de San Pedro Carchá y San Juan Chamelco; Región sub departamental IV conformada por Lanquín y Cahabón y por último la Región sub departamental V conformada por los municipios de Panzos, Santa Catarina La Tinta, Senahú y Tukurú (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Se describe solo la Región sub departamental II porque en esta región específicamente se centra la investigación.

### **Región sub departamental II (poqomchi')**

Está conformado de los municipios de San Cristóbal Verapaz, Santa Cruz Verapaz, Tactic y Tamahú; el municipio de Santa Cruz Verapaz, a pesar que en la calificación final obtiene una valuación mucho menor a los otros municipios no se logran evidenciar como críticos los factores de análisis, se considera el aspecto etnolingüístico, en donde la población es predominantemente poqomchi y que históricamente las autoridades municipales y la población logran trabajar armónicamente con sus vecinos poqomchi', otra razón por la cual se conformó esta región es lo cercano que se encuentran entre ellos (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Cabe resaltar la fuerte conectividad comercial entre estos municipios, centralizándose en Tactic la comercialización de hortalizas y ganado (CODEDE,SEGEPLAN, 2011, pág. 12).

### **Demografía**

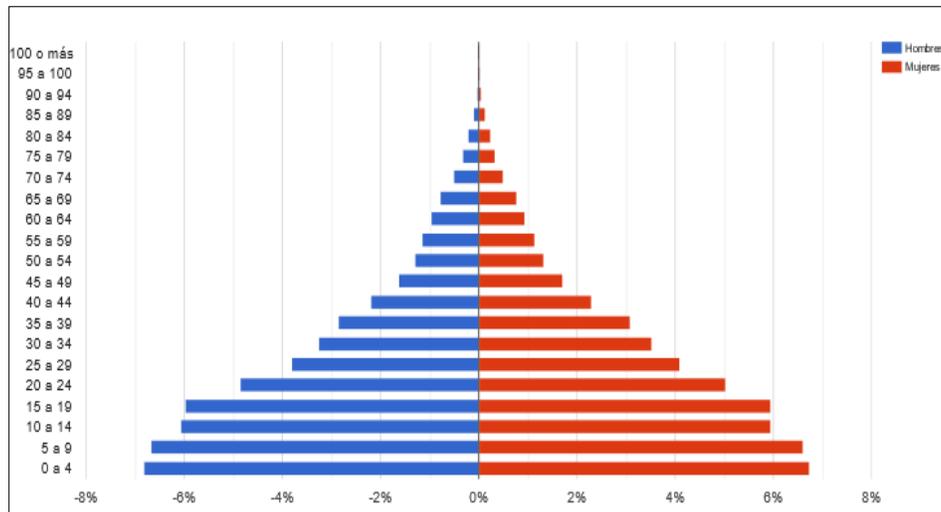
Se calcula que la población del departamento de Alta Verapaz, en el año 2010 era de 1,078,942 personas, 49.8% masculinos y 50.19% femeninos y una densidad poblacional de 124 habitantes por **km<sup>2</sup>**. En el listado de densidad poblacional se ubica en el lugar 5, junto con estos departamentos: Guatemala, Huehuetenango, San Marcos y el Quiché. En Alta Verapaz el 93% de la población es indígena conformadas de las etnias Q'eqchi' y Poqomchi; el 79% de la población vive en el área rural y en lugares poblados extensos y dispersos (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Como se muestra en la pirámide poblacional de la figura 1, el crecimiento es demasiado rápido lo que refleja los altos índices de natalidad, algo común en países en vías de desarrollo, con fuente en los registros comprendidos entre los años 2002 a 2010 este crecimiento es paulatino, incrementándose cada año a una tasa de 3.42% (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

Se puede apreciar también que la mayor parte de la población es joven, escenario que sugiere un incremento en la demanda en los servicios básicos, educación, salud, vivienda, seguridad alimentaria, empleo entre otros, las que con el tiempo tienden a potenciarse, pero de igual manera evidencia un bono demográfico joven que se convierte progresivamente en fuerza laboral y esto es el sostén de toda una sociedad (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

### Índice de desarrollo humano -IDH-

**Figura 34.** Pirámide poblacional, departamento de Alta Verapaz, 2018.



**Fuente:** INE 2018, XII Censo nacional de población y VII de vivienda.

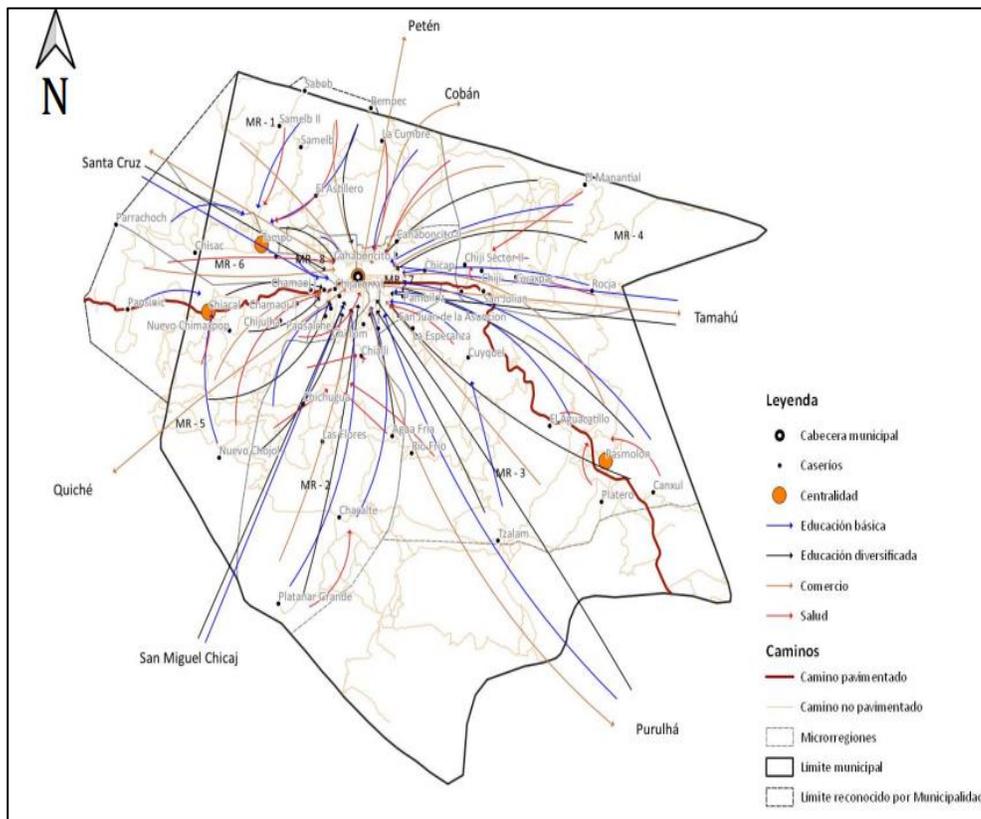
los resultados del informe Nacional de Desarrollo Humano, INDH del 2005 que fue realizado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD por sus siglas, el IDH del departamento de Alta Verapaz tiene un indicador de 0.498 este indicador lo ubica en uno de los lugares con peor calificación en Guatemala. Esta calificación da a conocer que las secciones donde deben ser reforzados y sobre los cuales se debe dirigir la inversión son salud, educación y pobreza, por cuanto esto se haga, permitirá a mediano plazo una mejor condición del departamento en cuanto a

su IDH (CODEDE,SEGEPLAN, 2011).

### Tactic

Municipio del departamento de Alta Verapaz que se ubica en el norte de Guatemala, se encuentra localizada un inmenso valle, entre dos altas montañas que forman una subcuenca, y se ha llegado a comparar con ciertos lugares de Suiza, y los Alpes Suizos, solo con diferencia de su clima (Milian, 2017).

**Figura 35:** organización política administrativo Tactic



**Fuente:** (COMUDE,SEGEPLAN, 2019)

Su organización territorial se basa en una villa, once barrios, diez aldeas, una colonia, treinta caseríos, cuatro cantones y seis fincas (COMUDE,SEGEPLAN, 2019).

Tactic está entre uno de los municipios de menor superficie territorial de Alta Verapaz, con 85 km<sup>2</sup>, pero uno de los más densamente poblados, su extensión territorial es el equivalente al 1% de todo el departamento, su población es en casi la mayoría rural, 68% (COMUDE,SEGEPLAN, 2019)

El municipio de Tactic tiene colindancia al norte con Coban, al sur con san Miguel Chicaj, Salamá y Purulhá del departamento de baja Verapaz; al este con el Municipio de Tamahú y al oeste con Santa Cruz Verapaz; está a 184 kilómetros de la ciudad capital, por periferia tiene la carretera CA-14 entre el kilómetro 180 y 186 (COMUDE,SEGEPLAN, 2019).

### **Legislación nacional sobre el agua en Guatemala**

Las guías y normas para la calidad del agua potable y saneamiento tienen la finalidad de la protección de la salud pública, porque estas enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen un gran impacto en las personas (Argueta Tejada, 2006).

Cuantiosas leyes que regulan distintas áreas del desarrollo nacional contienen normas relativas al uso de las aguas. Asimismo, existen disposiciones de carácter general contenidas en la legislación civil que son aplicables a la materia, ejemplo de ello, el uso especial de las aguas requiere el otorgamiento formal de la autoridad, mediante concesión, permiso o autorización, creando derechos y deberes subjetivos a favor de su titular. (COMITE PERMANENTE DE COORDINACION DE AGUA Y SANEAMIENTO, 1995).

En las normas y leyes acerca del agua de consumo humano puede existir diferencias en su naturaleza y forma, entre los países y regiones. No existe algún único método que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y la aplicación de normas, es primordial tener en cuenta las leyes vigentes y en proyecto con relación al agua, a

la salud y al gobierno local, asimismo para evaluar la capacidad de cada país para desarrollar y aplicar reglamentos. Los métodos y técnicas que funcionan en un país no necesariamente podrán usarse en otros países o regiones (Organización Mundial de la Salud, 2011).

El gobierno de Guatemala antepone el tema del agua, por su selecta contribución al desarrollo del país y adopta medidas gubernamentales generales. Es por ello que se crea el Gabinete Específico del Agua por medio del acuerdo gubernativo 204-2008 y se le asigna como parte de sus servicios y funciones la revisión y actualización de la propuesta de política y Estrategia de Gestión integrada de Recursos Hídricos (Gabinete Específico del Agua, 2011).

La Constitución Política de la República de Guatemala establece que las municipalidades son instituciones autónomas en el ámbito de encargarse de la regulación y atención de los servicios públicos locales, así como también el ordenamiento territorial de su jurisdicción con el cumplimiento de sus propios fines (Lentini, 2010).

El objeto de la Política Nacional del Agua de Guatemala es asegurar la contribución del agua al logro de metas y objetivos de desarrollo nacional de Guatemala. Que por su naturaleza es una política pública del gobierno central que se presenta como referente de acciones a nivel nacional para trascender hacia una política pública de estado a largo plazo, basada en herramientas de planificación y presupuesto. (Gabinete Específico del Agua, 2011).

### **Marco jurídico en Constitución política de la república de Guatemala**

Los municipios tienen un rol importante en lo que concierne a los marcos legales, ya que son los responsables directos en la prestación de los servicios de agua por red y saneamiento, además, la Constitución Política de la República de Guatemala establece

que los municipios son instituciones autónomas, y dadas las funciones les corresponde atender los servicios públicos de su localidad, el ordenamiento territorial de su jurisdicción y el cumplimiento de sus propios fines (Lentini, 2010).

El Código Municipal ratifica esa responsabilidad y los servicios públicos locales, indicando que es deber del municipio regular y prestar los servicios públicos de su jurisdicción, y que está entre sus facultades el cobro y las tarifas correspondientes (Lentini, 2010).

El Código de Salud del año 1997, establece que es obligación de las municipalidades proveer el abastecimiento de agua a sus pobladores, y asigna MSPAS como institución encargada al desarrollo de normas relacionadas con la administración, construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable y la obligación de vigilar, con ayuda y coordinación de las municipalidades y los ciudadanos, la calidad del servicio de agua (Lentini, 2010).

En el año de 1997, se traspasó al Instituto de Fomento Municipal la gestión de las políticas y estrategias sectoriales y su implementación. Se establece que las instituciones públicas o instituciones privadas que intervinieran en el sector deben hacerlo con la asistencia financiera y técnica del INFOM. La UNEPAR y el Proyecto de Agua Potable y Saneamiento del Altiplano (PAYSA), que habían estado dentro del MSPAS desde sus inicios, fueron trasladados bajo la dirección del INFOM (Lentini, 2010).

El sistema de Consejos de Desarrollo tiene un papel importante en el proceso de identificación, de proyectos de servicios de agua potable y saneamiento, participando en la asignación de partidas presupuestarias para la ejecución de obras de la naturaleza de servicios y saneamiento de agua en cualquier lugar del país, urbana y rural (Lentini, 2010).

Además de los antes mencionados existen otras instituciones que velan por la administración, cumplimiento y desarrollo de este sector, y que es importante mencionarlos, ya que cumplen papeles de mucha importancia para la regulación, de los cuales destacan:

- Secretaría General de Planificación y Programación (SEGEPLAN): es el organismo gubernamental encargado del ordenamiento de la planificación a nivel de la república.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN): establece las regulaciones y normativas con relación a cuestiones vinculadas al medioambiente.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación Agropecuaria (MAGA): se encarga de las políticas y estrategias que propicien el desarrollo sustentable del sector hidrobiológico.

Se menciona también algunos artículos de leyes y reglamentos más importantes concernientes al agua en Guatemala.

#### **Artículo 127. Régimen de aguas**

Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia (Congreso de la república de Guatemala, 1985, pág. 40).

#### **Artículo 128. Aprovechamiento de aguas**

El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de

persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los causes correspondientes, así como facilitar las vías de acceso (Congreso de la republica de Guatemala, 1985, pág. 40).

### **Otras leyes de marco jurídico normativo**

La Ley Orgánica del Instituto de Fomento Municipal, decreto 1132 del congreso de la república, establece que el INFOM es una entidad estatal, autónoma para el cumplimiento de sus fines, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creado para promover el progreso de los municipios dando asistencia técnica, financiera y administrativa a las municipalidades, en la realización de programas básicos de obras y servicios públicos (UNEPAR, 2018).

También en la explotación racional de los bienes y empresas municipales, en la organización de la hacienda y administración municipal, y en general, en el desarrollo de la economía de los municipios (UNEPAR, 2018, pág. 6).

Esta Ley Orgánica, dicta que el Instituto debe contar con la sección indispensable para el desarrollo eficaz de sus operaciones y finalidades. La junta Directiva es el encargado de la creación de las secciones necesarias para la buena marcha de los servicios de la Institución. Cada sección tendrá un jefe, nombrado por la Junta Directiva a propuesta del Gerente, y el personal necesario para su correcto funcionamiento. El reglamento de la institución determina las normas de operaciones de cada sección, las responsabilidades y atribuciones del personal de las mismas (UNEPAR, 2018).

### **Otras leyes, Decretos, Acuerdos, Normas y Guías relacionadas a la regulación del agua en Guatemala.**

Ley Orgánica del Instituto de Fomento Municipal Decreto 1132, del Congreso de la

república de Guatemala.

Ley Orgánica del Presupuesto Decreto 101-97 del Congreso de la Republica de Guatemala y su Reglamento Acuerdo Gubernativo número 9-2017.

Acuerdo Gubernativo SP-M-129-75, mediante el cual se crea la Unidad Ejecutora del Programa Acueductos Rurales.

Acuerdo Gubernativo No. 376-97, a través del cual se le encarga al INFOM, la gestión de las Políticas y Estrategias del Sector Agua Potable y Saneamiento.

Acuerdo Gubernativo No. 635-97 de fecha 27 de agosto de 1997, que aprueba el Convenio Administrativo Interinstitucional de Transmisión de la Adscripción de UNEPAR del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, al Instituto de Fomento Municipal.

Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001

Acuerdo ministerial 1148-09. Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para el consumo humano.

Acuerdo Gubernativo 236-2006 reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos.

### **El sector agua y saneamiento como prioridad gubernamental.**

Dentro de los tantos factores que ha generado el actual déficit en los servicios de agua y saneamiento, en Latinoamérica y en especial en Guatemala, uno ha sido las cantidades de inversión, en Guatemala esto ha estado por debajo de los requerimientos mínimos para avanzar con un sostenimiento optimo hacia la cobertura universal;

frecuentemente, ni han alcanzado para mantener o reponer los activos preexistentes, es decir ha existido desinversión (Lentini, 2010).

Sabiendo que los recursos asignados al este sector son insuficientes para atender las necesidades básicas de la población, se reconoce que estos servicios han sido de los más relegadas al momento de que el gobierno asigna presupuesto (Lentini, 2010).

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano”, se identificó una población a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales se concluyeron que los representantes de familia eran los jefes de hogar, se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica, muestra por medio de la población finita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y el 10% de error.

La segunda población de estudio, miembros del consejo municipal, se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y 0% de error.

Para responder el efecto, se trabajó con 56 jefes de hogar; para responder la causa, se identificaron a 5 miembros de la Dirección de Planificación Municipal y 5 miembros del Consejo Municipal, del Municipio de Tactic, Alta Verapaz.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

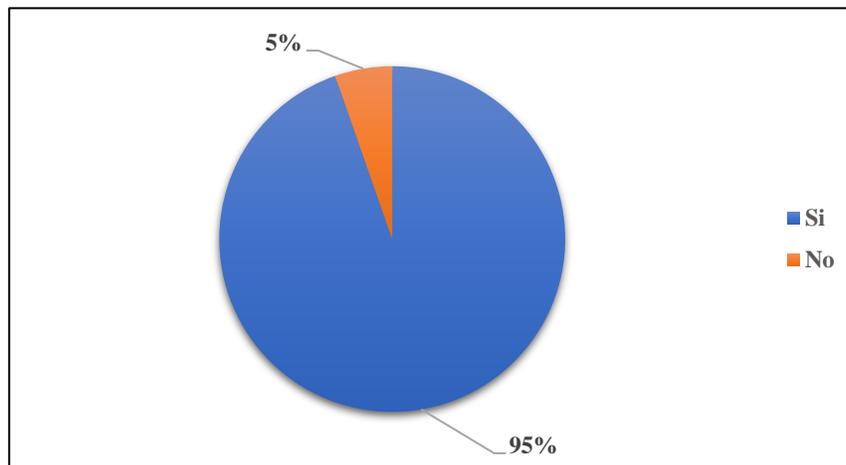
### III.1. Cuadros y graficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

**Cuadro 1.** Daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	53	95
No	3	5
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 1.** Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.



Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

#### Análisis

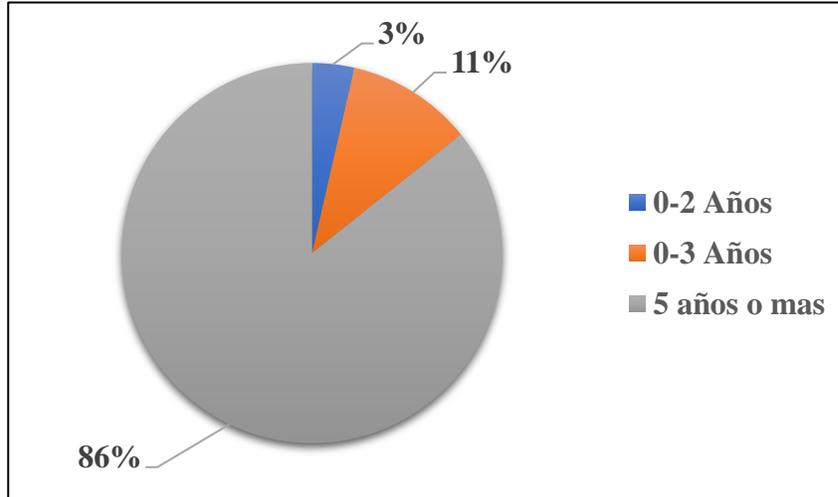
El efecto se confirma mediante la opinión de la mayoría de los jefes de hogar, al indicar que se ha incrementado las enfermedades gastrointestinales y parasitarias, mientras que una la minoría de ellos, indica lo contrario.

**Cuadro 2.** Tiempo que ha existido el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>0-2 Años</b>	2	4
<b>0-3 Años</b>	6	11
<b>5 años o mas</b>	48	86
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 3.** Tiempo que ha existido el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.



Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

Un poco más de 4/5 de los jefes de hogar encuestados indican que tienen conocimiento de que el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias ha existido

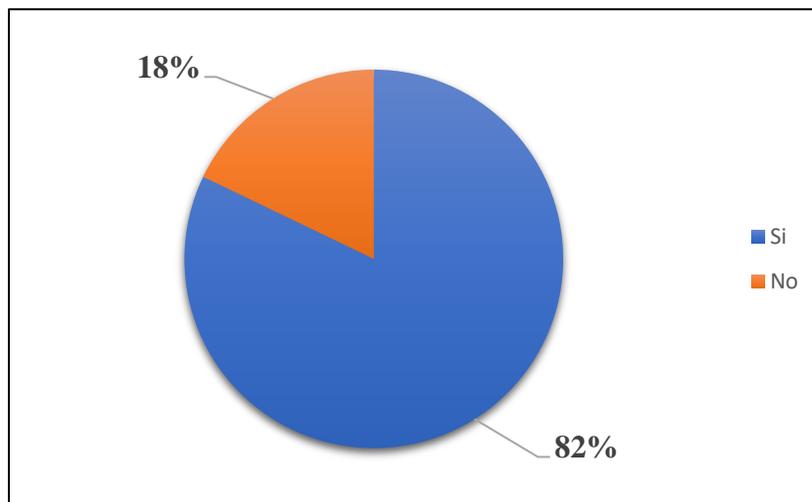
desde hace más de 5 años.

**Cuadro 3.** Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, se debe a la mala calidad del agua.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>Si</b>	46	82
<b>No</b>	10	18
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

**Fuente:** jefes de hogar, agosto de 2021.

**Grafica 5.** Incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, se debe a la mala calidad del agua.



**Fuente:** jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

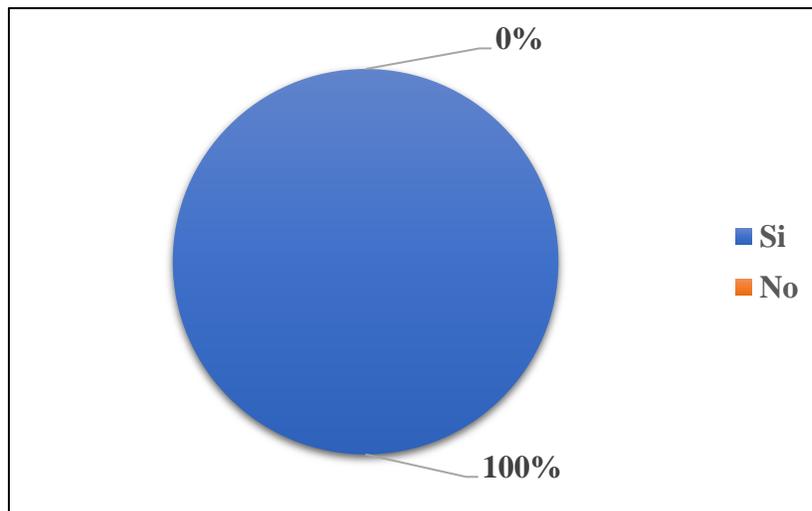
De acuerdo a los jefes de hogar encuestados, un poco más 4/5 partes consideran que el incremento de las enfermedades gastrointestinales y parasitarias se debe a la mala calidad del agua. Mientras que el resto de ellos, indica lo contrario.

**Cuadro 4.** El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>Si</b>	56	100
<b>No</b>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

**Fuente:** jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 7.** El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico.



**Fuente:** jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

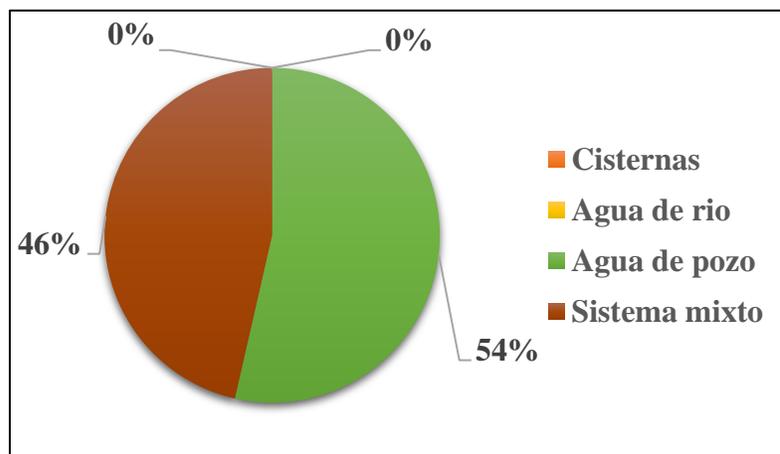
Todos los jefes de hogar encuestados manifiestan que el incremento de las enfermedades gastrointestinales y parasitarias repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico, con lo cual ayuda a comprobar el efecto.

**Cuadro 5.** Jefes de hogar que utilizan diferentes tipos de abastecimiento de agua en su hogar.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
<b>Cisternas</b>	0	0
<b>Agua de rio</b>	0	0
<b>Agua de pozo</b>	30	54
<b>Sistema mixto</b>	26	46
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 9.** Jefes de hogar que utilizan diferentes tipos de abastecimiento de agua en su hogar.



Fuente: jefes de hogar encuestados, agosto de 2021.

### Análisis

De los jefes de hogar encuestados, un poco más de la mitad manifiesta que el tipo de sistema de suministro de agua que utilizan, es el sistema de agua de pozo, mientras el

resto, indica que usa un sistema mixto, para el suministro de agua.

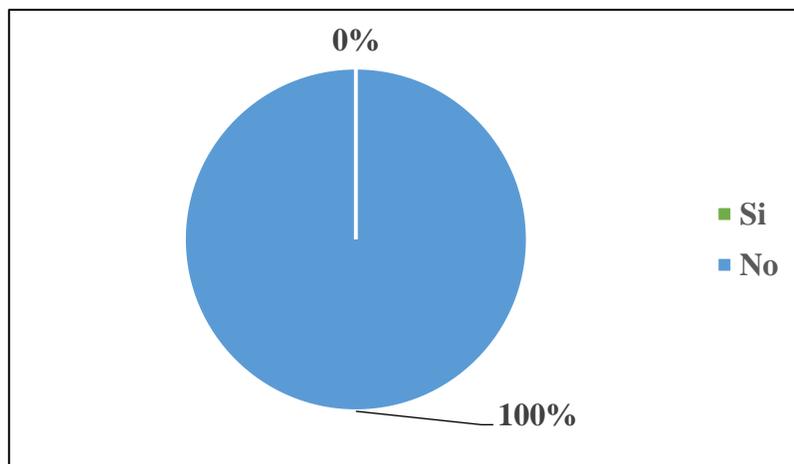
### III:2. Cuadros y graficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.

**Cuadro 6.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que cuentan con una propuesta de diseño de sistema de agua para consumo humano.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	10	100
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 11.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que cuentan con una propuesta de diseño de sistema de agua para consumo humano.



**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

### Análisis

De acuerdo a los datos recabados por el censo realizado a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación, de la municipalidad de Tactic, todos manifiestan que no cuentan con una propuesta de diseño de sistema de agua para consumo humano, esto

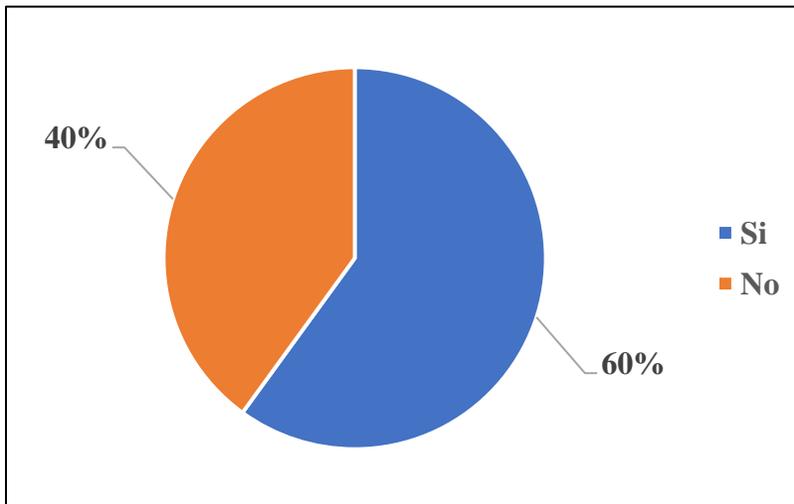
contribuye a confirmar la causa.

**Cuadro 7.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran necesario la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>Si</b>	6	60
<b>No</b>	4	40
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 13.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran necesario la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano.



**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

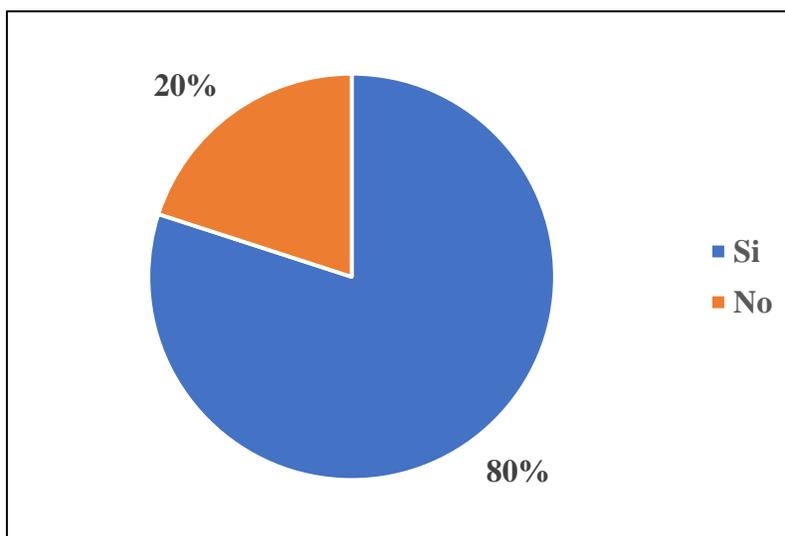
De los técnicos encuestados 3/5 partes indican que consideran necesario la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano, mientras 2/5 partes de los mismos consideran que no es necesario.

**Cuadro 8.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que apoyarían la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>Si</b>	8	80
<b>No</b>	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

**Gráfica 15.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que apoyarían la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano.



**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

De los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados 4/5 partes manifiestan que apoyarían la implementación de una propuesta de diseño de agua para consumo humano, y 1/5 indican que no apoyarían a la implementación, es una gran

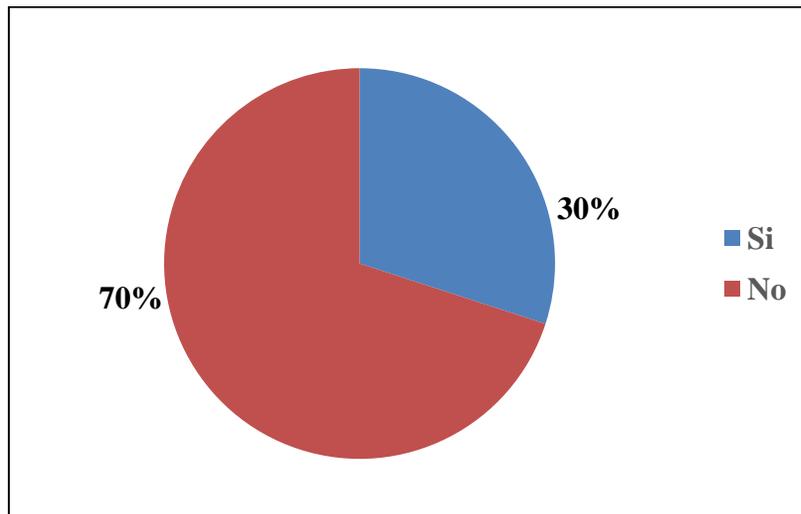
contribución que ayuda a confirmar la causa.

**Cuadro 9.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada.

<b>Respuestas</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
<b>Si</b>	3	30
<b>No</b>	7	70
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

**Grafica 17.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada.



**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021.

### **Análisis**

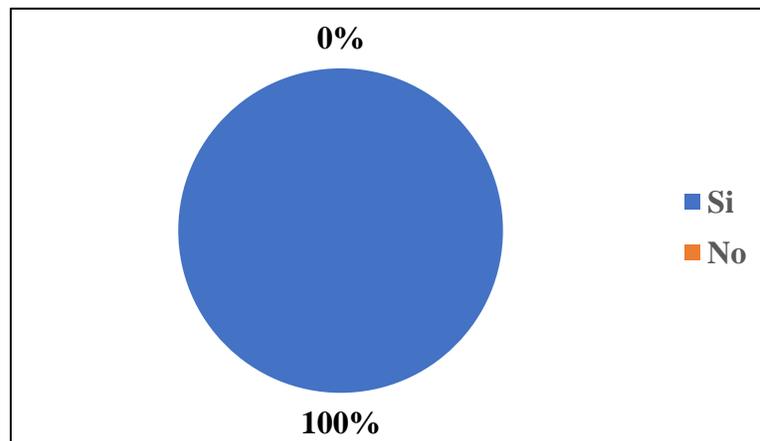
De acuerdo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados 7/10 indican que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, es inadecuada, mientras que 3/10 indica que es adecuada.

**Cuadro 10.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran, que la municipalidad tiene los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de un sistema de agua para consumo humano.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
<b>Si</b>	10	100
<b>No</b>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021 .

**Grafica 19.** Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que consideran, que la municipalidad tiene los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de un sistema de agua para consumo humano.



**Fuente:** técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados, agosto de 2021 .

### **Análisis**

Todos los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación encuestados indican que la municipalidad tiene los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de un sistema de agua para consumo humano.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Las conclusiones y recomendaciones siguientes se elaboraron con los resultados obtenidos de la investigación realizada en caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, específicamente en la inexistencia de una propuesta diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano en la aldea.

### **Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis: “El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano” con el 0% de error de muestreo y el 100% de confianza en la variable independiente, el 10% de error de muestreo y 90% de confianza en la variable dependiente.
2. Existe incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en la población.
3. Los jefes de hogar encuestados tienen conocimiento que el aumento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias ha existido desde hace más de 5 años.
4. Los jefes de hogar consideran que el incremento de enfermedades gastrointestinales es por la mala calidad del agua.
5. Los jefes de hogar están de acuerdo de que las enfermedades gastrointestinales y parasitarias repercute en el desarrollo intelectual, emocional y físico de la población.
6. Casi la mayoría de los jefes de hogar encuestados indica que la población se

suministra de agua de pozo.

7. Los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Tactic no cuentan con una propuesta de diseño de sistema para agua de consumo humano.
8. Los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Tactic consideran que es necesario la implementación de un diseño de agua para consumo humano.
9. Los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación apoyan la implementación de la Propuesta.
10. Los Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación manifiestan que el agua que consume la población del caserío El Conde es inadecuada.

### **Recomendaciones**

1. Implementar la Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.
2. Disminuir las enfermedades gastrointestinales y parasitarias en la población.
3. Concientizar a los habitantes del caserío El Conde que se puede disminuir las enfermedades gastrointestinales.
4. Dar a conocer a los habitantes del caserío El Conde, que la implementación del proyecto, disminuye las enfermedades gastrointestinales.
5. Informar a los jefes de hogar que la buena calidad del agua ayuda al desarrollo intelectual, emocional y físico de la población.
6. Informar a la población que a partir de la implementación de la propuesta ya no será necesario suministrarse de agua de pozo.
7. Incentivar a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Tactic, para planificar una propuesta de sistema de agua para consumo humano.
8. Animar a las autoridades municipales para considerar que un sistema de agua para

consumo humano es necesario en el caserío.

9. Informar a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que apoyan la implementación de la Propuesta, que la población del caserío está de acuerdo en el apoyo para así fortalecer la ejecución de la propuesta.
10. Indicar a Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación que la población del caserío El Conde debe consumir agua adecuada para consumo humano de lo contrario seguirán los casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Agüero Pittman, R. (1997). AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES. Lima, Perú: Asociacion Servicios Educativos Rurales SER. Obtenido de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>
2. Argueta Tejada, S. (2006). Guía de normas y estándares técnicos aplicados a agua y saneamiento. Guatemala. Recuperado el Viernes de Enero de 2022
3. Avellaneda Yajahuanca, R., Peñataro Yori, P., & Martín Brañas, M. (2011). El agua es vida (1ra ed.). Iquitos, Perú: servicios graficos JMD.
4. CARE Internacional-Avina. (2015). Operacion y mantenimiento de sistemas de agua potable. Euador.
5. CODEDE,SEGEPLAN. (2011). Plan de Desarrollo Departamental de Alta Verapaz 2011-2025. (SEGEPLAN, Ed.) Guatemala: DPT/SEGEPLAN.
6. Comision Nacional del Agua. (2007). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. Mexico, Mexico: Secreteria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de [www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)
7. COMITE PERMANENTE DE COORDINACION DE AGUA Y SANEAMIENTO. (1995). Analisis sectorial de agua potable y saneamiento. Guatemala: OPS/OMS.
8. COMUDE,SEGEPLAN. (2019). Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Tactic, Alta Verapaz. Guatemala. Obtenido de [www.munitactic.gob.gt](http://www.munitactic.gob.gt)
9. Congreso de la republica de Guatemala. (1985). Constitucion politica de la republica de Guatemala. Guatemala.
10. Ercilio Moura, f., Rodriguez Chavez, S., Cabel Noblecilla, W., Ortiz Sanchez, I., Noriega Torero, P., & Tejada Gamarra, M. (2005). Desafios del derecho humano al agua en el Perú (2da ed.). (J. A. Velazquez, Ed.) Lima, Perú: Grafica Loro´s S.A.

11. Gabinete Especifico del Agua. (2011). Politica Nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia. (M. M. Elisa colom de Moran, Ed.) Guatemala, Guatemala.
12. Giai, S. (2008). Introduccion a la Hidrologia (1ra ed.). (U. N. Palma, Ed.) Santa Rosa, La Pampa, Argetina: EdUNLpam.
13. IMFOM-MSPAS. (2011). Guia de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento humano para consumo humano. Guatemala, Guatemala.
14. INFOM-UNEPAR, MSPAS. (2011). Guia de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua de consumo humano. Guatemala.
15. Lentini, E. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
16. Manual de. (2011). Guia de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano. Guatemala.
17. MARN-JICA. (2004). Manual de educacion ambiental sobre el recurso hidirco en Guatemala. Guatemala.
18. Milian, L. F. (2017). Informe final de practica de orientacion vocacional y laboral III. CUNOR, Alta Verapaz. Coban: Repositorio USAC.
19. Ministerio de obras publicas. (2019). Manual de proyectos de agua potable rural. Chile, Chile. Recuperado el Jueves de Octubre de 2021
20. Naciones Unidas. (2011). El derecho humano al agua potable y al saneamiento. Boletin DERECHOS HUMANOS, 03.
21. ONU. (2007). Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.
22. OPS-OMS-CEPIS/OPS. (2004). GUIA DE DISEÑO PARA LINEAS DE CONDUCCION E IMPUSION DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL. (S. Tixe, Ed.) Lima, Lima, Perú.
23. Organizacion Mundial de la Salud. (2011). Guias para la calidad de agua de

consumo humano (4ta ed.). Ginebra, Suiza.

24. Pares Morales, L. (2017). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario para la urbanización villa la concha, municipio de ciudad de sandino, Managua. Managua, Nicaragua.
25. UNEPAR. (2018). Manual de Normas y Procedimientos. Guatemala.

## ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de Investigación Dominó

F-30-07-2019-01

#### *Modelo de investigación: Dominó*

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Edwin Rigoberto Ac Cú Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 02/09/2022

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Disminuir el daño a la calidad de vida por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</p> <p>Indicadores: Al primer año de la implementación de la propuesta, disminuye el daño a la calidad de vida por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en un 70%.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Mala calidad del agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Reducir mala calidad del agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p>	<p>Verificadores: informes fotográficos, informes de COCODE, encuestas y entrevistas a los habitantes.</p> <p>Cooperantes: Concejo comunitario de desarrollo COCODE y habitantes del lugar.</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente</p> <p>Inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p>	<p>6) Nombre</p> <p><b>PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ.</b></p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: Al primer año de la implementación de la propuesta, se reduce la mala calidad del agua para consumo humano, en un 80%.</p>
<p>7) Hipótesis</p> <p>El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>R1: Creación de la unidad ejecutora.</p> <p>R2: Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p> <p>R3: Programa de capacitación a los involucrados.</p>	<p>Verificadores: informes de la unidad ejecutora, informes de COCODE, entrevistas a los habitantes.</p> <p>Cooperantes: La municipalidad y el concejo de desarrollo departamental financian la propuesta.</p>

<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a. ¿Existe daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz? Sí ___ No ___</p> <p>b. ¿Desde hace cuánto tiempo existe daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz? 0 a 2 años ___ 3 a 4 años ___ 5 años o más ___</p> <p>c. ¿Considera que el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz se debe a la mala calidad del agua? Sí ___ No ___</p> <p>d. ¿Considera que el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, repercute en el desarrollo intelectual, emocional y físico? Sí ___ No ___</p> <p>e. ¿Qué tipo de sistema de abastecimiento utiliza actualmente en su hogar? Lluvia ___ Cisterna ___ Agua de río ___ Agua de pozo ___ Sistema Mixto ___</p> <p>Dirigida a personas del caserío el Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p> <p>Boletas 56, población finita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p style="text-align: center;">N/A</p> 
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a. ¿Existe una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?</p>	

<p>Si _____ No _____</p> <p>b. ¿Considera necesario la implementación de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz? Si _____ No _____</p> <p>c. ¿Apoyaría la implementación de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz? Si _____ No _____</p> <p>d. ¿Considera que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada? Si _____ No _____</p> <p>e. ¿Cuenta la municipalidad con los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz? Si _____ No _____</p> <p>Dirigidas a profesionales de la DMP y miembros del consejo municipal</p> <p>Boletas 10, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	
<p>10) Temas del Marco Teórico</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enfermedades gastrointestinales y parasitarias</li> <li>2. Agua</li> <li>3. Calidad de agua</li> <li>4. Agua para el consumo humano</li> <li>5. Sistema de Captación de agua</li> <li>6. Distribución de agua</li> <li>7. Tratamiento de agua</li> <li>8. Alta Verapaz</li> <li>9. Tactic</li> <li>10. Legislación nacional sobre el agua en Guatemala</li> </ol>	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <p>R1: Creación de la unidad ejecutora. A1: Presentar solicitud a la municipalidad. A2: Programar reunión con los miembros del consejo municipal. A3: Presentar propuesta, ante el consejo y hacer un análisis de la magnitud de la importancia del proyecto. A4: Informar al COCODE de los resultados de la reunión.</p> <p>R2: Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.</p>

11) Justificación

El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.



Jorge Arturo Gordillo Reyes  
Ingeniero Ambiental  
Col. No. 7077

A1: Analizar el impacto que causará la propuesta a la población y dar información al COCODE

A2: Realizar la propuesta y plan de trabajo

A3: Realizar memoria de cálculo

A4: Convocar a reunión para la presentación de resultados.

R3: Programa de capacitación a los involucrados.

A1: Realizar invitación a los miembros del consejo municipal, COCODE del caserío y población del caserío.

A2: Realizar reunión

A3: Presentar resultados de investigación

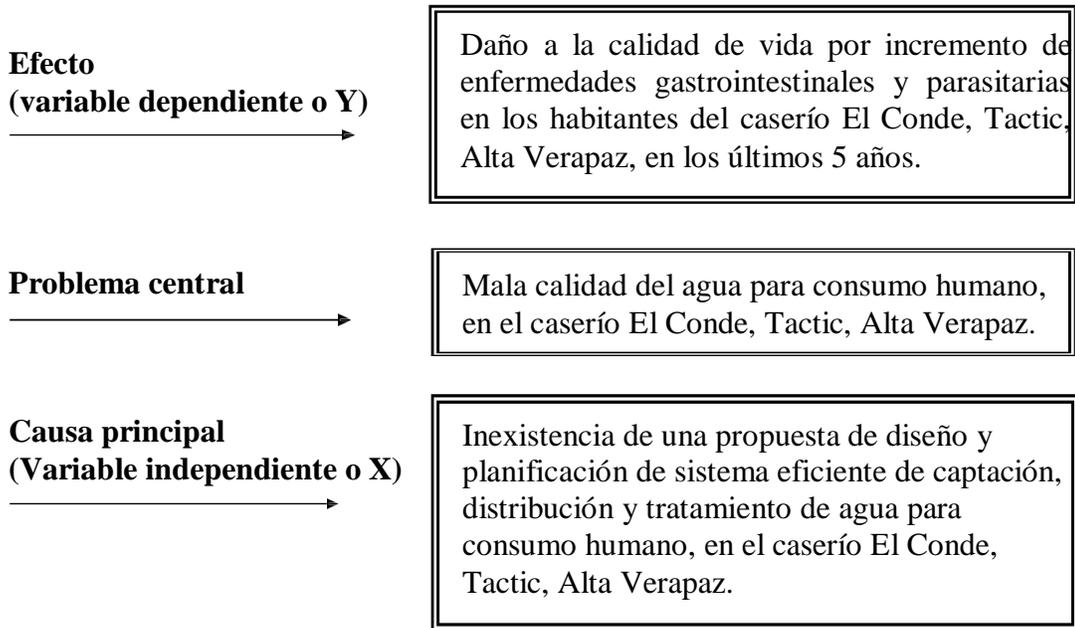
A4: Informar a la población en generar a formar parte del proyecto, con su colaboración, mediante afiches en la comunidad.

No.	No. de árbol aprobado	Carné	Nombre de estudiante	Carrera	Sede	Celular	Correo electrónico
		15-059-0077	Edwin Rigoberto Ac Cú	Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales	059 Co bán	49441834	Edwinaccu1999@hotmail.com

## Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y Árbol de objetivos.

### Árbol de problemas.

**Tópico:** Abastecimiento de agua para consumo humano.

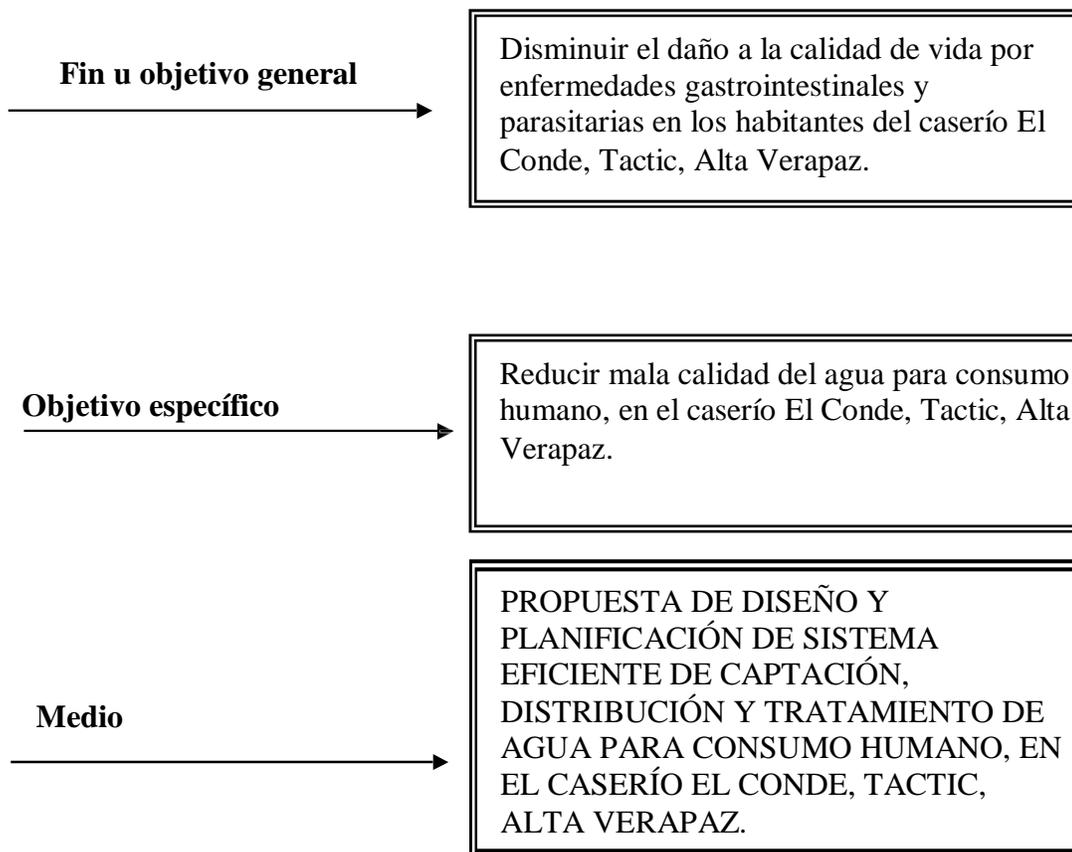


### Hipótesis de trabajo:

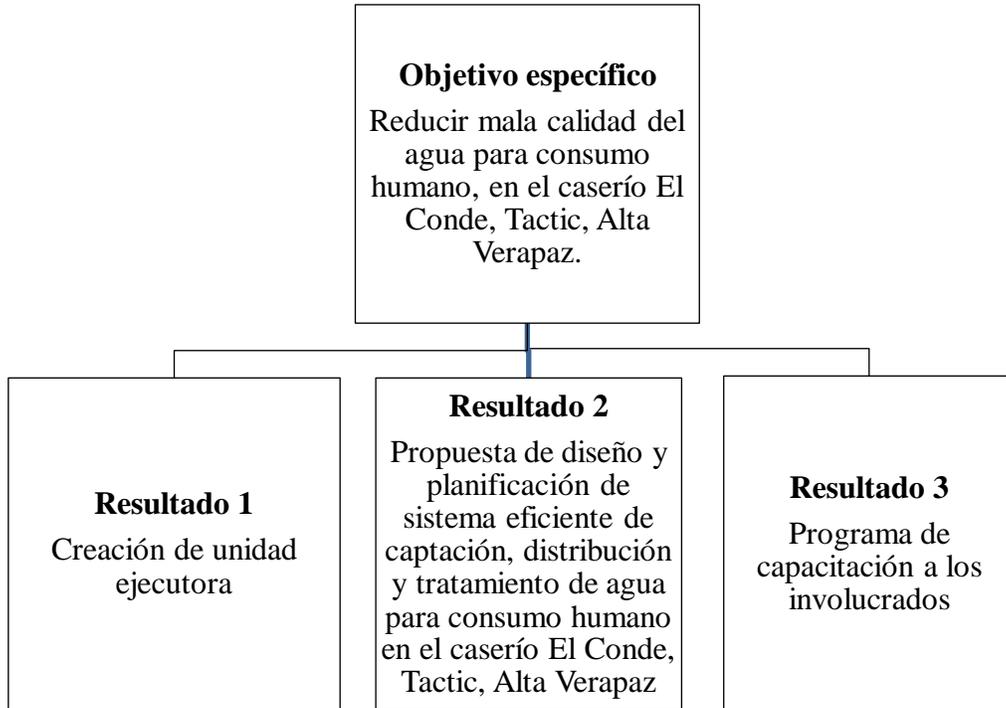
El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

¿La inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, por la mala calidad del agua, causa daño a la calidad de vida por el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años?

## Árbol de objetivos



**Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.**



#### **Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación, Variable dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años”**.

Esta boleta está dirigida a los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por la técnica, muestra de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** a continuación, se le presentan varios enunciados, marque con una “x” la respuesta que usted considere correcta.

1. ¿Existe daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?  
0 a 2 años \_\_\_\_\_ 3 a 4 años \_\_\_\_\_ 5 años o mas \_\_\_\_\_

3. ¿Considera que el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz se debe a la mala calidad del agua?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Considera que el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, repercute en el desarrollo intelectual emocional y físico?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Qué tipo de abastecimiento utiliza actualmente en su hogar?

Lluvia \_\_\_\_\_

Cisterna \_\_\_\_\_

Agua de río \_\_\_\_\_

Agua de pozo \_\_\_\_\_

Sistema mixto \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## **Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación la causa principal**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación, Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El conde, Tactic, alta Verapaz”**.

Esta boleta censal está dirigida a los profesionales de la Dirección Municipal de Planificación y a miembros del consejo municipal, de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz.

**Instrucciones:** Instrucciones: a continuación, se le presentan varios enunciados, marque con una “x” la respuesta que usted considere correcta.

1. ¿Existe una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. ¿considera necesario la implementación de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿apoyaría la implementación de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Considera que el agua que consume la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz es adecuada?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Cuenta la municipalidad con los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

**Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.**

Dirigida a personas del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, 56 boletas, población finita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.

Dirigida a profesionales de la DMP y miembros del consejo municipal, 10 boletas, población censal, con el 100% del nivel de confianza y 0% de error.

**Población finita cualitativa**

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo de jefes de hogar del caserío El Conde de Tactic, Alta Verapaz, por medio de la población finita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error y se obtuvo 56 personas a encuestar, para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la formula Taro Yamane.

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

<b>N =</b>	<b>311</b>	<b>Población total</b>
Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z <sup>2</sup> =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
q =	0.5	
d =	0.1	error de muestreo
d <sup>2</sup> =	0.01	
NZ <sup>2</sup> pq =	210.3934438	
Nd <sup>2</sup> =	3.11	
Z <sup>2</sup> pq =	0.67650625	
Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq		
=	3.78650625	
<b>n =</b>	<b>56</b>	<b>Muestra</b>

## **Censo**

Para la población causa, respectivamente se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que la población finita cualitativa es menor a 35 personas.

## Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las tres variables interviniente en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2022); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años.”.

Requisito.  $+>0.80$  y  $+<-1$

Año	X (años)	Y (Numero de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias acumulados)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	205	205.00	1	42025.00
2018	2	235	470.00	4	55225.00
2019	3	245	735.00	9	60025.00
2020	4	277	1108.00	16	76729.00
2021	5	288	1440.00	25	82944.00
Totales	15	1250	3958.00	55	316948.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	3958
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	316948.00
$\sum Y=$	1250
$n\sum XY=$	19790
$\sum X*\sum Y=$	18750
Numerador=	1040

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	1584740.00
$(\sum Y)^2=$	1562500.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	22240.00
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	1112000.00
Denominador=	1054.51
r=	0.986236214

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

**Análisis:** Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.98$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

## Anexo 8. Anexo metodológico comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Numero de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias acumulados)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	205	205	1	42025.00
2018	2	235	470	4	55225.00
2019	3	245	735	9	60025.00
2020	4	277	1108	16	76729.00
2021	5	288	1440	25	82944.00
Totales	15	1250	3958	55	316948.00

n=	5
ΣX=	15
ΣXY=	3958
ΣX <sup>2</sup> =	55
ΣY <sup>2</sup> =	316948.00
ΣY=	1250
nΣXY=	19790
ΣX*ΣY=	18750
Numerador de b:	1040
Denominador de b:	
nΣX <sup>2</sup> =	275
(ΣX) <sup>2</sup> =	225
nΣX <sup>2</sup> - (ΣX) <sup>2</sup> =	50
b=	20.8
Numerador de a:	
ΣY=	1250
b * ΣX =	312
Numerador de a:	938
a=	187.6

Fórmulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Y(2022)=	a	+	(b * X)
Y(2022)=	187.6	+	20.8 X
Y(2022)=	187.6	+	20.8 6
Y(2022)=	312		
Y(2022)=	312	Numero de casos de enfermedades gastrointestinales	
<b>Ecuación de la línea recta Y= a+(b*x)</b>			
Y(2023)=	a	+	(b * X)
Y(2023)=	187.6	+	20.8 X
Y(2023)=	187.6	+	20.8 7
Y(2023)=	333		
Y(2023)=	333	Numero de casos de enfermedades gastrointestinales	

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	187.6	+	20.8	X
Y(2024)=	187.6	+	20.8	8
Y(2024)=	354			
Y(2024)=	354	Numero de casos de enfermedades gastrointestinales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	187.6	+	20.8	X
Y(2025)=	187.6	+	20.8	9
Y(2025)=	375			
Y(2025)=	375	Numero de casos de enfermedades gastrointestinales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	187.6	+	20.8	X
Y(2026)=	187.6	+	20.8	10
Y(2026)=	396			
Y(2026)=	396	Numero de casos de enfermedades gastrointestinales		

**Cuadro 1: Cálculo porcentual de la solución por año/resultado.**

Resultado	Año					Solución
	6 (2022)	7 (2023)	8 (2024)	9 (2025)	10 (2026)	
<b>Resultado 1 (Unidad ejecutora)</b>						
Solicitud a la municipalidad	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	4.70%	
Reunión con los miembros del consejo municipal	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.50%	
propuesta, ante el consejo y hacer un análisis de la magnitud de la importancia del proyecto.	1.00%	1.00%	3.00%	2.00%	4.00%	
Informar al COCODE de los resultados de la reunión.	1.00%	1.50%	2.00%	4.00%	6.00%	

Resultado 2 (Desarrollo del Plan)						
Analizar el impacto que causará la propuesta a la población y dar información al COCODE	1.00%	1.00%	1.00%	3.00%	3.00%	
Propuesta y plan de trabajo	1.00%	1.00%	2.00%	2.00%	3.00%	
Memoria de cálculo	2.30%	2.00%	2.00%	2.00%	1.00%	
Resultado 3 (Capacitación)						
Realizar invitación a los miembros del consejo municipal, COCODE del caserío y población del caserío.	1.00%	1.00%	3.00%	3.00%	3.00%	
Realizar reunión	1.00%	2.00%	2.00%	1.00%	4.00%	
Presentar resultados de investigación	1.00%	2.00%	2.00%	3.00%	4.00%	
<b>Total</b>	<b>11.30%</b>	<b>13.50%</b>	<b>19.00%</b>	<b>22.00%</b>	<b>34.20%</b>	<b>100.00%</b>

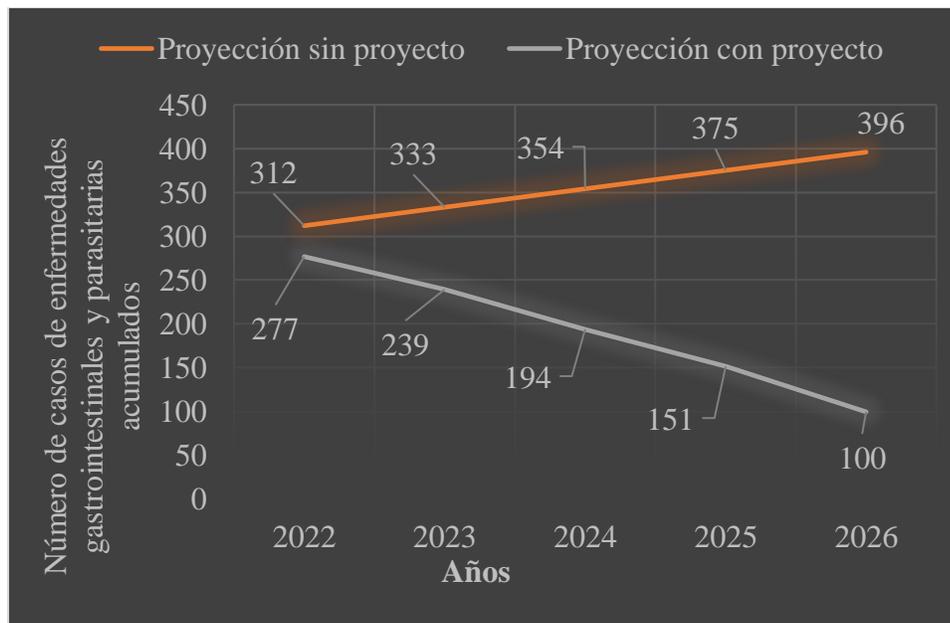
**Cuadro 2: Estimación de la proyección con proyecto.**

Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje propuesto	Solución propuesta	Proyección con proyecto
6 (2022)	2021	312	11.30%	35.26	277
7 (2023)	2022	333	13.50%	37.36	239
8 (2024)	2023	354	19.00%	45.48	194
9(2025)	2024	375	22.00%	42.66	151
10 (2026)	2025	396	34.20%	51.72	100

**Cuadro 3:** Comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	312	277
2023	333	239
2024	354	194
2025	375	151
2026	396	100

**Gráfica 1:** Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



**Análisis:** Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación de la Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo

humano, en el caserío el conde, Tactic, alta Verapaz, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Edwin Rigoberto Ac Cú

**TOMO II**

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Asesor General Metodológico:  
Ing. Amb. Jorge Arturo Gordillo Reyes

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Edwin Rigoberto Ac Cú

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciatura en Ingeniería  
Civil con énfasis en construcciones rurales.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMA EFICIENTE DE  
CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, EN EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA  
VERAPAZ.



Rector de la universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto 2023

Esta tesis fue presentada por Edwin Rigoberto  
Ac Cú, previo a obtener el título universitario  
de Licenciatura en Ingeniería Civil con énfasis  
en construcciones rurales.

## **Prólogo**

El programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala en cumplimiento a lo que estipula para obtener el título de ingeniero civil, en el grado académico de licenciatura, se elaboró la propuesta denominada: Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

Caserío El Conde es un poblado semiurbano mayormente habitado por personas de la etnia pocomchí, de los problemas existentes en el lugar, se optó por investigar la problemática del agua, esto por ser un elemento vital de consumo diario para el desarrollo integral del ser humano, la investigación se desarrolló, teniendo la participación activa de los miembros del caserío la cual llevó a tener los resultados previstos, los datos obtenidos colaboraron de gran manera para realizar la propuesta de planificación de un sistema de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

Otra de las razones por la cual se eligió investigar esta problemática, fue que las autoridades del lugar tenían provisto ya solicitar a la municipalidad la pronta solución a esta problemática.

La propuesta presentada tiene como finalidad el implemento de un sistema de captación, distribución y tratamiento de agua, para que la población del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, pueda contar con mejores condiciones en los servicios básicos, y así mejorar la calidad y condición de vida de la población del caserío. Esta propuesta de sistema de captación, distribución y tratamiento de agua, se desarrolló tomando en cuenta normas que regulan este tipo de proyectos, adquiriendo así requisitos básicos, estándares de calidad y seguridad, todo esto producto de la investigación realizada en el caserío.

## **Presentación**

La investigación realizada tiene por objeto determinar las causas de los problemas que tienen los habitantes del caserío El Conde acerca de las enfermedades gastrointestinales relacionadas al agua, ya que el agua es un vital líquido del que las personas deben adquirirlo en buena calidad.

El problema de la escasez del agua es un tema de auge mundial que se vive actualmente y caserío El conde no es la excepción, este tipo de problemas es núcleo de otros problemas, es decir, la falta de sanidad en el agua acarrea muchas otras enfermedades, por lo que es necesario la intervención pronta de los investigadores, afrontar y dar solución a este tipo de problemáticas para un desarrollo social integral.

Mediante las técnicas y métodos utilizados se determinó el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias que en un porcentaje alto se transmiten por la mala calidad del agua a causa de la inexistencia de un sistema adecuado de obtención del mismo.

Por medio del diagnóstico realizado en el caserío el Conde, Tactic, Alta Verapaz, en la investigación se identificó que la población no tiene el servicio del vital líquido adecuado, por lo cual se procedió a buscar nuevas alternativas para contrarrestar esta problemática, la investigación se realizó desde enero 2020 hasta diciembre del mismo año, en el caserío el Conde.

Se realiza la propuesta de un diseño de captación, red de distribución y tratamiento. Esto beneficiaría no solo a la población actual, sino que, hasta cierto grado a la población futura, ya que podrían contar con agua y distribución hasta sus hogares, así poder solucionar la problemática encontrada mediante la investigación.

## ÍNDICE

	Página
<b>I.</b> RESUMEN.....	01
<b>II.</b> CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
ANEXOS	

## I. RESUMEN

El incremento de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, conlleva a la investigación de la situación y muestra como principal resultado el problema de la mala calidad del agua de consumo humano, esto causó el origen de la propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución, y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

Se utiliza el modelo de investigación dominó para la obtención del árbol del problema y del árbol de objetivos, de esta manera se definieron los objetivos de la investigación. Se elaboró la metodología y el uso de técnicas que conllevaron a la comprobación de la hipótesis planteada, para soporte de la metodología se elaboró el marco teórico, que contine información de referencia, así mismo la comprobación de la hipótesis de la investigación y por ultimo los medios de solución.

Para comprobar la hipótesis planteada, se realizó una encuesta a los habitantes del caserío para la comprobación del efecto y el problema central; se realizó un censo a los técnicos de la dirección de la Dirección Municipal de Planificación (Tactic, Alta Verapaz) para comprobar la causa, el historial numérico fue interpretado por medio del coeficiente de correlación y ecuación lineal, para conocer la relación existente entre la las variables dependiente e independiente, se presenta el planteamiento del problema, la hipótesis, y los objetivos principales como sigue.

**Planteamiento del problema:** Debido daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, se llevó a cabo una investigación y se determinó que el problema es la Mala calidad del agua para consumo humano, esto a causa de la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema

eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz. El caserío no cuenta con un sistema formal de abastecimiento, y se abastece de agua de varias formas, como lo son el agua de lluvia, agua de pozo o agua de río, algo que conlleva a un trabajo extra y tedioso para tratar de que sea bebible. Otra de las alternativas con que cuenta la población es la compra de agua por cisternas, este último implica un costo adicional.

Los casos de enfermedades gastrointestinales constantes, el trabajo extra y tedioso para tratar el agua y el costo adicional que representa, tiene un impacto significativo en el desarrollo y economía de la población, adicional a esto, en invierno por las lluvias constantes al mismo tiempo que incrementa el caudal de los ríos, incrementan la turbiedad de los pozos, lo que agrava la situación.

Los problemas del agua para el consumo humano es un tema que ha tenido auge en estos últimos años, este resultado se asocia con el fenómeno del cambio climático que se vive a nivel mundial, sino se resuelve esta situación se aumentará significativamente muchos problemas de la sociedad, ya que esta problemática acarrea otros problemas, y se comporta como el efecto dominó, el agua como vital líquido para el ser humano, su ausencia por largos periodos de tiempo, da origen a otros tipos de enfermedades o diagnósticos, como deshidratación, deficiente desarrollo del ser humano, etc. En países desarrollados, con altos índices de desarrollo humano, las personas tienen acceso a mayor cantidad de agua, con esto podemos determinar que es un escenario que demanda la implementación de soluciones.

Los casos de enfermedades gastrointestinales constantes, el trabajo extra y tedioso para tratar el agua y el costo adicional que representa, tiene un impacto significativo en el desarrollo y economía de la población, adicional a esto, en invierno por las lluvias constantes, incrementa la turbiedad de los pozos y los ríos, con esto podemos determinar que es un escenario que demanda la implementación de soluciones.

## **Hipótesis**

El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano.

¿La inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, por la mala calidad del agua, causa daño a la calidad de vida por el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años?

## **Objetivos:**

### **General:**

Disminuir el daño a la calidad de vida por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

### **Específico:**

Reducir mala calidad del agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

## **Justificación**

El daño a la calidad de vida por incremento de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, por la mala calidad de agua debido a la inexistencia de un diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, fue motivo de esta investigación, dicha investigación ha dado los siguientes resultados:

De acuerdo a la proyección lineal el resultado se comporta aproximadamente de la siguiente manera. Si no se ejecutara la propuesta: en el primer año de la proyección los resultados de los casos serán de 312; 333 en el segundo año; 354 el tercer año; 375 en el cuarto año; 396 en el quinto año y así seguiría el patrón incrementándose, por el contrario, los casos disminuirían si se llevase a cabo la propuesta comportándose de la manera siguiente: en el primer año disminuiría a 278 casos; 237 en el segundo año; 197 en el tercer año; 156 en el cuarto año; 102 en el quinto año y así seguiría conforme los años. Con estos datos se puede determinar la importancia inmediata de la intervención y ejecución de la propuesta.

El riesgo que puede implicar el desinterés de la implementación de esta propuesta, es que los habitantes continuarían adquiriendo dichas enfermedades teniendo por fuente agua que no es apta para el consumo humano sin mejorar la calidad de vida.

La implementación de la propuesta del diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, reduciría los casos de las enfermedades gastrointestinales. Además, con esto mejoraría la calidad del agua, y por consiguiente mejoraría la calidad de vida de la población del caserío.

Las gráficas del comportamiento de esta problemática se presenta detalladamente en el apartado de comprobación que se encuentra en el capítulo II de este documento.

## **Metodología**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación.

### **Métodos**

#### **Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis**

##### **Método deductivo**

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de principios. El método fue utilizado en la formulación de la hipótesis; primero se identificó la problemática existente en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, sobre la mala calidad del agua, después se generó la causa inmediata, así como el efecto que ocasiona el problema.

### **Método analítico**

Es un método que se basa en la experimentación y la lógica empírica, con este método se pudo identificar e interpretar los datos obtenidos de la formulación de la hipótesis, por medio del cual se analizaron las causas de la mala calidad del agua y así poder reducir los casos de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

### **Método de marco lógico**

Se utilizó en el momento que se conocía mejor la problemática, se desarrollaron los objetivos y resultados para conocer hasta donde se puede llegar con el estudio conforme la matriz de la estructura lógica.

### **Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

#### **Método inductivo**

Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos del problema identificado en el caserío, lo que sirve para la elaboración de la comprobación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

#### **Método estadístico**

El método estadístico permitió determinar mediante las encuestas, la comprobación de la hipótesis y así establecer que “El incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta

de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano”.

### **Método sintético**

Se utilizó para obtener las conclusiones, recomendaciones y resultados de la investigación.

### **Técnicas**

#### **Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis**

##### **Lluvia de ideas**

Se utilizó esta técnica para enlistar muchos de los problemas relevantes del caserío, para que después se pudieran priorizar los que mayores efectos causan.

##### **Observación directa**

Esta técnica se utilizó con la observación directa a los habitantes del caserío, para delimitar el problema que causa la falta de un sistema de captación, abastecimiento y tratamiento de agua.

##### **Investigación documental**

Se realizó una búsqueda y una revisión bibliográfica de los documentos que tuvieran información similar a la problemática.

##### **Entrevista**

Se realizó una entrevista a los habitantes del caserío, y a miembros de la dirección de planificación municipal de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz, con el fin de obtener diferentes perspectivas y así obtener información precisa para la problemática establecida.

#### **Técnicas que se utilizaron para la comprobación de a hipótesis**

### **Censo**

Se realizó un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación y el Consejo de Desarrollo Municipal de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz ya que su población es de 10 personas la cual es menor a 35 con esto se ayudó a comprobar la variable independiente.

### **Encuestas**

Se elaboraron tres encuestas a distintas poblaciones: dos encuestas dirigidas a la población del caserío, para la comprobación de las variables dependiente e intermedia y una encuesta dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de planificación y el Consejo de Desarrollo de la Municipalidad de Tactic, Alta Verapaz, para la comprobación de la variable independiente.

### **Técnica de análisis**

Se utilizó esta técnica para obtener el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones en la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables.

### **Determinación de la población investigar**

En atención a este tema, por ser una población de 311 habitantes, fue necesario realizar el cálculo del tamaño de la muestra con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa, con un resultado representativo de 56 habitantes los cuales fueron encuestados para comprobar el efecto y el problema central.

Después de recabar información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, se procedieron

como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

### **Correlación**

Se utilizó la técnica de correlación, para determinar la relación que existe entre la variable dependiente y la variable independiente.

### **Proyección**

Se utilizó la técnica de proyección con la finalidad de determinar el comportamiento a futuro de la situación, esto ayudó a tomar decisiones.

### **Método de modelo de investigación Dominó**

También se utilizó el modelo de investigación dominó que es un modelo que utiliza la Universidad Rural de Guatemala, Proporcionado por el Rector, que es conformado por 14 celdas, las primeras 3 celdas la conforman el efecto; problema central; y la causa principal, las celdas de la 4 a la 6, que la conforman el objetivo principal, los objetivos específicos y el nombre de la propuesta.

### **Propuesta de solución**

A continuación, se resumen los tres resultados que integran la propuesta

#### **Resultado 1: Creación de la unidad ejecutora**

La Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Tactic, Alta Verapaz, es el encargado del desarrollo de las actividades relacionadas a este tema, por medio de ello, la municipalidad realiza todas las gestiones de actividades de construcción,

este ente es el encargado de preparar y presentar toda la documentación necesaria para la licitación de un proyecto ante el Consejo de Desarrollo Departamental en conjunto con SEGEPLAN, para luego asignarle un presupuesto y mandarla a licitación, el medio que se utiliza para licitaciones de proyectos asociados al gobierno en Guatemala es la plataforma de Guatecompras, en este caso el valor presupuestado del proyecto está en el rango requerido de licitación, a continuación se presentan las actividades para llevar a cabo la primer resultado.

Actividad 1. Presentar solicitud a la municipalidad.

Actividad 2. Programar reunión con los miembros del consejo municipal

Actividad 3. Presentar propuesta, ante el consejo y hacer un análisis de la magnitud de la importancia del proyecto.

Actividad 4. Informar al COCODE de los resultados de la reunión.

**Resultado 2:** Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

La propuesta es el resultado de la investigación realizada en el caserío, esta propuesta reúne los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto, estos materiales se elaboraron en el transcurso de la etapa de planificación, incluye materiales como, planos, presupuestos, ajustes de costos y tiempos, todo para cumplir los objetivos planteados, se enumeran las actividades para llevarlos a cabo, cabe resaltar que los materiales que corresponden a los planos, memorias de cálculo y todo lo relacionado a la parte técnica del proyecto, se adjunta en el anexo 4, se presentan las actividades para llevar a cabo este resultado .

Actividad 1. Analizar el impacto que causará la propuesta a la población y dar información al COCODE.

Actividad 2. Realizar la propuesta y plan de trabajo

Actividad 3. Realizar memoria de calculo

Actividad 4. Convocar a reunión para la presentación de resultados.

**Resultado 3:** Programa de capacitación a los involucrados.

El programa consiste en una serie de reuniones, en las que se asignan comisiones sobre que rol y responsabilidad, deben tener los colaboradores a la hora de comenzar el proyecto, se les otorga la autoridad a lideres de grupos para coordinar con su grupo la realización de trabajos designados, a continuación, se enlistan las actividades para llevar a cabo este resultado.

Actividad 1. Realizar invitación a los miembros del consejo municipal, COCODE del caserío y población del caserío.

Actividad 2. Realizar reunión.

Actividad 3. Presentar resultados de la investigación.

Actividad 4. Informar a la población en generar a formar parte del proyecto, con su colaboración, mediante afiches en la comunidad

En el anexo 1 se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada, también se adjunta la matriz de estructura lógica para evaluar el trabajo después de del desarrollo de la propuesta.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de la presentación de los resultados, de los análisis de la investigación realizada en caserío El Conde, se pudo llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

### **II.1 Conclusión.**

Se comprueba la hipótesis: “El daño a la calidad de vida por incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz, en los últimos 5 años, por mala calidad del agua, es debido a la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano” con el 0% de error de muestreo y el 100% de confianza en la variable independiente, el 10% de error de muestreo y 90% de confianza en la variable dependiente.

### **II.2. Recomendación.**

- Implementar la Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

## ANEXOS

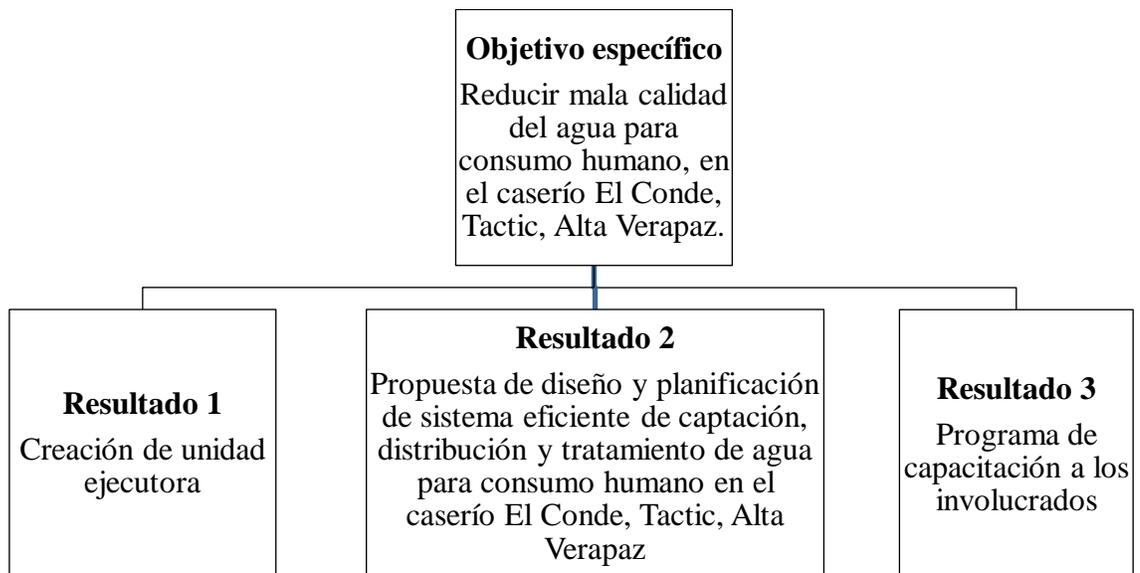
### **ANEXO 1. Propuesta para solucionar la problemática.**

La “Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz”. Consiste en diseñar un sistema de agua potable para el caserío El Conde, municipio de Tactic, del departamento de Alta Verapaz.

El sistema es por gravedad, la cual se compone de un tanque captación, cajas rompedoración, una línea de conducción hecha de tubería RDE 21 PVC 200 PSI, de la marca DURMAN, con una longitud total de 1,481 metros de longitud desde el tanque de captación hasta el tanque de almacenamiento, válvulas de aire, válvulas de purga y un tanque de almacenamiento.

Para el logro de esto se cuenta con tres resultados y cada uno de ellos cuenta con tres resultados, que se detallan a continuación.

### **Diagrama del medio de solución de la problemática.**



## **Resultado 1: Creación de la unidad ejecutora**

### **Actividad 1: presentar solicitud a la municipalidad.**

En este apartado se elabora la solicitud en coordinación con los miembros del COCODE del caserío El conde, para dar a conocer a las autoridades sobre la problemática que se vive en el caserío, y se acuerda entre las autoridades de ambas partes el seguimiento de la solicitud de la situación.

### **Actividad 2. Programar reunión con los miembros del consejo municipal**

Citar a una reunión a los miembros del consejo municipal involucrados, los miembros del DMP, y los líderes comunitarios (COCODE) para dar seguimiento a la solución de la problemática, y socializar la situación que se vive en el caserío y hacer mención de las alternativas con que se cuenta.

### **Actividad 3. Presentar propuesta, ante el concejo y hacer un análisis de la magnitud de la importancia del proyecto.**

Presentar la propuesta, ante las autoridades antes mencionada, se debe tener claro que los encargados de presentar la propuesta deben ser las autoridades comunitarias, ya que ellos son los encargados directos de este deber, brindándoles en todo momento asesoría técnica.

Mencionar en todo el proceso la identificación del problema, los objetivos, la investigación en campo para la comprobación de la hipótesis, las bases teóricas y legales, su alcance y las conclusiones. Además, se debe presentar los costos, el tiempo que conlleva a alcanzar el propósito y los objetivos, por último, hacer énfasis del alcance y la magnitud en el cambio de condición de calidad de vida que para los habitantes del caserío representa.

Se debe dar una explicación detallada de la propuesta, las organizaciones, instituciones, que están involucradas, recalcar que los habitantes del caserío están

dispuestos a intervenir y ayudar para colaborar en la solución de la problemática.

Se debe ser claro y conciso con cada integrante de cada institución, ya que el propósito no es obligarlos a un aporte financiero directo; por lo contrario, con el apoyo técnico, influencia que las instituciones tienen para la gestión de este tipo de proyectos, encontrar a un ente que esté dispuesto a financiar la propuesta.

**Actividad 4. Informar al COCODE de los resultados de la reunión.**

Informar a la población en conjunto con el COCODE los resultados de la reunión, hacer énfasis en los acuerdos en que se llegó y de los pasos próximos que se deben tomar.

**Resultado 2:** Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.

**Actividad 1. Analizar el impacto que causará la propuesta a la población y dar información al COCODE.**

En una reunión con presencia de los líderes comunitarios, y todos los comités que lo conforman, principalmente el comité de agua, además de la presencia de la población en general del caserío, concientizar a la población del impacto que generará el implemento de la propuesta, el beneficio que conlleva el mismo y lo comprometido que debe estar la población para colaborar incondicionalmente en cualesquiera de las actividades que vayan surgiendo durante cualesquiera de las etapas del proyecto.

**Actividad 2. Realizar la propuesta y el plan de trabajo**

En esta etapa del proyecto se hace énfasis de la ingeniería del trabajo los trabajos técnicos que se deben llevar a cabo y los estudios correspondientes que deben ser realizados, se enlistan de la siguiente manera, topografía del terreno, aforo de fuentes,

calidad del agua y las normas que la rigen, dotación, periodo de diseño, población a beneficiar, diseño hidráulico del sistema, línea de conducción, diseño de obras complementarias.

#### **a. Topografía**

Para Para sistemas de agua potable en zonas rurales se deberá de seguir lo establecido en la guía de diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de UNEPAR.

Se deberá de efectuar el levantamiento topográfico de la línea que une la fuente de abastecimiento de agua seleccionada con el núcleo poblado. Identificar y localizar detalles importantes como: estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas y zanjones, caminos, cercos, puntos altos del terreno, entre otros.

El levantamiento del núcleo poblado consistirá en el trazo una línea principal y ramal secundario a ser utilizados para la instalación de las tuberías de distribución del agua, con la localización de todas las viviendas, edificios públicos, calles y caminos existentes; así como la identificación de todas las estructuras y sitios importantes.

El trabajo de campo consistió el levantamiento topográfico de tipo, perfil longitudinal, la cual es un tipo de levantamiento topográfico ordinario, donde prevalece la longitud por sobre el ancho de la superficie, y se emplea para el trazo y construcción de vías de transporte, canales, vías férreas, líneas de alta tensión y conducción de líquidos. Se realizó mediante un GPS, de la línea Garmin, modelo 66.

La ruta de levantamiento topográfico, ruta bastante conservadora, previamente estudiada, consistió en una poligonal abierta con estaciones espaciadas de entre 20 metros, hasta 200 metros en lugares de topografía con poca variación.

El trazo de la línea de conducción se extiende desde un punto con coordenadas y

elevación (E 516124, N 1692094, H 1,644m, hasta, E 516374, N 1693351, H 1507), dando como resultado, luego de practicar los cálculos de trabajo de gabinete, una diferencia de altura entre el tanque de captación hasta el tanque de almacenamiento de 137 metros.

#### **b. Tipo de fuente**

El tipo de fuente es un brote de ladera (nacimiento de ladera). Es la única alternativa que queda en el lugar ya que no hay más fuentes existentes en el lugar, en este lugar se construirá la obra de captación de agua que luego conducirá por medio de las tuberías el agua.

#### **c. Aforo**

Es la operación para medir un caudal, es decir, el volumen de agua por unidad de tiempo y este se mide en litros/segundo. Se usa el método volumétrico ya que el volumen de agua del caudal entra en el parámetro para el uso de este método, en la figura siguiente se muestra el proceso que se realiza, en el anexo 4, memoria de cálculo se amplía el procedimiento y se muestran los resultados.

**Figura 1.** Toma de caudal.



Fuente: Ac, E, noviembre 2022

#### **d. Calidad del agua.**

Con esta actividad se deberán hacer los respectivos análisis que rigen este tipo de actividades, análisis físico-químico y bacteriológicos, de acuerdo a la norma COGUANOR 29001.

Los límites máximos aceptables y permisibles corresponderán a la norma COGUANOR NTG 29001, los parámetros que deberán de cumplir corresponderán a los establecidos en los incisos, 5.1, 5.2 y 6.

Se pueden verificar estos parámetros en las figuras, que se encuentran en el marco teórico. En la sección que corresponde a calidad de agua.

#### **e. Normas de diseño**

El diseño deberá de realizarse con la experiencia en la formulación de proyectos de agua de los diseñadores de INFOM-UNEPAR. Se debe de apegarse a la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de UNEPAR, para considerar la naturaleza del proyecto. Además de las normas de diseño de tienen que utilizar las especificaciones de construcción de UNEPAR.

#### **f. Dotación**

De acuerdo a los criterios que establece la guía para el diseño UNEPAR, la dotación debe redondear entre los 60 y 120 por personas al día.

#### **g. Periodo de diseño**

Como lo dicta la norma el periodo de diseño debe ser por lo mínimo 20 años agregado de entre 1 y 2 años por servicios de gestión, haciendo un total de años mínimos de 22 años.

#### **h. Línea de conducción y obras complementarias**

La línea de conducción es un sistema que trabaja por gravedad, tanto en la línea de conducción, la línea de aducción y la línea de distribución de las cual se dará más especificaciones en el anexo correspondiente.

Entre las obras complementarias que se trabajaras se encuentran

- Cajas rompepresión
- Cajas de registros
- Válvula de aire
- Válvulas de purga o de limpieza

### **Actividad 3. Realizar memoria de cálculo**

La memoria de cálculo es el documento que respalda técnicamente un proyecto, en este caso toda esta documentación esta adjuntado en el anexo 4, se tomaron en cuenta todos los parámetros necesarios que rigen este tipo de actividades, este trabajo contiene todas las especificaciones para el desarrollo de dicho proyecto.

### **Actividad 4. Convocar a reunión para la presentación de resultados**

Se convoca a una reunión a los lideres comunitarios para la presentación de resultados técnicos, y se afina todo para la presentación de este resultado a las autoridades de la municipalidad de Tactic, Alta Verapaz.

### **Resultado 3. Programa de capacitación a los involucrados.**

Se crea un programa de capacitación para la población que participará en el desarrollo del proyecto, donde asistan las autoridades de las instituciones involucradas, en el programa de capacitación se concientiza los pasos que se debe llevar a cabo para la realización del proyecto, el tiempo estimado para la realización de la misma, los entes involucrados, la entidad que financia el proyecto, y del tipo de organización que tendrán las personas, los turnos que deben llevar a cabo, y los reglamentos que deben existir entre la mano de obra que en este caso es la población directa.

## **Actividad 2. Realizar reunión**

Se realiza una reunión final con los pobladores días antes de empezar el proyecto, en donde queda fijado el día de inicio del proyecto y del rol que tiene cada uno para llevar a cabo el mismo, se hace un recorrido en con los lideres de grupos creados, el recorrido comienza desde la inspección del nacimiento de agua, el lugar donde se construirá el tanque de captación, luego se visita el lugar donde se construirán las obras complementarias como las cajas de rompresión y la cajas de válvulas de aire, se sigue con el recorrido visitando el lugar donde será construido el tanque de almacenamiento y el recorrido finaliza con la visita del recorrido de la línea de distribución.

Previo al recorrido que se realizó, se identificó la presencia de maleza alta, por lo que en conjunto con los lideres de grupos previamente organizados se procedió a la limpieza del terreno, para una mejor visualización del lugar para el cálculo técnico de los materiales y los cálculos topográficos y estructurales.

En el cuadro siguiente se adjunta el proceso de capacitación que se realiza a las diferentes comisiones que conformar el equipo de ejecución

**Tabla 1. Programa de capacitación**

<b>Programa de capacitación</b>	
Fecha 1	Capacitación a los lideres comunitarios
fecha 2	Capacitación a los trabajadores (población)
fecha 3	Presentacion de cronograma de actividades
fecha 3	reunio previa al inicio del proyecti
NOTA:	La actividad será dirigida por el proyectista y las autoridades municipales con conocimiento de los lideres comunitarios.

**Fuente:** Ac, E, noviembre 2022

**Figura 2:** visita del lugar de tanque de almacenamiento



Fuente: Ac, E, noviembre 2022

### **Actividad 3. Presentar resultados de investigación**

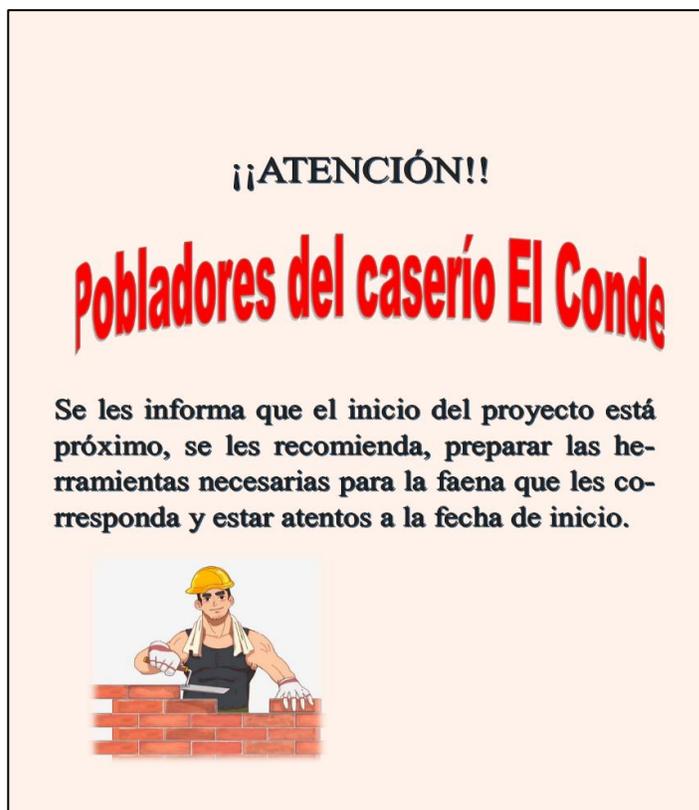
Se presentan los resultados de la investigación (toda la memoria de cálculo) y toda la documentación correspondiente previo al inicio del proyecto.

Esta actividad se realiza en conjunto con el proyectista con acompañamiento a la comisión de agua de la comunidad.

### **Actividad 4. Informar a la población en general a formar parte del proyecto, con su colaboración mediante afiches en la comunidad.**

Por último, se les informa a todas las personas, que deben estar preparados tanto personalmente, como las propiedades en donde los colaboradores deben circular en las distintas etapas del proyecto, como ejemplo de ello, la excavación de la zanja, la instalación de las tuberías etc. Estos se realizan mediante afiches, colocados en puntos estratégicos como tiendas, panaderías, molinos, se adjunta un ejemplo de los afiches.

**Figura 2:** Ejemplo de afiche.



**Fuente:** Ac, E, noviembre 2022

## Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

La matriz de estructura lógica es un instrumento que sirve para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta, después de haber desarrollado la misma por lo que a continuación se adjunta.

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>Objetivo general:</b>	Indicadores: Al primer año de la implementación de la propuesta, se disminuyen las enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.	Informes fotográficos, informes de COCODE, encuestas y entrevistas a los habitantes.	Concejo comunitario de desarrollo COCODE y habitantes del lugar.
Disminuir el daño a la calidad de vida por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en los habitantes del caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.			
<b>Objetivo específico:</b>	Al primer año de la implementación de la propuesta, se reduce la mala calidad del agua para consumo	Informes de la unidad ejecutora, informes de COCODE, entrevistas a los habitantes.	La municipalidad y el concejo de desarrollo departamental financian la propuesta.
Reducir mala calidad del agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.			

	humano, en un 80%.		
<b>Resultado 1:</b>			
Se crea la unidad ejecutora			
<b>Resultado 2:</b>			
Propuesta de diseño y planificación de sistema eficiente de captación, distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en el caserío El Conde, Tactic, Alta Verapaz.			
<b>Resultado 3:</b>			
Programa de capacitación a los involucrados.			

### Anexo 3. Ajuste de costos y tiempo.

Se detalla en el cuadro siguiente el ajuste de costos y tiempos, esto es fundamental para cualquier tipo de proyecto, sirve como guía en el avance de las actividades.

CRONOGRAMA DE EJECUCION											
REGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MONTO	
<b>1</b>	<b>Línea de conducción</b>										
1.1	Replanteo topografico	KM	1.915	Q 9,575.00						Q 9,575.00	
1.2	Excavación de zanja para tubería de 2" * 6 de 200 PSI para línea de conducción	ML	1481	Q 27,768.75						Q 27,768.75	
1.6	suministro de tubería y Relleno de zanja para tubería de 3/4" * 6m 200 psi de línea de conducción	ML	1481	Q 175,868.75						Q 175,868.75	
1.7	excavacion de zanja para caja rompepresión de línea de conducción	U	2	Q 800.00						Q 800.00	
1.8	Excavación de zanja para válvula de purga línea de conducción	U	1	Q 400.00						Q 400.00	
1.9	Excavacion de zanja para válvula de aire de línea de conducción	U	1	Q 400.00						Q 400.00	
1.10	Armado estructural y de la cimbra para caja rompepresión de línea de conducción	U	2		Q 1,600.00					Q 1,600.00	
1.11	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de purga de línea de conducción	U	1		Q 800.00					Q 800.00	
1.12	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de aire línea de conducción	U	1		Q 800.00					Q 800.00	
1.13	Fundición y decimbrado de caja rompepresión de línea de conducción	U	2		Q 1,600.00					Q 1,600.00	
1.14	Fundición y decimbrado de caja de válvula de purga de línea de conducción	U	1		Q 800.00					Q 800.00	
1.15	Fundición y decimbrado de caja de válvula de aire de línea de conducción	U	1		Q 800.00					Q 800.00	
1.16	Instalación de accesorios de válvula de aire de conducción	U	1		Q 300.00					Q 300.00	
1.17	Instalación de accesorios de caja rompepresión de línea de conducción	U	2		Q 1,000.00					Q 1,000.00	
1.18	Instalación de accesorios de válvula de purga de línea de conducción	U	1		Q 300.00					Q 300.00	
1.19	materiales para línea de conducción	U	1		Q 28,757.00					Q 28,757.00	
<b>2</b>	<b>Red de distribución</b>										
2.1	Excavación de zanja para tubería de 2" * 6 de 200 psi para línea de distribución	ML	453			Q 5,662.50				Q 5,662.50	
2.2	Suministro de tubería y Relleno de zanja para tubería de 3/4" * 6m 200 psi para línea de distribución	ML	453			Q 4,530.00				Q 4,530.00	
2.3	Excavación de zanja para válvula de control para línea de distribución	U	2			Q 600.00				Q 600.00	
2.4	Excavacion de zanja para válvula de purga para línea de distribución	U	1			Q 300.00				Q 300.00	
2.5	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de control para línea de distribución	U	2			Q 1,600.00				Q 1,600.00	
2.6	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de purga para línea de distribución	U	1			Q 800.00				Q 800.00	
2.7	Fundición y decimbrado de caja de válvula de control para línea de distribución	U	2			Q 1,600.00				Q 1,600.00	
2.8	Fundición y decimbrado de caja de válvula de purga para línea de distribución	U	1			Q 800.00				Q 800.00	
2.9	Instalacion de accesorios de válvula de control para línea de distribución	U	2			Q 600.00				Q 600.00	
2.10	Instalacion de accesorios de válvula de purga para línea de distribución	U	1			Q 300.00				Q 300.00	
2.11	materiales para línea de distribución	U	1			Q 10,137.50				Q 10,137.50	

<b>3</b>	<b>Tanque de captación</b>										
3.1	Excavacion para tanque de captacion	U	1	3000							Q 3,000.00
3.2	Armado estructural y cimbra de tanque de captación	U	1	3000							Q 3,000.00
3.3	Fundición y decimbrado de tanque rompedresión	U	1	5000							Q 5,000.00
3.4	Excavacion de zanja para válvula de purga	U	1	300							Q 300.00
3.5	Instalacion de accesorios de tanque de captacion	U	2	6000							Q 6,000.00
3.6	Excavacion de contracuneta de tanque de captacion	U	1	300							Q 300.00
3.7	Fundicion y cimbrado de contracuneta de tanque de captacion	U	1	800							Q 800.00
3.8	Desarmado de cimbra de tanque de captacion y contracuneta	U	1	1200							Q 1,200.00
3.9	Trabajos de limpieza final	U	1	1000							Q 1,000.00
3.10	Materiales de tanque de captación	U	1	Q 28,357.00							Q 28,357.00
<b>4</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>										
4.1	Excavacion para tanque de almacenamiento	U	1				Q 3,500.00				Q 3,500.00
4.2	Construcción de mampostería	ML	22				Q 6,600.00				Q 6,600.00
4.3	Armado de vigas	U	5						Q 750.00		Q 750.00
4.4	Fundición de vigas	U	5						Q 1,000.00		Q 1,000.00
4.5	Armado de losa de cimentación	U	1					Q 1,000.00			Q 1,000.00
4.6	Fundición de losa de cimentacion	U	1					Q 2,000.00			Q 2,000.00
4.7	Armado de losa de techo de tanque de almacenamiento	U	1						Q 3,000.00		Q 3,000.00
4.8	Fundición de losa de techo de tanque de almacenamiento	U	1						Q 3,000.00		Q 3,000.00
4.9	Instalacion de accesorios y escalera	U	1						Q 5,000.00		Q 5,000.00
4.10	Alisado y acabados finales	U	1						Q 5,000.00		Q 5,000.00
4.11	Materiales de tanque de almacenamiento	U	1					Q 45,070.00			Q 45,070.00
	<b>MONTO POR MES</b>			<b>Q 214,812.50</b>	<b>Q 85,714.00</b>	<b>Q 26,930.00</b>	<b>Q 55,170.00</b>	<b>Q 3,000.00</b>	<b>Q 17,750.00</b>	<b>Q 403,376.50</b>	

## **Anexo 4. Plan de trabajo**

### **Anexo 4.1 Memoria de calculo**

#### **4.1.2 localización de fuente de abastecimiento**

Para la propuesta en estudio, la fuente a utilizar se encuentra en la Aldea Chiallí, aproximadamente 3 kilómetros aguas arriba del caserío.

#### **4.1.3 Aforo de fuentes**

Para medir el caudal a captar se utilizó el método volumétrico, el cual es un método simple y rápido para el aforo de este tipo de fuentes superficiales. Para el procedimiento de este método se utilizó un recipiente con capacidad de 8 litros, un cronometro digital con precisión de milésimas de segundo y un segmento de tubo PVC de 3 pulgadas de 0.60 metros de longitud. La siguiente ecuación se utilizó para determinar el caudal.

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde

Q = Caudal

v = Volumen

t = Tiempo

encauzando el agua proveniente de la captación a través del tubo de PVC, se determinó el caudal de este en tres ocasiones, para luego obtener tener un valor promedio, los tiempos de llenado son los siguientes:

T1 = 25.07 seg

T1 = 27.15 seg

T1 = 26.65 seg

T4 = 26.41 seg

Se toma un promedio de 26.32 seg.

Entonces:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{8 \text{ litros}}{26.32 \text{ seg}} = 0.3039 \text{ lt/s}$$

#### **4.1.4 Perfil topográfico**

El trabajo de campo consistió el levantamiento topográfico de tipo, perfil longitudinal, la cual es un tipo de levantamiento topográfico ordinario, donde prevalece la longitud por sobre el ancho de la superficie, y se emplea para el trazo y construcción de vías de transporte, canales, vías férreas, líneas de alta tensión y conducción de líquidos. Se realizó mediante un GPS, de la línea Garmin, modelo 66.

La ruta de levantamiento topográfico, ruta bastante conservadora, previamente estudiada, consistió en una poligonal abierta con estaciones espaciadas de entre 20 metros, hasta 200 metros en lugares de topografía con poca variación.

El trazo de la línea de conducción se extiende desde un punto con coordenadas y elevación (E 516124, N 1692094, H 1,644m, hasta, E 516374, N 1693351, H 1507), dando como resultado, luego de practicar los cálculos de trabajo de gabinete, una diferencia de altura entre el tanque de captación hasta el tanque de almacenamiento de 137 metros.

#### **4.2 Criterios de diseño**

La Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano del INFOM-UNEPAR, expresa los criterios de diseño a considerar para este tipo de proyectos.

#### **4.2.1 Periodo de diseño**

Es el tiempo para el cual se considera que el diseño de un acueducto o sistema de agua potable será funcional y cumplirá con su cometido (abastecer de agua a una comunidad) con eficiencia. Para determinar se toma en cuenta los siguientes factores: vida útil de los materiales, costos y tasas de interés, comportamiento del sistema en sus primeros años, calidad de los materiales y de las construcciones, futuras ampliaciones del sistema, población de diseño, caudal, entre otros.

Se establece que, para los efectos de la normativa lo siguiente:

- obras civiles: 20 años.
- equipos mecánicos: 5 a 10 años
- en casos especiales se considerará un proyecto por etapas
- considerar un tiempo de gestión aproximado de 2 años

De lo expuesto anteriormente, el periodo de diseño para el abastecimiento de agua potable del caserío El Conde será de 22 años, de los cuales 2 años serán para obtener financiamiento y construcción del proyecto, y 20 años de funcionalidad.

#### **4.2.2 cálculo de la población futura**

en el cálculo de este, se utilizó el método geométrico, por ser el método que más se aproxima a definir la población real futura.

La fórmula empleada para este método es:

$$P_n = P_o(1 + r)^n$$

Donde:

$P_n$  = Población futura en un tiempo.

$p_o$  = Población inicial.

$r$  = tasa de crecimiento poblacional.

$n$  = número de años en el futuro.

Para el presente diseño se tiene los siguientes valores:

$p_o$  = 102 habitantes (año 2020)

$r$  = 2.67%

$n$  = 22 años

$$P_n = 102 (1 + 2.67)^{22}$$

$P_n$  = 182 habitantes (año 2042)

Haciendo los cálculos correspondientes, debido a que el caudal es insuficiente para abastecer a la población en los años de funcionamiento programado, se realiza el cálculo de la población beneficiada.

### **4.2.3 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población.

Comúnmente se expresa en lt/hab/día, la Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano del INFOM, menciona que es dependiendo al uso, al lugar, al tamaño de la población, entre otros aspectos a tomar en cuenta, para el diseño se tomará un caudal de 120 lt/hab/día.

### **4.3 Determinación de caudales**

Los consumos de agua en una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias, estas variaciones pueden expresarse en el caudal medio  $Q_m$ , es bien sabido que en época de lluvia demandan menor cantidades de agua que en época de verano, así mismo durante una semana cualquiera.

#### **4.3.1 Caudal medio diario ( $Q_m$ )**

Es el resultado de multiplicar la dotación por la población futura dividido por el número de segundos que contiene un año.

$$Q_m = \frac{\text{Dot} * P_f}{86400}$$

Donde:

Dot = dotación (lt/hab/día)

$Q_m$  = caudal medio diario

$P_f$  = población futura

#### **4.3.2 Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ )**

Deberá determinarse primero si existe un registro de este parámetro para la población específica. De lo contrario deberá considerarse como el producto del caudal medio diario por un factor que va desde 1.2 a 1.5 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y de 1.2 para mayores de 1000 habitantes. Se deberá justificar el factor que haya seleccionado. El consumo de agua no es igual en un día de verano con en un día de invierno. El factor máximo diario -FMD- aumenta el caudal medio diario en un 20% a 50% considerando el posible aumento del caudal, es decir su variación en un día promedio, en este caso se consideró un factor de 1.2.

$$Q_{md} = Q_m * FMD$$

Donde:

Qmd = Caudal máximo diario

Qm = Caudal medio

FMD= Factor medio diario

Se considera al caudal total aforado como el caudal máximo diario

#### **4.3.3 Determinación de población beneficiada**

$$Q_m = \frac{Q_{md}}{FMD} = \frac{0.303951}{1.2} = 0.253293 \text{ lt/s}$$

$$\text{hab} = \frac{Q_m * 86400}{\text{Dot}} = \frac{0.253293 * 86400}{120} = 182 \text{ habitantes}$$

Con un promedio de densidad poblacional de 6 habitantes por vivienda, se puede calcular el número de conexiones domiciliarias, que podría generar esta propuesta.

$$\text{No de conexiones} = \frac{182}{6} = 30 \text{ conexiones}$$

#### **4.3.4 Obras de captación**

Las estructuras deberán garantizar seguridad, estabilidad, durabilidad y funcionamiento en todos los casos. La obra de captación deberá reducir el riesgo de contaminación de la fuente y evitará la entrada de elementos en suspensión y flotantes, de insectos y otros organismos indeseables al sistema, así como la proliferación de plantas y algas en las estructuras de la obra (INFOM-UNEPAR, MSPAS, 2011, pág. 32).

#### **4.3.4.1 Captación de agua de manantial**

se construirán de tal manera que se garantice que el flujo de afloración pueda ser captado en un tanque de recolección, que deberá ser construido con material impermeable con completa protección sanitaria (INFOM-UNEPAR, MSPAS, 2011, pág. 32).

Para evitar el agua de escorrentía se colocará una cuneta interceptora contracuneta.

La obra de captación se protegerá debidamente con cerco.

La cota superior de la pichacha deberá ser como mínima de 10 cm por debajo del nivel de agua, con el fin de evitar el ingreso de aire a la tubería y la presión sobre el brote (INFOM-UNEPAR, MSPAS, 2011, pág. 34).

#### **4.3.5 Diseño de línea de conducción**

El diseño hidráulico de la línea de conducción se realizó con base en la ecuación de Hazen- Williams, la cual es utilizada para el cálculo de la velocidad del agua en sistemas de tuberías. Cabe recalcar que esta ecuación tiene su uso limitado solamente al flujo de agua en conductos cerrados. La ecuación original de Hazen-Williams se muestra a continuación.

$$v = 0.85 * Ch * R^{0.63} * S^{0.54} \text{ lt/s}$$

Donde:

V = velocidad promedio de flujo

Ch = coeficiente de Hazen-Williams

R = radio hidráulico del conducto de flujo

s = pérdida de energía en la longitud del conducto

Esta ecuación se suele modificar con el fin de poder determinar la pérdida de energía del fluido dentro de la tubería, así como también para poder trabajar con dimensiones del sistema internacional y del sistema inglés, de manera simultánea, dando como resultado la siguiente ecuación.

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} \varnothing^{4.87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga

$L$  = longitud de diseño

$Q$  = caudal de diseño

$C$  = coeficiente de rugosidad del material de la tubería

$\varnothing$  = diámetro interno de la tubería

Además de las limitaciones del uso de la ecuación de Hazen-Williams para flujos de agua en conducto cerrado, el INFOM limita el uso de diámetros de tuberías únicamente mayores a  $\frac{3}{4}$  de pulgada y recomienda un rango de velocidades entre 0.40 m/s como mínimo, para evitar sedimentación en la tubería, hasta 3 m/s como máximo, para evitar el deterioro de la misma, como en estructuras complementarias.

La aplicación de estas fórmulas en el cálculo hidráulico, se presenta a continuación en el diseño del tramo de la estación E5 (0+0586.22) a E15 (0+1481.42) con los siguientes datos:

Longitud de tubería real:	895.20m
Incremento porcentual de longitud real:	5%
Longitud de tubería teórica:	939.95m
Caudal:	0.30395 l/s

Carga estática disponible: 1546 - 1507 = 39m

Coefficiente de rugosidad tubería PVC: 150

Se calcula el diámetro necesario para la pérdida de carga, a través de la ecuación Hazen-Williams.

$$\emptyset = \left( \frac{1743.811 * 939.95 * 0.30395^{1.85}}{150^{1.85} * 39} \right)^{1/4.87} = 0.84386''$$

Del valor obtenido se propone un diámetro de ¾ de pulgada, Ahora se calcula la pérdida correspondiente.

Diámetro interior ¾ pulgada = 0.98 pulgadas.

$$Hf^1 = \frac{1743.811 * 939.2 * 0.30395^{1.85}}{150^{1.85} * 0.98^{4.87}} = 18.82 \text{ m}$$

Debido a que la pérdida de carga es de 18.82 m, y es menor que la carga disponible, se utiliza esta.

Para cumplir con la norma, se debe verificar que las velocidades del agua a través de la tubería estén dentro del rango establecido.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q = caudal

A = área de tubería (diámetro interior)

d = diámetro

$$Q = 0.30395 \text{ l/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l/s}} = 0.00030395 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = 0.98'' * \frac{2.54 \text{ cm}}{1''} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.024892 \text{ m}$$

$$v = \frac{0.00030395 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} * (0.024892 \text{ m})^2} = 0.624586 \text{ m/s}$$

Luego se calcula las cotas piezométricas

Presión estática: PE = CIT – CF

$$PE = 1546 - 1507 = 39 \text{ m}$$

Cota piezométrica: CP = CIT- Hf

$$CP = 1546 - 18.82 = 1527.18 \text{ m}$$

Presión dinámica: PD = CP – CF

$$PD = 1527.18 - 1507 = 20.18 \text{ m}$$

Según los datos obtenidos para la tubería de PVC  $\frac{3}{4}$  de pulgada, se tiene que la cota piezométrica, se encuentra sobre la cota de terreno, indicando una presión dinámica de 20.10 m, por lo que se concluye que, para este tramo, es correcta la utilización de la tubería.

#### **4.3.6 Diseño del tanque de almacenamiento**

En todo sistema, incluyendo aquellos con abastecimiento por gravedad durante las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque que como mínimo deberá cumplir con, según la Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de

abastecimiento de agua para consumo humano lo siguiente.

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.
- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias.

Se podría suprimir el tanque de almacenamiento, solo cuando la fuente asegure un caudal superior a 3 veces el consumo medio diario de la población en toda la época del año.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará el 25% a 40% del caudal medio diario en el caso de sistemas por gravedad y en sistemas por bombeo de 35% al 50%.

#### **4.3.6.1 Calculo de volumen**

Para el cálculo de volumen del tanque, para tal caso se toma el 50% del caudal medio diario.

$$\text{vol} = \frac{0.5 \cdot 0.2532 \cdot 86400}{1000} = 10.93 \text{m}^3 \approx 11 \text{m}^3$$

Entonces:

$$x = \frac{11}{150} = 7.33 \text{ m}^2 = 8 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{8} = 2.82 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ m}^2$$

Por relación ancho-largo, además de que el lugar es muy estrecho para dicha obra se toma las dimensiones;  $2 \text{ m} * 5 \text{ m} * 1.5 \text{ m} = 15 \text{ m}^3$

Calculamos el tiempo en que se llena con el caudal máximo diario.

$$Q_{md} = 0.30395 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} * \frac{60\text{m}}{1\text{h}} * = 1094.22 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\text{vol} = 15\text{m}^3 * \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 15000\text{l}$$

$$t = \frac{15000\text{l}}{1094.22 \frac{\text{l}}{\text{h}}} = 13\text{h}$$

El 100% por ciento del tanque se llena en 13 horas, en 9 horas trabajará al 70% de su capacidad, que significa que tiene la capacidad de llenarse en una noche.

#### **4.3.6.2 Diseño estructural de la cubierta**

El diseño de la losa del tanque se realiza con base a las normas según el método 3 del ACI. La losa tiene 5 metros de largo, con un ancho de 2 metros, para aligerar la losa se coloca una viga intermedia, cabe recalcar que las losas se diseñan a eje.

**Figura 1.** Planta de tanque de almacenamiento.



**Fuente:** elaboración propia. AutoCAD 2020.

**Datos para el diseño**

- Carga viva:  $100\text{kg/m}^2$
- Sc (acabados):  $90\text{ kg/ m}^2$
- $\gamma_a$ :  $1000\text{kg/m}^3$
- F'c:  $210\text{ kg/cm}^2$
- Fy:  $2810\text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_c$ :  $2400\text{ kg/m}^3$
- b:  $100\text{cm}$

**Cálculo del espesor y dirección de trabajo de la losa:**

$$t_{1,2} = \frac{\text{perimetro}}{180} = \frac{2.5+2+2.5+2}{180} = 0.05\text{m} \quad \text{se adopta } t = 0.10\text{m}$$

$$m_{1,2} = \frac{A}{B} = \frac{2}{2.5} = 0.8 > 0.5 = \text{losa bidireccional}$$

Cálculo de peso propio de la losa:

$$W = Y_c * t + S_c$$

$$W = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0.10\text{m} + 90\text{kg/m}^2 = 330\text{kg/m}^2$$

Integración de carga última:

$$CU = 1.4 (330 \text{ kg/m}^2) + 1.7(100 \text{ kg/m}^2)$$

$$CU = 632 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momento en la losa:

Losa 1 y 2:

$$M_a (-) = 0 * 632 \text{ kg/m}^2 * 2^2 \text{ m} = 0 \text{ kg} - \text{m}$$

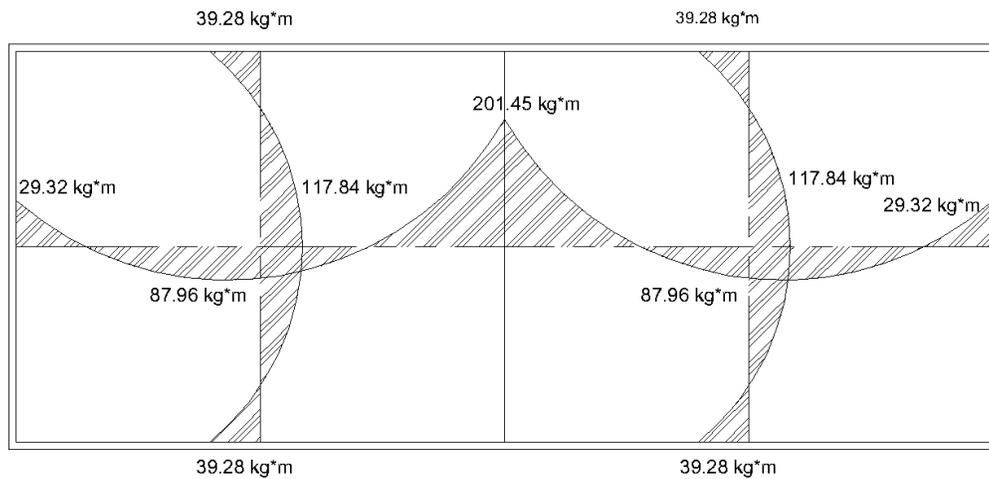
$$M_b (-) = 0.051 * 632 \text{ kg/m}^2 * 2.5^2 \text{ m} = 201.45 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_a (+) = 0.045 * 462 \text{ kg/m}^2 * 2^2 \text{ m} + 0.051 * 170 \text{ kg/m}^2 * 2^2 = 117.8 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_b (+) = 0.022 * 462 \text{ kg/m}^2 * 2.5^2 \text{ m} + 0.023 * 170 \text{ kg/m}^2 * 2.5^2 = 117.8 \text{ kg} - \text{m}$$

Por ser losas simétricas los momentos negativos en el centro son iguales por lo que no necesita balanceo de momentos, calculando momentos en los extremos discontinuos de las losas, como 1/3 de los momentos positivos, quedando de esta manera el diagrama.

**Figura 2.** Diagrama de momento último de la los



**Fuente:** elaboración propia. AutoCAD 2020.

Cálculo de peralte de la losa

$$t = 10\text{cm}$$

$$\phi = 3/8'' \text{ -----} 0.95\text{cm}$$

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2} = 10 - 2.5 - \frac{0.95}{2} = 7.0 \text{ cm}$$

Cálculo de  $A_{S\text{mín}}$ :

$$A_{S\text{min}} = 0.4 * \frac{14.1}{F_y} * b * d$$

$$A_{S\text{min}} = 0.4 * \frac{14.1}{2810} * 100 * 7 = 1.40 \text{ cm}^2$$

Cálculo de espaciamiento "s" para  $A_{S\text{mín}}$ :

$$1.40 \text{ cm}^2 \text{-----} 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{-----} s \rightarrow s = 50.71\text{cm}$$

Pero según ACI 318-14, capítulo 8.7.2  $M_{AS\text{max}} = 3t$ .

$$A_{S\text{max}} = 3t = 3 * 10$$

$$AS_{\max} = 30\text{cm}$$

Cálculo del área de acero mínimo nuevo, con el espaciamiento máximo.

$$AS_{\min}\text{cm}^2\text{-----}100\text{ cm}$$

$$0.71\text{ cm}^2\text{-----}30\text{cm}$$

$$AS_{\min} = \frac{0.71 \cdot 100}{30} = 2.36\text{ cm}^2$$

Cálculo de momento que resiste el acero  $AS_{\min} = 1.40\text{ cm}^2$

$$M_{AS_{\min}} = 0.90 \left[ AS_{\min} * f_y * \left( d - \frac{AS_{\min} * f_y}{1.7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$M_{AS_{\min}} = 0.90 \left[ 2.36 * 2810 * \left( 7.0 - \frac{2.36 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right) \right] = 40670.3879\text{ kg-cm}$$

$$M_{AS_{\min}} = 40670.3879\text{ kg-cm} * \frac{1\text{m}}{100\text{m}} = 406.70\text{ kg-m}$$

$$A_{\text{Stemp}} = 0.002 * b * t = 0.002 * 100 * 10 = 2\text{ cm}^2$$

$$2\text{ cm}^2\text{-----}100\text{ cm}$$

$$0.71\text{ cm}^2\text{-----}x\text{ cm}$$

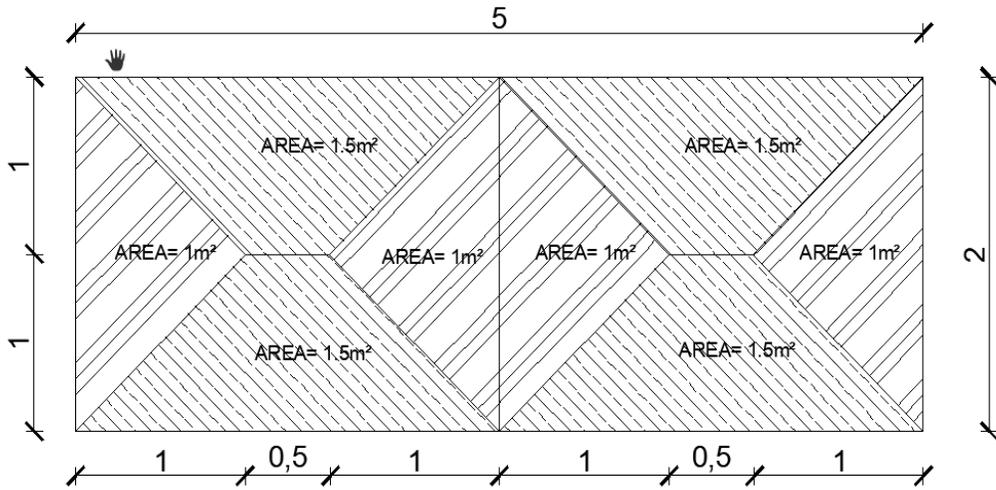
$$x = \frac{0.71 \cdot 100}{2} = 35.5\text{ cm}^2 > 3t$$

Se puede observar que el momento que resiste el área de acero mínimo, es mayor que los momentos que actúan sobre la losa, por lo tanto, se propone el siguiente armado: usamos varillas para momento negativo No 3 G40 @ 0.30 m y varillas por momento positivo No 3 @ 0.30m, como se muestra en los planos.

#### 4.3.6.3 Diseño de viga de soporte

Haciendo el respectivo análisis estructural se obtienen los siguientes datos con las cuales se hace el diseño, en la figura xx se presenta el área tributaria sobre las vigas y muros.

**Figura 3.** Area tributaria sobre muros y vigas



**Fuente:** elaboración propia. AutoCAD 2020.

### Cálculo de sección

Según ACI 318 2014, sección 9.3.1.1. altura mínima de vigas no preesforzadas.

$$h = \frac{1}{16} = h = \frac{2}{16} = 0.125\text{m}$$

adoptamos

$$h = 0.25\text{m} = 25\text{cm}$$

$$b = 0.20\text{m} = 20\text{cm}$$

$$r = 0.04\text{m} = 4\text{cm}$$

$$d = 0.21\text{m} = 21\text{cm}$$

### Peso de la losa sobre viga

$$w_{\text{losa}} = \frac{At \cdot CU}{L}$$

$$w_{\text{losa}} = \frac{2 \text{ m}^2 * 632 \text{ kg/m}^2}{2 \text{ m}} = 632 \text{ kg/m}$$

$$w_{\text{propio}} = 0.25 \text{ m} * 0.20 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 * 1.4 = 169 \text{ Kg/m}$$

$$w_{\text{total}} = 801 \text{ Kg/m}$$

Momento negativo, positivo y corte:

$$M_{(-)} = \frac{w l^2}{12} = \frac{801 * 2^2}{12} = 267 \text{ Kg} - \text{ m}$$

$$M_{(+)} = \frac{w l^2}{24} = \frac{801 * 2^2}{24} = 133.5 \text{ Kg} - \text{ m}$$

$$V_u = \frac{w l}{2} = \frac{801 * 2}{2} = 801 \text{ Kg}$$

Para  $\mu = 133.5 \text{ kg-m}$

$$M_u = 0.90 \left[ A_s * f_y * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right) \right]$$

Despejamos  $A_s$ :

$$133.5 = 0.90 \left[ A_s * 2810 * \left( 21 - \frac{A_s * 2810}{1.7 * 210 * 20} \right) \right]$$

$$\frac{13,350}{0.9} = [A_s * 2810 * (21 - 0.393557 A_s)]$$

$$14833.33 = [(2810 A_s * 21) - (2810 A_s * 0.393557 A_s)]$$

$$14833.33 = [(59010 A_s) - (1105.8951 A_s^2)]$$

$$14833.33 - 59010 A_s + 1105.8951 A_s^2 = 0$$

$$\frac{14833.33 - 59010 A_s + 1105.8951 A_s^2}{1105.8951 A_s^2}$$

$$13.41296 - 53.3594 A_s + A_s^2$$

$$A_s^2 - 53.3594 A_s + 13.41296$$

$$a \quad b \quad c$$

Hallamos el área de acero con la ecuación cuadrática.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-(-53.3594) \pm \sqrt{(-53.3594)^2 - 4(1)(13.41296)}}{2(1)}$$

$$x (-) = 0.2525$$

$$x (+) = 53.10$$

$$\text{Área de acero momento positivo} = 0.2525 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero momento negativo} = 0.5075 \text{ cm}^2$$

Para momento positivo proponemos un armado de 2 No 3 = 1.42 cm<sup>2</sup>

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{1.42}{20 \cdot 21} = 0.00338$$

$$p_{\min} = \frac{14.1}{f_y} = \frac{14.1}{2810} = 0.005$$

$p_{\max} = \phi \cdot p_{\text{bal}}$  donde  $\phi = 0.75$  en zona no sísmica y  $0.50$  en zona sísmica.

$$p_{\text{bal}} = \beta * 0.85 * \frac{6120}{6120 + f_y} * \frac{f_c}{f_y}$$

$$p_{\text{bal}} = 0.85 * 0.85 * \frac{6120}{6120 + 2810} * \frac{210}{2810} = 0.03700418$$

$$p_{\max} = 0.5 * 0.0370041 = 0.0185$$

$$p_{\min} = 0.005 < p = 0.00338 < p_{\max} = 0.0185 \therefore \text{no cumple}$$

En los cálculos se obtuvo áreas muy pequeñas de acero, por la magnitud pequeña de los momentos. Según el código ACI 318-14, en la sección 9.6.1.3. menciona si el  $A_s$  colocado en todas las secciones es como mínimo mayor en un tercio que el  $A_s$  requerido por análisis, no es necesario cumplir con los requisitos de acero mínimo. En este caso se toma el acero mínimo tanto en momento positivo como negativo, aumentando así la ductilidad, de igual manera en la sección 18.4.2.1 afirma que las vigas deben tener al menos dos barras continuas en las caras superior e inferior.

$$A_{S\min} = p_{\min} * b * d$$

$$A_{S\min} = \frac{14.1}{2810} * 20 * 21 = 2.11 \text{ cm}^2$$

Luego de calcular el  $A_{S\min}$ , se procede a colocar varillas de acero quedando de la

siguiente manera y detallándose en los planos.

$$M_{(+)}: 3 \text{ No } 3 = 2.84 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)}: 4 \text{ No } 3 = 2.84 \text{ cm}^2$$

Acero transversal

Cálculo de corte resistente

$$V_r = 0.85 * 0.53 * (F'_c)^{1/2} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * (210)^{1/2} * 20 * 21 = 2,741.91 \text{ kg}$$

Comparar Corte resistente con corte ultimo

Si  $V_r \geq V_u$  la viga necesita estribos solo por armado

Si  $V_r < V_u$  se diseñan vigas por corte

Para este caso  $V_r = 2,741.91 \text{ kg} \geq V_u = 801 \text{ kg} \therefore$  necesita estribos solo por armado.

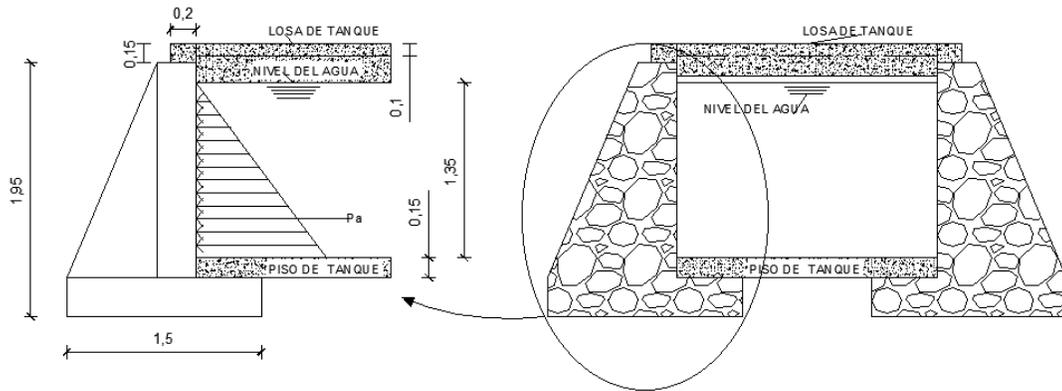
$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{21}{2} = 10.5 \text{ usar no } 3 @ 10 \text{ cm}$$

#### 4.3.6.4 Diseño del muro del tanque

Datos

Angulo de ficción interna $\phi$ :	30°
Peso específico del agua $\gamma_a$ :	1000 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del concreto $\gamma_c$ :	2400 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del concreto ciclópeo $\gamma_{cc}$ :	2500 kg/m <sup>3</sup>
Valor soporte de suelo $V_s$ :	12000 kg/m <sup>2</sup>

**Figura 4. Muro de tanque**



**Fuente:** elaboración propia. AutoCAD 2020.

Determinación de carga uniforme sobre el muro (W sobre – muro)

$W_{\text{sobre muro}} = \text{peso del área tributaria de la losa} + \text{peso de viga perimetral} + \text{peso de viga de soporte.}$

Peso del área tributaria de la losa sobre el muro (WAt)

$$W_{At} = CU * A_t$$

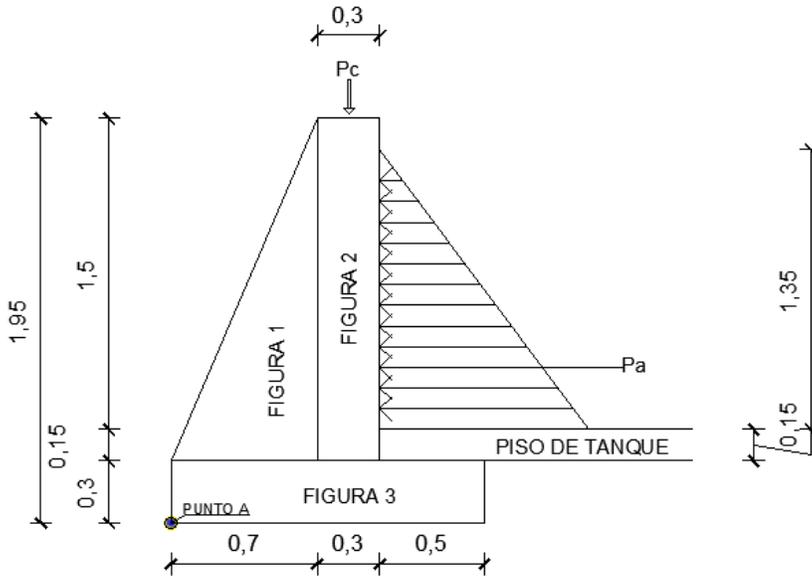
Donde:

CU = integración de carga ultima

$A_t$  = área tributaria de la losa sobre muro

$$W_{At} = (632 \text{ kg/m}^2) (2 * 1.5 \text{ m}^2) = 1896 \text{ kg}$$

**Figura 5.** Diagrama de fuerzas actuantes sobre muro.



**Fuente:** elaboración propia. AutoCAD 2020.

Peso de viga perimetral ( $W_{\text{viga - perimetral}}$ )

$$W_{\text{viga - perimetral}} = \text{VOL}_{\text{viga-perimetral}} * \gamma_c * 1.4$$

$$W_{\text{viga - perimetral}} = (0.20\text{m} * 0.15\text{m} * 5\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3) 1.4 = 504 \text{ kg}$$

Peso de viga de soporte ( $W_{\text{viga - soporte}}$ )

$$W_{\text{viga - soporte}} = (CU * \frac{\text{At de la losa sobre viga - soporte}}{2}) + (\frac{\text{vol viga-soporte}}{2} * \gamma_c * 1.4)$$

$$W_{\text{viga - soporte}} = (632 \text{ kg/m}^2 * \frac{2 \text{ m}^2}{2}) + ((\frac{0.2\text{m} * 0.25\text{m} * 2\text{m}}{2}) * 2400 \text{ kg/m}^2 * 1.4) = 800 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{sobre muro}} = 1896 \text{ Kg} + 504 \text{ Kg} + 800 \text{ Kg} = 3200 \text{ Kg}$$

El peso total para un metro unitario de muro es

$$W_{\text{sobre metro unitario de muro}} = \frac{W_{\text{sobre muro}}}{\text{ml de muro}} = \frac{3200 \text{ Kg}}{5\text{m}} = 640 \text{ Kg/m}$$

Considerando W como carga puntual (Pc)

$$P_c = 640 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m} = 640 \text{ Kg}$$

Momento que ejerce la carga puntual respecto al punto A

$$MC = P_c * \text{brazo de palanca}$$

$$MC = 640 \text{ Kg} * (0.7 \text{ m} + \frac{0.3}{2}) = 544 \text{ Kg} - \text{m}$$

Fuerza activa P<sub>a</sub> hidrostática

$$F_a = \gamma_a * \frac{h^2}{2}$$

$$F_a = 1000 \text{ kg/m}^3 * \frac{(1.35 \text{ m})^2}{2} = 911.25 \text{ kg}$$

Momento de volteo respecto al punto A es

$$M_{act} = F_a * \frac{h}{3} = 911.25 \text{ kg} * (\frac{1.35 \text{ m}}{3} + 0.45 \text{ m}) = 820.125 \text{ kg} - \text{m}$$

**Tabla 6.** Cálculo de momento respecto al punto A

FIG.	DIMENSIONES (M)	AREA (M2)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	PESO WR (KG)	B.P.(M)	MOMENTO (KG-M)
1	0.7*1.65	1/2*(0.7*1.65) = 0.5775	2400	1386	2/3 * 0.7 = 0.47	651.42
2	0.3*1.65	0.495	2400	1188	0.7+(0.3/2) = 0.85	1009.8
3	0.3*1.5	0.45	2400	1080	1.5/2 = 0.75m	810
			ΣWR	3654	ΣMR	2471.22

**fuelle:** elaboración propia con programa Excel.

$$\text{Peso total (WT)} = P_c + \text{WR}$$

$$\text{WT} = 640 \text{ Kg} + 3654 \text{ Kg} = 4294 \text{ kg}$$

Estabilidad contra volteo ( $F_{sv} > 1.5$ )

$$F_{sv} = \frac{MR + Mc}{Mact} = \frac{2471.22 \text{ kg} - \text{m} + 544 \text{ kg} - \text{m}}{820.125 \text{ Kg} - \text{m}} = 3.68 > 1.5$$

Verificación de la estabilidad contra el deslizamiento ( $F_{sd} > 1.5$ )

El muro se desliza ante los empujes del suelo, sin embargo, el rozamiento que existe entre el concreto y el suelo genera fricción, evitando así el deslice. Es por ello que se debe tratar que la superficie de la cimentación sea rigurosa, en lo mayor posible. El factor de seguridad que se utiliza en este chequeo es directamente proporcional a las fuerzas resistentes, en este caso ( $F_d$ ), debidas al peso e inversamente proporcional a las fuerzas actuantes ( $F_a$ ). Es decir:

$$F_{sd} = \frac{F_d}{F_a} \geq 1.5$$

Sin embargo, el valor de la fuerza resistente no es directamente proporcional al peso del muro, el valor puede ser determinado como la fuerza generada por el rozamiento, siendo así se puede determinar cómo:

$$F_d = W_t * \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_d = 4294 \text{ kg} * 0.9 * \tan(30^\circ) = 2231.22 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = \frac{F_d}{F_a} = \frac{2231.22 \text{ kg}}{911.25 \text{ kg}} = 2.45 > 1.5$$

El coeficiente de fricción se ha calculado como un valor dependiente del valor del ángulo de fricción interna.

Verificación de la presión bajo la base del muro,  $P_{max} < V_s$  y  $P_{min} > 0$  donde la excentricidad ( $e_x$ ) =  $\text{base}/2 - a$

$$a = \frac{MR + MC - Mact}{WT} = \frac{2471.22\text{kg} - m + 544 \text{ kg} - m - 820.125 \text{ kg} - m}{4294 \text{ kg}} = 0.5112\text{m}$$

$$ex = \frac{B}{2} - a = \frac{1.5 \text{ m}}{2} - 0.5112\text{m} = 0.2388 \text{ m}$$

Donde

B = base del muro

Módulo de sección (Sx), Longitud por metro lineal 1.

$$Sx = \frac{1}{6} * \text{base}^2 * \text{long} = \frac{1}{6} - (1.5\text{m})^2 * 1\text{m} = 0.375 \text{ m}^3$$

Las presiones bajo la zapata son

$$P_{\max} = \frac{WT}{A} \pm \frac{WT * ex}{Sx} = \frac{4294 \text{ kg}}{1.5\text{m} * 1\text{m}} \pm \frac{4294 \text{ kg} * 0.2388\text{m}}{0.375 \text{ m}^3} =$$

$$P_{\max} = 5597.085 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\max} = 5597.085 < 12000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\min} = 128.24 \text{ kg/m}^2 > 0 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.3.7 Diseño de línea de distribución

Son las líneas y ramales de abastecimiento que alimentan de agua a cada uno de los usuarios, para este proyecto, la red de distribución es de tipo ramales abiertos. Se diseña con el caudal máximo horario, por medio de la ecuación de Hazen & Williams.

Tramo 1

Datos

Cota inicial Est-22: 1483

Cota final Est-25: 1479

Longitud: 188.21 m  
 Caudal de diseño: 0.506250 l/s  
 Coeficiente (PVC): 150

$$\emptyset = \left( \frac{1743.811 * 188.21 * 0.50625^{1.85}}{150^{1.85} * 4} \right)^{1/4.87} = 1.1751''$$

Se toma un diámetro comercial de 1 pulgada, con diámetro interior de 1.25

$$Hf^1 = \frac{1743.811 * 188.21 * 0.50625^{1.85}}{150^{1.85} * 1.25^{4.87}} = 2.96 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad

$$v = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q = caudal

A = área de tubería (diámetro interior)

d = diámetro

$$Q = 0.50625 \text{ l/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l/s}} = 0.00050625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = 1.25'' * \frac{2.54 \text{ cm}}{1''} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.03175 \text{ m}$$

$$v = \frac{0.00050625 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} * (0.03175 \text{ m})^2} = 0.6394 \text{ m/s}$$

$$0.60 \text{ m/s} < v = 0.6394 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}.$$

**Tabla xx.** Resumen de diseño de conducción

TRAMO 1	CAUDAL 2	LONGITUD + 5% 3	COTA DE TERRENO		CAGA ESTATICA 6	DIAMETRO	DIAMETRO PROPUESTO 8	VELOCIDAD 9	PERDIDA DE CARGA Hf 11	COTA PIEZOMETRICA		PRESION 14
			INICIAL 4	FINAL 5						INICIAL 12	FINAL 13	
CAPT-RP1	0.30395	337.03	1644	1606	38	0.6873	0.98	0.62458	6.750	1644	1637.250	31.250
RP1-RP2	0.30395	278.49969	1606	1546	60	0.6017	0.98	0.62458	5.578	1606	1600.422	54.422
RP2-TAN	0.30395	940	1546	1507	39	0.8439	0.98	0.62458	18.826	1546	1527.174	20.174

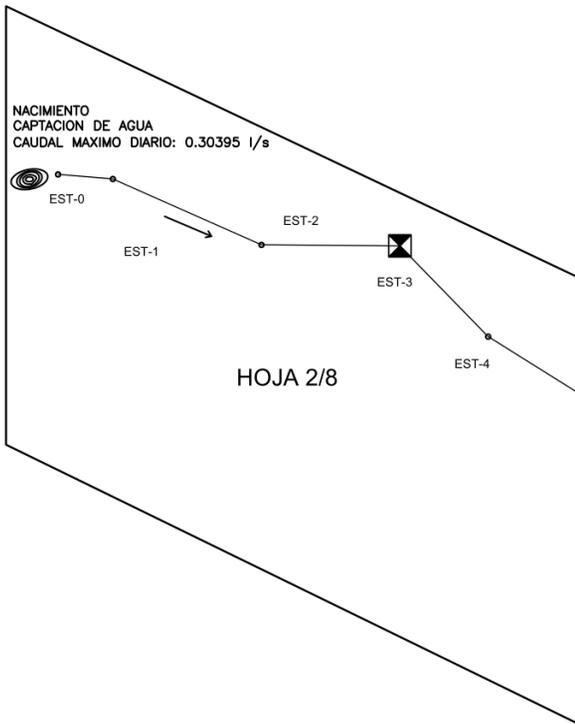
**Fuente.** Elaboración propia con programa Excel 2020.

**Tabla xx.** Resumen de red de distribución

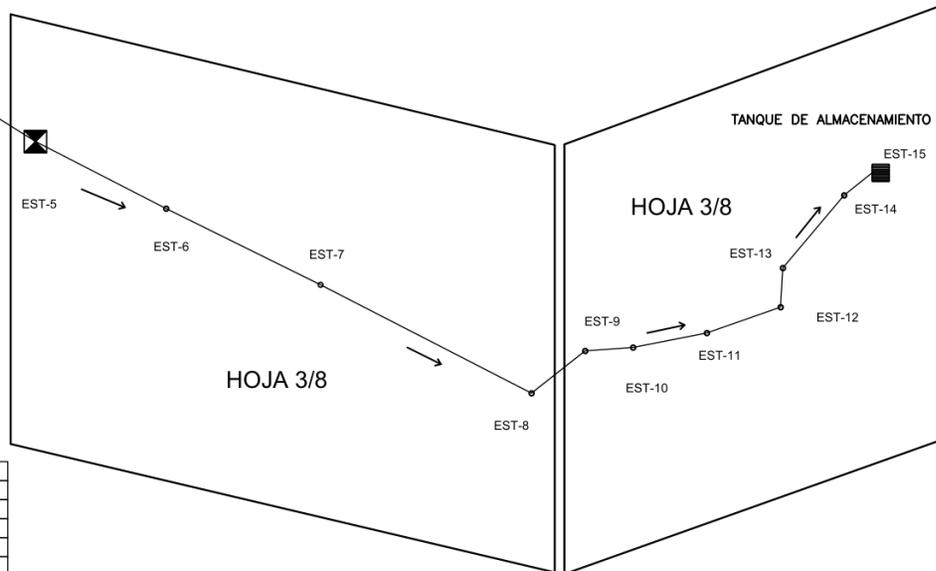
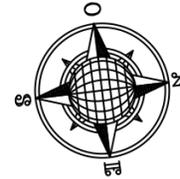
TRAMO 1	GASTO (l/s)		LONGITUD (m) 4	CARGA ESTATICA	CALCULO DE DIAMETRO TEORICO (PULG) 5	DIAMETRO PROPUESTO (PULG) 6	VELOCIDAD (m/s) 6	PERDIDA CARGA	COTA PIEZOMETRICA (m.s.n.m)		COTA DEL TERRENO (m.s.n.m.)		PRESION (m)	
	TRAMO 2	DISÑO 3							INICIAL 9	FINAL 10	INICIAL 11	FINAL 12	INICIAL 13	FINAL 14
RES-22	-	0.5062508	243	24	0.8574526	0.99	1.0194	11.90	1507.00	1495.10	1507	1483	0.00	12.10
22-25	0.506250778	0.5062508	188.21	4	1.1754649	1.25	0.6394	2.96	1495.10	1492.14	1483	1479	12.10	13.14

**Fuente.** Elaboración propia con programa Excel 2020.

### 4.3.7 planos



SIMBOLOGÍA			
	VÁLVULA DE AIRE		CAPTACIÓN
	NACIMIENTO		VÁLVULA DE PURGA
	TUBERIA DE CONDUCCION		DIRECCIÓN DE FLUJO
	COTA PIEZOMETRICA		ESTACION
	CAJA ROMPEPRESION	C.T.	COTA DE TERRENO
	TANQUE DE DISTRIBUCION	C.P.	COTA PIEZOMETRICA



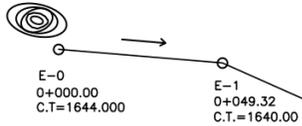
EST	P.O	LONG	ESTE	NORTE	ALTURA	OBSERVACIONES
E-0	E-1	49.33	516124	1692094	1644	
E-1	E-2	146.87	516128	1692143	1640	
E-2	E-3	124.79	516187	1692276	1620	
E-3	E-4	117.06	516188	1692400	1606	CAJA ROMPEPRESION
E-4	E-5	148.18	516269	1692479	1576	
E-5	E-6	131.95	516346	1692602	1546	CAJA ROMPEPRESION
E-6	E-7	154.05	516406	1692719	1535	
E-7	E-8	212.44	516474	1692857	1527	
E-8	E-9	62.03	516571	1693046	1527	
E-9	E-10	43.10	516533	1693094	1517	
E-10	E-11	67.54	516530	1693137	1517	VALVULA DE PURGA
E-11	E-12	69.92	516517	1693203	1523	VALVULA DE AIRE
E-12	E-13	35.07	516494	1693269	1521	
E-13	E-14	85.24	516459	1693271	1522	
E-14	E-15	33.85	516394	1693326	1518	
E-15	E-16	-	516374	1693351	1507	CONEXION AL TANQUE

## PLANTA DE CONJUNTO LINEA DE CONDUCCION

ESCALA: 1:5000

<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: <b>PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ. ANEXION.</b>	
CONTENIDO: <b>PLANTA DE CONJUNTO DEL PROYECTO</b>	
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
CALCULO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	HOJA: 1/8
DISEÑO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	8

NACIMIENTO  
CAPTACION DE AGUA  
CAUDAL MAXIMO DIARIO: 0.30395 l/s



SIMBOLOGIA			
	VÁLVULA DE AIRE		CAPTACIÓN
	NACIMIENTO		VÁLVULA DE PURGA
	TUBERIA DE CONDUCCION		DIRECCION DE FLUJO
	COTA PIEZOMETRICA		ESTACION
	CAJA ROMPEPRESION		COTA DE TERRENO
	TANQUE DE DISTRIBUCION		COTA PIEZOMETRICA



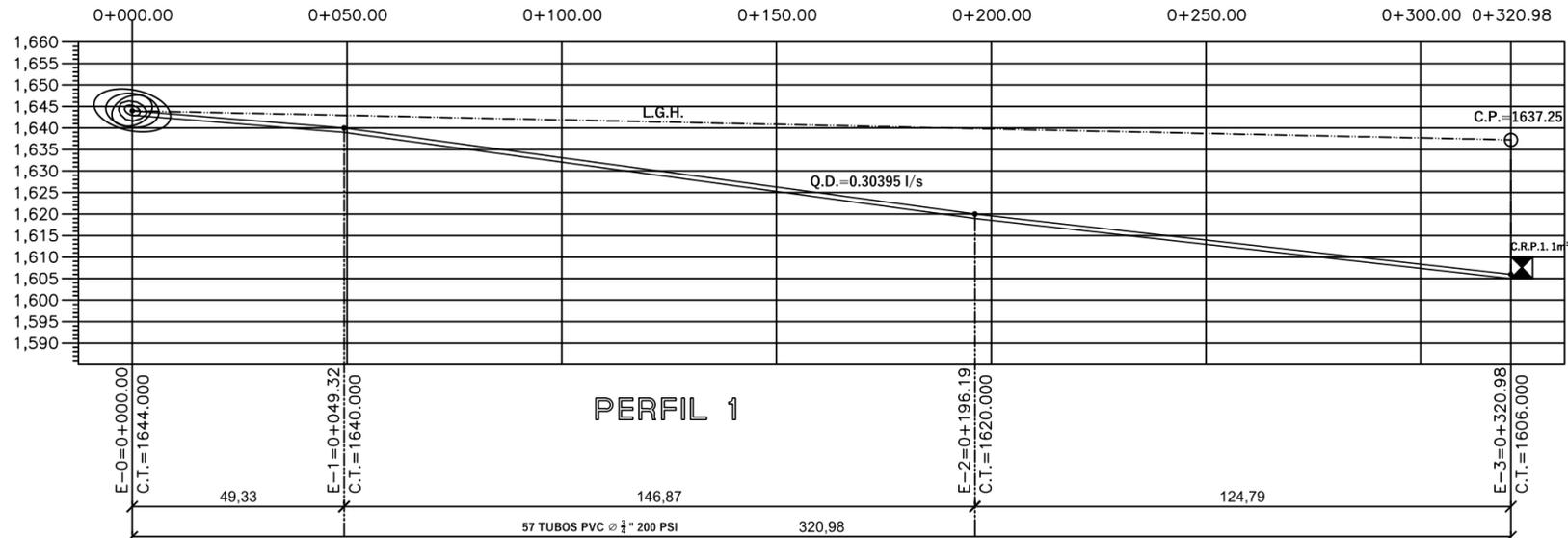
PVC  $\varnothing \frac{3}{4}$ " 200 PSI

E-2  
0+196.19  
C.T.=1620.00

E-3  
0+320.98  
C.T.=1606.00

### PLANTA DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+000.00 A 0+320.98

ESCALA: 1:2000



### PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+000.00 A 0+320.98

		UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ. ANEXION.					
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+000.00 A 0+320.98					
ESCALA INDICADA		FECHA		HOJA	
EDWIN ROBERTO AC C.U.		AGOSTO 2021		1	
DISEÑO		EDWIN ROBERTO AC C.U.		8	

E-3  
0+320.98  
C.T.=1606.00

PVC  $\phi$  1" 200 PSI

E-4  
0+438.03  
C.T.=1576.000

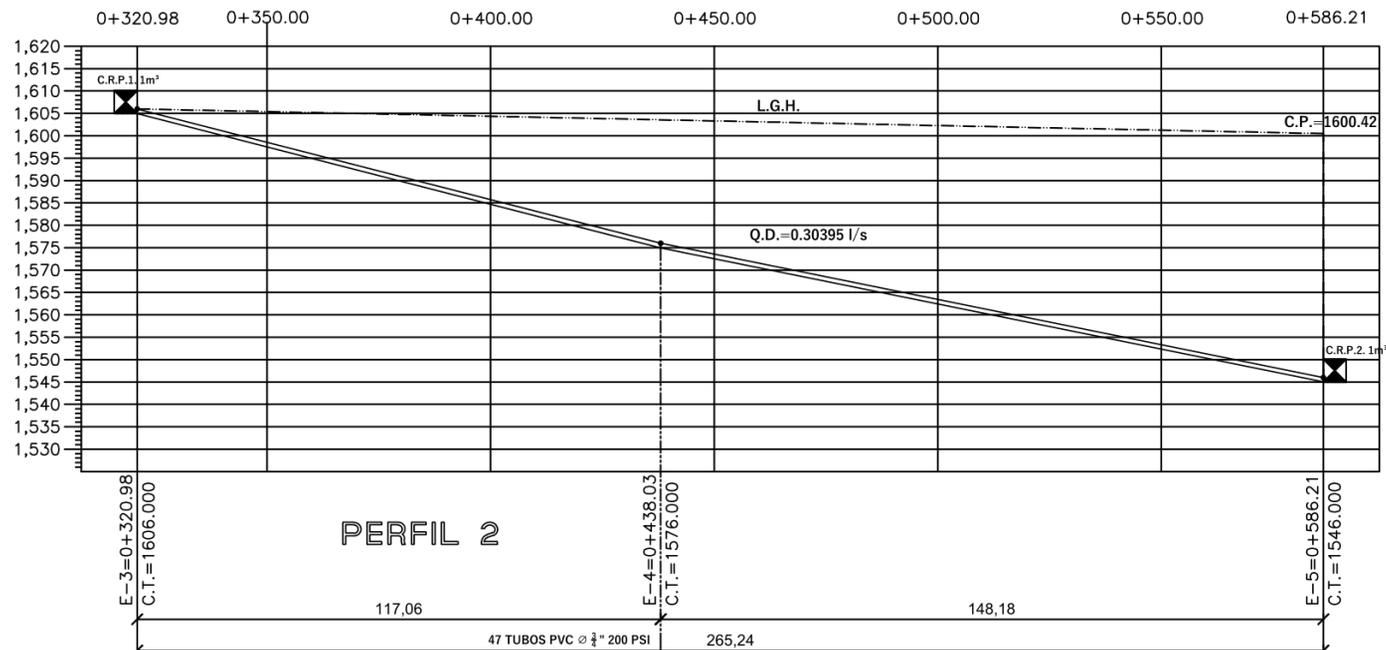
E-5  
0+586.21  
C.T.=1546.00



SIMBOLOGIA			
	VÁLVULA DE AIRE		CAPTACIÓN
	NACIMIENTO		VÁLVULA DE PURGA
	TUBERIA DE CONDUCCION		DIRECCION DE FLUJO
	COTA PIEZOMETRICA		ESTACION
	CAJA ROMPEPRESION	C.T.	COTA DE TERRENO
	TANQUE DE DISTRIBUCION	C.P.	COTA PIEZOMETRICA

### PLANTA LINEA DE CONDUCCION DE 0+320.98 A 0+586.21

ESCALA: 1:2000



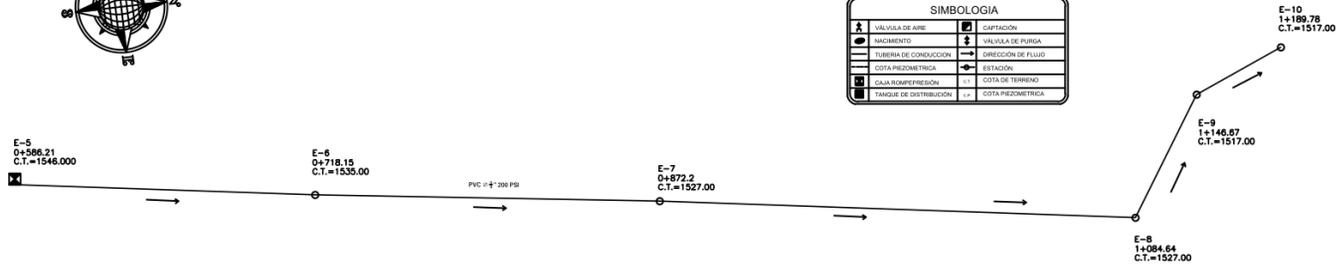
### PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+320.98 A 0+586.21

ESCALA HORIZONTAL: 1:1500  
ESCALA VERTICAL: 1:1500

		<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.					
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+320.98 A 0+586.21					
TITULO INDICADA		FECHA: AGOSTO 2011		HOJA:	
CALCULO: EDWIN RIGOBERTO AC CQ		DISEÑO: EDWIN RIGOBERTO AC CQ		1 / 8	

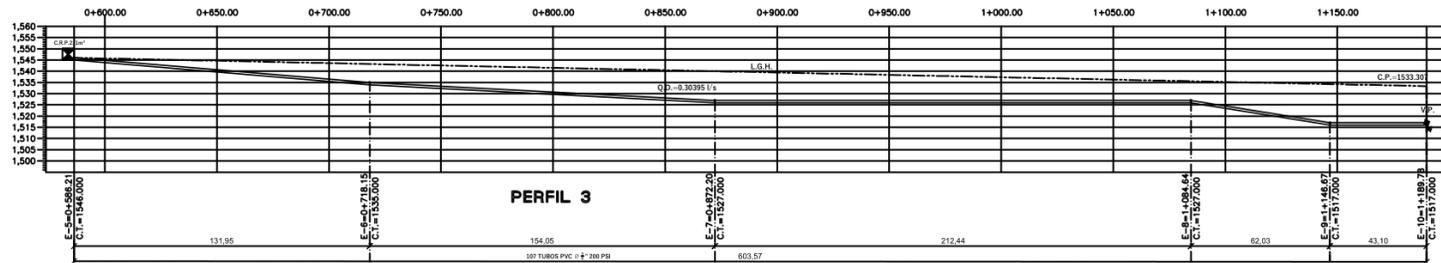


SIMBOLOGIA			
	VÁLVULA DE AIRE		VALVULA DE PURGA
	NACIMIENTO		DIRECCION DE FLUJO
	TUBERIA DE CONDUCCION		ESTACION
	COTA PIEZOMETRICA		COTA DE TERRENO
	TANQUE DE DISTRIBUCION		COTA PIEZOMETRICA



### PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+586.21 A 1+189.78

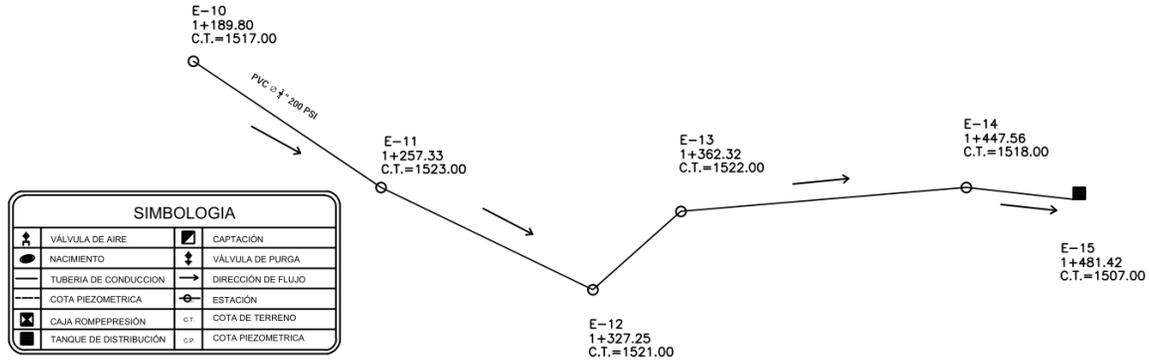
ESCALA: 1:3000



### PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+586.21 A 1+189.78

ESCALA HORIZONTAL: 1:3000  
ESCALA VERTICAL: 1:3000

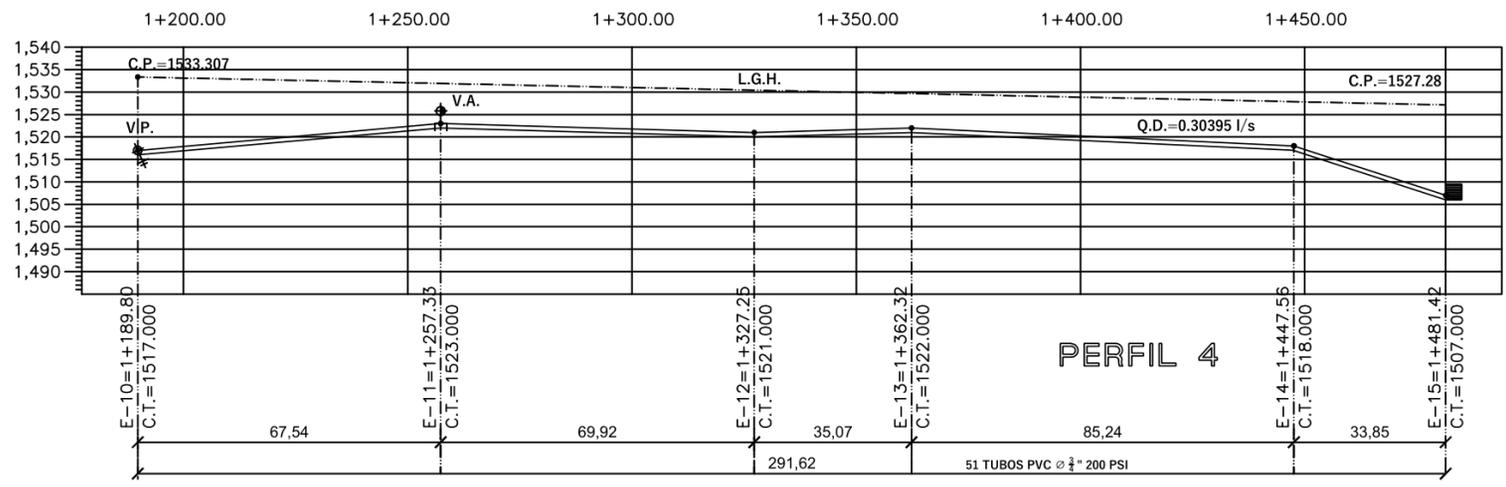
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ. ANEXION.	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 0+586.21 A 1+189.78	
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
CALIFICADO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	HOJA: 1
DISEÑO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	8



SIMBOLOGIA			
	VÁLVULA DE AIRE		CAPTACIÓN
	NACIMIENTO		VÁLVULA DE PURGA
	TUBERIA DE CONDUCCION		DIRECCION DE FLUJO
	COTA PIEZOMETRICA		ESTACION
	CAJA ROMPEPRESION	C.T.	COTA DE TERRENO
	TANQUE DE DISTRIBUCION	E.P.	COTA PIEZOMETRICA

**PLANTA DE LINEA DE CONDUCCION DE 1+189.78 A 1+481.42**

ESCALA: 1:2000

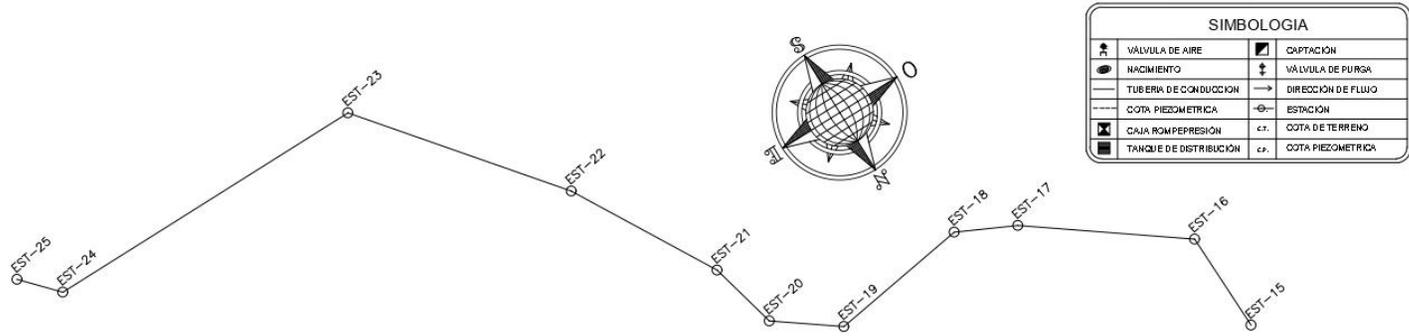


**PERFIL 4**

**PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 1+189.78 A 1+481.42**

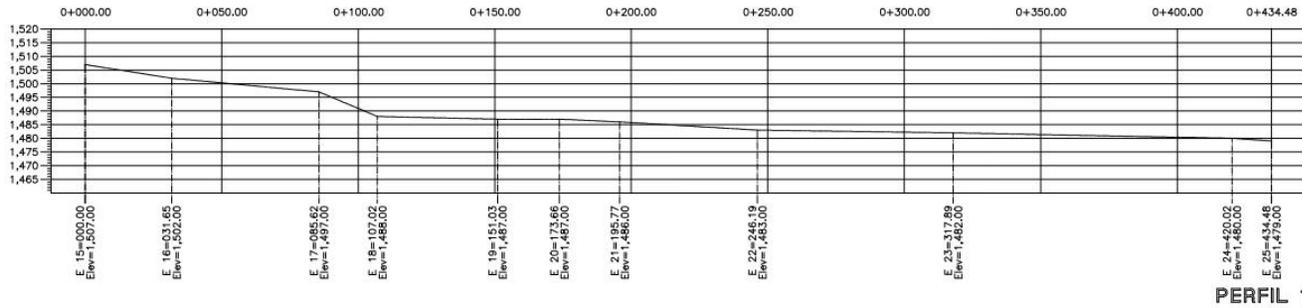
ESCALA HORIZONTAL: 1:1500  
ESCALA VERTICAL: 1:1500

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION DE 1+189.78 A 1+481.42	
ESCALA: HOJADA DISEÑO: EDWIN RIGOBERTO AC CU	FECHA: AGOSTO 2011 HOJA: 1 DE: 8



**PLANTA DE LINEA DE ADUCCION Y DISTRIBUCION DE 0+000.00 A 0+434.48**

ESCALA HORIZONTAL: 1:2000  
ESCALA VERTICAL: 1:2000

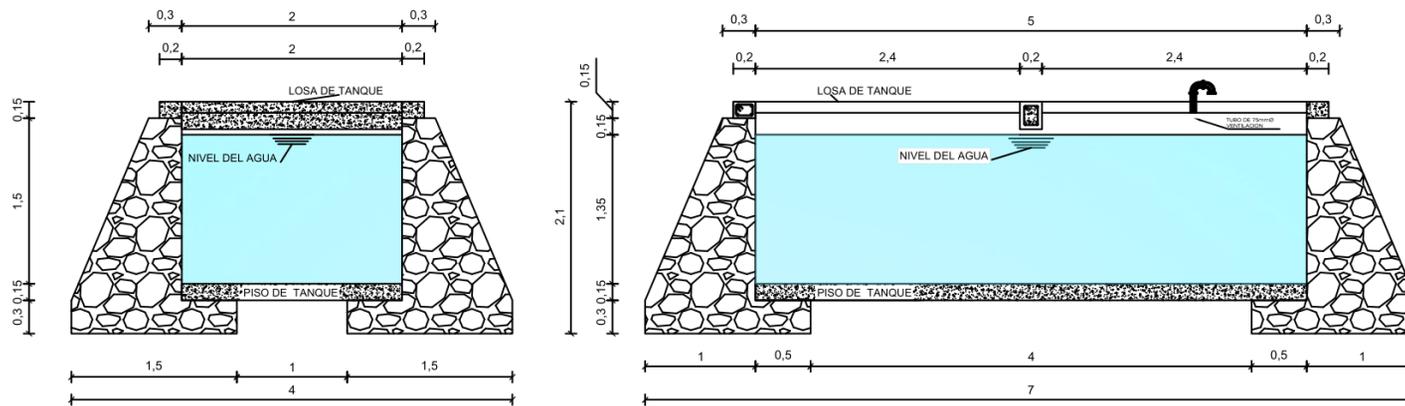


**PERFIL 1**

**PERFIL DE LINEA DE ADUCCION Y DISTRIBUCION DE 0+000.00 A 0+434.48**

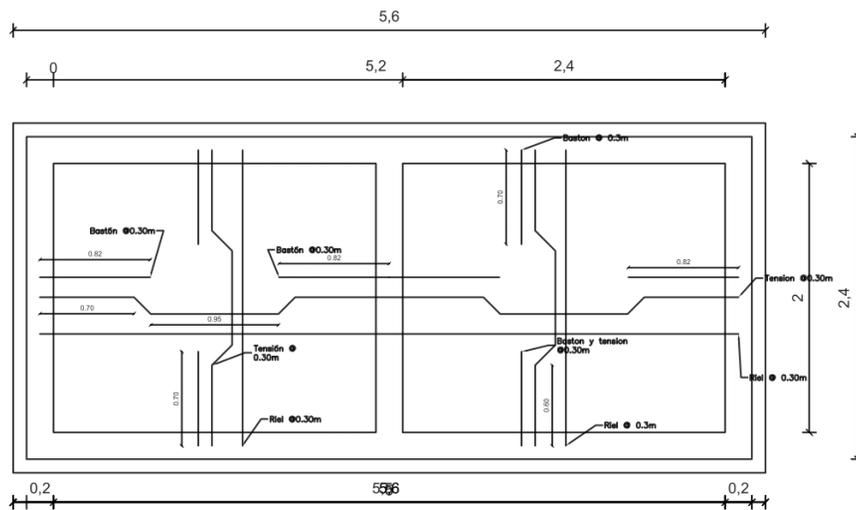
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:1000

<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE ADUCCION Y DISTRIBUCION 0+000 - 434.48	
NIVEL: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2011
COLABORADOR: EDWIN ROBERTO O. AC. O.	PAGINA: 1
INGENIERO: EDWIN ROBERTO O. AC. O.	1



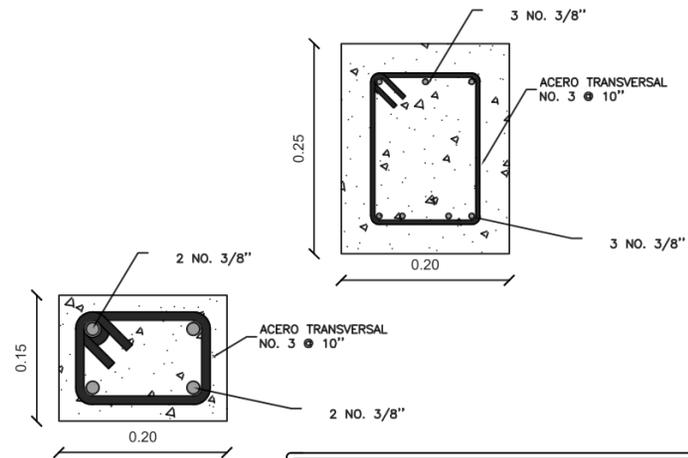
**TANQUE DE CAPTACIÓN CORTE A-A' Y CORTE B-B'**

ESCALA: 1:2000



**PLANTA ESTRUCTURAL LOSA TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

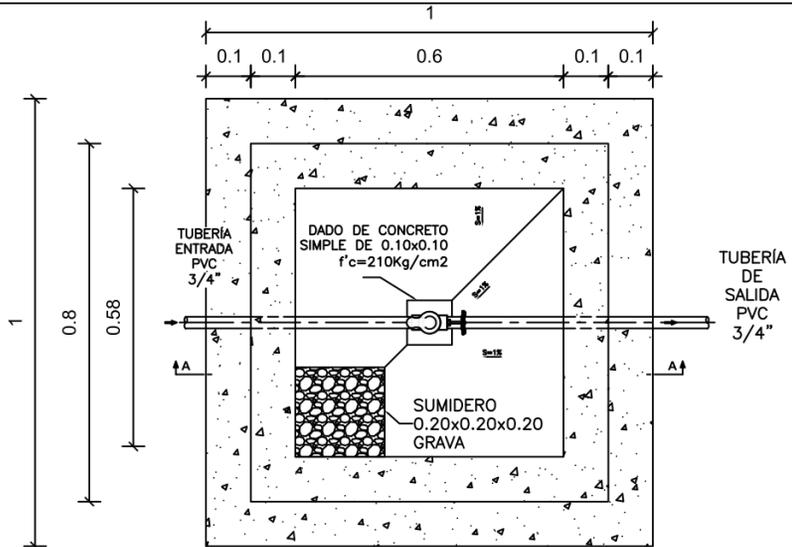
ESCALA: 1:50



**ARMADO ESTRUCTURAL VIGA INTERMEDIA Y VIGA DE CORONA**

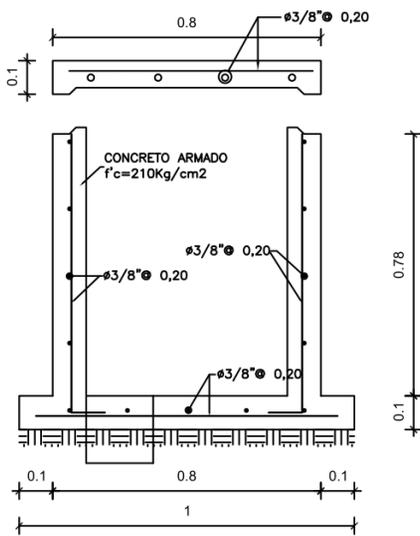
ESCALA: 1:8

<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.	
CONTENIDO: PLANTA, PERFIL DE TANQUE DE CAPTACION Y ARMADO DE ESTRUCTURAL VIGA DE INTERMEDIA.	
ESCALA INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
DISEÑO: EDWIN ROBERTO AC CUB	HOJA: 1
DIBUJO: EDWIN ROBERTO AC CUB	8



**PLANTA CAJA DE VÁLVULA DE AIRE**

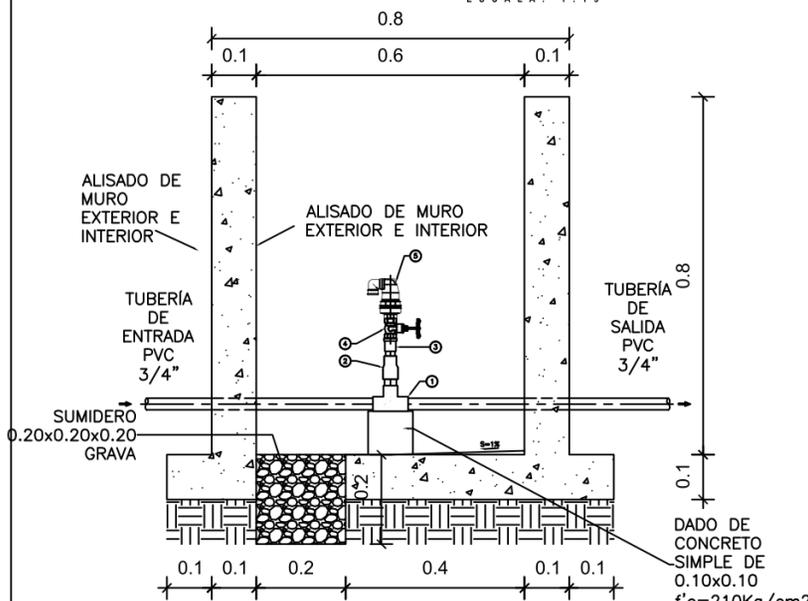
ESCALA: 1:15



**ARMADO CAJA DE VÁLVULA DE AIRE**

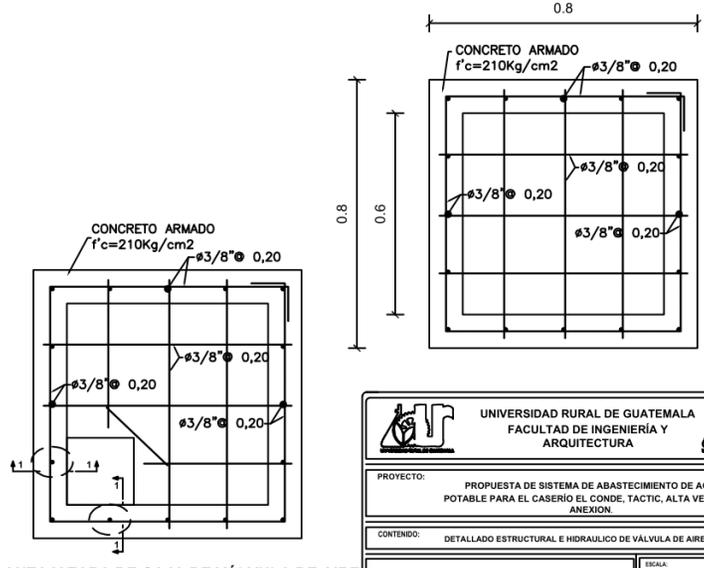
ESCALA: 1:20

ESPECIFICACIONES TECNICAS		
1	CONCRETO SIMPLE	
	CONCRETO 230 kg/cm <sup>2</sup>	
3	CEMENTO	
	CEMENTO PORLAND TIPO 1	
GENERAL		
ACERO DE REFUERZO		
EN GENERAL	FY = 2810 kg/cm <sup>2</sup>	
7 RECUBRIMIENTO		
CIMENTACION	5 cm	
MUROS	3 cm	
LOSA	3 cm	
11 REVESTIMIENTO		
ALISADO	3 cm	
LISTADO DE ACCESORIOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TEE PVC 3/4"	1 UNID.
2	REDUCCION PVC 3/4" x 1/2"	2 UNID.
3	ADAPTADOR PVC 3/2"	2 UNID.
4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE 1/2"	2 UNID.
5	VÁLVULA DE AIRE DE TRIPLE EFECTO DE 1/2"	3 UNID.



**SECCIÓN A-A' CAJA VÁLVULA DE AIRE**

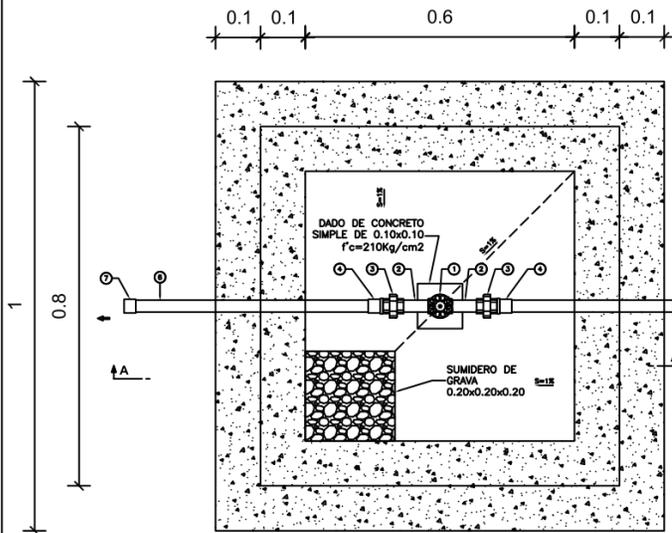
ESCALA: 1:15



**LOSA PLANTA Y TAPA DE CAJA DE VÁLVULA DE AIRE**

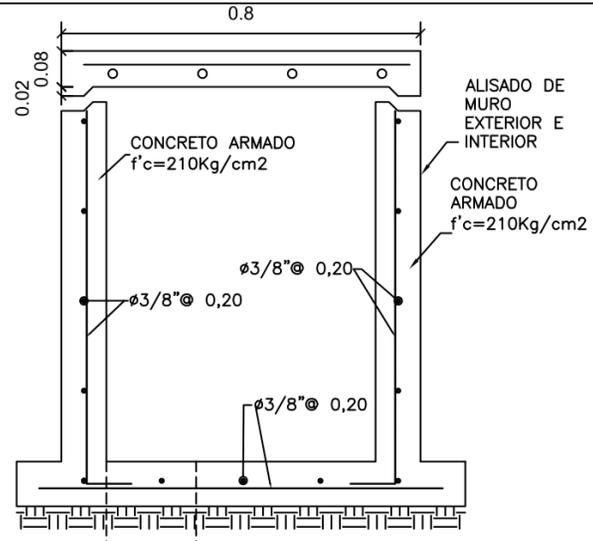
ESCALA: 1:20

<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.	
CONTENIDO: DETALLADO ESTRUCTURAL E HIDRAULICO DE VÁLVULA DE AIRE	
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
DISEÑADO: EDWIN RIGOBERTO AC C.U.	HOJA: 1
DIBUJADO: EDWIN RIGOBERTO AC C.U.	TOTAL: 8



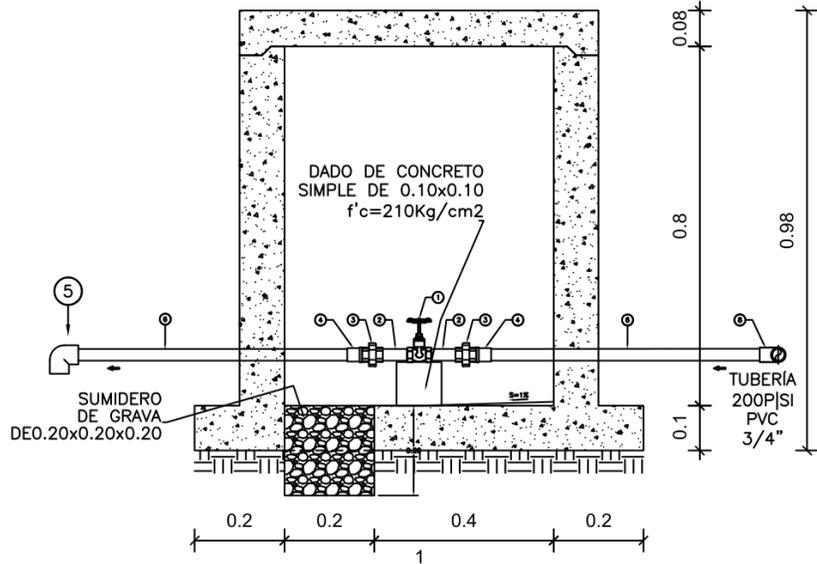
**PLANTA DE CAJA Y VALVULA DE LIMPIEZA**

ESCALA: 1:15



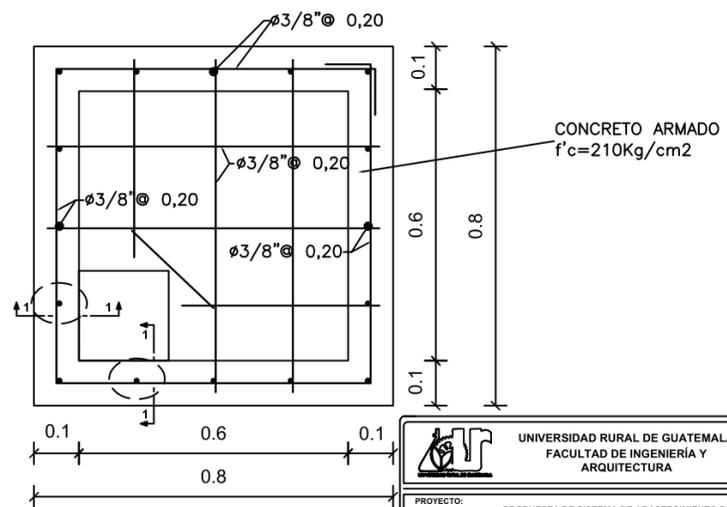
**ARMADO CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA**

ESCALA: 1:15



**SECCIÓN A-A CAJA Y VALVULA DE LIMPIEZA**

ESCALA: 1:15

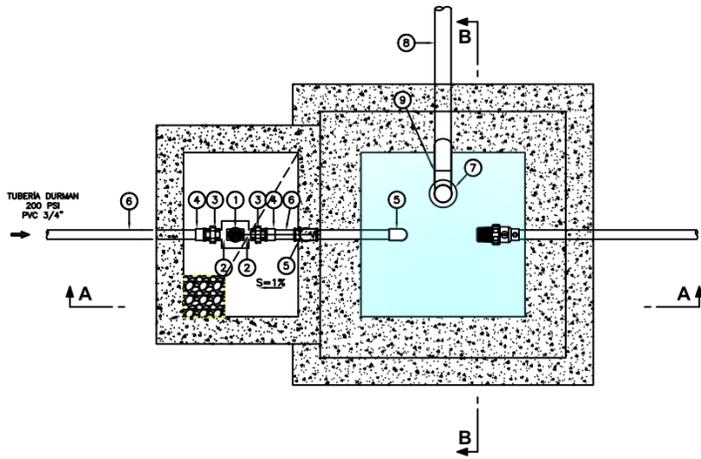


**LOSA PLANTA CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA**

ESCALA: 1:15

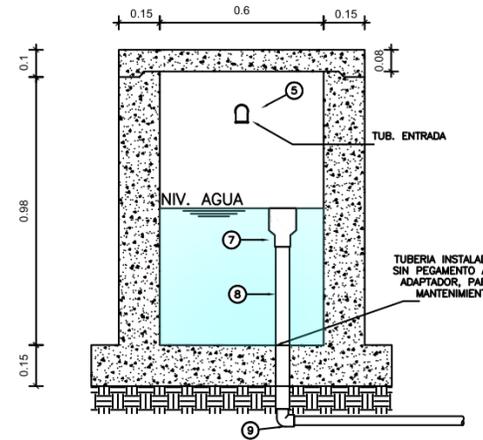
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
1	CONCRETO SIMPLE	
2	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup>	
3	CEMENTO	
GENERAL	CEMENTO PORTLAND TIPO I	
5	ACERO DE REFUERZO	
EN GENERAL	F'Y = 2810 kg/cm <sup>2</sup>	
7	RECUBRIMIENTO	
CIMENTACION	5 cm	
MUROS	3 cm	
LOSA	3 cm	
11	REVESTIMIENTO	
ALISADO	1 cm	
LISTADO DE ACCESORIOS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	VALVULA DE VENTILACION DE BRONCE DE 3/4"	1 UNID
2	NIPLE CON ROSCA PVC 3/4" * 2"	2 UNID
3	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 3/4"	2 UNID
4	ADAPTADOR PVC 3/4"	2 UNID
5	CODO PVC 3/4" * 90°	2 UNID
6	TUBERIA PVC 3/4"	ML
7	TAPON PVC 3/4"	1 UNID
8	TEE PVC 3/4"	1 UNID

<b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO:	PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.
CONTENIDO:	DETALLADO ESTRUCTURAL E HIDRAULICO DE CAJA Y VALVULA DE LIMPIEZA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	AGOSTO 2021
ELABORADO:	EDWIN RICOBERTO AC CU
REVISADO:	EDWIN RICOBERTO AC CU
NO. VECTORES	1
HOJA:	8



**PLANTA CAJA ROMPEPRESION**

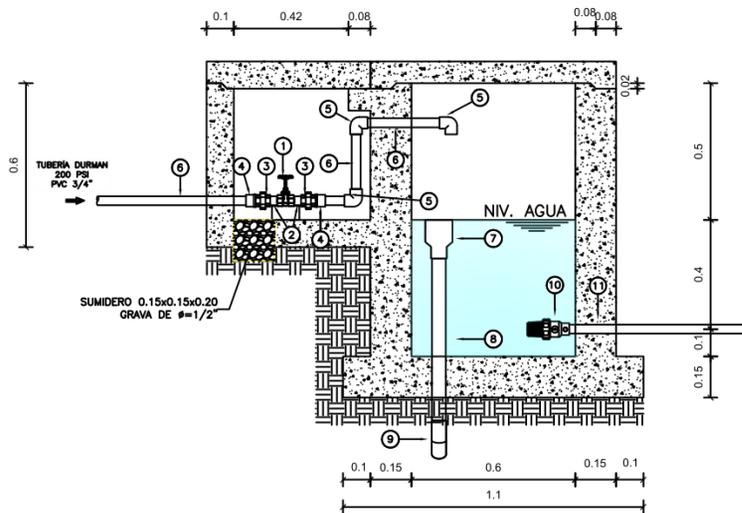
ESCALA: 1:25



**SECCIÓN B-B' CAJA ROMPEPRESION**

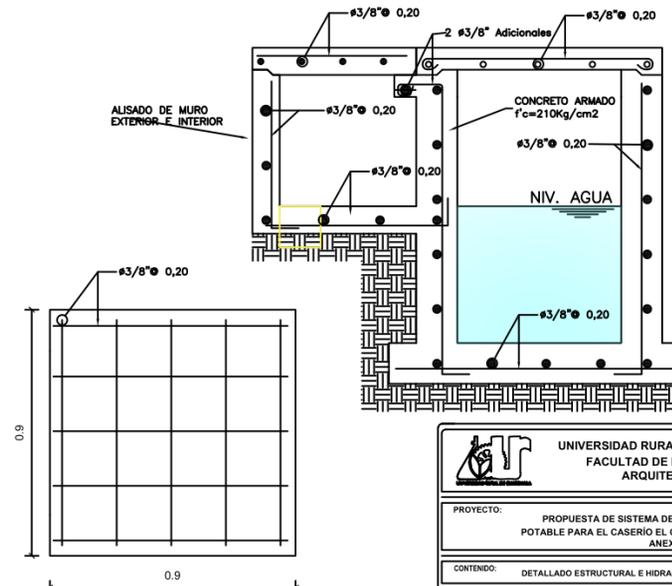
ESCALA: 1:25

NO.	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
1	CONCRETO SIMPLE	
	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup>	
3	CEMENTO	
	CEMENTO PORTLAND TIPO I	
	GENERAL	
5	ACERO DE REFUERZO	
	EN GENERAL	
	FY = 2810 kg/cm <sup>2</sup>	
7	RECUBRIMIENTO	
	CIMENTACION	
	5 cm	
	MUROS	
	3 cm	
	LOGA	
	3 cm	
11	REVESTIMIENTO	
	ALISADO	
	1 cm	
LISTADO DE ACCESORIOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE DE 3/4"	1 UNID.
2	NIPLE CON ROSCA PVC 3/4" * 2"	2 UNID.
3	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 3/4"	2 UNID.
4	ADAPTADOR PVC 3/4"	2 UNID.
5	CODO PVC 3/4" * 90°	3 UNID.
6	TUBERIA PVC 3/4"	ML.
7	REDUCCION DE 3" * 2"	1 UNID.
8	TUBERIA PVC 2"	ML.
9	CODO DE 2" 90°	1 UNID.
10	CANASTILLA PVC 1"	1 UNID.
11	TUBERIA DE 3/4"	ML.



**SECCIÓN A-A' CAJA ROMPEPRESION**

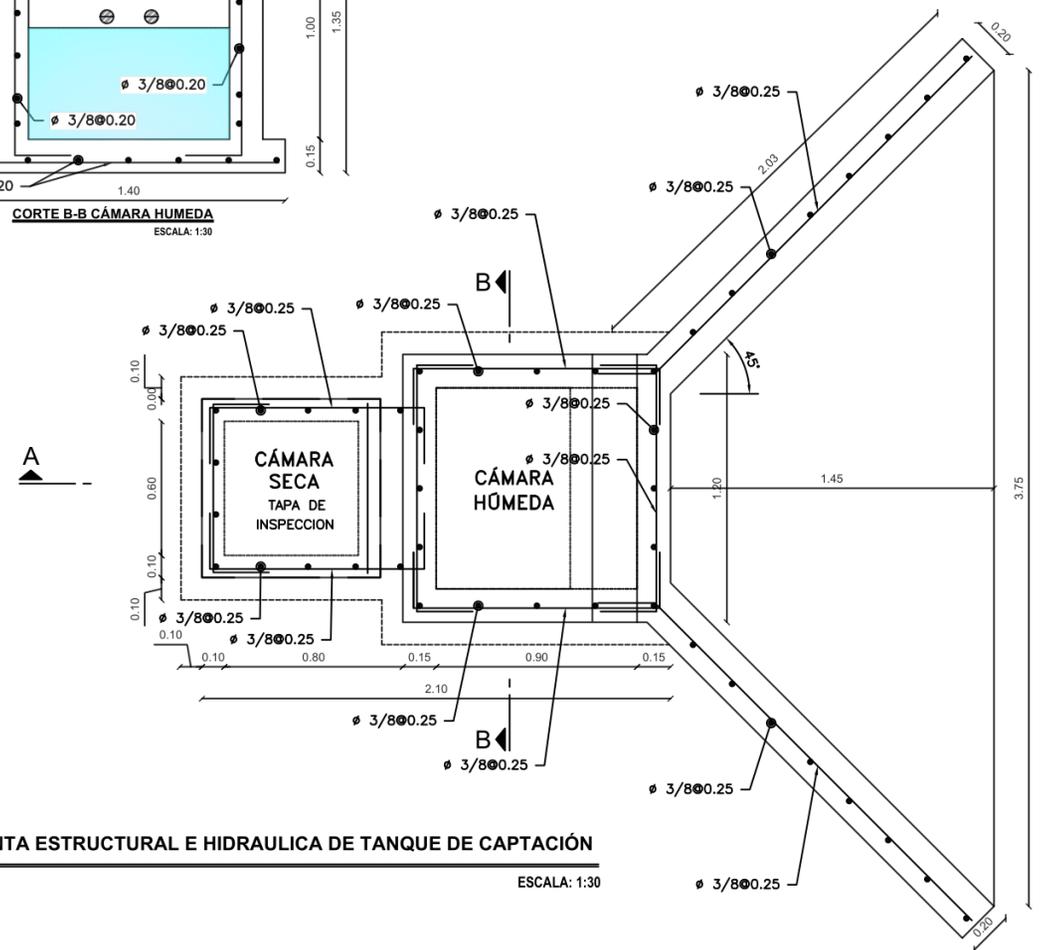
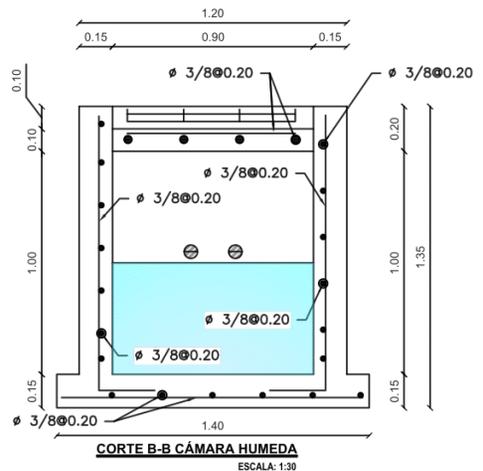
ESCALA: 1:25



**DETALLADO ESTRUCTURAL CAJA ROMPEPRESION**

ESCALA: 1:25

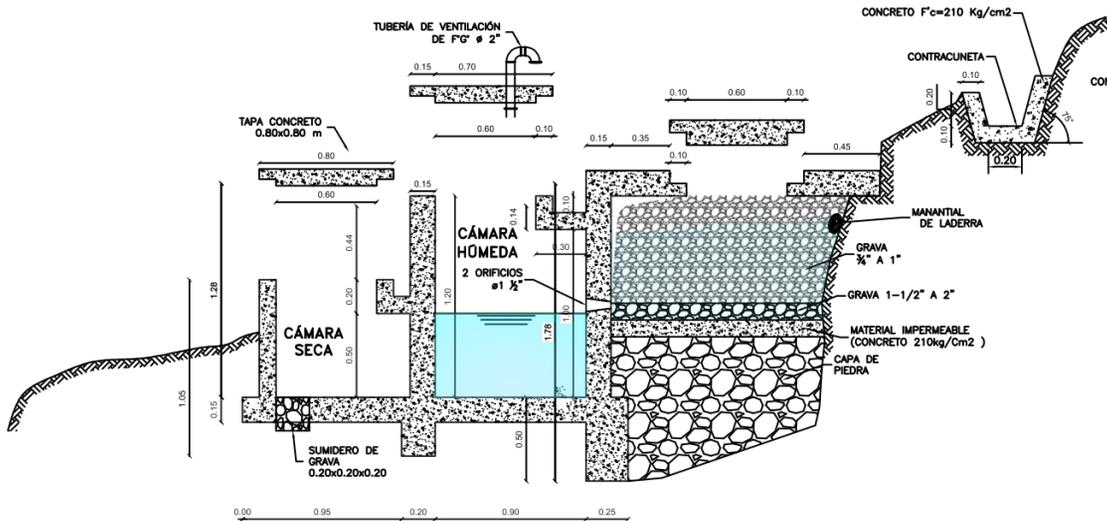
 <b>UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION	
CONTENIDO: DETALLADO ESTRUCTURAL E HIDRAULICO DE CAJA ROMPEPRESION	
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
DISEÑADO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	APROBADO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ
DISEÑADO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	APROBADO: EDWIN RIGOBERTO AC CÚ
1 / 8	



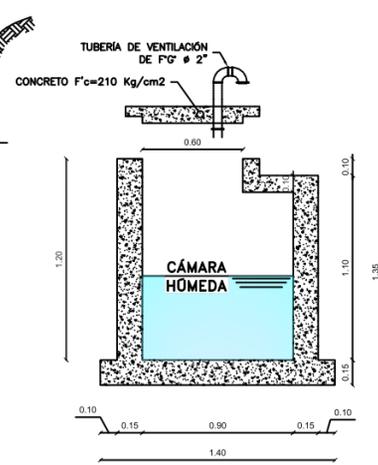
ACCESORIOS DE TUBERÍA DE CONDUCCIÓN		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1.	CANASTILLA DE BRONCE DE 2"	1
2.	UNION ROSCADA DE 1"	2
3.	TUBERIA DE 1"	1.4m
4.	BRIDA ROMPE AGUA 1"	2
5.	UNION UNIVERSAL 1"	2
6.	VALVULA DE COMPUERTA DE CIERRE ESFERICO C/ MANIJA 1"	1
7.	ADAPTADOR MACHO 1"	1
8.	TUBERIA DE 3/8"	M.L.

ACCESORIOS DE TUBERÍA DE LIMPIEZA Y REBOSE		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
9	CONO DE REBOSE PVC 2"	1
10	UNION 1"- 1/2"	2
11	CODO DE 90° 1"-1/2"	1
12	TUBERIA 1"-1/2"	2.2m
13	REDUCTOR DE 1" * 3/4"	1

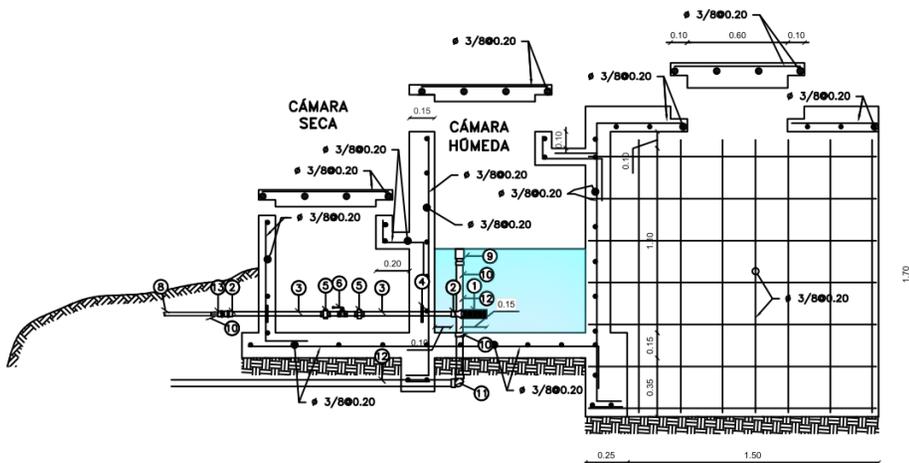
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION	
CONTENIDO: PLANTA ESTRUCTURAL E HIDRAULICO DE TANQUE DE CAPTACIÓN	
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
CALIFICADO: EDWIN RIGOBERTO AC CU	HOJA: 1
DISEÑO: EDWIN RIGOBERTO AC CU	8



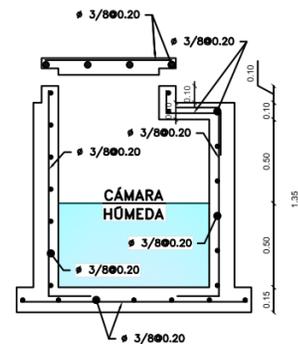
**CORTE A-A CAPTACION DE LADERA**  
ESCALA: 1:40



**CORTE A-A CÁMARA HÚMEDA**  
ESCALA: 1:40



**CAPTACIÓN LADERA DETALLADO ESTRUCTURAL**  
ESCALA: 1:40



**ARMADO ESTRUCTURAL CAMARA HÚMEDA**  
ESCALA: 1:40

 UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
PROYECTO: PROPUESTA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO EL CONDE, TACTIC, ALTA VERAPAZ, ANEXION.		
CONTENIDO: PERFIL ESTRUCTURAL E HIDRAULICO DE TANQUE DE CAPTACION		
ESCALA:	INDICADA	FECHA: AGOSTO 2021
ELABORADO POR:	EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	HOJA: 1
REVISADO POR:	EDWIN RIGOBERTO AC CÚ	8

## Anexo 5. Presupuesto

El presupuesto se detalla de la siguiente, se detalla por renglones, el renglón de materiales y accesorios y el renglón de mano de obra; cada renglón contiene desde el tanque de captación hasta la red de distribución la línea de conducción.

### Anexo 3.1. Presupuesto de mano de obra

MANO DE OBRA DE LINEA DE CONDUCCIÓN					
RENGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
<b>1</b>	<b>Linea de conduccion</b>				
1.1	Excavación de zanja para tubería de 2" * 6 de 200 PSI	ML	1481	Q 18.75	Q 27,768.75
1.2	suministro de tubería y Relleno de zanja para tubería de 3/4" * 6m 200 psi	ML	1481	Q 118.75	Q 175,868.75
1.6	excavacion de zanja para caja rompepresión	U	2	Q 400.00	Q 800.00
1.7	Excavación de zanja para válvula de purga	U	1	Q 400.00	Q 400.00
1.8	Excavacion de zanja para válvula de aire	U	1	Q 400.00	Q 400.00
1.9	Armado estructural y de la cimbra para caja rompepresión	U	2	Q 800.00	Q 1,600.00
1.10	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de purga	U	1	Q 800.00	Q 800.00
1.11	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de aire	U	1	Q 800.00	Q 800.00
1.12	Fundición y decimbrado de caja rompepresion	U	2	Q 800.00	Q 1,600.00
1.13	Fundición y decimbrado de caja de válvula de purga	U	1	Q 800.00	Q 800.00
1.14	Fundición y decimbrado de caja de válvula de aire	U	1	Q 800.00	Q 800.00
1.15	Instalación de accesorios de válvula de aire	U	1	Q 300.00	Q 300.00
1.16	Instalación de accesorios de caja rompepresión	U	2	Q 500.00	Q 1,000.00
1.17	Instalación de accesorios de válvula de purga	U	1	Q 300.00	Q 300.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 213,237.50</b>
MANO DE OBRA DE RED DE DISTRIBUCIÓN					
RENGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
<b>2</b>	<b>Red de distrubución</b>				
2.1	Excavacion de zanja para tubería de 2" * 6 de 200 psi	ML	453	Q 12.50	Q 5,662.50
2.2	Suministro de tubería y Relleno de zanja para tubería de 3/4" * 6m 200 psi	ML	453	Q 10.00	Q 4,530.00
2.3	Excavación de zanja para válvula de control	U	2	Q 300.00	Q 600.00
2.4	Excavacion de zanja para válvula de purga	U	1	Q 300.00	Q 300.00
2.5	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de control	U	2	Q 800.00	Q 1,600.00
2.6	Armado estructural y de la cimbra para caja de válvula de purga	U	1	Q 800.00	Q 800.00
2.7	Fundición y decimbrado de caja de válvula de control	U	2	Q 800.00	Q 1,600.00
2.8	Fundición y decimbrado de caja de válvula de purga	U	1	Q 800.00	Q 800.00
2.9	Instalacion de accesorios de válvula de control	U	2	Q 300.00	Q 600.00
2.10	Instalacion de accesorios de válvula de purga	U	1	Q 300.00	Q 300.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 16,792.50</b>

MANO DE OBRA DE TANQUE DE CAPTACIÓN					
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
<b>3</b>	<b>Tanque de captación</b>				
3.1	Excavacion para tanque de captacion	U	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
3.2	Armado estructural y cimbra de tanque de captación	U	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
3.3	Fundición y decimbrado de tanque rompedresión	U	1	Q 5,000.00	Q 5,000.00
3.4	Excavacion de zanja para válvula de purga	U	1	Q 300.00	Q 300.00
3.5	Instalacion de accesorios de tanque de captacion	U	2	Q 3,000.00	Q 6,000.00
3.6	Excavacion de contracuneta de tanque de captacion	U	1	Q 300.00	Q 300.00
3.7	Fundición y cimbrado de contracuneta de tanque de captacion	U	1	Q 800.00	Q 800.00
3.8	Desarmado de cimbra de tanque de captacion y contracuneta	U	1	Q 1,200.00	Q 1,200.00
3.9	Trabajos de limpieza final	U	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 20,600.00</b>
MANO DE OBRA DE TANQUE DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
<b>4</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>				
4.1	Excavacion para tanque de almacenamiento	U	1	Q 3,500.00	Q 3,500.00
4.2	Construcción de mamposteria	ML	22	Q 300.00	Q 6,600.00
4.3	Armado de vigas	U	5	Q 150.00	Q 750.00
4.4	Fundición de vigas	U	5	Q 200.00	Q 1,000.00
4.5	Armado de losa de cimentación	U	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
4.6	Fundición de losa de cimentacion	U	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00
4.7	Armado de losa de techo de tanque de almacenamiento	U	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
4.8	Fundición de losa de techo de tanque de almacenamiento	U	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
4.9	Instalacion de accesorios y escalera	U	1	Q 5,000.00	Q 5,000.00
4.10	Alisado y acabados finales	U	1	Q 5,000.00	Q 5,000.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 30,850.00</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 281,480.00</b>

### Anexo 3.2. Presupuesto materiales y accesorios

MATERIALES Y ACCESORIOS					
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>				
1.1	Replanteo topografico	KM	1,915	Q 5,000.00	Q 9,575.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 9,575.00</b>
<b>2</b>	<b>Línea de conduccion</b>				
2.1	Tuberia de 3/4" * 6m	U	262	Q 48.50	Q 12,707.00
2.2	kit de accesorios de valvula de aire	U	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
2.3	Kit de accesorios de caja rompedresión	U	2	Q 2,000.00	Q 4,000.00
2.4	kit de accesorios de valvula de purga	U	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
2.5	Tabla para cajas rompedresión, purga y aire de 1" * 8ft	DOCENA	5	Q 400.00	Q 2,000.00
2.6	Agregado grueso (pedrin) para caja rompedresion, aire, purga.	M3	8	Q 150.00	Q 1,200.00
2.7	Agregado fino (arena) para caja rompedresion, aire, purga.	M3	8	Q 150.00	Q 1,200.00
2.8	Cemento portland tipo II bolsa de 50 kg	U	25	Q 90.00	Q 2,250.00
2.9	Hierro de 3/8" grado 40	QUINTAL	6	Q 400.00	Q 2,400.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 28,757.00</b>

<b>3</b>	<b>Red de distribución</b>				
3.1	Tubería de 3/4" * 6m	U	75	Q 48.50	Q 3,637.50
3.2	Kit de accesorios de válvula de control	U	2	Q 1,000.00	Q 2,000.00
3.3	Kit de accesorios de válvula de purga	U	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
3.4	Tabla para cajas de válvula de control y purga de 1" * 8ft	DOCENA	2	Q 400.00	Q 800.00
3.5	Agregado grueso (pedrin) para caja de válvula de aire y purga	M3	3	Q 150.00	Q 450.00
3.6	Agregado fino (arena) para para caja de válvula de aire y purga	M3	3	Q 50.00	Q 150.00
3.7	Hierro 3/8" grado 60	QUINTAL	3	Q 400.00	Q 1,200.00
3.8	Cemento Portland tipo II bolsa de 50kg	U	10	Q 90.00	Q 900.00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 10,137.50</b>
<b>4</b>	<b>Tanque de captación</b>				
4.1	Lamina comercial 8ft	U	18	Q 90.00	Q 1,620.00
4.2	Tabla para bodega de 1" * 8ft	DOCENA	18	Q 400.00	Q 7,200.00
4.3	Regla de 8ft	DOCENA	5	Q 400.00	Q 2,000.00
4.4	Tabla para cimbra de tanque	DOCENA	18	Q 400.00	Q 7,200.00
4.5	Agregado grueso (Grueso)	M3	8	Q 150.00	Q 1,200.00
4.6	Agregado fino (arena)	M3	8	Q 150.00	Q 1,200.00
4.7	Piedra	M3	5	Q 175.00	Q 875.00
4.8	Cemento portland tipo II bolsa de 50KG	U	25	Q 90.00	Q 2,250.00
4.9	Hierro 3/8 " grado 40	QUINTAL	12	Q 350.00	Q 4,200.00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 27,745.00</b>
<b>4.10</b>	<b>Accesorios de tubería de conducción de tanque de captación</b>				
4.10.1	Canastilla de bronce de 2"	U	1	Q 125.00	Q 125.00
4.10.2	unión de roscada de 1"	U	2	Q 15.00	Q 30.00
4.10.3	tubería de 1"	U	1	Q 48.50	Q 48.50
4.10.4	Brida rompe Agua 1"	U	2	Q 30.00	Q 60.00
4.10.5	Unión universal 1"	U	2	Q 15.00	Q 30.00
4.10.6	Válvula de compuerta de Cierre esférico con manija 1"	U	1	Q 90.00	Q 90.00
4.10.7	Adaptador macho 1"	U	1	Q 15.00	Q 15.00
4.10.8	tubería de 3/8"	U	1	Q 48.50	Q 48.50
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 447.00</b>
<b>4.11</b>	<b>Accesorios de tubería de limpieza y rebose de tanque de captación</b>				
4.11.1	Cono de rebose de PVC 3"	U	1	Q 70.00	Q 70.00
4.11.2	Unión 1 1/2"	U	1	Q 15.00	Q 15.00
4.11.3	Codo de 90° 1 1/2"	U	1	Q 15.00	Q 15.00
4.11.4	Tubería 1 1/2"	U	1	Q 50.00	Q 50.00
4.11.5	Reductor 1" * 3/4"	U	1	Q 15.00	Q 15.00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 165.00</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>Q 28,357.00</b>
<b>5</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>				
5.1	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
5.2	Piedra	M3	Q 70.00	Q 150.00	Q 10,500.00
5.3	Cemento portland II bolsa de 50kg	U	Q 100.00	Q 90.00	Q 9,000.00
5.4	Hierro 3/8" grado 40	Quintal	Q 10.00	Q 350.00	Q 3,500.00
5.5	Agregado grueso ( pedrin)	M3	Q 45.00	Q 125.00	Q 5,625.00
5.6	Agregado fino ( arena)	M3	Q 45.00	Q 125.00	Q 5,625.00
5.7	Tabla para bodega 1* 8ft	DOCENA	Q 18.00	Q 400.00	Q 7,200.00
5.8	Lamina de 8ft	U	Q 18.00	Q 90.00	Q 1,620.00
5.9	Regla de 8ft	DOCENA	Q 5.00	Q 400.00	Q 2,000.00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 45,070.00</b>

### Anexo 3.3. Resumen de presupuesto

<b>RESUMEN DE PRESUPUESTO</b>	<b>COSTO</b>
REPLANTEO TOPOGRAFICO	Q 9,575.00
MATERIALES Y ACCESORIOS DE LINEA DE CONDUCCIÓN	Q 28,757.00
MATERIALES Y ACCESORIOS DE LINEA DE DISTRIBUCION	Q 10,137.50
MATERIALES Y ACCESORIOS DE TANQUE DE CAPTACIÓN	Q 28,357.00
MATERIALES Y ACCESORIOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Q 45,070.00
MANO DE OBRA DE LINEA DE CONDUCCIÓN	Q 213,237.50
MANO DE OBRA DE LINEA DE DISTRIBUCIÓN	Q 16,792.50
MANO DE OBRA DE TANQUE DE CAPTACIÓN	Q 20,600.00
MANO DE OBRA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Q 30,850.00
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>Q 403,376.50</b>
IMPREVISTOS 15%	Q 60,506.48
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Q 463,882.98</b>