

Marco Antonio López Paredes  
Edwin Eduardo Díaz Toledo

PLAN PARA INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE, EN ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.



Asesor General: Ing. Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala diciembre 2020

Informe final de graduación

PLAN PARA INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE, EN ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ.



Presentado al honorable Tribunal examinador por:

Marco Antonio López Paredes

Edwin Eduardo Díaz Toledo

En investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala diciembre 2020

Informe final de graduación

PLAN PARA INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE, EN ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPÈQUEZ.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalàn Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Luis Martinez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala diciembre 2020

Este documento fue presentado por los autores.

Previo a obtener el título universitario de Ingeniero  
Civil con énfasis en construcciones rurales en el grado  
académico de Licenciados.

## **PRÓLOGO**

La mala calidad de agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, ha provocado el Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años, durante los últimos 5 años.

Por tal razón la investigación; Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, surge para la solución del problema.

La razón académica de la investigación es un requisito previo para obtener el título universitario de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciado, de acuerdo con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

## **PRESENTACIÓN**

Este estudio contiene la siguiente propuesta “Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez”. Es producto de la investigación por estudiantes, en los meses de julio, a noviembre del año dos mil diecinueve como requisito para optar al título universitario de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciatura, conforme a los estudios de la Universidad Rural de Guatemala y la Facultad de Ingeniería Civil.

Se determinó la inexistencia de plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, lo que provocó el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea durante los últimos 5 años.

Como medio de solución de la problemática se realizó la propuesta de un “Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez”.

No.	Índice General Pagina	No.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....		<b>1</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema</b> .....		<b>1</b>
<b>1.2 Hipótesis</b> .....		<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....		<b>2</b>
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....		<b>2</b>
<b>1.3.2 Objetivo específico</b> .....		<b>2</b>
<b>1.4 Justificación</b> .....		<b>3</b>
<b>1.5 Metodología</b> .....		<b>3</b>
<b>1.5.2 Técnicas</b> .....		<b>5</b>
<b>II MARCO TEORICO</b> .....		
<b>III. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.</b> .....		<b>¡Error!</b>
Marcador no definido.		
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>65</b>
<b>IV.1 Conclusiones</b> .....		<b>67</b>
<b>IV.2 Recomendaciones</b> .....		<b>¡Error!</b>
Marcador no definido.		
<b>BILBIOGRAFIA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se desarrolló como requisito establecido por la Universidad Rural de Guatemala y la Facultad de Ingeniería Civil, previo a obtener el título de Ingeniero Civil.

Dicho documento podrá ser utilizado por estudiantes, como profesionales con el fin de la materia de estudio requerido, las cuales se dan a entender la práctica y conocimientos adquiridos durante la trayectoria de estudio en la universidad.

La aldea Mano de León del municipio de Jocotenango está ubicada en el departamento de Sacatepéquez a una distancia aproximada de 12 kilómetros del parque central de Jocotenango y del edificio municipal de la cabecera municipal; su clima es templado la mayor parte del año. La población de la aldea Mano de León es aproximadamente 180 habitantes y la actividad económica principal es la Agricultura.

### **1.1 Planteamiento del problema**

El plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, se deriva al aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea durante los últimos 5 años.

La mala calidad de agua para consumo humano en aldea, es debido a la inexistencia de un plan para introducción de agua potable; existen dos nacimientos de agua los cuales cuentan con la aceptación según las pruebas bacteriológicas realizadas que se anexan en el capítulo dos. Debido a que la aldea esta ubicada dentro del perímetro de una finca, la cual si posee agua potable la cual es ajena a la Aldea.

Por lo anterior descrito a la problemática, resulta indispensable la creación de un Plan para introducción de agua potable en aldea, ya que carece de un sistema de distribución y captación de agua el cual beneficiaría en gran parte a los habitantes de la aldea, el cual con lleva a la elaboración de un tanque de captación, distribución y una red de distribución de agua potable a las viviendas de los habitantes de la Aldea Mano de León, a falta de la inexistencia del mismo, por lo cual se propone el proyecto formal para la introducción de agua potable.

## **1.2 Hipótesis**

“El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano, se debe a la inexistencia de plan para introducción de agua potable.”

¿Será la inexistencia de un plan para introducción de agua potable, la causante del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Disminuir casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de Aldea Mano de León, Jocotenango.

### **1.3.2 Objetivo específico**

Mejorar la calidad del agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango.

#### **1.4 Justificación**

El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, y la mala calidad de agua potable para consumo humano.

Se considera fundamental la elaboración del Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, ya que no implementarlo se daría como consecuencia un total de 225 casos de enfermedades, contemplando el aumento en los próximos cinco años, y con el proyecto se reduciría el incremento de enfermedades gastrointestinales, dando como resultado 124 casos y así mejorar su calidad de vida de los habitantes.

#### **1.5 Metodología**

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

##### **1.5.1 Métodos**

Los métodos que se utilizaron cambiaron en relación en la formulación en la hipótesis y su comprobación.

Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el deductivo y fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, en el diagrama del árbol de problemas y objetivos que son parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis el método utilizado fue el inductivo, que contó con el soporte de los métodos; estadístico, analítico, y sintético.

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

#### **Método deductivo**

Para la información de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales de la población en la aldea, a través de distintas técnicas las cuales están descritas, posteriormente se procedió a la formulación de la hipótesis.

#### **Método del marco lógico**

Dicho método permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, definir el trabajo y tiempo en que se determinó para desarrollar la investigación, el diagrama de la hipótesis se encuentra en el anexo “1” o el árbol de problemas. Este método también permitió encontrar el objetivo general y específico de la investigación.

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

#### **Método inductivo**

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado fue el inductivo, con el cual se obtuvo resultados específicos de la problemática identificada, lo cual permitió diseñar conclusiones y premisas generales.

### **Método estadístico y análisis**

Después de recabar la información descrita en las boletas de investigación, se procedió a tabularlas para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el de análisis, consiste en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos obtenidos de la aplicación de las boletas de investigación para obtener como objetivo la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

### **Método de síntesis**

Se utilizó este método para obtener las conclusiones y recomendaciones de dicho trabajo de investigación además para hacer posible la totalidad de la investigación con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

## **1.5.2 Técnicas empeladas para la formulación de la hipótesis**

### **Técnica censal**

Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error. Para responder efecto se trabajó con 35 jefes de hogar para responder causa y diagnóstico de la problemática, se identificaron a 5 técnicos involucrados en el tema.

### **Técnica de muestreo**

Se direccionó a obtener información sobre el efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error.

## II. MARCO TEÒRICO

### **Enfermedades Gastrointestinales**

Las enfermedades transmitidas por agua y alimentos (ETA`s) representan un problema de salud pública en todo el mundo, su importancia radica en su magnitud, trascendencia y vulnerabilidad principalmente en grupos de edades menores de 5 años. Este grupo está constituido por los siguientes eventos: Enfermedad diarreica, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea, rotavirus e intoxicación por alimentos durante el año 2016, las ETA`s es importante observar que según su estacionalidad se incrementan en los meses de mayo y junio en el año 2016 el incremento de casos posicionados en la zona de alerta para este periodo estacional. (Aldana, 2017).

### **Enfermedades Gastrointestinales en niños menores de 5 años**

Por grupo de edad el comportamiento de la ETA`s afecta en su mayoría a los menores de 5 años, el mayor riesgo de enfermar se presenta en el grupo de edad de 1 a 4 años, el 42% seguido de los menores de 1 año, 20% prevalece en el sexo femenino un 53%. (Aldana, 2017)

### **Enfermedad diarreica**

Ocupa el 98% de todas las ETA`s, es causada por diversas etiologías entre los cuales se mencionan; virus, bacterias y/o parásitos intestinales. Las enfermedades diarreicas son la segunda causa de mortalidad en niños menores de 5 años, esta puede durar varios días que podría limitar al organismo del agua y las sales necesarias para la supervivencia. (Aldana, 2017).

### **Fiebre Tifoidea**

Ocupa el 0.02% de todas la ETA`s, es una infección aguda causada por la bacteria Salmonella se caracteriza por presentar fiebre, cefaleas, malestar general, anorexia e insomnio. En adultos y en jóvenes es más frecuente el estreñimiento que la diarrea, es necesario el tratamiento para evitar las complicaciones incluso la muerte, determinadas personas pueden convertirse en portadores de esta enfermedad. (Aldana, 2017).

### **Disentería**

Ocupa el 0.4% de todas la ETA`s, es una infección tipo aguda que afecta principalmente a la porción distal del intestino delgado, caracterizándose por la presencia de diarrea que contiene sangre y moco (disentería), fiebre, náuseas, cólicos. Es causada por diferentes microorganismos tales como; shigella E, entero hemorrágica y protozoos, por grupo de edad que se ve mayormente afectado por disentería son los menores de 5 años y el mayor riesgo de enfermar se presenta en el grupo de edad de 1 a 4 años un 44.8%, seguido de los menores de 1 año en un 13.6% prevalece en el sexo femenino un 56%. (Aldana, 2017).

### **Hepatitis A**

Ocupa el 0.8% de todas la ETA`s, es una enfermedad causad por el virus de la hepatitis A, se caracteriza por los siguientes síntomas; ictericia, fiebre, anorexia y dolor abdominal, la transmisión es fecal y oral principalmente por agua o alimentos contaminados por manipuladores infectados lo que da origen a brotes, esta enfermedad suele presentar marcados, incrementos de las épocas lluviosas el grupo más vulnerable a enfermar de hepatitis A son los niños de 1 a 9 años en un 73% respecto a los demás grupos de edad el 36% de 1 a 4 años y el 37% de 5 a 9 años. (Aldana, 2017).

### **Intoxicación alimentaria**

Ocupa el 0.38% de todas las ETA`s, esta enfermedad constituye un problema de impacto social debido a que en su mayoría la notificación es a través de brotes, puede ser causada por el consumo de agua o alimentos contaminados por diversos microorganismos entre ellos bacterianos, virales, parasitarios, metales pesados y hongos tóxicos. (Aldana, 2017).

Para esta patología existen varios grupos de edad afectados sin embargo existen dos grupos de edad que presentan mayor porcentaje, estos son de 1 a 4 años en un 13%, de 5 a 9 años en un 16% y de 25 a 39 años un 15% para un total del 45% respecto a los demás grupos de edad, así también el sexo más afectado de padecer intoxicaciones alimentarias es el sexo masculino en un 52%. (Aldana, 2017).

### **Rotavirus**

Ocupa el 0.1% de todas las ETA`s, el rotavirus afecta principalmente al sistema gastrointestinal, ocasiona diarrea aguda y/o vómitos que provoca deshidratación, se transmite por vía fecal, oral, superficies y agua contaminada. Se considera una enfermedad estacional en los lactantes y niños menores de 5 años el grupo más vulnerable a enfermar de rotavirus son los niños menores de 4 años en un 95% respecto a los demás grupos de edad el 46.5% de 1 a 4 años y un 48.6% menores de 1 año el sexo masculino en un 59%. (Aldana, 2017).

### **Mala Calidad de Agua para consumo humano**

Guatemala es un país bendecido por la naturaleza, pero la mala calidad de sus aguas está contaminada. Según datos del Instituto Geográfico Nacional, el país tiene 550 ríos y riachuelos, de los que 38 se consideran “grandes ríos”. No obstante, el 90% del agua dulce de Guatemala no es apta para el consumo humano, asegura Virginia

Mosquera, investigadora del Instituto de Agricultura, Ciencias Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, la principal fuente de contaminación son las heces fecales. (Global El Periodico, 2015).

La explosión demográfica explica este fenómeno, Guatemala paso de tener 7.5 millones de habitantes en 1976, a 15.8 millones en 2015, el caudal de aguas negras las que son vertidas sin ningún tratamiento a los ríos que rodean ciudades y poblaciones, se ha triplicado en ese tiempo. Unos tres millones de guatemaltecos mayoritariamente del área rural, no tienen acceso al agua potable, extremo que se paga incluso con la vida, de las 10 causas principales de enfermedades endémicas en el país, cinco tienen relación directa con el consumo de agua contaminada. (Global El Periodico, 2015).

Los niños son los más vulnerables, según la Secretaria General de Planificación Económica, en Guatemala mueren 42 menores de cinco años por cada 1000, la tasa más alta de Centroamérica, el 48.1% de esas muertes son atribuibles al consumo de agua no potable. (Global El Periodico, 2015).

El país no cuenta con una ley de aguas que regule su calidad, el intento por reglamentar las aguas residuales que obligaba a las municipalidades a tener una planta de tratamiento y debía entrar en vigor, en el fondo comenta la investigadora Mosquera hay falta de voluntad política. No se llega ni a considerar la construcción de plantas de tratamiento de las aguas residuales, porque no es algo que desde la perspectiva de los dirigentes políticos pueda generar un caudal de votos, un tratamiento de cloración reduciría drásticamente los casos de enfermedades gastrointestinales. (Global El Periodico, 2015).

## **Agua no Potable**

El 95% del agua se desperdicia en Guatemala debido a la contaminación ambiental, la mala calidad del agua impacta en la vida de miles de personas que dependen de lo que producen los ríos, los cuales son afectados por la acumulación de basura que hace que el vital líquido no sea apto ni para la recreación y mucho menos para el riego de cultivos o el consumo humano. (Prensa Libre de Guatemala, 2,017).

De acuerdo con expertos los efectos de la contaminación de los afluentes se reflejan en los altos índices de desnutrición y diarrea, principalmente en niños, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) registra que 143 niños murieron en el 2016 por este mal, el problema se intensifica en sectores donde no llueve mucho, por ejemplo, en municipios de los 11 departamentos que forman el corredor seco pues en esos lugares pese a que corren algunos ríos, los pobladores no pueden aprovechar el agua debido a la contaminación el cual empeora, así afectando la seguridad alimentaria de las familias. (Prensa Libre de Guatemala, 2,017).

En Guatemala se tiene un desbalance paradójico, porque de los 95 mil millones de metros cúbicos de aguas que cada año que dan los ríos, solo se aprovechan menos del 10%, unos 8 mil metros cúbicos que se utilizan para consumo humano y la agricultura. Magaly Arrecís encargada de la división socioambiental del Instituto de Problemas Nacionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, califico de grave la situación de las fuentes de agua del país por el alto grado de contaminación y porque a pesar de eso la población usa el agua, la calidad de los ríos es tan mala que ni siquiera para la recreación es adecuada. (Prensa Libre de Guatemala, 2,017).

Arrecís agrego que es urgente que se implemente proyectos de plantas de tratamiento y que desde el hogar se promueva reutilizar el agua, el problema de contaminación de los ríos es tan complejo que muchos productos de exportación como la lechuga son rechazados por no llenar los estándares de calidad que se exigen para los sistemas de

riego, debido al consumo de vegetales contaminados, los casos de diarrea en el país son altos, lo que impacta en la calidad de vida de la población principalmente de niños. (Prensa Libre de Guatemala, 2,017).

Esta política nacional debe entenderse como el marco de referencia que establecen las prioridades, estrategias y objetivos para lograr que toda la población guatemalteca cuente con acceso a servicios adecuados de agua y saneamiento, enfocando esfuerzos prioritariamente en aquellos sectores hasta ahora relegados y con problemas sociales como pobreza, analfabetismo, desnutrición infantil y por ende un bajo nivel de desarrollo humano. A la vez la política nacional es parte de la agenda guatemalteca del agua y por supuesto lo suficientemente flexible como para adaptarse a la ejecución de los programas sociales. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Las coberturas de agua para consumo humano y saneamiento a nivel nacional, según Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI) en el 2011 es de 75.3% a un 55.96% respectivamente, un hecho importante de resaltar es que según el ENCOVI en el 2006 la cobertura de agua para consumo humano era del 78.7% lo que refleja un retroceso del 3.4% al 2011, una de causas puede ser, los daños ocasionados por eventos extraordinarios ocurridos en el país en los últimos años y adicionalmente ellos quizás pueden explicarse, el porqué del crecimiento en el acceso a los servicios han disminuido en relación con el crecimiento de la población. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Así mismo la cobertura, calidad, continuidad, accesibilidad y precio de los servicios difieren entre los centros urbanos y rurales por diversas causas, se estima que en el país existen aproximadamente 3 millones de personas sin acceso a sistemas adecuados de agua y 6 millones no cuentan con servicios adecuados de saneamiento. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Si bien durante los últimos años se han logrado avances significativos en la institucionalidad del sector de agua potable y saneamiento, en la actualidad aún se

presentan importantes retos a enfrentar para que los servicios públicos de agua potable y saneamiento son de importancia estratégica para el país ya que constituyen las medidas más cortas y efectivas para reducir la pobreza, la desnutrición crónica, los índices de morbilidad, mortalidad materno infantil y la deserción escolar. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El acceso al agua potable y saneamiento es un derecho humano social esencial para el disfrute pleno de la vida, por lo anterior la política nacional establece las acciones y estrategias que permitan contribuir al cumplimiento de este derecho en el país. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

La vigencia de la política se plantea por una temporalidad de 12 años el objetivo general de la política nacional se oriente a contribuir al mejoramiento de la calidad de vida, bienestar individual y social de los habitantes de la República de Guatemala, mediante el mejoramiento de la gestión pública sostenible de los servicios de agua potable, saneamiento y de las buenas prácticas de higiene y de manejo del agua para el consumo humano, el cual está en correspondencia con tres retos importantes. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

- a) Contribuir al mejoramiento de las condiciones de salud y calidad de vida, bienestar individual y social de los habitantes a través del mejoramiento de las coberturas y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento. Para ello se pretende asegurar que la dotación de agua cumpla con las especificaciones en cantidad, continuidad, calidad sanitaria, accesibilidad y costos, así como la provisión de servicios de saneamiento adecuados a los sectores técnicos, socioeconómicos, culturales, género, origen étnico, territorialidad urbana, rural y legales. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

- b) Lograr la institucionalidad del sector de agua potable y saneamiento, principalmente a través del fortalecimiento de las funciones de rectoría, regulación y ejecución en las instituciones correspondientes a nivel nacional y local. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).
- c) Promover el uso adecuado y racional del recurso hídrico para consumo humano, la conservación del mismo dentro de su entorno natural, así como la prevención de la contaminación con pertinencia cultural. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

La política nacional ha sido elaborada en base a los preceptos legales contenidos en la Constitución Política de la República de Guatemala, código municipal, código de salud, ley general de descentralización, ley de los consejos de desarrollo urbano y rural y en aquellas que regulan materia de agua potable y saneamiento que es competencia del Organismo Ejecutivo. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Al (MSPAS) le compete la formulación e implementación de la presente política nacional, la cual es de interés nacional ya que contiene un conjunto de medidas encaminadas a mejorar la salud y el bienestar general de la población. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

### **Actividades humanas que demandan agua**

Usos domésticos y necesidades humanas.

La mayor parte del agua superficial está contaminada y generalmente no es usada para el suministro de agua, sin embargo, en las tierras altas los ríos que se originan en las montañas volcánicas generalmente no están contaminados y se usan para el suministro de agua con muy poco tratamiento o con ninguno. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

En las áreas urbanas el agua subterránea proporciona la mayor parte del suministro para uso doméstico y se confiará mucho en ella para suplir necesidades futuras, el agua subterránea proveniente de pozos más profundos se considera fresca y potable, sin embargo, muchos acuíferos poco profundos están contaminados. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

Con la excepción de la ciudad de Guatemala las oficinas municipales proporcionan servicios de agua, sin embargo, un registro establecido noto que solamente 12 de las 329 municipalidades, la perdida de agua es alta más del 50% y la calidad del agua es pobre. La cobertura proporcionada de agua potable y servicios de sanitización es extremadamente baja se estima que la cobertura de servicios de agua potable es del 55% en áreas rurales y del 90% en áreas metropolitanas y urbanas. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

### **Usos y necesidades industriales comerciales**

La mayoría de las operaciones industriales y comerciales están localizadas dentro de las fronteras de las municipalidades principales, particularmente en la ciudad de Guatemala, estas municipalidades dependen de su propio sistema de distribución de agua para sus operaciones. El suministro de agua proviene de ambas fuentes superficial y subterránea, en el futuro se dependerá más del agua subterránea para poder suplir las necesidades comerciales e industriales debido a la disminución en el suministro de agua de fuentes superficiales, existe muy poca información con relación al uso del agua en la industria. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

### **Uso y necesidades agrícolas**

La agencia responsable de la irrigación es el Plan de Acción para la Modernización de la Agricultura bajo riesgo (PLAMAR), actualmente la mayoría del agua para irrigación es aproximadamente de un 95% que proviene de fuentes superficiales pero

debido a que la cantidad de agua superficial para la irrigación se disminuye por la deforestación, se ha empezado a utilizar más el agua subterránea. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

Oficiales del PLAMAR han estimado que 130,000 hectáreas aproximadamente el 5% del total potencial están irrigadas y aproximadamente otros dos millones de hectáreas tienen potencial para ser irrigadas. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

No existe un aparato de medición en los sistemas de riesgo, pero un nuevo proyecto japonés de instalar medidores de agua en los sistemas de irrigación propiedad del gobierno que está implementado, el proyecto no ha sido bien recibido por la población debido a que ellos no desean pagar más por el agua de riego, a la vez este proyecto trata de enseñar a los usuarios que los fondos pagados regresan al sistema para mantener y mejoras al mismo, para obtener un mejor servicio. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

Entre los principales cultivos que son irrigados están: los bananos, la caña de azúcar y el café, el sector privado irriga 80,000 hectáreas para las plantaciones de bananos, caña de azúcar y heno, el gobierno irriga 20,000 hectáreas para vegetales, fresas y melones, existen numerosas plantaciones de caña de azúcar en el sector costero sur, muchos dueños de estas plantaciones diversifican el curso de los ríos para uso de los usuarios sin suficiente suministro de agua. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

Dichas situaciones se han puesto al descubierto en una ley sobre el suministro de agua que se ha planteado, otro problema es que muchos ríos principales y secundarios se secan durante los meses de marzo y abril que es el periodo que la caña de azúcar necesita de más irrigación, para poder suplir la demanda de agua que se utiliza de irrigación durante la estación seca de noviembre y abril, se deben usar los

almacenamientos de las presas o recursos de agua subterránea. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

La irrigación por goteo es el tipo de sistema que se usa en el país ya que este ocupa la menor cantidad de agua, 0.5 litros por segundos por hectárea el cual compara con 2 litros por segundo por hectárea en sistemas de alimentación por gravedad, y a un litro por segundo por hectárea en sistemas de irrigación por roció. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

### **Energía hidroeléctrica y geotérmica**

Cinco presas hidroeléctricas y una geotérmica operan en el país, en Guatemala aproximadamente la mitad de la electricidad se suministra por medio de presas hidroeléctricas y la otra mitad proviene de energía térmica que no es geotérmica, se espera poder utilizar más energía geotérmica en el futuro. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

### **Transporte en vías navegables**

Transporte en vías navegable de todos los ríos del río Dulce, río Polochic, río Sarstún, río de la Pasión, río Salinas y río Usumacinta poseen las más grandes cantidades de agua y son navegables en sus alcances bajos. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

Durante los caudales altos son navegados por pequeños botes, los lagos principales tales como el lago Atitlán, lago de Petén Itzá y el lago de Izabal también son navegables, en la costa del Pacifico la navegación es posible a través del canal de Chiquimulilla en 153 kilómetros de extensión el cual es de agua salada, Guatemala posee aproximadamente 1,035 kilómetros de canales navegables y 950 kilómetros cuadrados en lagos navegables. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

## **Calidad del agua**

La calidad del agua superficial a través de Guatemala presenta una preocupación que va en aumento, el agua superficial se considera dulce excepto a lo largo de la costa donde la calidad gradualmente cambia a salobre y finalmente a salina, son problemas de sedimentación que resultan de la deforestación que ocurren a lo largo del país. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

La contaminación biológica y química ocurre en intensidades variadas a lo largo del país, los sistemas de aguas negras en los centros principales de población son inadecuados o no existen, las descargas crudas van directamente a los arroyos locales durante le época lluviosa, las enfermedades como el cólera aumentan debido a que las bacterias se esparcen a través de estas fuentes de aguas superficiales contaminadas. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000)

Con excepción del agua subterránea salobre o salina que se encuentra cerca de las costas del Pacifico y del Caribe, el agua subterránea es adecuada para la mayoría de los usos, la contaminación química y biológica ocurre en acuíferos no confinados y poco profundos cercanos a centros poblacionales. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

La contaminación química proveniente de la agricultura que es también una fuente mayor de contaminación de agua superficial y subterránea, causa la degradación de los ríos y arroyos. La planicie costera de Pacifico y el valle del río Motagua son las áreas agrícolas que poseen la mayor concentración de contaminación agrícola, en estas áreas los recursos de agua superficial y los acuíferos de agua subterráneas están contaminados. (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos de America, 2,000).

## **Sistemas de conducción de agua potable**

### **Normas de diseño**

Son reglas o criterios utilizados como referencia para el dimensionamiento de tuberías y otro tipo de obras relacionados con el diseño de sistemas de agua potable y sistemas de saneamiento en una comunidad rural. Las normas garantizan la unidad de criterios dispersos que buscan sentar las bases de la interoperabilidad de un sistema de procesos o de un producto, en este caso el diseño y construcción de un sistema de agua potable se entienden como parámetros cualitativos o cuantitativos que permiten guiar las acciones en torno a actividades específicas. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable**

- Fuente
- Línea de conducción
- Almacenamiento
- Distribución (líneas y redes)

### **Fuente**

La fuente provee de agua en cantidad y calidad suficiente a la cisterna, las fuentes pueden ser una o varias de un mismo tipo o distintas a los manantiales, los ríos, los lagos, el agua subterránea son los tipos de fuente mayormente utilizados. El agua de lluvia o de condensación puede ser utilizada igualmente para abastecer una vivienda o una comunidad, las fuentes superficiales pueden ser; manantiales, ríos, lagos, y las fuentes subterráneas pueden ser; pozos artesanales y pozos profundos. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Línea de conducción**

Está conformada por los dispositivos encargados de transportar el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento. Por lo general se trata de la tubería que transporta a presión, se utiliza la fuerza de gravedad o impulsada por una bomba, el agua que se pretende distribuir a una comunidad en los sistemas de agua potable se puede contar con más de una línea de conducción. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Almacenamiento / Tanque de distribución**

Es el punto o los puntos en un sistema de abastecimiento de agua potable en donde se regula y almacena el agua que va a ser distribuida en una comunidad y depende de la oferta y la demandad del agua en un tiempo determinado, el agua se almacena en tanques que pueden estar conformados por concreto reforzado, acero estructural y otros materiales. Los tanques están ubicados en los puntos topográficos más altos en la región de diseño o en su defecto puede ser tanques elevados a una altura máxima de 20 metros a la parte más baja del tanque. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Lo importante es que se obtenga la energía necesaria para que el agua pueda ser distribuida con el caudal y la presión necesaria, en pequeñas comunidades rurales el volumen de almacenamiento es por lo general un porcentaje del caudal de diseño, cuando se trata de agua de lluvia el almacenamiento puede ser en un recipiente de volumen variado, ya sea de barro o arcilla, de plástico o de concreto reforzado que por lo general se ubica en el predio mismo del usuario. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Distribución**

Es el conjunto de dispositivos líneas, redes, válvulas y otros dispositivos de control que en un sistema de abastecimiento de agua potable cumpla con la función de

distribuir el agua en la comunidad. El agua puede distribuirse en cada domicilio mediante conexiones domiciliarias, conexiones prediales o comunales. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Aforo**

Como parte de las evaluaciones preliminares, el encargado de establecer la topografía del área de la fuente de captación será un profesional técnico o el ingeniero proyectista en una visita preliminar quien realizará el aforo de las fuentes en época de verano o estiaje, con el objetivo de mejorar las pautas de diseño. Para verificar la manera adecuada de realizar el aforo de las fuentes el lector deberá referirse a lo que disponga el MSPAS, según acuerdo gubernativo 113-2009 y su guía técnica. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Calidad de agua**

Es un dato esencial para el diseño ya que el agua de mala calidad debe ser sometida a un tratamiento para hacerla potable a los humanos, la calidad del agua depende de factores fisicoquímicos y bacteriológicos que deben cumplir ciertos parámetros que permitan beberla y destinarla a otros usos sin riesgos a la salud. Se deberá realizar los análisis del agua de la fuente o de las fuentes que se utilizará para abastecer de agua a las comunidades. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Censo de la población a servir**

Se debe obtener un dato fidedigno de la población actual del número de viviendas y el promedio de habitantes por vivienda como parte de la recolección de datos esenciales para el diseño, en dicho diseño la población debe proyectar a futuro con el objetivo de prever el periodo de diseño definido. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

## **Topografía**

Deberá incluirse dentro de la información anterior al diseño las posibles rutas del sistema de agua potable, de las cuales se deberá escoger la que haga más eficiente el diseño mediante un estudio de topografía preliminar cuyo nivel quedará al criterio del mismo. También deberá hacer uso de las tecnologías disponible que faciliten esta tarea como la revisión de mapas aerofotográficos, imágenes satelitales, GPS, imágenes digitales y la utilización de instrumentos de precisión. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

## **Levantamientos topográficos**

Como parte del proceso de obtención de la información necesaria para el diseño es indispensable la realización de un levantamiento topográfico que incluya la localización de todos los puntos y elementos importantes del sistema de abastecimiento de agua, desde las fuentes y obras de captación al pasar por la línea de conducción los puntos de almacenamiento, tratamiento y la red de distribución. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Este levantamiento deberá contar con información relativa a la configuración topográfica de las fuentes y detalles importantes como estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas, zanjones, caminos, cercos, puntos altos del terreno, tipo de terreno y otros. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Además, se acompañarán las secciones de planimetría y altimetría con fotografías de los lugares en donde se ubicarán las obras de arte, específicamente la captación, el tanque de distribución, cajas distribuidoras de caudales, cajas rompe presión, de válvulas y otras. Con anterioridad a los trabajos de topografía se deberá obtener información relativa a la certeza jurídica de las fuentes a utilizar, así como de los derechos de paso de las conducciones y de las líneas de distribución y los derechos de

propiedad de los terrenos donde se ubicarán las obras importantes. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Tipos y orden de levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico principal se recomienda el uso de estaciones totales en planimetría y de niveles de precisión en altimetría, con esto se busca reemplazar los tres tipos de órdenes de levantamiento por ser el único de alta precisión. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Libretas de campo**

Todos los datos del estudio topográfico deberán ser consignados en una libreta de campo que estará libre de borrones y manchas, se adjuntarán también todos aquellos croquis que se realicen durante el proceso de levantamiento y las fotografías de los puntos importantes, durante el levantamiento se estimarán los tipos de suelo por donde pase el levantamiento. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Orígenes del agua para potabilizarla**

Agua para consumo humano especificaciones; Comisión Guatemalteca de normas (COGUANOR) Norma Técnica Guatemalteca (NTG 29001)

### **Campo de aplicación:**

Esta norma se aplica a toda agua para consumo humano, preparación de alimentos y uso doméstico. Proveniente de fuentes como; pozos, nacimientos, en reservorios o depósitos. (COGUANOR NTG 29001 Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### **Características físicas y organolépticas del agua**

Son aquellas que se detectan sensorialmente o por medio analítico del laboratorio. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### **Características químicas del agua**

Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### **Características microbiológicas del agua**

Son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### **Cloro residual libre**

Parámetro que indica la concentración de cloro disuelto y químicamente disponible después de la cloración. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### **Límite máximo Aceptable (LMA)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

**Límite Máximo Permisible (LMP)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano. (COGUANOR NTG 29001 Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

**Programa de análisis mínimo**

Los análisis en esta etapa de control son:

- a. Análisis microbiológico coliformes totales y escherichia coli.
- b. Análisis fisicoquímico; color, turbiedad, potencial de hidrogeno (pH), conductividad, cloro residual libre, cloruros, dureza total, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro total y magnesio total

**Programa de análisis complementario**

Comprende la ejecución del programa de análisis mínimo, ampliado con aluminio, cobre, arsénico, cadmio, cianuro, cromo total, mercurio total, plomo, selenio, cinc, sólidos totales disueltos y sustancias orgánicas (plaguicidas) que afecten la salud del consumidor. (COGUANOR NTG 29001 Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

**Redes de distribución**

Conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega del agua a los consumidores de forma constante, con presión apropiada y en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Se consideran parte de una red de distribución; camiones cisternas y depósitos de cualquier naturaleza. (COGUANOR NTG 29001 Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### Sustancia plaguicida

Termino genérico que incluye a compuestos que forman parte de los siguientes grupos; insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, nematocidas, alguicidas entre otros, productos derivados y sus metabolitos, productos de degradación y reacción de los mismos. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

### Radionúclidos y radioisótopo

Núcleo atómico que se caracteriza por emitir radiaciones ionizantes para transformarse en otro, que a su vez puede o no emitir radiaciones, hasta llegar a alcanzar la estabilidad nuclear, transformándose al final en un núclido estable. (COGUANOR NTG 29001 Comision Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013).

**Tabla 1: Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano.**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35, 0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15, UNT (b)
Conductividad eléctrica	750 uS/cm	1500 Us/cm (d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 © (d)
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	100,0 mg/L
a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto b) Unidades nefelométrías de turbiedad (UNT) c) En unidades de pH d) Límites establecidos a una temperatura de 25° C.		

**Fuente: Coguanor NTG 29001**

**Tabla 2: Características químicas que debe tener el agua para consumo humano**

Características	LMA	LMP
Color residual libre (a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	100,0	500,0
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Magnesio total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) (b)	0,3	—
<p>a) El ministerio de Salud Pública y Asistencia Social el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual según sea necesario o en caso de emergencia.</p> <p>b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.</p>		

**Fuente: Coguanor NTG 29001**

**Situación general del recurso hídrico y el agua potable y saneamiento**

El recurso hídrico en Guatemala es abundante, pues se estima que hay una disponibilidad de 8,857 m<sup>3</sup> de agua per cápita. En términos medios, se estima que el

caudal medio de todas las fuentes superficiales equivale a unos 9,999 m<sup>3</sup> por habitante por año el 70% de este recurso superficial se comparte con otros países vecinos; por otra parte, el 61% del escurrimiento originado en territorio guatemalteco, su disponibilidad se estima en unos 2,970 m<sup>3</sup> por habitante por año. (Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica GWP Centroamérica y la Alianza por el agua., 2010).

El GWP define la gestión integrada de recursos hídricos como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los sistemas. (Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica GWP Centroamérica y la Alianza por el agua., 2010).

### **El agua como bien económico**

Este principio reconoce el derecho de todos los seres humanos de tener acceso al agua y saneamiento a un precio accesible. El reconocimiento del valor económico del agua promueve su uso eficiente equitativo y la conservación del recurso, se debe reconocer la diferencia entre valor y precio, pues el primero es importante para la asignación y distribución del recurso, y el segundo se refiere al cobro por un servicio mejorado. (Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica GWP Centroamérica y la Alianza por el agua., 2010).

La integralidad como un concepto de unidad, continuo y sistemático, es fundamental incluir en los proyectos de desarrollo. Los sistemas de agua son proyectos muy diferentes a otros, ya que se trata de proyectos vitales para la supervivencia humana, pues el principal insumo es el agua como medio de vida. (Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica GWP Centroamérica y la Alianza por el agua., 2010).

### **Cobertura de los servicios perspectiva regional**

Para evaluar comparativamente los niveles de cobertura de los servicios de Guatemala en el contexto de América Latina. Se han considerado solamente los servicios que se presentan por medio de una conexión a una red de cañerías o tuberías a fin de tener un indicador representativo y homogéneo sobre el grado de cobertura. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2010).

No obstante, lo anterior se debe ser cuidadoso al momento de extraer conclusiones sobre las comparaciones que surjan debido a las considerables diferencias en la calidad de los servicios que las encuestas y estadísticas no alcanzan a captar. Por ejemplo, en algunos países la cobertura se refiere al agua potable mientras que en otros casos no se cumple esa condición. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2010).

También existen países donde el servicio por red posee importantes intermitencias, mientras que en otros es continuo, esto es importante para el caso de Guatemala debido a que una gran parte del agua por red no es potable y requiere de algún tratamiento de las aguas servidas recolectadas en las redes de alcantarillado sanitario. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2010).

### **Proceso de potabilización**

El proceso de purificación de agua consiste en la purificación de agua proveniente de ríos, lagos, agua de lluvia y pozos que contengan compuestos que sean dañinos para el ser humano, hay una serie de procesos que deben llevarse a cabo con el fin de asegurar que el agua es segura para beber. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

Muchas personas son conscientes de que el agua al ser hervida durante un corto periodo de tiempo es la forma perfectamente aceptable de purificarla, este proceso sólo mata las bacterias y microorganismos que se encuentran en el agua, pero el agua

puede contener otros compuestos como arsénico, metales, pesticidas u otros contaminantes que pueden ser igual o más peligrosos que las bacterias. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

## **Procesos básicos para purificar el agua y para consumo humano**

### **Desafección / cloración**

El cloro es un desinfectante más usado para reducir o eliminar los microorganismos, tales como bacterias y virus que pueden estar presentes en los suministros de agua, la adición de cloro para el agua potable ha reducido en gran medida el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua algunos responsables de enfermedades como la difteria, las fiebres tifoideas y el cólera. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

No obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos, parásitos y patógenos, la cloración desinfecta el agua, pero no la purifica por completo. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Filtro de sedimentos**

La filtración en el proceso de purificación elimina los sedimentos sólidos suspendidos en el agua, este filtro atrapa partículas relativamente grandes que pueden estar presentes en el agua como la tierra, arena, limo y partículas de suciedad orgánica o inorgánica, es necesario comenzar nuestro proceso de purificación con este paso básico con el fin de eliminar estas partículas grandes que podrían ensuciar u obstruir los equipos utilizados en las etapas posteriores. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Carbón activado**

Una vez que el agua pasa a través de los filtros mecánicos, posteriormente pasa al purificador de carbón activado granular, erróneamente llamado filtro de carbón activado. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

En el sentido estricto la palabra filtro se refiere al proceso mecánico de retener partículas suspendidas, en cambio el carbón activado hace un proceso conocido como adsorción química donde la materia orgánica se adhiere a la pared del carbón por una función química. En esta etapa se eliminan los pesticidas y otros contaminantes orgánicos, especialmente orgánicos volátiles además de eliminar el cloro añadido en la etapa mediante una reacción química reductora. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

El carbón también hace un trabajo excelente para eliminar los trihalometanos (THM), son una clase de subproductos químicos que resultan de la interacción del cloro y la materia orgánica en descomposición, estos productos químicos son cancerígenos y los altos niveles han sido encontrados en los suministros de aguas locales. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

Estos equipos básicamente están diseñados para eliminar el sabor a cloro que se encuentra en el agua del grifo, desafortunadamente en el uso doméstico son a menudo los descuidos y poco mantenimiento de los mismos. Si el equipo no se cambia en el intervalo apropiado la eficacia de la eliminación de cloro disminuye y los contaminantes que el carbón había retenido empiezan a descargarse de nuevo en el agua, y además se han producido numerosos casos de contaminación bacteriana por la rica fuente de alimento biológico retenido. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Intercambio iónico**

El paso siguiente en nuestro proceso de purificación es la eliminación de varios elementos que causan la dureza, se refiere como el agua dura a la presencia de calcio y magnesio que sobrepasa los niveles permisibles, se utiliza un tanque que se llena con una resina de intercambio iónico cargado negativamente. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

Las perlas sintéticas que sirven como base para que se lleve a cabo ese intercambio, donde el agua pasa a través de la resina de intercambio iónico los iones de dureza que llevan una carga positiva fuerte desplazan a los iones de sodio más débilmente cargadas, los iones de dureza calcio y magnesio son así atrapados a través de la atracción electromagnética de las partículas de resina, los lechos de intercambio iónico son entonces limpiados y regeneradas a intervalos determinados en función del volumen de agua de forma automática. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

El proceso de regeneración implica inundar la cama con una solución salina (sodio) sobresaturada que barre de manera efectiva los iones de dureza el cual da como resultado a la resina lista para el siguiente ciclo de suavización del agua, la dureza no es un problema que afecte a la salud humana, pero causa problemas de incrustaciones en tuberías, membranas de ultrafiltración, ósmosis inversa y depósitos. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Pulidor o prefiltros de una micra**

En este paso se coloca un filtro de cartucho desechable para atrapar partículas mayores a la de una micra que pueden ser perjudiciales a la ósmosis inversa, además de retener partículas de la resina de intercambio iónico de la etapa anterior. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Ósmosis inversa**

La ósmosis inversa es una tecnología que se ha vuelto muy popular sobre todo por la mejora en el sabor del agua, mucha gente ha oído hablar sobre el proceso de ósmosis, es un proceso natural mediante el cual el agua pasa a través de una membrana debido a un diferencial de presión entre un lado de la membrana y el otro. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

En la ósmosis inversa utiliza alta presión para forzar el agua a través de una membrana mientras que las impurezas sean retenidas en otras palabras, la alta presión hace que las impurezas sean retenidas de un lado de la membrana, solo el agua pura es capaz de atravesar la membrana, incluso las impurezas disueltas (sales y minerales) que no se pueden eliminar por filtración convencional, son capturados y eliminados por el sistema de purificación de ósmosis inversa. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

No es verdad que el agua es incolora, inodora e insípida, las aguas por el lugar de procedencia tienen una concentración mineral y sales que pueden dar un sabor específico al agua. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

Por lo que, al retenerlas, se mejora el sabor significativamente, además se eliminan el 99.5% de las impurezas disueltas. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Luz ultravioleta UV**

Dado que el cloro no remueve todos los microorganismos, se emplean dos tecnologías libres de químicos para desinfección para asegurar que el agua purificada permanece absoluta y completamente libre de cualquier tipo de contaminación microbiológica. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

En este proceso el agua pasa a través de una cámara especial que integra una fuente de luz ultravioleta, esta luz actúa como un poderoso agente esterilizante si hay proliferación de bacterias, virus u otros contaminantes microbiológicos que están presentes en el agua, la luz ultravioleta de alta longitud de onda destruye el material genético dentro de estos organismos eliminando la posibilidad de la reproducción y la proliferación bacteriana o viral. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Ozonización**

Una parte importante de la desinfección libre de químicos es conocido como la ozonización, deja un residual y así asegurar que nuestra agua purificada permanezca libre de contaminación microbiológica durante un tiempo más, si está va a mantenerse almacenada durante un tiempo corto, o la ozonificación directo en botellas o garrafones para mantener en condiciones estériles el recipiente en los puntos de venta antes de ser consumidos. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

El proceso de generación de ozono toma el oxígeno molecular básico y pasa a través de una cámara especial en el que se expone a una carga eléctrica de alto voltaje, este tipo de generación de ozono se llama descarga de corona. La electricidad hace que la molécula de oxígeno para dividir y recombinar en tres oxígenos en vez de dos y convertirla en ozono ( $O_3$ ), el ozono en forma de gas se inyecta con un burbujeador en un tanque de residencia o mediante un Venturi a la tubería del agua producto para hacerla llegar al agua purificada. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Almacenamiento**

Después de que el agua ha pasado a través de los pasos anteriores ingresa a la fase de almacenamiento y recirculación, este sistema ha sido diseñado para que el agua mantenga su pureza y no entra en contacto con cualquier material o sustancias que podrían comprometer en modo alguno la calidad del agua, este almacenamiento puede ser un tanque plástico de grado alimenticio o de acero inoxidable. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Embotellado o utilización**

El agua almacenada se mantiene en condiciones de higiene mencionadas, el agua de circulación continua se puede utilizar ya en la línea de embotellado o utilizarla para un proceso en particular. (Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México, 2014).

### **Mecanismos para introducción de agua potable**

#### **Censo de población**

La cuadrilla de topografía deberá levantar un censo de población en el que se especifique el número de habitantes total y por vivienda, nombre de los jefes de familia y su número de identificación personal (cédula o DPI). (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

#### **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 determinarlo se tomarán en cuenta los factores siguientes. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

- Vida útil de los materiales
- Calidad de los materiales y de las construcciones
- Costos y tasas de interés
- Futuras ampliaciones del sistema
- Comportamiento del sistema en sus primeros años
- Población de diseño
- Caudal. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011)

**Se establece 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. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

**Cálculo de población futura**

Par una proyección de la población futura pueden utilizarse varios métodos, uno de ellos es el método geomático y cortejarse los resultados con el objetivo de obtener un valor más apegado a la realidad, deberá justificarse la tasa de crecimiento adoptando la información básica de la población, deberá recabarse en instituciones especializadas como el Instituto Nacional de Estadística (INE), además deberán tomarse en cuenta censos escolares, registros municipales y del MSPAS o levantamientos de densidad poblacional realizados por diversas instituciones entre otros. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

El diseñador deberá preferir aquella información que sea la más específica de la comunidad, deberán tomarse en cuenta también la tasa de mortalidad, natalidad, las tendencias de emigración a centros urbanos, la población flotante y debida al crecimiento industrial o de cualquier índole fuera de los comunes. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011)

Donde:

$$fP = oP(1 + i)^n$$

- Pf: población futura
- Po: población inicial
- i: tasa de crecimiento poblacional 1%
- n: número de años en el futuro. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Caudales de diseño**

Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas en cada componente de un abastecimiento de agua basados en la información básica, aforo, y estudio poblacional. A continuación, se describen cómo se determinan estos caudales de diseño. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Dotación**

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día y en una población comúnmente se expresa en litros por habitante por día; 1/hab./día. Para la elección adecuada de la dotación deberán tomarse en cuenta los factores siguientes. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011)

- Clima
- Nivel de vida
- Actividades productivas
- Abastecimiento privado
- Servicios comunales o públicos
- Facilidad de drenaje
- Calidad y cantidad del agua
- Medición

- Administración del sistema
- Presiones.

Si los hubiere deberán tomarse en cuenta en los estudios de demanda de la población o poblaciones similares, a falta de estos se tomarán los valores siguientes: (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

- Servicio a base de llena cántaros exclusivamente; 30 a 60 l/hab/día.
- Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales; 60 a 90 l/hab/día.
- Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda; 60 a 120 l/hab/día.
- Servicio de conexiones intradomiciliarios con opción a varios grifos por vivienda de 90 a 170 l/hab/día.
- Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual mínimo 20 l/hab/día.
- Servicio de aljibes 20 l/hab/día. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Caudal medio diario (Qm)**

Es el resultado de multiplicar la dotación por la población futura dividido por el número de segundos que contiene un día (86,400 segundos). (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Donde:

$$Qm = \frac{(Dot \times Pf)}{86,400}$$

- Qm: caudal medio diario en l/s.
- Dot: dotación en l/hab/día.
- Pf: número de habitantes proyectados al futuro.

### **Caudal máximo diario (QMD)**

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 de 1.2 a 1.5 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y de 1.2 para mayores 1,000 habitantes. Se deberá justificar el factor que haya seleccionado, el consumo de agua no es igual en un día de verano como un día de invierno el factor máximo diario (FMD) aumenta el caudal medio diario en un 20% a 50% que se considera el posible aumento del caudal, es decir su variación en un día promedio. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Caudal máximo diario, QMD**

Donde:

$$QMD = Qm \times FDM$$

- QMD: caudal máximo diario en l/s.
- Qm: Caudal medio diario en l/s.
- FMD: Factor máximo diario.

### **Caudal máximo horario (QMH)**

Deberá obtenerse el caudal máximo horario mediante la multiplicación del caudal medio diario por un factor que va de 2.0 a 3.0 para poblaciones menores de 1,000 habitantes y de 2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes. La selección del factor es inversa al número de habitantes a servir. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Se deberá justificar el factor que haya seleccionado, el consumo de agua varía considerablemente según por la hora del día, por ejemplo; la demanda de caudal será mínima a las 12 de la noche, pero será un máximo a las 6 de la mañana el factor máximo horario considera estas variaciones que pueden suscitarse en el consumo de agua. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Donde:

$$QMH = Qm \times FDH$$

- QMH: caudal máximo horario en l/s.
- Qm: Caudal medio diario en l/s.
- FMH: Factor máximo horario.

#### **Caudal de uso simultáneo (redes de distribución)**

Donde:

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

- q: caudal de uso simultáneo no menor de 0.20 l/s.
- k: coeficiente; 0.20 predial; 0.15 llena cántaros.
- n: números de conexiones o llena cantaros futuros.

Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal obtenidos con el FMH el criterio de uso simultáneo, deberá utilizarse el resultado que sea mayor de ambos. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

#### **Capacidades de diseño de las diferentes partes del sistema**

##### **Fuentes y captación**

El diseño de la obra de captación deberá realizarse al tomar en cuenta el caudal máximo diario, la fuente o las fuentes deberán garantizar que el caudal sea continuo se deberá tomar en cuenta para el análisis los caudales de estiaje, así como los estudios hidrológicos correspondientes. Al ser utilizadas las fuentes se deberá garantizar actividades relacionadas con la recarga hídrica en los alrededores de las mismas, así como asegurarse que su utilización no comprometa el recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

También deberá evitar en lo posible la creación de conflictos originados entre comunidades por el uso de las fuentes, en este sentido se deberá dar preferencia a aquellas soluciones que permitan hacer un uso sostenible de los recursos hídricos de una región específica. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Líneas de conducción**

Las líneas de conducción por gravedad deberán diseñar con el caudal máximo diario las líneas de conducción por bombeo por el caudal de bombeo, la fórmula del caudal de bombeo es la siguiente.

Donde:

$$Qb = \frac{(QMD \times 24)}{No. \text{ de horas de bombeo}}$$

- Qb: caudal de bombeo en l/s.
- QMD: caudal máximo diario en l/s.

Se recomienda un uso por día de las bombas máximo de 12 horas par motor diésel y de 18 horas para motores eléctricos. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Tanques de almacenamiento o distribución**

Se recomienda utilizar los datos de la demanda real de la comunidad para establecer el volumen del tanque de distribución, de lo contrario se considera para su diseño el 25 a 40% del caudal medio diario en el caso de sistemas por gravedad y de 40 a 65% en sistemas por bombeo, entre los tanques de succión y distribución que se justifica mediante un diagrama de masas. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Tanque de succión o alimentación**

El volumen del tanque de succión o alimentación deberá establecerse en relación entre el caudal de la fuente y el caudal de bombeo, justificar el volumen adoptado por medio

de un diagrama de masas, en cualquier caso, no deberá ser menor de 5 metros cúbicos. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Estación de bombeo**

Se tomarán factores económicos y de consumo, así como la capacidad del equipo de bombeo para establecer el número de horas de bombeo, se recomienda que este periodo no sea mayor a 18 horas por día. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Redes de distribución**

El diseño de las redes de distribución se hará con el caudal máximo horario. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Planta de purificación**

El funcionamiento de la planta de tratamiento deberá ser continuo y se diseñará con el caudal máximo diario, la planta de tratamiento debe instalarse normalmente previo a los tanques de almacenamiento y posterior a la distribución. Para esto se deberá considerar lo dispuesto por el Acuerdo Ministerial 1148-2009, que establece los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Normas especiales de diseño para las diferentes partes del sistema captación de agua**

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, flotantes, de insectos y otros organismos indeseables al sistema, así como la proliferación de plantas y algas en las estructuras de la obra. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Captaciones superficiales (ríos, riachuelos)**

El sitio de la captación debe llenar como mínimo las condiciones siguientes:

- Ubicarse preferiblemente en tramos rectos o en la orilla exterior de las curvas de los cuerpos de agua sin que no tengan sólidos o material flotante de lo contrario deberá ubicarse en la orilla interior de las curvas. Deberá escogerse el sitio que garantice que los sólidos y material flotante no ingresen a las estructuras de la obra. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).
- De preferencia evitar elegir una fuente que se encuentre aguas debajo de una fuente importante de contaminación. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).
- Las estructuras de la obra de captación y la fuente deberán aislarse para evitar el ingreso a personas no autorizadas, animales u otros tipos de agentes externos. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).
- La obra de captación deberá ubicarse en un lugar en donde la corriente no amenace las estructuras de esta, tampoco deberá existir peligro de deslaves o derrumbes que puedan dañarla. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).
- Deberá ubicarse en lugares donde no se formen bancos de arena. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

### **Bocatoma de fondo**

Consiste en una estructura que establece perpendicular a la corriente de agua con una rejilla que permita la entrada de esta y evite la entrada de la materia de mayor tamaño que pueda ocasionar taponamientos u obstrucción en las diferentes unidades de tratamiento. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

La rejilla deberá estar inclinada a 60 grados y su área libre será de 150 a 200% del área de flujo que protege. La rejilla será de hierro fundido y su colocación deberá permitir su limpieza y reemplazo, las barras de la rejilla deberán estar espaciadas entre 1 o 2 centímetros, aseguradas con tornillos de bronce u otro dispositivo inoxidable similar. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

La velocidad aproximación de la corriente en la rejilla deberá ser tal que no permita sedimentación ni acumulación de materias extrañas que justifique su diseño con los cálculos respectivos, la velocidad del fluido deberá ser mayor a 0.60 m/s. (Instituto de Fomento Municipal de Guatemala, 2011).

Mejorar la calidad del agua de los ríos y lagos del país es un reto en el que todos los guatemaltecos (as) se deben involucrar y la educación es el medio propicio para las futuras generaciones lo asuman. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala, 2017).

El agua es uno de los elementos vitales para cualquier forma de vida en el planeta. Los estudios acerca del agua han revelado que el 97% pertenece al mar y es salada, el 2% se encuentra en los polos, en forma de hielo, y solamente el 1% se considera agua aprovechable o agua dulce, presente en los ríos, lagos y corrientes subterráneas. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala, 2017).

El agua puede ser considerada como un recurso renovable, si se controla cuidadosamente su uso. De lo contrario es un recurso no renovable, limitado por las cantidades que se mueven en el sistema natural, sin embargo, se ha considerado como inagotable, por lo que su uso ha generado acciones irresponsables. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala, 2017).

**Producción y distribución del agua**

Guatemala cuenta con más de 90,000 millones de m<sup>3</sup> de agua, dentro de los usos que en muchos casos no se mencionan está el caudal ecológico, para las funciones del ecosistema y desarrollo de peces, insectos y plantas acuáticas entre otras. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala, 2017).

**Tipos de sistema de abastecimientos de agua**

Un acueducto o sistema de agua, es un conjunto de componentes que permite transportar el agua de manera continua de una fuente hasta las viviendas donde será consumida. (USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América).

**Por gravedad**

Es un sistema donde el agua es captada desde el nacimiento (captación), fluye y cae por su propio peso, a través de las tuberías de agua; conducción y distribución. (USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América).

Figura 1: Sistema de distribución de agua potable por gravedad.

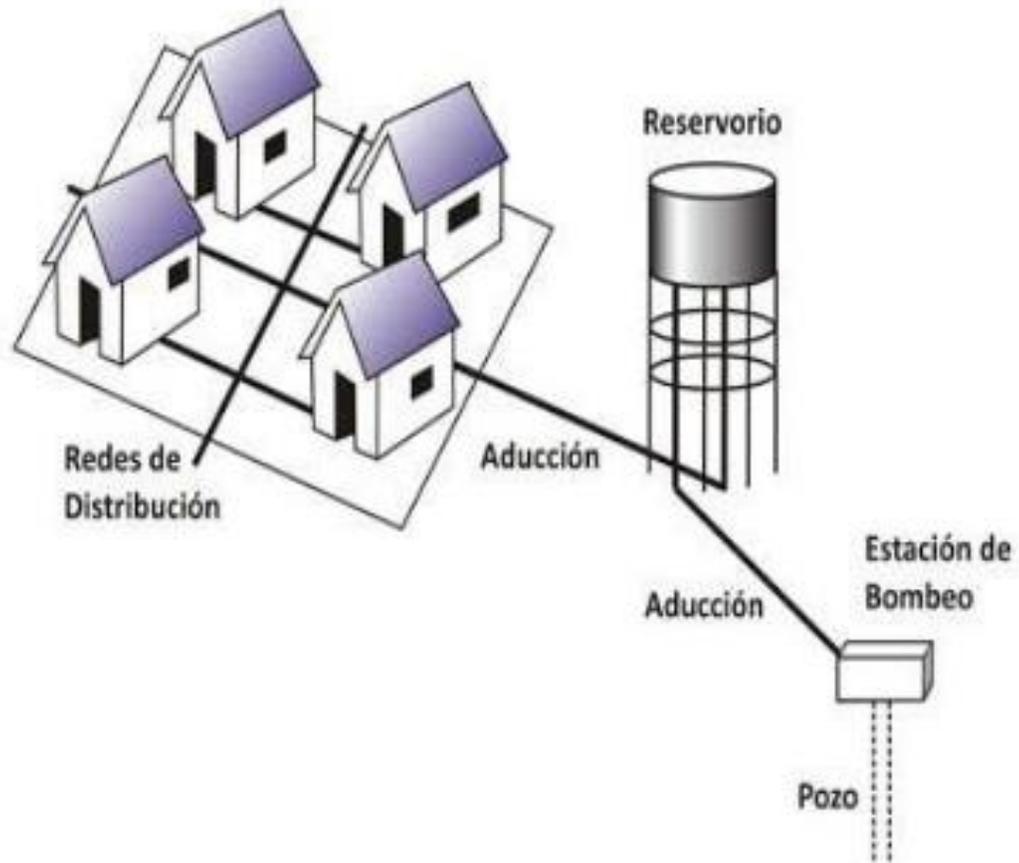


Fuente: Fuente: Garci, K: Retamozo, M.

### **Por bombeo**

Se usa en caso que el nacimiento o la fuente de agua se encuentre por debajo de la ubicación del tanque de almacenamiento o distribución. (USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América).

Figura 2: Sistema de distribución de agua potable por bombeo.



Fuente: Garci, K; Retamozo, M.

### Componentes básicos de un sistema de agua por gravedad

1. Captación.
2. Caja reunidora de caudales.
3. Caja y válvula de limpieza.
4. Caja y válvula de aire.
5. Línea de conducción.

6. Tanque de almacenamiento y sistema de desinfección.
7. Línea de distribución.
8. Conexiones domiciliarias, prediales.
9. Paso aéreo. (USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América).

### **Captación**

Es el componente necesario para obtener el agua de una fuente superficial o subterránea.

### **Recomendaciones preventivas.**

- Revisar la caja de captación, el muro y el sello sanitario para ver si hay grieta, filtraciones o tapaderas quebradas, para repararlas.
- Inspeccionar la contracuneta; si está obstruida con basura, tierra u otros es necesario limpiar.
- Revisar y lavar el interior de la caja de captación, para ello, usar un cepillo de raíz o plástico y botas de hule limpias, nunca usar jabón o detergente.
- Asegurar que las válvulas giren con facilidad, si tienen fugas o partes quebradas.
- Una vez al año reforestar el área de la captación.
- Revisar y reparar el cerco de protección. (USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América).

### **Agua y saneamiento**

La Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS, ha atendido el tema de agua potable y saneamiento en el marco de la gestión de la salud ambiental, actualmente la representación en Guatemala lo hace dentro de la temática de la promoción social, se considera que el agua y el saneamiento es de manera integrada como un determinante

ambiental para la salud, parte esencial del ecosistema y elemento clave para la gobernanza, los cuales facilitan su acceso a la población. (Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS, 2009).

### **Datos estadísticos**

Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante agua para las personas, el ambiente y la productividad económica. Anualmente se producen 97 millones de m<sup>3</sup> de agua, sin embargo, de esto solo se aprovecha un 10% a nivel nacional según la encuesta nacional de condiciones de vida ENCOVI 2011 el 70% de los hogares guatemaltecos tienen acceso a servicios básicos, es decir al agua entubada y drenajes a nivel urbano, mientras que en el área rural solo el 30% de los hogares tienen acceso a estos servicios. (Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS, 2009).

Para todos los departamentos la cobertura con mejores fuentes de agua es mayor en la zona urbana que en la rural, el déficit de la cobertura para los servicios de saneamiento está cerca de 83% en la zona rural, mientras en la zona urbana la cobertura es de 76.7%, que demuestra una situación clara de inequidad. De 334 municipalidades registradas en el ENCOVU, sólo un 4% aplican tratamiento a las aguas residuales, mientras que el resto es vertido en los cuerpos de agua principalmente los ríos. (Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS, 2009).

### **Proyectos de introducción de agua potable**

Durante los últimos años se han suscitado diferentes conflictos por el acceso al uso del agua, ya que es indispensable para el crecimiento fenológico de los cultivos agrícolas, es decir las etapas por las que pasan las plantas a lo largo de un periodo desde la siembra hasta la cosecha, así como el abastecimiento de agua para la crianza de ganado y el desarrollo de procesos industriales los cuales suceden en la zona media

de las cuencas. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

La población que habita las zonas marinas costeras del país de Guatemala, son quienes sufren más drásticamente las consecuencias por el inadecuado uso del agua, ya que el agua que corre sobre los ríos de las cuencas que desembocan en la vertiente del Litoral Pacífico. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

Son retenidas y desviadas en la parte media de las cuencas para el riego de cultivos agrícolas, riego de pastizales y desarrollo de procesos industriales que como resultado da la reducción del caudal del agua que desemboca sobre los esteros, lagunas y el Océano Pacífico incrementa los niveles de salinidad de los esteros y por consiguiente la salinización de los pozos ubicados en el sector playa del Pacífico de Guatemala. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

El estado natural de los ecosistemas se encuentra alterado por la retención del recurso hídrico y por la carga de contaminantes que se vierten a lo largo de los ríos sobre la parte alta y media de las cuencas. Esto se debe a que las aguas residuales de diferentes orígenes no son tratadas de acuerdo con los parámetros establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

De igual forma los residuos y desechos sólidos tampoco son tratados, en vez de esto existen botaderos y basureros clandestinos a las orillas de los ríos, mismos que son trasladados por la corriente hacia las zonas marino costeras como consecuencia se incrementan la carga de contaminantes y por efecto de la erosión, son arrastradas moléculas de agroquímicos a los cuerpos de agua lo que ha provocado la muerte de peces en algunas épocas del año. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

Según el perfil ambiental de Guatemala 2010, 2012 indica que en el año 2009 al menos 14 ríos principales y 4 lagos presentaron altos porcentajes de contaminantes tóxicos y materiales cancerígenos, lo que implica riesgos importantes por usar esas aguas para consumo humano y riego, de acuerdo con el informe final de cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio la Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN 2015). (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

Indica que para el año 2014 el 76.3% de la población guatemalteca contaba con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, para el año 2030 se espera lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todas y todos de acuerdo con lo planteado por lo Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala, 2017).

## **Aspectos legales**

### **Marco Legal e Institucional**

La política nacional del sector de agua potable y saneamiento se fundamenta en la estructura jurídica que se desarrolla a partir de la Constitución Política de la República de Guatemala y en el ordenamiento jurídico del país. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El marco legal del agua actualmente es complicado con muchas duplicidades, vacíos y artículos obsoletos, por ejemplo, la Constitución Política de la República de Guatemala (1985), en su artículo 127 declara como bienes de dominio público inalienables e imperceptibles todas las aguas y ordena se emita una ley especial. (LARNA-URL Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente, 2002).

A pesar de que en los últimos 10 años han llegado al Congreso de la República al menos tres iniciativas de ley, ninguna ha sido aprobada. La Constitución Política presenta la primera contradicción pues en el artículo 39 garantiza la propiedad privada, por lo que los propietarios previos de cuerpos y agua se oponen al artículo 127. (LARNA-URL Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente, 2002).

De 1991 a 1998 existió la Secretaría de Recursos Hidráulicas, una dependencia de la residencia de la República, cuya misión fue ordenar y planificar el sector de los recursos fue aginado por la ley del Ejecutivo para ser el rector de los recursos hídricos, al desaparecer la Secretaría de Recursos Hídricos. (LARNA-URL Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente, 2002).

### **Ámbito Legal e Institucional**

La Constitución Política de la República de Guatemala establece en el artículo 253 que los municipios les corresponde atender los servicios públicos locales, entre los que se encuentran los servicios de agua potable y saneamiento. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El código municipal decreto No 12-2002 y su reforma decreto No 56-2002, ambos del Congreso de la República también expresan claramente en su capítulo 1 del título V, al referirse a las competencias municipales que estas podrán cumplirse por un municipio el abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada y alcantarillada. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El código de salud decreto No. 90-97 del Congreso de la República, establece que le compete al Estado a través del MSPAS en coordinación con las instituciones del sector velar por la protección, conservación, aprovechamiento, uso racional de las fuentes de agua potable y por la calidad del agua para consumo humano, en ese sentido establece la obligación a las entidades que prestan el servicio de clorar el agua también

prohíbe la tala de árboles y la utilización de agua contaminada para cultivo de vegetales para consumo humano en los artículos 80,84,87,89, y 90 del código de salud. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El código de salud además en el artículo 78 establece que el Estado a través del MASPAS, en coordinación del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y otras instituciones del sector, debe impulsar una política prioritaria y de necesidad pública que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable, de igual manera en el artículo 93 indica que el MSPAS de manera conjunta con las instituciones del sector. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Las municipalidades y la comunidad organizada promoverán la cobertura universal de la población a servicios para la disposición final de excretas, la conducción y tratamiento de aguas residuales y fomentará acciones de educación sanitaria para el correcto uso de las mismas, a partir de estos mandatos legales del código de salud por acuerdo ministerial 595-2010, se creó la Unidad Especial de Ejecución Administrativa para el control de agua potable y saneamiento (UAAPS). (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Mediante el decreto número 1132 del Congreso de la República de Guatemala, se creó al INFOM para promover el progreso de los municipios dándoles asistencia técnica y financiera a las municipalidades en la realización de programas básicos de obras y servicios públicos, en la explotación racional de los bienes y empresas municipales en la organización de la hacienda y administración municipal, en general en el desarrollo de la economía de los municipios. Esta asistencia técnica y financiera incluye lo concerniente a los servicios de agua potable y saneamiento. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Otras leyes que regulan los aspectos relacionados con la institucionalidad de los servicios públicos se encuentran, la ley general de descentralización decreto número

14-2002 del Congreso de la República que tiene como objeto promover en forma sistemática la descentralización económica, administrativa, para lograr un adecuado desarrollo del país en forma progresiva y regulada para trasladar las competencias administrativas, económicas, políticas y sociales del Organismo Ejecutivo al municipio y demás instituciones del Estado. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

La descentralización tiene como objetivos entre otros mejorar la eficiencia y eficacia de la administración pública, universalizar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios básicos que se prestan a la población, facilitar la participación y control social e la gestión pública, asegurar que las municipalidades y demás instituciones de Estado cuenten con los recursos, materiales técnicos y financieros correspondientes para el eficaz y eficiente desempeño de la competencia en ellos transferida. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

La asamblea de la Naciones Unidas ONU, mediante resolución No 64-292 de fecha 28 de julio de 2010, reconoció explícitamente el derecho humano al agua y saneamiento que el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

El pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales indica que no podrá privarse a un pueblo de sus propios medios de subsistencia, los Estados deberían garantizar un acceso suficiente al agua para la agricultura de subsistencia y para asegurar la subsistencia de los pueblos indígenas. También en lo que respecta a los pueblos indígenas como parte de los sectores marginados y vulnerables, está contemplado que el agua y los servicios e instalaciones de agua deben ser accesibles a todos de hecho y derecho incluso los sectores más vulnerables y marginados de la población sin discriminación alguna. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

### **III. COMPROVACION DESCRIPTIVA.**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano, se debe a la inexistencia de plan para introducción de agua potable.”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (Jefes de hogar) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error.

La otra población de estudio (técnicos) se direccionó a obtener información sobre la causa y diagnóstico de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto se trabajó con 35 jefes de hogar.

Para responder causa y diagnóstico de la problemática, se identificaron a 5 técnicos involucrados en el tema.

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.

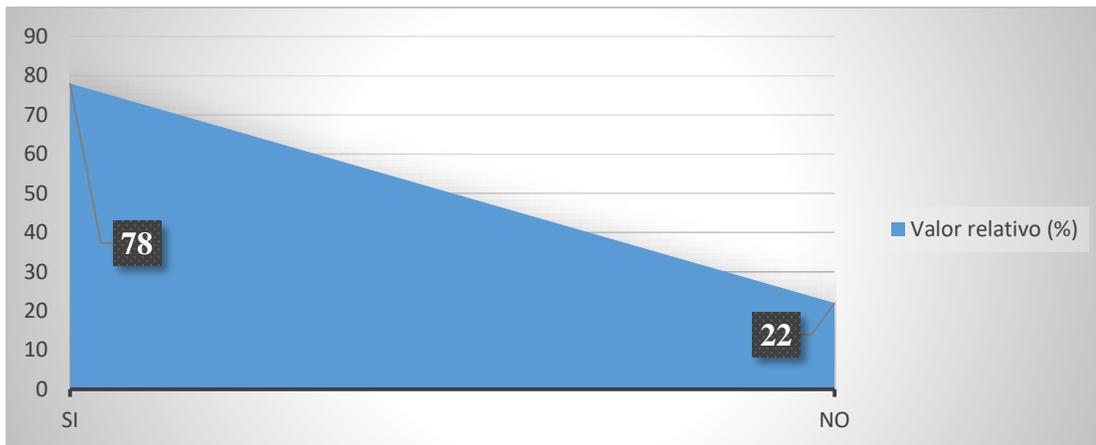
### 3.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

**Cuadro 1: Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	25	78
No	7	22
Total	32	100

Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

**Gráfica 1: Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**



Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

#### Análisis

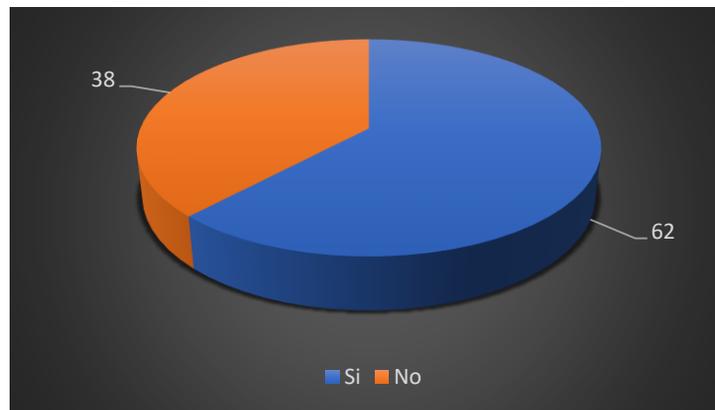
Poco menos de ocho décimas de los encuestados afirman el aumento de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años residentes de la aldea; por el contrario, más de dos décimas de ellos indican no tener dificultades con la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 2: Dificultades por el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	20	62
No	12	38
Total	32	100

Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

**Gráfica 2: Dificultades por el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea**



Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

### **Análisis**

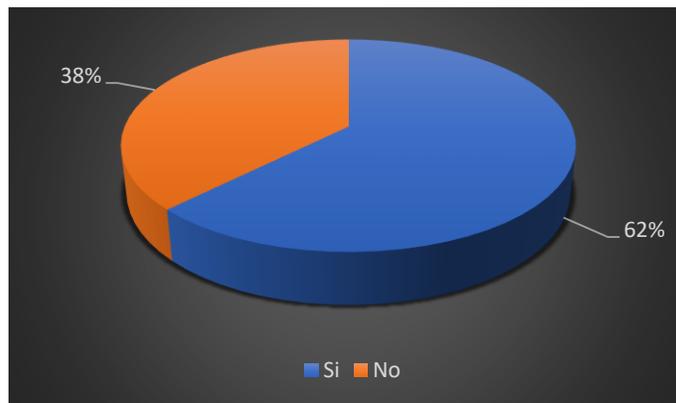
Poco menos de seis décimas de los encuestados afirman tener dificultades en las enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años residentes de la aldea; por el contrario, más de tres décimas de ellos indican no tener dificultades con la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 3: Niños menores de 5 años que han padecido enfermedades gastrointestinales en la aldea en los últimos 5 años.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo (%) acumulado
1-25	20	62	62
26-50	12	38	38
51-100	0	0	0
Más de 100	0	0	0
Total	32	100	

Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

**Gráfica 3: Niños menores de 5 años que han padecido enfermedades gastrointestinales en la aldea en los últimos 5 años.**



Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

### **Análisis**

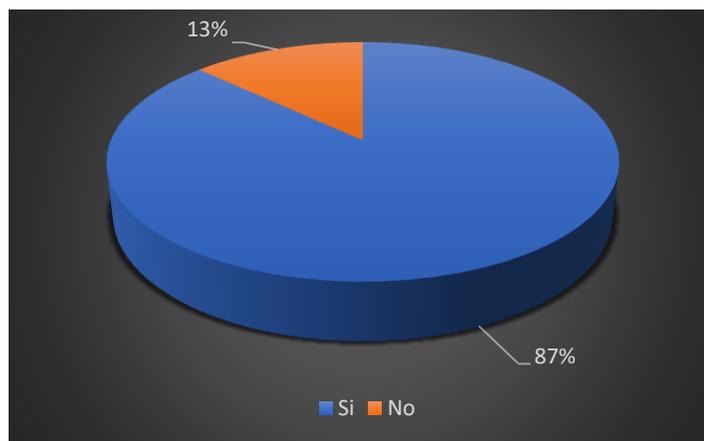
Poco menos de seis décimas de los encuestados afirman que por lo menos 30 niños han padecido enfermedades gastrointestinales menores de 5 años residentes de la aldea; por el contrario, más de tres décimas de ellos indican no tener dificultades con la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 4: Causa del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo (%) acumulado
Consumo de agua contaminada	24	62	62
Falta de agua potable	0	0	0
Falta de higiene	8	38	38
Total			100

Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

**Gráfica 4: Causa del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**



Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

### Análisis

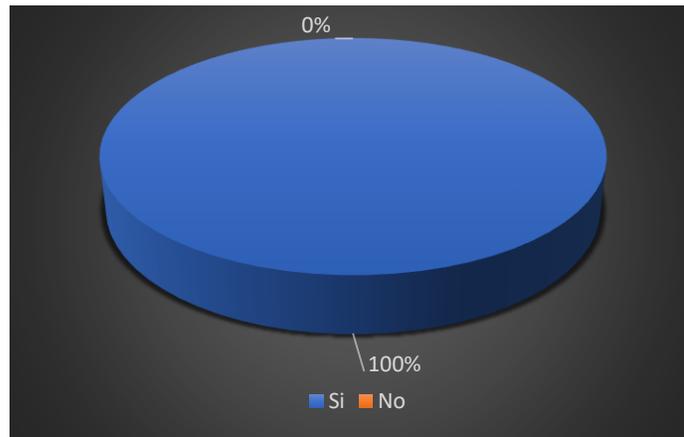
Poco menos de ocho décimas de los encuestados afirman que el agua contaminada es el mayor caso de aumento de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años residentes de la aldea; por el contrario, más de dos décimas de ellos indican no tener dificultades con la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 5: Reducción de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	32	100
No	0	0
Total	32	100

Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

**Gráfica 5: Reducción de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea.**



Fuente: jefes de hogar encuestados, noviembre 2020

### **Análisis**

El total de los encuestados afirman que si se puede reducir las enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años residentes de la aldea. La información anterior confirma el efecto.

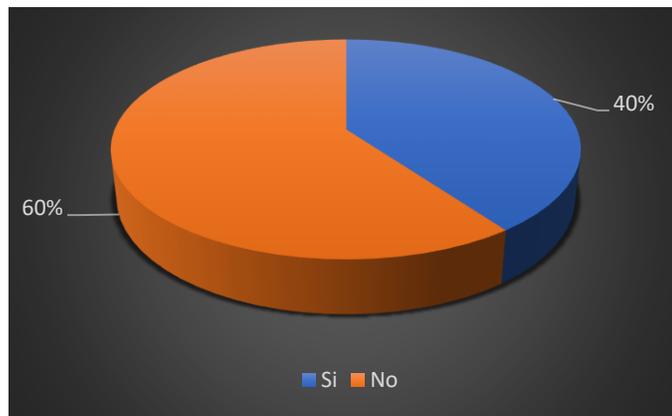
### 3.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable Independiente Y (efecto).

**Cuadro 6: Existencia de plan para introducción de agua potable en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	2	40
No	3	60
Total	5	100

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

**Gráfica 6: Existencia de plan para introducción de agua potable en la aldea.**



Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

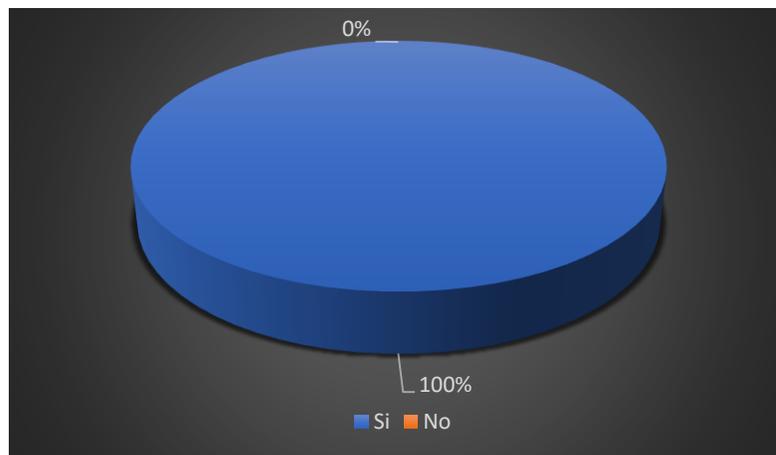
#### **Análisis**

Poco menos de seis décimas de los encuestados afirman no conocer un plan para introducción de agua potable de la aldea; por el contrario, cuatro décimas de ellos tienen conocimiento de la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 7: Creación del plan para introducción de agua potable en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

**Gráfica 7: Creación del plan para introducción de agua potable en la aldea.**

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

### Análisis

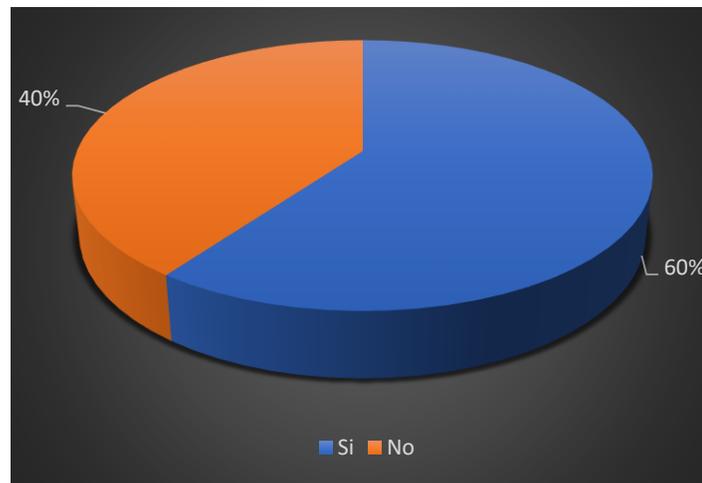
El total de los encuestados afirman la necesidad de la creación del plan para la introducción de agua potable de la aldea. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 8: Capacitaciones impartidas sobre introducción de agua potable en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	3	60
No	2	40
Total	5	100

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

**Gráfica 8: Capacitaciones impartidas sobre introducción de agua potable en la aldea.**



Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

### **Análisis**

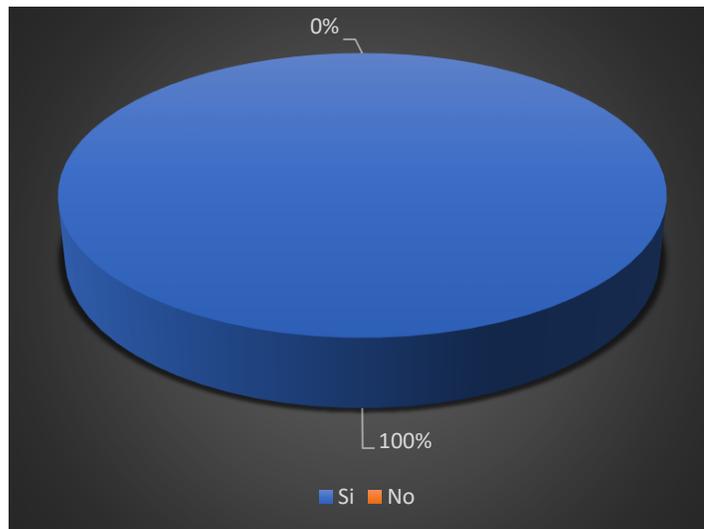
Poco menos de seis décimas de los encuestados afirman que han recibido capacitación sobre introducción de agua potable de la aldea; por el contrario, cuatro décimas de ellos indican no tener conocimiento la situación referida. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 9: Participación en capacitación de agua potable en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	100	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

**Gráfica 9 Participación en capacitación de agua potable en la aldea.**



Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

### **Análisis**

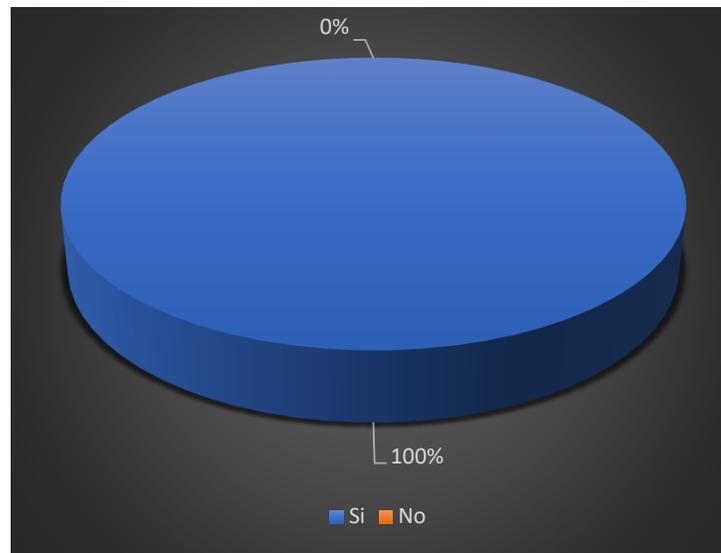
El total de los encuestados afirman la participación a una capacitación sobre introducción de agua potable en la aldea. La información anterior confirma el efecto.

**Cuadro 10: Implementación del plan para introducción de agua potable en la aldea.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

**Gráfica 10 Implementación del plan para introducción de agua potable en la aldea.**



Fuente: técnicos del departamento de aguas y planificación, noviembre 2020

### **Análisis**

El total de los encuestados afirman que la institución para la que laboran, tiene contemplado dentro su planificación el plan para introducción de agua potable en la aldea. La información anterior confirma el efecto.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### IV.1 Conclusiones

1. Los habitantes de la aldea confirman el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en su mayoría en niños menores de 5 años.
2. Se comprueba la mala calidad del agua potable que causa dificultades por el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales.
3. En las encuestas realizadas a los padres de familia da como resultado que, son los niños menores de 5 años los más afectados con las enfermedades gastrointestinales.
4. El consumo de agua contaminada es la causa principal del aumento en los casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años.
5. Mala calidad en el agua potable de la Aldea, siendo así no apta para el consumo humano.
6. La implementación de la introducción de agua potable en la aldea para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

7. Se contarán capacitaciones impartidas sobre introducción de agua potable a los técnicos encargados del departamento de aguas en la entidad municipal de la aldea.
8. Se cuenta con el personal adecuado que proporcione indicaciones sobre el proceso de potabilización de agua para brindarles un mejor servicio a los habitantes de la aldea.
9. La falta de implementación del plan para introducción de agua potable en la aldea no permite la reducción de enfermedades gastrointestinales.

#### **IV.2 Recomendaciones**

1. Reducir los casos de enfermedades gastrointestinales en la Aldea Mano de León.
2. Mejorar la calidad de agua potable de los habitantes para el consumo humano en la Aldea Mano de León.
3. Potabilizar el agua potable de la Aldea, con el método de hipoclorito para poder ser consumida por sus habitantes
4. Mejorar la calidad del agua de consumo de los habitantes ayudará a reducir los casos de enfermedades gastrointestinales.

5. Proponer el plan de introducción de agua potable en la aldea para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
6. Brindar capacitaciones impartidas sobre introducción de agua potable a los técnicos encargados del departamento de aguas en la entidad municipal de la aldea.
7. Participar en capacitaciones sobre el tema de potabilización de agua para brindarles un mejor servicio a los habitantes de la aldea.
8. Implementar el plan para introducción de agua potable en la aldea reducirá de enfermedades gastrointestinales que afectan en mayor parte en niños menores de 5 años.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS. (2009). Agua y Saneamiento. Guatemala: La Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS.
2. Aldana. (2017). Epidemiología de las enfermedades transmitidas por agua y alimentos en Guatemala (ETA`s). Guatemala.
3. Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica GWP Centroamérica y la Alianza por el agua. (2010). Gestión integrada de recursos hídricos. Guatemala: Marina Arguello L.
4. Carbotecnia Empresa de suministros industriales en Nuevo México. (2014). Carbotecnia, purificación para mejorar la calidad del agua. Obtenido de Carbotecnia, purificación para mejorar la calidad del agua: <https://www.carbotecnia.info>
5. COGUANOR NTG 29001 Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (2013). Agua para consumo humano. Guatemala: COGUANOR NTG 29001 comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía.
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. (2010). Servicio de agua potable y saneamiento en Guatemala. Guatemala: Naciones Unidas, Santiago del Chile.
7. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América. (Junio de 2,000). Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica. Obtenido de Centro de Ingeniería Topográfica: <https://www.sam.usace.army.mil>
8. Díaz, E., & López, M. (2019). Elaboración de planos. Guatemala.
9. Global El Periodico. (Miércoles de Junio de 2015). El país edición América. Global El Periodico, pág. 23.
10. Instituto de Fomento Municipal de Guatemala. (2011). Guías de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para

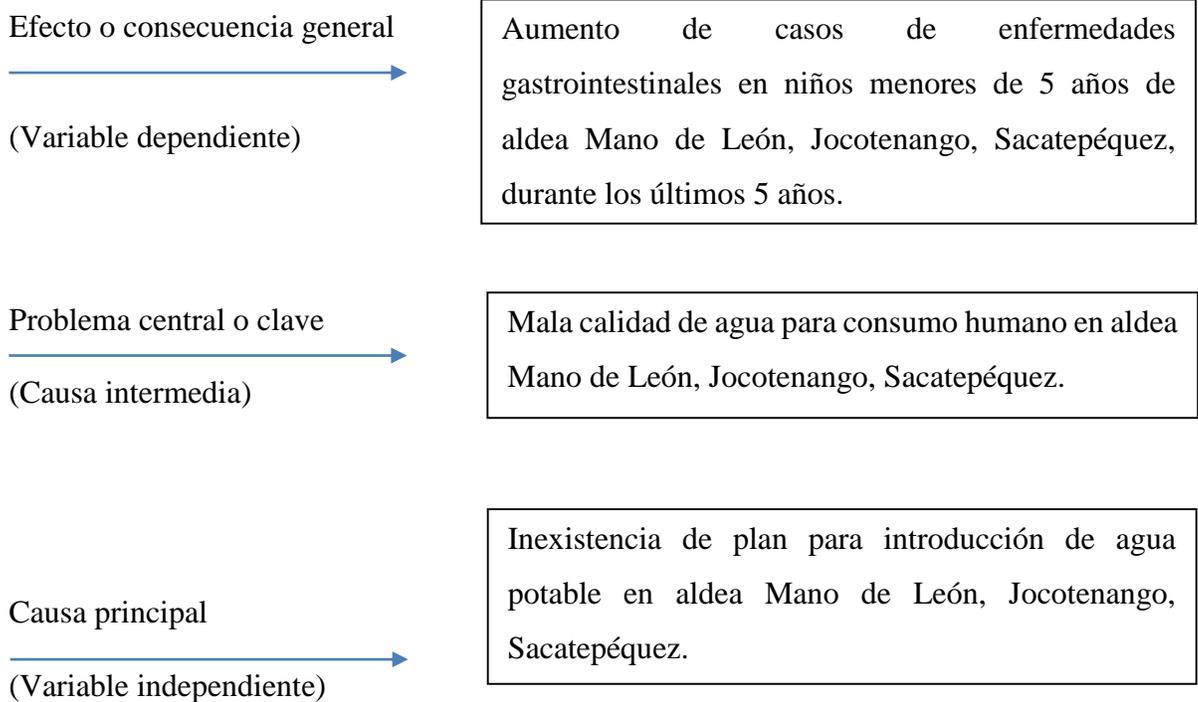
consumo humano. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Social de Guatemala.

11. LARNA-URL Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente. (2002). El agua en situación actual y necesidad de gestión. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
12. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala. (2017). Manual de educación ambiental sobre el recurso hídrico en Guatemala. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala.
13. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2012). Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
14. Prensa Libre de Guatemala. (Sábado de Agosto de 2017). Desperdicio de Agua potable en Guatemala debido a la contaminación ambiental. Prensa Libre de Guatemala, págs. 22-223.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala. (22 de Marzo de 2017). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD Guatemala: <http://www.gt.undp.org>
16. USAID Del Pueblo de los Estados Unidos de América. (s.f.). Manual de gestión de sistemas de agua a nivel urbano y comunitario. Guatemala: ELVETAS Swiss intercooperation.

## ANEXOS

### Anexo 1. Árbol de problemas

**Tópico:** Uso de variedades con bajo potencial productivo.



#### **Hipótesis causal:**

“El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano, se debe a la inexistencia de plan para introducción de agua potable.”

**Hipótesis interrogativa:**

¿Será la inexistencia de plan para introducción de agua potable, la causante del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano?

**Árbol de objetivos**

Fin u objeto general



Disminuir casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.

Objetivo específico



Mejorar la calidad del agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.

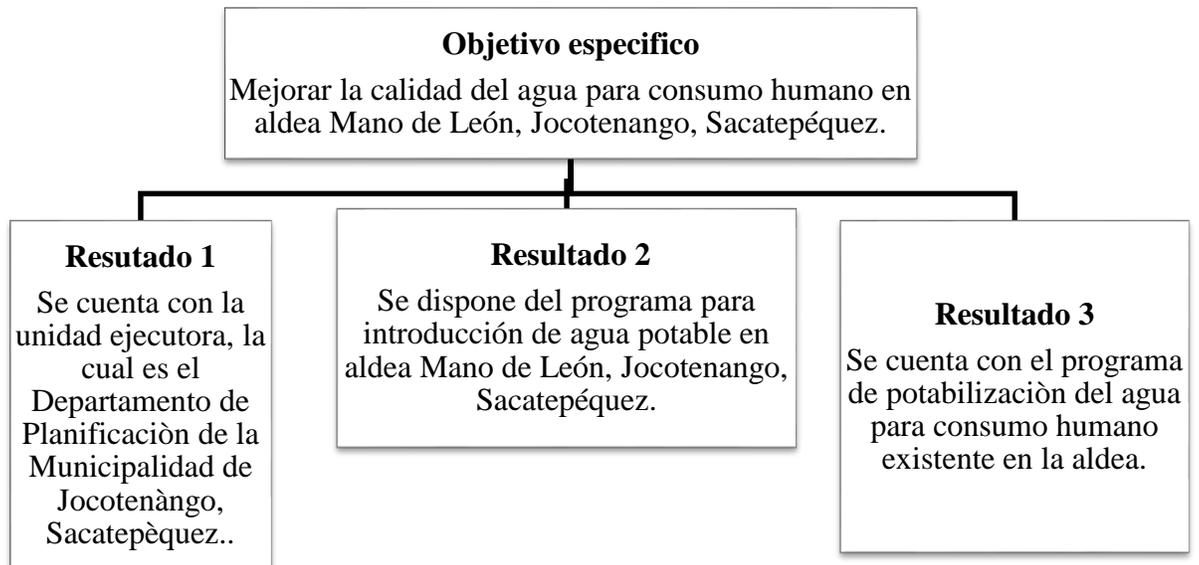
Medio de solución



Plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.

Título de tesis: Plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.

## Anexo 2. Medios para solucionar la problemática



### **Anexo 3. Boleta de investigación Variable Dependiente**

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años.”**

Esta boleta está dirigida a jefes de familia de hogares donde existen niños menores de 5 años, que han sufrido enfermedades gastrointestinales en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que existe aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
2. ¿Ha tenido dificultades por el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
3. ¿Cuántos niños menores de 5 años, considera que han padecido de enfermedades gastrointestinales en la aldea en los últimos 5 años?  
3.1. 1-25\_\_\_\_\_

3.2. 26-50 \_\_\_\_\_

3.3. 51-100\_\_\_\_\_

3.4. Más de 100\_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la causa del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea?

4.1. Consumo de agua contaminada\_\_\_\_\_

4.2. Falta de agua potable\_\_\_\_\_

4.3. Falta de higiene\_\_\_\_\_

5. ¿Considera usted que se puede reducir los casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en la aldea?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

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

#### **Anexo 4. Boleta de Investigación Variable Independiente**

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.”**

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de las siguientes instituciones: Departamento de Aguas y Departamento de Planificación de la Municipalidad de Jocotenango, Sacatepéquez, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Conoce si existe un plan para introducción de agua potable en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
2. ¿Considera usted que es necesario crear el plan para introducción de agua potable en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
3. ¿Han dado capacitaciones sobre introducción de agua potable en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
4. ¿Participaría en una capacitación sobre introducción de agua potable en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

5. ¿Tiene contemplada la institución para la que labora, dentro de su planificación el plan para introducción de agua potable en la aldea?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

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

## **Anexo 5. Boleta de Investigación Variable Problema central**

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar problema central siguiente: **“Mala calidad de agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.”**

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de las siguientes instituciones: Departamento de Aguas y Departamento de Planificación de la Municipalidad de Jocotenango, Sacatepéquez, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera que se tiene mala calidad de agua para consumo humano en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
2. ¿Conoce alguna forma para identificar la calidad del agua para consumo humano en la aldea?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
  
3. ¿Cómo considera la calidad del agua para consumo humano de la aldea?
  - 3.1. Buena\_\_\_\_\_
  - 3.2. Mala\_\_\_\_\_
  - 3.3. No consumible\_\_\_\_\_

4. ¿Alguna vez ha recibido capacitación sobre calidad de agua para consumo humano?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

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

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

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa de 35 jefes de hogar de los cuales se obtuvo 32 personas para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

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

<b>N =</b>	<b>35</b>	<b>Población total</b>
<b>Z =</b>	1.96	Valor de Z en la tabla
<b>Z<sup>2</sup> =</b>	3.8416	
<b>p =</b>	0.5	% de éxito
<b>q =</b>	0.5	
<b>d =</b>	0.05	error de muestreo
<b>d<sup>2</sup> =</b>	0.0025	
<b>NZ<sup>2</sup>pq =</b>	33.614	
<b>Nd<sup>2</sup> =</b>	0.0875	
<b>Z<sup>2</sup>pq =</b>	0.9604	
<b>Nd<sup>2</sup>+ Z<sup>2</sup>pq</b>		
<b>=</b>	1.0479	
<b>n =</b>	<b>32</b>	<b>Muestra</b>

Para la población causa y problema central, respectivamente; se han identificado a 5 técnicos involucrados en la temática de la introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, y debido a que su número es reducido se utilizó la técnica del censo.

## Anexo 7. Comentado sobre el coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes 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 2014 a 2018); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años”.

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

Año	X (años)	Y enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	28	28,00	1	784,00
2016	2	30	60,00	4	900,00
2017	3	33	99,00	9	1089,00
2018	4	32	128,00	16	1024,00
2019	5	39	195,00	25	1521,00
Totales	15	162	510,00	55	5318,00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	510
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	5318,00
$\sum Y=$	162
$n\sum XY=$	2550
$\sum X*\sum Y=$	2430
Numerador=	120

Fórmula:

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

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	26590,00
$(\sum Y)^2=$	26244,00
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	346
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)$	17300,00
Denominador:	131,5294644
r=	0,912343106

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.91$  si 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: Comentario sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	28	28	1	784,00
2016	2	30	60	4	900,00
2017	3	33	99	9	1089,00
2018	4	32	128	16	1024,00
2019	5	39	195	25	1521,00
Totales	15	162	510	55	5318,00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	510
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	5318,00
$\sum Y=$	162
$n\sum XY=$	2550
$\sum X*\sum Y=$	2430
Numerador de b	120
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	2,4
Numerador de a:	
$\sum Y=$	162
$b * \sum X =$	36
Numerador de a:	
a:	126
a=	25,2

Fórmulas:

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

Fórmulas:

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

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2021)=	a	+	(b	* X)
Y(2021)=	25,2	+	2,4	X
Y(2021)=	25,2	+	2,4	6
Y(2021)=	39,6			
Y(2021)=	40 niños menores de 5 años			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot x)$				
Y(2022)=	a	+	(b * X)	
Y(2022)=	25,2	+	2,4	X
Y(2022)=	25,2	+	2,4	7
Y(2022)=	42			
Y(2022)=	42 niños menores de 5 años			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot x)$				
Y(2023)=	a	+	(b * X)	
Y(2023)=	25,2	+	2,4	X
Y(2023)=	25,2	+	2,4	8
Y(2023)=	44,4			
Y(2023)=	45 niños menores de 5 años			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot x)$				
Y(2024)=	a	+	(b * X)	
Y(2024)=	25,2	+	2,4	X
Y(2024)=	25,2	+	2,4	9
Y(2024)=	46,8			
Y(2024)=	47 niños menores de 5 años			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot x)$				
Y(2025)=	a	+	(b * X)	
Y(2025)=	25,2	+	2,4	X
Y(2025)=	25,2	+	2,4	10
Y(2025)=	49,2			
Y(2025)=	50 niños menores de 5 años			

Proyección con proyecto

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

Cuadro 1: Cálculo porcentual de la solución por año/resultado.							
Año	6 (2021)	7 (2022)	8 (2023)	9 (2024)	10 (2025)		
Resultado							
<b>Resultado 1 (Unidad ejecutora)</b>							
Espacio físico	1,00%	1,00%	0,00%	3,00%	4,70%	Solución	
Material y equipo	1,00%	1,00%	0,80%	1,00%	1,50%		
Personal técnico	1,00%	0,50%	3,00%	2,00%	4,00%		
Recursos financieros	1,00%	1,50%	2,00%	4,00%	6,00%		
<b>Resultado 2 (Plan para introducción de agua potable)</b>							
EIA	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%		
Diseño de la red	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%		
Topografía	1,00%	0,00%	2,00%	2,00%	3,00%		
Movimiento de tierras	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%		
Implementación de la red	1,00%	2,00%	3,00%	5,00%	7,00%		
<b>Resultado 3 (Potabilización del agua para consumo humano)</b>							
Captación	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%		
Cloración	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%		
<b>Total</b>	<b>12,00%</b>	<b>12,00%</b>	<b>16,80%</b>	<b>23,00%</b>	<b>32,20%</b>		<b>96,00%</b>

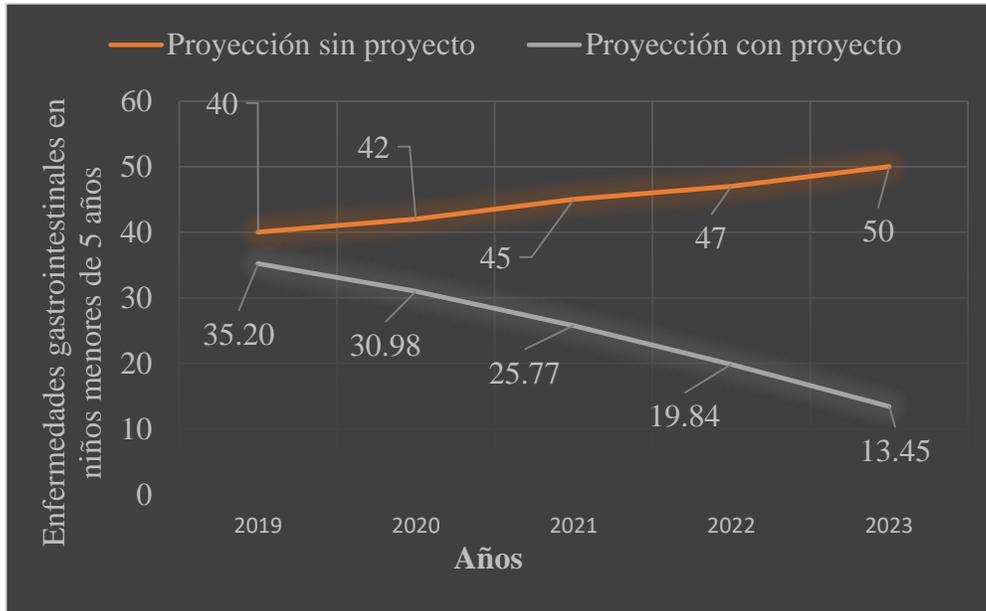
Cuadro 2: Estimación de la proyección con proyecto.

Cuadro 2: Estimación de la proyección con proyecto.				
Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje propuesto	Proyección con proyecto
6 (2021)	2021	40	4,80	35,20
7 (2022)	2022	42	4,22	30,98
8 (2023)	2023	45	5,20	25,77
9(2024)	2024	47	5,93	19,84
10 (2025)	2025	50	6,39	13,45

Cuadro 3: Comparativo sin y con proyecto.

Cuadro 3: Comparativo sin y con proyecto		
Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2021	40	35,20
2022	42	30,98
2023	45	25,77
2024	47	19,84
2025	50	13,45

Grafica 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; contemplando en los cinco años anteriores un incremento de 225 casos de enfermedades, 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 del plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, ya que obtendremos como resultado la reducción de 124 casos de enfermedades y se reduce en un 50% de lo estimado, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Marco Antonio López Paredes  
Edwin Eduardo Díaz Toledo

TOMO II

PLAN PARA INTRODUCCION DE AGUA POTABLE, EN ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ.



Asesor General: Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala noviembre 2020

Informe final de graduación

PLAN PARA INTRODUCCION DE AGUA POTABLE, ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ.



Presentado al honorable Tribunal examinador por:

Marco Antonio López Paredes

Edwin Eduardo Díaz Toledo

En el efecto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil

Universidad Rural de Guatemala

Faculta de Ingeniería

Guatemala noviembre 2020

Informe final de graduación

PLAN PARA INTRODUCCION DE AGUA POTABLE, ALDEA  
MANO DE LEÓN, JOCOTENANGO, SACATEPEQUEZ.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería

Universidad Rural de Guatemala

Faculta de Ingeniería

Guatemala noviembre 2020

Este documento fue presentado por los autores.

Previo a obtener el título universitario de Ingeniero  
Civil.

## **PRÓLOGO**

La mala calidad de agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez ha provocado el Aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años, durante los últimos 5 años.

Por tal razón la investigación; Plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, surge para la solución del problema.

La razón académica de la investigación es un requisito previo para obtener el título universitario de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciado, de acuerdo con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

## **PRESENTACIÓN**

Este estudio contiene la siguiente propuesta ‘Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez. Es producto de la investigación por estudiantes, en los meses de julio, a noviembre del año dos mil dieciocho como requisito para optar al título universitario de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciatura, conforme a los estudios de la Universidad Rural de Guatemala y la Facultad de Ingeniería Civil.

Se determinó la inexistencia de plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, lo que provocó el aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea durante los últimos 5 años.

Como medio de solución de la problemática se realizó la propuesta de un “Plan para introducción de agua potable en Aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez”.

	Índice	No. Pagina
<b>I. RESUMEN</b> .....		<b>1,5</b>
<b>II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>6</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>1,20</b>

## I. RESUMEN

A continuación, encontraremos la problemática que existe actualmente en la Aldea Mano de León Jocotenango Sacatepéquez por falta de un plan para introducción de agua potable.

Lo cual ha provocado enfermedades gastrointestinales de la población radica en mayor parte en niños menores de 5 años.

Al mismo tiempo el aumento de casos en enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años durante los últimos 5 años en la aldea.

Por lo cual se presenta el plan para introducción de agua potable para la problemática existente en la Aldea Mano de León Jocotenango Sacatepéquez.

### 1.1 Planteamiento del problema

El plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, se deriva al aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea durante los últimos 5 años.

Debido a la mala calidad de agua para consumo humano en aldea, y a la inexistencia de un plan para introducción de agua potable, más sin embargo existen dos nacimientos de agua los cuales cuentan con la aceptación según las pruebas bacteriológicas realizadas que se anexan en el capítulo dos.

Por lo anterior descrito a la problemática, resulta indispensable la creación de un Plan para introducción de agua potable en aldea, ya que carece de un sistema de distribución y captación de agua el cual beneficiaría en gran parte a los habitantes de

la aldea, el cual con lleva a la elaboración de un tanque de captación, distribución y una red de distribución de agua potable a las viviendas de los habitantes de la Aldea Mano de León, a falta de la inexistencia del mismo, por se propone un proyecto formal para la introducción de agua potable.

## **1.2 Hipótesis**

“El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano, se debe a la inexistencia de plan para introducción de agua potable.”

¿Será la inexistencia de plan para introducción de agua potable, la causante del aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano

## **1.3 Objetivo General**

Disminuir casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango.

### **1.3.1 Objetivo específico**

Mejorar la calidad del agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango.

## **1.4 Justificación**

El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, y la mala calidad de agua potable para consumo humano. Se considera fundamental la elaboración del Plan para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez y así mejorar su calidad de vida para sus habitantes.

## **1.5 Metodología**

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

### **1.5.1 Métodos**

Los métodos que se utilizaron cambiaron en relación en la formulación en la hipótesis y su comprobación.

Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el deductivo y fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, en el diagrama del árbol de problemas y objetivos que son parte del anexo de este documento.

Par la comprobación de la hipótesis el método utilizado fue el inductivo, que contó con el soporte de los métodos; estadístico, analítico, y sintético.

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

#### **Método deductivo**

Para la información de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales de la población en la aldea, a través de distintas técnicas las cuales están descritas, posteriormente se procedió a la formulación de la hipótesis.

### **Método del marco lógico**

Dicho método permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, definir el trabajo y tiempo en que se determinó para desarrollar la investigación, el diagrama de la hipótesis se encuentra en el anexo “1” o el árbol de problemas. Este método también permitió encontrar el objetivo general y específico de la investigación.

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

#### **Método inductivo**

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado fue el inductivo, con el cual se obtuvo resultados específicos de la problemática identificada, lo cual permitió diseñar conclusiones y premisas generales.

#### **Método estadístico y análisis**

Después de recabar la información descrita en las boletas de investigación, se procedió a tabularlas para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el de análisis, consiste en la Inter presentación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos obtenidos de la aplicación de las boletas de investigación para obtener como objetivo la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

#### **Método de síntesis**

Se utilizó este método para obtener las conclusiones y recomendaciones de dicho trabajo de investigación además para hacer posible la totalidad de la investigación con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

### **1.5.2 Técnicas empeladas para la formulación de la hipótesis**

#### **Técnica censal**

Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error. Para responder efecto se trabajó con 35 jefes de hogar para responder causa y diagnóstico de la problemática, se identificaron a 5 técnicos involucrados en el tema.

#### **Técnica de muestreo**

Se direccionó a obtener información sobre el efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se comprueba la hipótesis: “El aumento de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez, durante los últimos 5 años, provocado por mala calidad de agua para consumo humano, se debe a la inexistencia del plan para introducción de agua potable” con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error para el efecto y 100% del nivel de confianza y el 0% de error para problema central y causa.

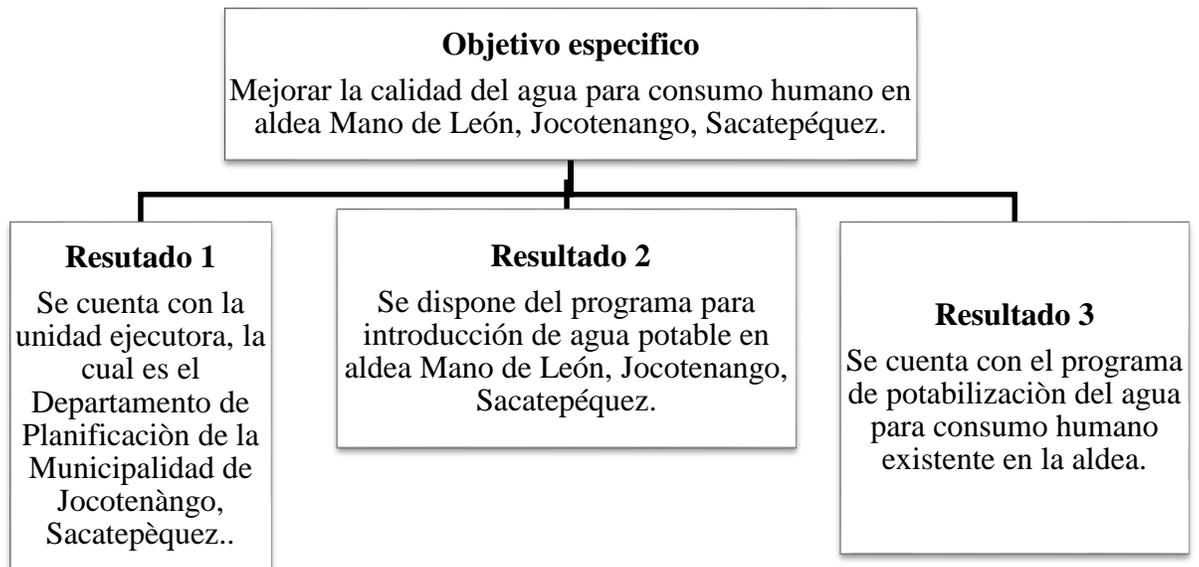
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del plan para la introducción de agua en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.

## ANEXOS

### Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática

A continuación, se desglosan los trabajos y actividades que se deben realizar para la introducción de agua potable como lo son; unidad ejecutora, estudio de impacto ambiental, diseño de la red, implementación de la red, topografía, movimientos de tierras, proceso de captación y purificación del agua.

### Medios para solucionar la problemática



**Resultado 1: Unidad Ejecutora;**

**Actividad 1:** Espacio físico; Se cuenta con 2 cuartos, que sirven como oficinas para reconcentrar todo el trabajo recopilado con respecto al plan para introducción de agua potable para la aldea.

**Actividad 2:** Material y equipo; Actualmente se cuenta con diversos inmuebles y herramientas las cuales nos facilitan el poder ejecutar el plan que se propone para resolver la problemática que presenta los cuales se mencionan; computadora, escritorios, mesas de trabajo, cinta métrica.

**Actividad 3:** Personal técnico; Se cuenta con la asesoría y apoyo de un Ingeniero Civil, secretaria, 2 técnicos expertos del tema a tratar.

**Actividad 4:** Gestión de recursos financieros; los trabajos serán realizados por personal capacitado y técnicos especializados en el tema de procesos de agua potable, por el cual la Municipalidad de Jocotenango Sacatepéquez.

**Resultado 2: Se dispone del programa para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez****Actividad 1: Estudio de Impacto Ambiental EIA. Desarrollo sostenible:**

Se requiere del EIA para evaluar los posibles efectos significativos del proyecto sobre el medio ambiente y que permita adaptar las decisiones adecuadas para prevenir y minimizar dichos efectos.

Es necesario la contratación de un profesional con conocimientos técnicos en es el tema relacionado con el EIA, que sepa gestionar los procesos para los avales y

permisos necesarios para la aprobación del proyecto ya que para toda obra que sea pública, de industria privada, etc. Se tienen que regir al marco legal por medio del decreto 68-86 que es la ley del mejoramiento del medio ambiente.

### **Actividad 2. Diseño de la red:**

El diseño consta con la instalación de tubería de PVC o HG (HG, tubería galvanizada) que distribuyen el agua en forma de ramales abiertos, circuito cerrado que saldrá desde un tanque de distribución hasta los puntos de toma, los cuales pueden ser; conexiones prediales, chorros para llenar cantaros entre otros. Para el diseño de la red de distribución se debe tomar en cuenta los diferentes procesos constructivos tales como lo son, caja de válvula con compuerta, cajas rompe presiones, pasos aéreos. Estos serán colocados según sea la topografía del terreno y datos que del criterio del diseño puedan surgir, dichos criterios para una red de distribución deben tomarse en cuenta los siguientes:

**Acción 1:** Carga disponible o diferencias de alturas entre el tanque de distribución y la última casa que se presente mediante el diseño en la red de distribución.

**Acción 2:** Capacidad para transportar el caudal de distribución.

**Acción 3:** Que la tubería tenga la capacidad de soportar presiones hidrostáticas como movimientos telúricos.

**Acción 4:** Considerar todas las capacidades de obra para que la red de distribución trabaje con buen funcionamiento.

**Acción 5:** La importancia de considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto.

**Acción 6:** Mantener la presión dinámica dentro del rango de 10 m.c.a (metro de columna de agua) como mínimo y de 40 m.c.a. como máximo.

**Acción 7:** La presión estática se recomienda mantenerla debajo de los 60 m.c.a.

**Actividad 3. Topografía;**

**Acción 1:** Medición: Determinar Azimut, Rumbo, Elevaciones, Cortes, ubicación del área de estudio.

**Acción 2:** Creación del plano de curvas a nivel: estas se realizarán con información colectada en la acción 1, de la actividad 3 y servirá para, el plano que debe realizarse en toda la extensión del área en estudio.

**Actividad 4. Movimiento de tierras:** En este proyecto por razones especiales se considera el movimiento de tierras:

**Acción 1:** Se procede la excavación, relleno y colocación de base.

**Acción 2:** Excavación de tubería de línea principal:

**Acción 3:** La excavación hecha a mano o con equipo mecánico, debe ser a trazos anchos y profundidades necesarias para la construcción de acuerdo a los planos y/o especificaciones, el ancho de la zanja debe ser tal que facilite el montaje de los tubos con el relleno y la compactación adecuada.

**Acción 4:** Las excavaciones no deben efectuarse con demasiada anticipación a la construcción para evitar derrumbes y accidentes, se dispondrán como mínimo 0.15 a 0.20 cm a cada lado de la tubería para poder realizar el montaje, la zanja debe ser lo más angosta posible dentro de los límites practicables y que permita el trabajo dentro de ella. Los puntos importantes en la realización del proyecto serán los siguientes;

**Acción 5:** Despeje: como condición preliminar todo el sitio de la excavación debe ser de corte abierto, será despejado de todas las obstrucciones existentes.

**Acción 6:** Tipos de excavación: estas se pueden producir en dos casos;

- 1) **autorizada:** cuando los materiales encontrados en la excavación a profundidades determinadas, no son las apropiadas tales como; terrenos sin compactar, terrenos con material orgánico, vegetales, que contengan basura u otros materiales fangosos.

2) **no autorizada:** cuando el constructor por negligencia ha excavado más allá de lo recomendado o más debajo de las líneas y gradientes fangosos. En ambos casos, el supervisor ordenará al constructor a llenar todo el espacio de la sobre excavación con un material debidamente acomodado y/o compactado, dicha orden debe quedar registrado en el libro de bitácora de la obra respectiva.

**Acción 7:** Se debe excavar 144 m<sup>3</sup>, la zanja tendrá una dimensión de 0.40 x 0.60 m<sup>3</sup> para el cual se necesitarán herramientas adecuadas para la ejecución de este trabajo y el traslado de material, se debe cuidar el material extraído que se coloque a 60 cm mínimo de la zanja, también se debe verificar la condición de estabilidad de la pared de zanja.

**Acción 8: Relleno de tubería principal:** Requisitos previos; Se tomarán las previsiones necesarias para la consolidación del relleno que protegerá a las estructuras enterradas, para efectuar un relleno compactado previamente el constructor deberá contar con la autorización del supervisor. El relleno podrá realizarse con el material de la excavación siempre que cumpla con las características establecidas para “Material selecto” y/o “Material seleccionado”, si el material de la excavación no fuese el apropiado se reemplazará por “Material de préstamo (Banco tepetate)” previamente aprobado por el supervisor en relación a sus características y procedencia.

**Acción 9:** La compactación: Para la ejecución de las estructuras complementarias el material para la formación del relleno será colocado en capas horizontales de 15 a 30 cm de espesor, debiendo abarcar todo el ancho de las secciones y ser esparcidas suavemente, los rellenos por capas horizontales deberán ser ejecutados en una longitud que haga factible los métodos usados de acarreo, mezcla, riego o secado y compactación, el constructor ejecutará los rellenos de tal manera que tengan en todo punto la rasante, el ancho y la sección transversal establecida en los planos.

**Acción 9: Compactación del primer y segundo relleno para instalación de tubería:** El primer relleno compactado que comprende a partir de la cama de apoyo de la tubería, hasta 0.30 mts por encima de la clave del tubo será de material selecto, este relleno se colocará en capas de 0.10 mts de espesor terminado compactándolo íntegramente con pisones manuales de 20 a 30 kg de peso, teniendo cuidado de no dañar la tubería.

El segundo relleno compactado, estará comprendido entre el primer relleno hasta el nivel superior del terreno y será de material seleccionado, se hará por capas no mayores de 0.10 mts de espesor compactándose con pisones manuales en forma de medición, el relleno de estructuras o cimientos se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y la unidad de medida, en el caso de obras lineales (tuberías) es el metro lineal (ml).

Para el relleno de la zanja se tendrá que compactar el suelo para que sea firme, estable y uniforme para la tubería con espesor mínimo de 10 cm de material como selecto libre de piedras manteniendo la pendiente del diseño y se debe compactar el material de encamado con un Proctor al 98%.

**Actividad 5 Implementación de la red:** Línea principal con tubería de 1 ½” el suministro y almacenamiento se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

**Acción 1:** Precaución para evitar cualquier daño a la tubería durante su transporte y su entrega hasta el lugar de la obra.

**Acción 2:** Extremo cuidado al cargar y descargar las tuberías y sus accesorios, reemplazar la tubería si durante el proceso de transporte y/o manipuleo ha sufrido algún daño. El almacenamiento de la tubería se hará sobre un piso nivelado con un bloqueo apropiado para evitar que la tubería ruede, colocando cuñas o estacas para bloquearlas horizontalmente, se deben almacenar las válvulas, accesorios,

empaquetaduras de las uniones de la tubería en un lugar fresco y protegido de la luz solar, calor, aceite o grasa.

**Requisitos previos:**

- a) Para la instalación se deberá ubicar longitudinalmente la tubería al lado de la zanja, en el lado opuesto donde se ha colocado el material excavado para protegerla del tráfico.
- b) Antes de proceder a su instalación deberá verificarse su buen estado conjuntamente con sus correspondientes accesorios o empaquetaduras.
- c) Durante la instalación, las tuberías deberán permanecer limpias en su interior en todo momento debe evitarse el ingreso de elementos extraños o tierra.
- d) Para la correcta colocación de las tuberías se utilizarán procedimientos y herramientas adecuadas.

**Acción 3: Instalación:**

- 1) **Montaje de los tubos:** el montaje de los tubos depende del tipo de material a usar, cada material tiene procedimientos establecidos que dependen del tipo de la unión.
- 2) **Curvatura de la tubería:** en los casos necesarios que se requiera darle curvatura a la tubería la máxima desviación permitida en ella se adecuara a lo especificado por el fabricante.
- 3) **Instalación de niples:** los niples de tubería sólo se permitirán en casos especiales tales como empalmes a los accesorios y válvulas, también en los cruces con servicio existentes.
- 4) **Profundidad:** el recubrimiento mínimo del relleno sobre la clave del tubo en relación con el nivel del terreno será de 0.80 mts, salvo se tenga tránsito vehicular en tal caso no deberá ser menor de 1 mts. 1) Cruces con servicios existentes; en los puntos de cruces con cualquier servicio existente, la separación mínima con la tubería de agua será de 0.20 mts, medida entre los planos horizontales tangentes respectivos, no se instalará ninguna línea de agua potable que pase a través o entre en contacto con ninguna letrina sanitaria ni con canales para agua de regadío.

**Acción 4: Prueba hidráulica y desinfección de tubería de agua a zanja tapada:**

**Generalidades:** la finalidad de las pruebas hidráulicas y de desinfección, es verificar que todas las partes de la línea de agua potable queden correctamente instaladas y probadas contra fugas y desinfectadas por lo tanto listas para prestar el servicio requerido. Las pruebas de las líneas de agua se realizarán en dos etapas; 1) prueba hidráulica a zanja abierta para tramos de la misma clase de tubería, 2) prueba hidráulica a zanja tapada y desinfección para todos los tramos en conjunto.

De acuerdo a las condiciones que se presenten en obra, se podrá efectuar por separado la prueba a zanja tapada de la prueba de desinfección, en la prueba hidráulica a zanja abierta sólo se podrá subdividir las pruebas de los circuitos o tramos cuando las condiciones de la obra no permitan probarlos por circuitos o tramos completos, debiendo previamente ser aprobados por el supervisor, de acuerdo al diámetro de la línea de agua y su correspondiente presión de prueba, se elegirá el tipo de bomba de prueba de preferencia la que pueda ser accionada manualmente, la bomba de prueba deberá instalarse en la parte más baja de la línea y de ninguna manera en las altas.

Para expulsar el aire de la línea de agua que se está probando, deberá necesariamente instalarse purgas adecuadas en los puntos altos, cambios de dirección y extremos de la misma, la bomba de prueba y los elementos de purga de aire se conectarán a la tubería mediante tapones con niples especiales de conexión, se instalarán como mínimo manómetros de rangos de presión apropiados preferentemente en ambos extremos de circuito o tramo a probar. El supervisor previamente al inicio de las pruebas, verificara el estado y funcionamiento de los manómetros ordenando la no utilización de los malogrados o los que no se encuentren calibrados.

**Acción 5: Prueba de tubería:** Antes de llenar las tuberías para probarlas, todos sus accesorios deberán estar previamente anclados y haber aplicado una primera capa de relleno compactado, debiendo quedar al descubierto todas las uniones, los bloques de anclaje tendrán un fraguado mínimo de siete días, los tubos observados deberán permanecer descubiertas durante la ejecución de la prueba.

**Resultado 3: programa de potabilización del agua para consumo humano de la aldea.**

**Actividad 1: Captación: Acometida domiciliar;** para los ramales que llegarán a las viviendas será conectados con tubería de diámetro ½” de PVC, con sus accesorios necesarios para garantizar la distribución de agua a cada hogar, para la colocación de la tubería de los ramales, se debe excavar 96 m<sup>3</sup>, la zanja tendrá una dimensión de 0.35\*0.55 para el cual se necesitarán herramientas adecuadas para la ejecución de este trabajo y el traslado del material. Para el relleno de la zanja se tendrá que compactar el suelo para que este sea firme, estable y uniforme para la tubería con espesor mínimo de 10 cm de material como selecto libre de piedras, manteniendo la pendiente del diseño en cada acometida domiciliar se tendrá que colocar llave de paso, válvula de cheque, abrazadera domiciliar de 1 ½” a ½” y caja de contador de cada vivienda, esta con su respectiva excavación será colocada 365 ml de tubería para los ramales.

**Actividad 2 Cloración:** El dosaje de cloro aplicado para la desinfección será de 50 ppm (Partes por millón), es una unidad de medida en la cual se determina la medida de sustancia), el tiempo mínimo del contacto del cloro con la tubería será de 4 horas, en el periodo de desinfección todas las válvulas y otros accesorios serán operadas repetidas veces para asegurar que todas sus partes entren en contacto con la solución del cloro, después de la prueba el agua con cloro será totalmente eliminada de la tubería e inyectándose con agua de consumo hasta alcanzar 0.5 ppm de cloro como residual.

Para la desinfección se podrá usar hipoclorito de calcio con una concentración del 30%, para la adición de estos productos se usará una proporción de 5% de agua del volumen a desinfectar para diluir el hipoclorito de calcio determinándose las cantidades a utilizar mediante la siguiente fórmula;

$$P = 0.1 * C * V / \% \text{ Cloro}$$

Donde:

P = peso requerido de hipoclorito en gramos

C = concentración aplicada en ppm, o mg/l.

% Cloro = porcentaje de cloro libre en el producto, en nuestro caso 30%

V = volumen de la instalación a desinfectar en litros.

## Anexo 2: Matriz de la Estructura Lógica

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Disminuir casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años de aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.</p>	<p>Se reduce en 64% el total de los casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años, cuando finalicen 3.5 años de la propuesta.</p>	<p>Registros mensuales del área de salud. Encuestas a familias.</p>	<p>El área de salud implementa acciones concretas de verificación del estado de salud de los niños menores de 5 años. Implementa también jornadas de desparasitación semestrales. Se implementan jornadas de capacitación a pobladores en el tema de métodos de purificación de agua para consumo humano.</p>
<p><b>Objetivo específico:</b></p> <p>Mejorar la calidad del agua para consumo humano en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.</p>	<p>Finalizados los 5 años de la propuesta, el 90 % de los pobladores cuentan con mejor calidad de agua para</p>	<p>Encuestas a pobladores; fotografías de la calidad del agua. Estudios de calidad de agua. Reportes</p>	<p>La municipalidad de Jocotenango implementa el programa de control y verificación mensual de control de calidad de agua para consumo humano.</p>

	consumo humano.	mensuales municipales.	Se implementa también el programa de purificación del agua para consumo humano en la fuente de origen.
<b>Resultado 1:</b>			
Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Planificación de la Municipalidad de Jocotenango, Sacatepéquez.			
<b>Resultado 2:</b>			
Se dispone del programa para introducción de agua potable en aldea Mano de León, Jocotenango, Sacatepéquez.			
<b>Resultado 3:</b>			
Se cuenta con el programa de potabilización del agua para consumo humano existente en la aldea.			

Fuente: Díaz, E.; López, M.; agosto 2020

### **Anexo 3: Plan de trabajo de trabajo**

Consiste en el diseño del sistema de agua potable por gravedad, para la aldea Mano de León Jocotenango, que beneficiara a una población actual de 155 habitantes.

Este sistema contara con dos principales partes que son las siguientes, la línea de conducción con una longitud aproximada de 1.5 km, que consiste en conducir el agua desde la captación de los dos nacimientos de brote definido, a través de tuberías que llevarán válvulas de aire, limpieza, cajas rompe presiones, y seguidamente de un tanque de distribución de 18.5 m<sup>3</sup> de volumen. Luego en una red abierta de distribución que parte desde el tanque hacia cada casa por medio de ramales, siendo conducida el agua por medio de tuberías de PVC.

#### **1.1 Levantamiento topográfico**

En la topografía para acueductos debe de contener dos métodos principales la planimetría y altimetría.

**Planimetría:** consiste en la proyección del terreno sobre un plano horizontal que se utiliza el método de conservación de azimut.

**Altimetría:** esta consiste en las diferencias de nivel entre puntos de un terreno.

El listado del equipo que se utilizó en la topografía fue la siguiente:

- a) Teodolito de precisión
- b) Cinta métrica de 60 mts
- c) Estadal
- d) Plomada
- e) GPS

## 1.2 Periodo de diseño

En este caso se estimó, un periodo de diseño de 20 años, además se debe tomar en cuenta un tiempo adicional por gestiones administrativas o financieras de aproximadamente de un año, así tomando como periodo un total de 21 años

### Crecimiento de población

Para calcular la cantidad de la futura población, hay que tomar en cuenta el método geométrico, ya que esta toma como base los datos del último censo y la tasa de crecimiento de población del municipio,

$$Pf = Pa (1+i)^{(N+n)}$$

Donde;

Pf = población futura

Pa = población actual

i = tasa de crecimiento

N = periodo de diseño

n = período adicional por gestiones de administración

Población actual Pa = 155 Hab.

Tasa de crecimiento i = 2.5%

Periodo de diseño N = 20 años

Periodo adicional n = 1 año

$$Pf = 155 * (1+0.025)^{(20+1)} = 260 \text{ Hab.}$$

### **1.3 Fuentes de agua**

En este caso serán aguas superficiales ya que serán de dos nacimientos, es importante recalcar que estos nacimientos se caracterizan por ser cristalinas y fuera de bacterias bacteriológicas que puedan dañar a la población.

#### 1.4 Aforo de nacimiento

El método utilizado para el aforo del nacimiento fue el volumétrico, en el cual se realizaron tres mediciones a los dos nacimientos. Se tomó como resultado el promedio de las mismas, el cual se obtuvo como caudal del aforo total de 0.55 L/s

**Tabla I. Datos obtenidos del aforo del nacimiento**

<b>Nacimiento No.1 Aldea Mano de León</b>	
Volumen (Galones)	8.00
Tiempo 1 (Seg.)	55.10
Tiempo 2 (Seg.)	59.85
Tiempo 3 (Seg.)	57.25
Caudal de aforo (Gal/s.)	0.10
Caudal de aforo (L/s.)	0.35
<b>Nacimiento No. 2 Aldea Mano de León</b>	
Volumen (Galones)	8.000
Tiempo 1 (Seg.)	108.65
Tiempo 2 (Seg.)	110.55
Tiempo 3 (Seg.)	115.85
Caudal de aforo (Gal/s.)	0.07
Caudal de aforo (L/s.)	0.11

#### 1.5 Calidad del agua

Los resultados obtenidos sobre la calidad del agua del nacimiento ubicado en la Aldea Mano de León Jocotenango, fueron realizados por el centro de salud en el municipio de Jocotenango, lo cual indica que el nacimiento si es apto para el consumo humano, los resultados están basados a través del análisis bacteriológico.

## 1.6 Dotación

Es la cantidad de agua que se necesita para cada persona que utiliza durante el día según las actividades que realice, en la población debe cubrir todas las necesidades según así lo requieran, se expresa generalmente en litros/habitantes/por día (L/Hab/día).

La dotación se usa en función al uso y consumo del agua utilizada por las personas debido al clima de su localidad, también se requiere en sus diferentes actividades en el diario vivir, para estimar su dotación fue necesario entrevistar a los pobladores de la aldea para poder cuantificar la cantidad de agua consumida en las actividades diarias por ellos, así determinando los siguientes datos.

**Tabla II. Uso y consumo del agua en actividades varias**

<b>Actividad</b>	<b>Consumo estimado</b>
Consumo humano	3 L/Hab/día
Alimentos	4 L/Hab/día
Utensilios de cocina	3 L/Hab/día
Aseo de casa	4 L/Hab/día
Lavado de ropa	12 L/Hab/día
Higiene personal	10 L/Hab/día
Actividades varias	22 L/Hab/día
Consumo total estimado	55 L/Hab/día

Del consumo calculado, se podrá obtener la dotación necesitada tomando en cuenta las especificaciones o criterios que sirven de apoyo, a continuación, se describe detalladamente.

**Tabla IV Dotación por habitantes**

<b>Dotación (L/Hab/día)</b>	<b>Sistemas de abastecimiento</b>
De 30 a 40	Pozo excavado y bomba manual
De 40 a 50	Llena cántaros en clima frio
De 50 a 60	Llena cántaros en clima cálido
De 60 a 80	Conexión predial en clima frio
De 80 a 100	Conexión predial en clima cálido
De 100 a 150	Conexión domiciliar en clima frio
De 150 a 200	Conexión domiciliar en clima cálido
De 200 a 250	Colonias residenciales, urbanas.

La dotación que se utilizará en el plan para introducción de agua potable en la Aldea Mano de León Jocotenango será de 80/L/Hab/día.

#### **Factor de día máximo (F.D.M.)**

Es el factor porcentual que está en función de la población a servir;

- Poblaciones menores a 1000 habitantes se utiliza un factor de 1.8
- Poblaciones mayores a 1000 habitantes se utiliza un factor de 1.2

El factor que se utilizara para este diseño será del 1.2, ya que el caudal de producción es muy pequeño y un factor muy alto sobrepasaría el caudal.

#### **Factor de hora máximo (F.H.M.)**

Es un incremento porcentual que está en función al tamaño de la población en la siguiente forma.

- Poblaciones menores a 1000 habitantes se utiliza 2.5
- Poblaciones mayores a 1000 habitantes se utiliza 1.8

Para este proyecto utilizaremos el factor máximo de 1.8, ya que el caudal de producción es pequeño, y si utilizaríamos un factor muy alto sobrepasaría este caudal.

## 1.7 Caudales de diseño

### Caudal medio diario

Es el promedio de los consumos diarios de agua realizados por una población durante un periodo de registro de un año, en L/s.

Formula;

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{población futura (l/s.)}}{86400}$$

$$Q_m = \frac{100 \text{ L/Hab/día} * 260 \text{ Hab}}{86400}$$

$$Q_m = 0.300 \text{ L/s.}$$

### Caudal máximo diario

Es el caudal de máximo consumo de agua que puede haber en 24 horas en una población, en el lapso de un año es afecto dicho factor por el cual su valor obtenido se utiliza para realizar un diseño de línea de conducción el cual se representa en la siguiente fórmula;

$$Q_c = Q_m * F.D.M. \quad (\text{L/s})$$

$$Q_c = 0.300 \text{ L/s.} * 1.2$$

$$Q_c = 0.36 \text{ L/s.}$$

### **Caudal de hora máximo**

Es el caudal de máximo consumo de agua en una hora del día de la población, por el cual se afecta el factor de hora máxima y el valor que se obtiene se usa para el diseño de la red de distribución.

$$Q_d = Q_m * F.H.M. \text{ (L/s)}$$

$$Q_d = 0.300 \text{ L/s.} * 1.8$$

$$Q_d = 0.54 \text{ L/s.}$$

### **1.8 Factor de gasto**

Este factor es el cual representa el consumo de agua por vivienda, y el por el cual el factor de hora máxima, se distribuye en los tramos que forman la red de distribución, en este se obtiene de la división del caudal de hora máxima entre el número total de conexiones prediales futuras.

$$FG = Q_d / \text{No. Total, de viviendas actuales (l/s)}$$

$$FG = 0.54 / 35 = 0.015 \text{ L/s.}$$

$$FG = Q_d / \text{No. Total, de viviendas futuras (l/s)}$$

$$FG = 0.54 / 70 = 0.0077 \text{ L/s.}$$

### **1.9 Diseño de la línea de conducción**

Se caracteriza como la tubería que puede ser de P.V.C. ò H.G. que sale desde la caja de captación o de una caja captadora de caudales hacia el tanque de distribución, el cual dependerá de la topografía del terreno para determinar la válvula de limpieza y de aire, pasos aéreos y caja rompe-presiones.

Para la línea de conducción por gravedad debemos de tener en cuenta los siguientes criterios;

- a) Carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- b) Capacidad para transportar el caudal de conducción.
- c) Tipo de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- d) Considerar todas las obras necesarias para el buen funcionamiento del sistema.
- e) Consideración de diámetros mínimos para optimización de gastos del proyecto.
- f) Presión dinámica se recomienda tenerla debajo de 60 m.c.a.
- g) La presión estática se recomienda debajo de los 80 m.c.a.

En el diseño de conducción en este proyecto utilizaremos la fórmula establecida por Hazen-Williams.

$$H_f = \frac{1743.811141 * L * Q_c^{1.85}}{D_i^{4.87} * C^{1.85}}$$

$$V = \frac{1.973525241 * Q_c}{D_i^2}$$

Donde;

$H_f$  = pérdida de carga (m)

$V$  = velocidad (m/s.)

$L$  = longitud de la tubería más un factor del 3% por la topografía del terreno (m).

$Q_c$  = caudal de día máximo, o caudal de conducción (l/s).

$D_i$  = diámetro interno de tubería.

$C$  = coeficiente de rugosidad, para PVC se usará 150 y para HG 100.

### 1.10 Este diámetro teórico se encuentra los diámetros comerciales de

D comercial = ½” = 0.5” el diámetro interno es;  $D_i = 0.716$ ”

D comercial = ¾” = 0.75” el diámetro interno es;  $D_i = 0.926$ ”

El diámetro que utilizaremos para este diseño será el comercial de ¾”;  $D_i = 0.926$ ”

Obteniendo HF =  $(1743.81141 * 250 * 0.55^{1.85} / (0.926^{4.87} * 150^{1.85})) = 19.76$  m

### 1.11 Diseño de tanque de captación y de distribución

La función principal satisfacer las necesidades de demanda de agua potable para los habitantes de la aldea y así garantizar la demanda cuando se encuentre alguna interrupción del servicio en la línea de conducción.

El volumen del tanque está en función de varios factores los cuales se clasifican en;

- a) Almacenar y distribuir el agua
- b) Compensar variaciones de consumo diario
- c) Almacenar agua en horas de poco consumo
- d) Almacenar agua para no interrumpir el servicio por reparaciones en la línea de conducción.

Es recomendable que el volumen del tanque sea de un parámetro del 25 al 40 % del caudal medio diario. Dado que el caudal es pequeño se necesario utilizar el 80% para asegurarnos que durante las horas de consumo mínimo el tanque se llene y supla cualquier necesidad, incluyendo si se necesiten de nuevas conexiones durante el procedimiento del diseño sin alterar el mismo.

$$1.12 V \text{ tanque} = PF * \text{dotación} * FDM * FV$$

$$V \text{ tanque} = \frac{PF * \text{dotaciòn} * FDM * FV}{1000}$$

Donde;

V tanque = Volumen del tanque de distribución

PF = Población futura

FDM = Factor de día máximo

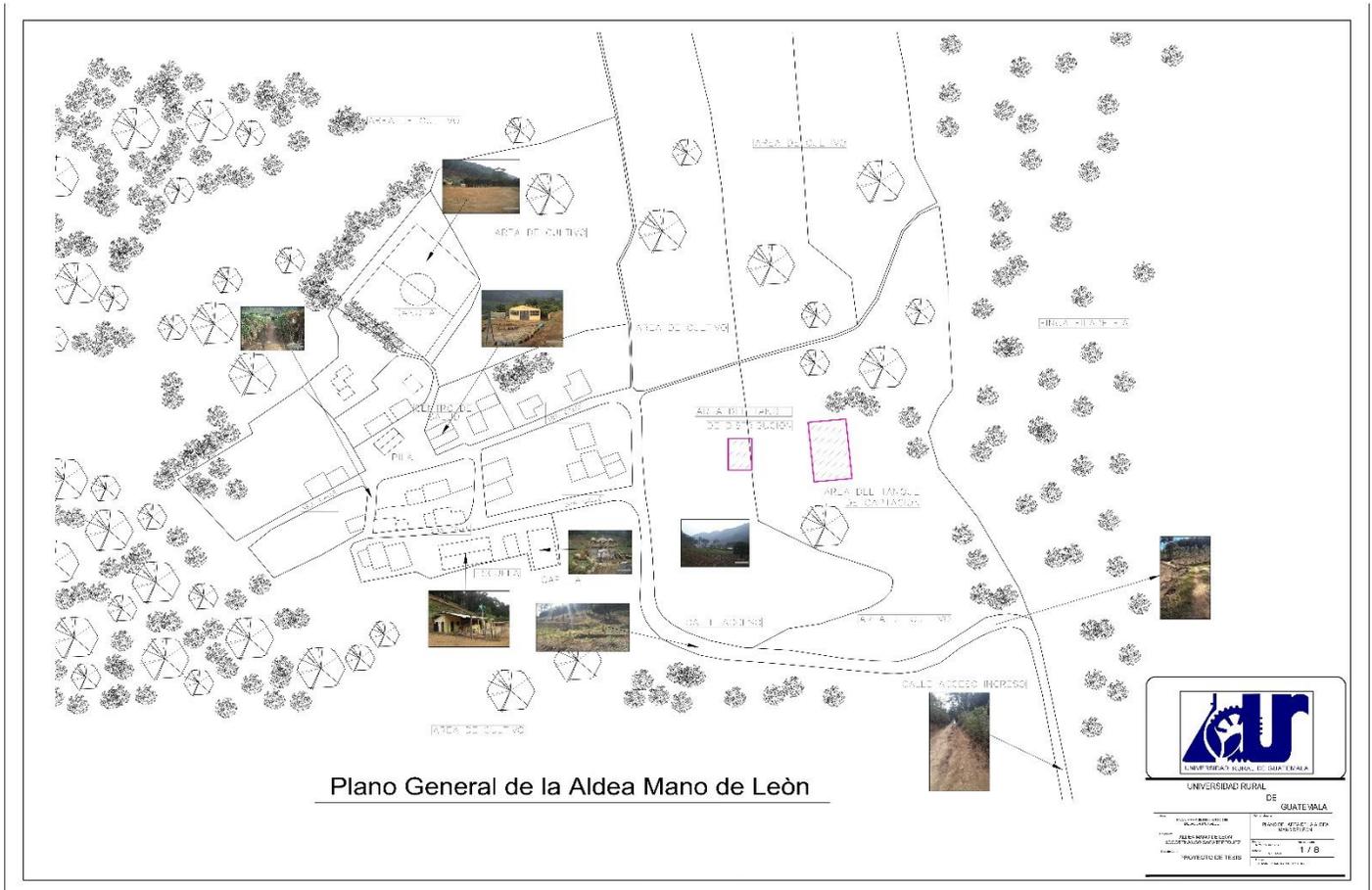
FV = Factor de volumen

$$V \text{ tanque} = \frac{260 \text{ Hab} * 100 \text{ L/Hab/día} * 0.80}{1000} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ tanque} = 20.8 \text{ m}^3 = 21.0 \text{ m}^3$$

**Anexo 4: Otros anexos: Planos**

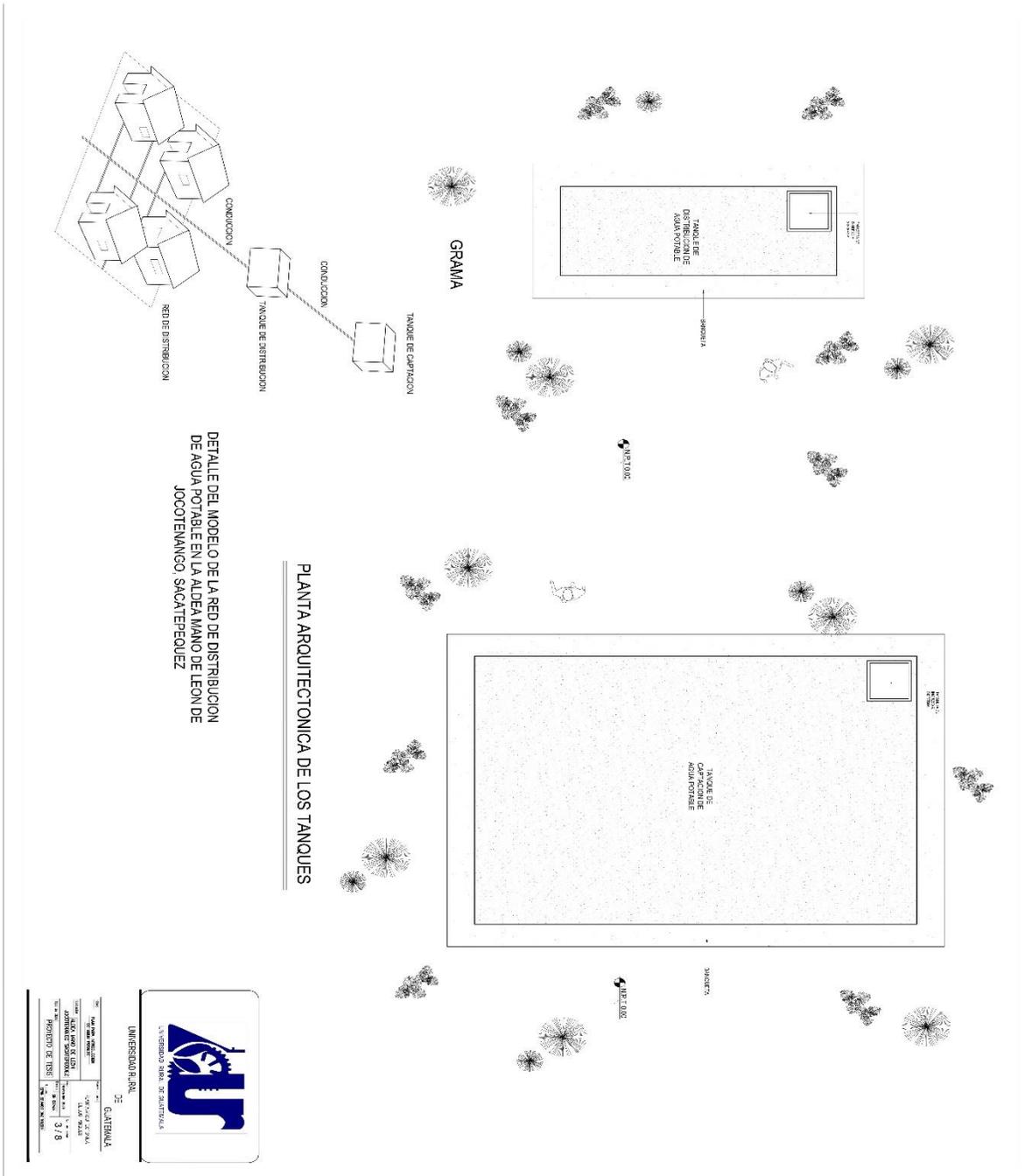
**Plano 1: AREA DE LA ALDEA MANO DE LEON.**



Fuente: Díaz, E.; López, M., diciembre 2020



### Plano 3: PLANTA ARQUITECTONICA DE LOS TANQUES

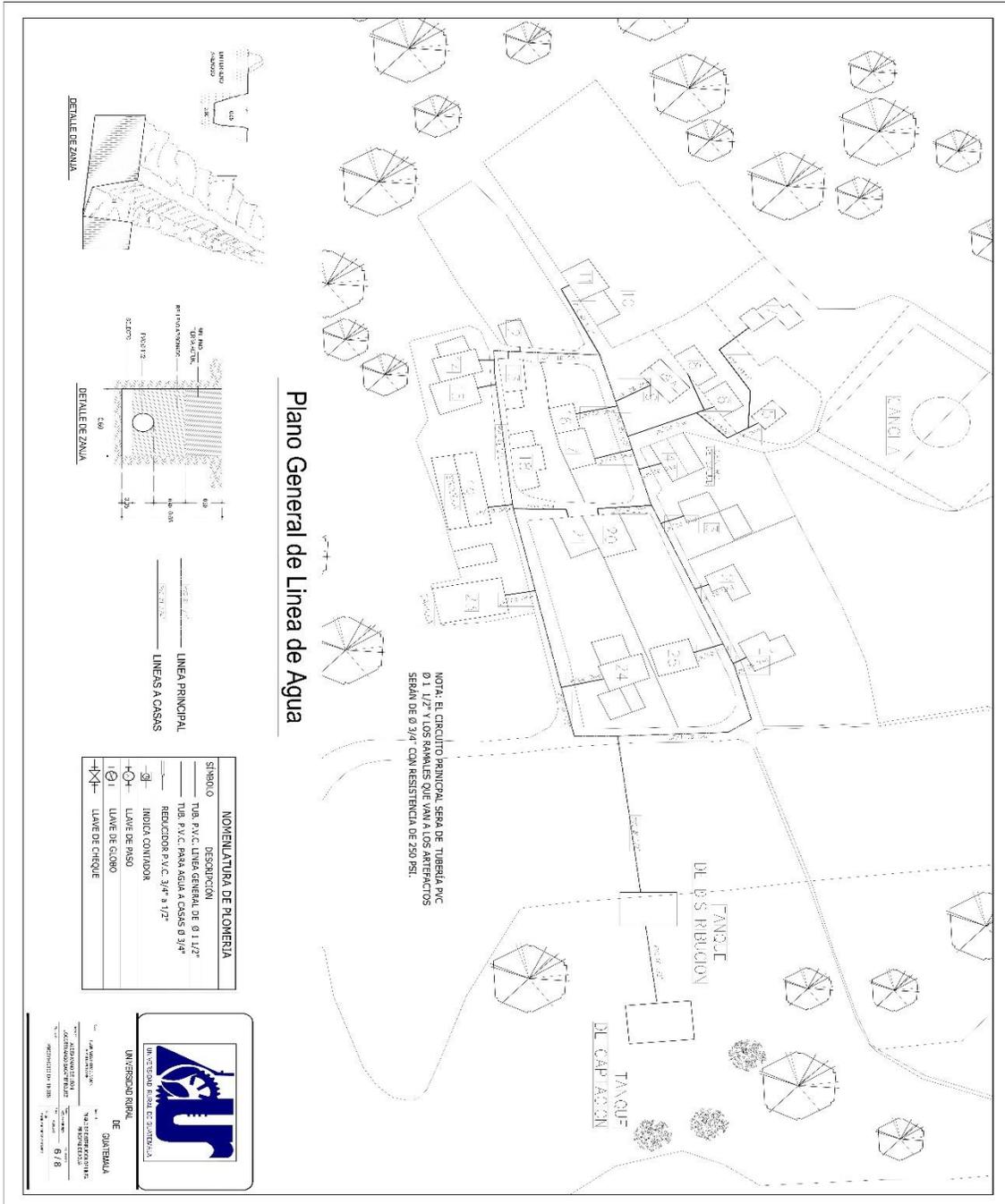


Fuente: Díaz, E.; López, M.; diciembre 2020



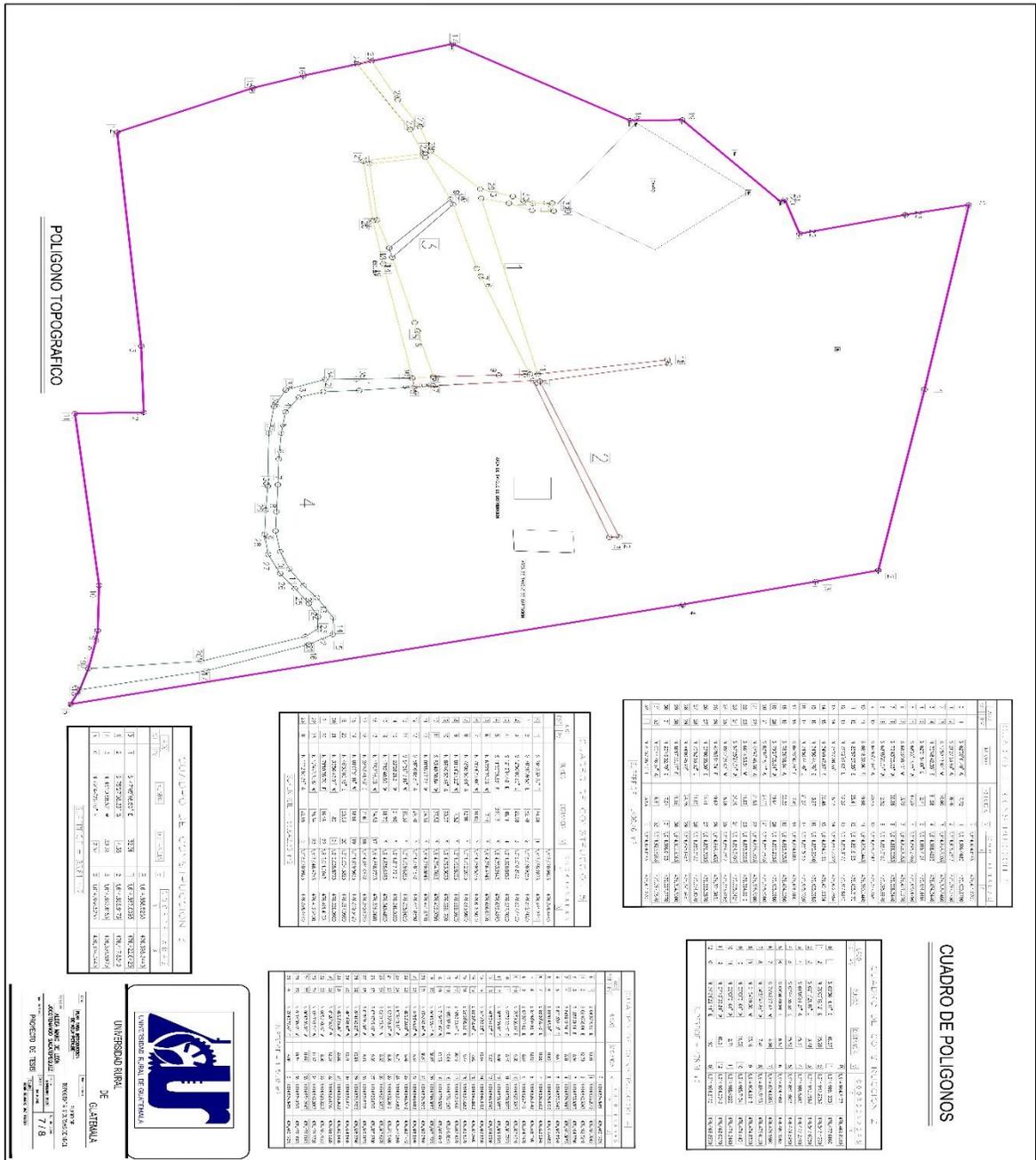


# Plano 6: PLANO DE DISTRIBUCION DE LINEA PRINCIPAL DE AGUA



Fuente: Díaz, E.; López, M.; diciembre 2020

# Plano 7: PLANO TOPOGRAFICO DE LA ALDEA MANO DE LEON



Fuente: Díaz, E.; López, M.; diciembre 2020



## Anexo 4: Ajuste de costo y tiempos

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FISICA FINANCIERA																		
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE																		
No.	Reglón	Cantidad	Unidad	Precio/Unitario	TOTAL	%	MES 1				MES 2				MES 3			
							1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	PRELIMINARES	1	global	Q 10.000,00	Q 10.000,00	3,03	Q 10.000,00											
2	EXCAVACION DE TUBERIA DE LINEA PRINCIPAL	1	global	Q 45.000,00	Q 45.000,00	13,64	Q 45.000,00											
3	RELLENO DE TUBERIA PRINCIPAL	120	MS	Q 294,73	Q 35.000,00													
4	LINEA PRINCIPAL TUBERIA DE 1/2"	1	global	Q 75.000,00	Q 75.000,00	22,73		Q 75.000,00										
5	ACOMETIDA DOMICILIAR	1	global	Q 40.000,00	Q 40.000,00	12,12			Q 13.333,33		Q 26.666,67							
6	TANQUES DE CONCRETO ARMADO	2	global	Q 100.000,00	Q 100.000,00	30,30					Q 100.000,00							
7	SISTEMA DE CLORACION	1	global	Q 25.000,00	Q 25.000,00	7,58			Q 7.142,86		Q 14.285,71		Q 3.571,43					
<b>TOTAL</b>					<b>Q 330.000,00</b>	<b>100,00</b>												
Inversión mensual									Q 150.476,19		Q 140.952,38		Q 3.571,43					
Inversión mensual acumulada									Q 150.476,19		Q 291.428,57		Q 295.000,00					
Inversión mensual en %									45,60%		42,71%		1,08%					
Inversión mensual acumulada en %									45,60%		88,31%		89,39%					

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FISICA FINANCIERA																		
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE																		
No.	Reglón	Cantidad	Unidad	Precio/Unitario	TOTAL	%	MES 1				MES 2				MES 3			
							1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	PRELIMINARES	1	global	Q 10.000,00	Q 10.000,00	3,03	Q 10.000,00											
4	EXCAVACION DE TUBERIA DE LINEA PRINCIPAL	1	global	Q 45.000,00	Q 45.000,00	13,64	Q 45.000,00											
5	RELLENO DE TUBERIA PRINCIPAL	1	global	Q 35.000,00	Q 35.000,00	10,61	Q 35.000,00											
6	LINEA PRINCIPAL TUBERIA DE 1/2"	1	global	Q 75.000,00	Q 75.000,00	22,73	Q 75.000,00											
7	ACOMETIDA DOMICILIAR	1	global	Q 40.000,00	Q 40.000,00	12,12	Q 13.333,33		Q 26.666,67									
8	TANQUES DE CONCRETO ARMADO	2	global	Q 100.000,00	Q 100.000,00	30,30				Q 100.000,00								
9	SISTEMA DE CLORACION	1	global	Q 25.000,00	Q 25.000,00	7,58	Q 7.142,86		Q 14.285,71		Q 3.571,43							
<b>TOTAL</b>					<b>Q 330.000,00</b>	<b>100,00</b>												
Inversión mensual									Q 185.476,19		Q 140.952,38		Q 3.571,43					
Inversión mensual acumulada									Q 185.476,19		Q 326.428,57		Q 330.000,00					
Inversión mensual en %									56,20%		42,71%		1,08%					
Inversión mensual acumulada en %									56,20%		98,92%		100,00%					

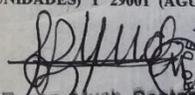
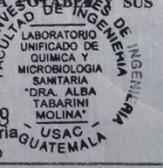
Fuente: Díaz, E.; López, M., diciembre 2020

### Anexo 5: Presupuesto general:

PRESUPUESTO					
ALDEA MANO DE LEÓN JOCOTENANGO SACATEPEQUEZ					
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PRELIMINARES	1,00	global	10.000,00	Q 10.000,00
2	EXCAVACION DE TUBERIA DE LINEA PRINCIPAL	1,00	global	45.000,00	Q 45.000,00
3	RELLENO DE TUBERIA PRINCIPAL	1,00	global	35.000,00	Q 35.000,00
4	LINEA PRINCIPAL TUBERIA DE 1/2"	1,00	global	75.000,00	Q 75.000,00
5	ACOMETIDA DOMICILIAR	1,00	global	40.000,00	Q 40.000,00
6	TANQUES DE CONCRETO ARMADO	2,00	global	100.000,00	Q 100.000,00
7	SISTEMA DE CLORACION	1,00	global	25.000,00	Q 25.000,00
<b>MONTO TOTAL</b>					<b>Q 330.000,00</b>

Fuente: Díaz, E.; López, M., diciembre 2020

**Anexo 6: Ensayo de calidad de agua de la Aldea Mano de León, noviembre 2017:**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
O.T. No. 36 958		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO	
INTERESADO: <b>STEPHANIE BRENDA LISSETTE MOLINA AJ,</b> Registro académico 2010 20958		PROYECTO: <b>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO SANITARIO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>	DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u>	No. 10236	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Mano de León</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-10-30; 10 h 20 min.</u>	INF. No. 27 184	
FUENTE: <u>Pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2017-10-30; 12 h 10 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>Jocotenango</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>Sacatepéquez</u>			
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>18 °C</u>	
2. COLOR: <u>08,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>232,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>01,95 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,51 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>109,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	19,24	6. CLORUROS (Cl)	13,50
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,019	7. MAGNESIO (Mg)	13,15
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	39,70	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	27,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03
5. MANGANESO (Mn)	00,006	10. DUREZA TOTAL	102,00
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	56,00	56,00
OTRAS DETERMINACIONES <u>AMONÍACO 0.02 mg/L.</u>			
<b>OBSERVACIONES:</b> Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.			
<b>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.</b>			
Guatemala, 2017-11-15			
Vo.Bo. Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz DIRECTOR CI/USAC		Zorón Much Santos Ing. Químico Col. No. 430 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	
FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC- Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt			

### Anexo 6.1: Ensayo de calidad de agua de la Aldea Mano de León, noviembre 2017:



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

No. **10237**

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

**O.T. No. 36958**

**INF. No. A - 363799**

<p><b>INTERESADO</b> <u>STEPHANIE BRENDA LISSETTE MOLINA A.J.</u> <small>Registro académico 201020958</small></p>	<p><b>PROYECTO:</b> <u>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO SANITARIO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO IOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ"</u></p>
<p><b>MUESTRA RECOLECTADA POR</b> <u>Interesada</u></p>	<p><b>DEPENDENCIA:</b> <u>FACULTAD DE INGENIERIA, USAC</u></p>
<p><b>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:</b> <u>Aldea Mano de León</u></p>	<p><b>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:</b> <u>2017-10-30; 10 h20 min.</u></p>
<p><b>FUENTE:</b> <u>Pozo</u></p>	<p><b>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:</b> <u>2017-10-30; 12 h10 min.</u></p>
<p><b>MUNICIPIO:</b> <u>Jocotenango</u></p>	<p><b>CONDICIONES DE TRANSPORTE:</b> <u>Con refrigeración</u></p>
<p><b>DEPARTAMENTO:</b> <u>Sacatepéquez</u></p>	
<p><b>SABOR:</b> <u>-----</u></p>	<p><b>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN</b> <u>No hay</u></p>
<p><b>ASPECTO:</b> <u>Clara</u></p>	<p><b>CLORO RESIDUAL</b> <u>-----</u></p>
<p><b>OLOR:</b> <u>Inodora</u></p>	

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

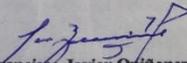
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
<b>RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm<sup>3</sup></b>		> 16 000	> 16 000

**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

**OBSERVACIONES:** Bacteriológicamente el agua **NO ES POTABLE**, según norma COGUANOR NTG 29001.

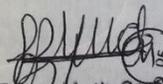
Guatemala, 2017-11-15

Vo.Bo.

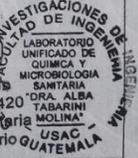


**Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz**  
DIRECTOR CII/USAC





**Zanon Much Sangre**  
Ing. Químico Col. No. 220  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>