



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA ZONA 12 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

**Rudy José García Erazo**

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, julio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA ZONA 12 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**RUDY JOSÉ GARCÍA ERAZO**

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

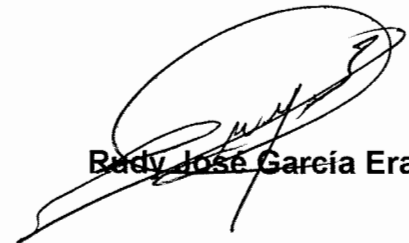
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordoñez Hernández
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de noviembre de 2011.



**Rody José García Erazo**

Guatemala,  
13 de mayo de 2013

Ingeniero  
**Francisco Javier Quiñónez de la Cruz**  
Jefe de la Unidad de Investigación de Ingeniería Civil  
Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad de San Carlos de Guatemala

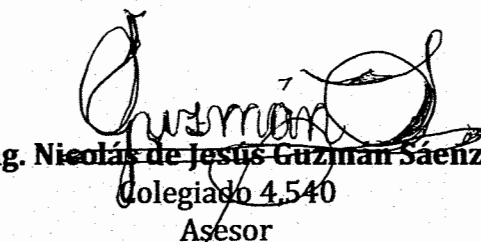
Ingeniero Quiñónez.

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de Asesor, he revisado el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, desarrollado por el estudiante universitario **Rudy José García Erazo**.

El trabajo en mención cumple con los requisitos que exige la Facultad, en consecuencia con los objetivos y contenidos en su programación, por lo que recomiendo continuar con los trámites normales para su aprobación.

Sin otro particular me despido atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



**Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Saenz**  
Colegiado 4,540  
Asesor

MSc. Nicolás Guzmán  
Ingeniería civil y Sanitaria, Col. 4540

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 20 de mayo de 2013

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

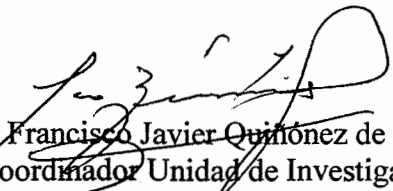
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Evaluación del consumo de agua potable en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala en los años 2008-2010”**, realizado por el estudiante universitario **Rudy José García Erazo**, quien contó con la asesoría del M.Sc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **García Erazo** cumple con los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

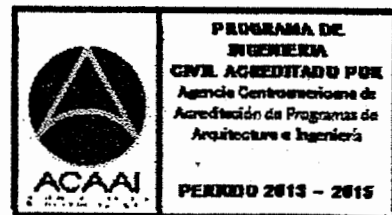
  
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Coordinador Unidad de Investigación  
Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cc archivo

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
 Escuela de Ingeniería Civil

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz y del Coordinador de la Unidad de Investigación, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Rudy José García Erazo, titulado **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

*Hugo Leonel Montenegro Franco*  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2013.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 466.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, presentado por el estudiante universitario **Rudy José García Erazo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 2 de julio de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios**                                          Todopoderoso, por darme la vida y dejarme cumplir una de mis más grandes metas.
- Mi padre**                                      Venancio García, que en paz descanse y Dios lo tenga en su gloria, siempre el escuchar como fuiste en tu vida me inspiraste para llegar a ser una gran persona y conseguir mis sueños.
- Mi madre**                                      Urbina Erazo, que ha sido padre y madre para mí desde que tengo 9 años, me diste tu apoyo y amor incondicional para que pudiera lograr esta meta.
- Mis hermanos**                                Walter Trigueros, Sandra Trigueros, Lucy Trigueros, Lilian Flores, Eduardo Flores, Juan García, Hervy, García, Nohemí García, Sandra García, Maribel García, porque aunque no estuvieron a mi lado durante esta etapa de mi vida, sé que siempre tuve su apoyo.
- Mis amigos**                                    Christian Castellanos, Raúl Juárez, Ángel Pivaral, Dilia Choc, Aroldo Choc, Sonny Rodas por su apoyo incondicional en todo momento y brindarme su amistad.

**Mis compañeros**

Martin Velázquez, Allan Mejía, Oscar Esquivel, Francisco Castellanos, Romeo Tobar, Pablo Bautista, Oscar Montes, Cecilia de León, Nathalie Moran, Rodrigo Ruiz, Julio Linares, Luis Lepe, por compartir conmigo toda mi estadía en la universidad apoyándonos sin condición.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi casa de estudios y brindarme las condiciones necesarias para llevar a cabo este logro y darme la capacidad para ser un profesional de bien.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por apoyarme en cada etapa de mi formación profesional.
<b>Ing. Nicolás Guzmán</b>	Por ser más que mi catedrático y asesor, una gran persona y ejemplo a seguir, por aconsejarme en etapas difíciles de la última parte de mi carrera.
<b>Ing. Javier Quiñónez</b>	Por su sencillez y confianza que demuestran que es una persona muy valiosa para formar buenos profesionales.
<b>Ing. Fernando Salazar</b>	Por la confianza depositada en mí, en el campo de trabajo de ingeniería civil.
<b>Ing. Leonel Sánchez</b>	Por permitirme aprender de él conocimientos eficientes para el desempeño de obras del área de ingeniería civil.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA .....	1
1.1. Ubicación y accesos.....	1
1.2. Monografía .....	4
1.2.1. Historia.....	4
1.2.2. Datos demográficos y crecimiento poblacional.....	7
1.2.3. Actualidad.....	9
2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA .....	11
2.1. Antecedentes de la cobertura 2008-2010.....	11
2.2. Problemática del consumo en 2008-2010 .....	11
2.3. Entes encargados del abastecimiento de agua potable .....	13
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
4. RESULTADOS .....	19
4.1. Descripción de las plantas de tratamiento de agua potable ....	19

4.1.1.	Planta de tratamiento Lo de Coy .....	19
4.1.2.	Estación de bombeo Ojo de Agua-Diamante .....	22
4.1.3.	Red de distribución.....	23
4.2.	Datos obtenidos de los entes encargados de la suministración del agua potable a la zona 12.....	24
4.3.	Datos obtenidos de las encuestas realizadas. ....	27
4.3.1.	Muestra para la encuesta.....	28
4.3.2.	Resultados de la encuesta .....	29
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	35
5.1.	Análisis estadístico de empresas que suministran agua potable a la zona 12 .....	35
5.2.	Análisis estadístico de la encuesta.....	40
5.2.1.	Domiciliar.....	40
5.2.2.	Sector comercial.....	41
5.2.3.	Sector industrial.....	42
6.	DISCUSIÓN .....	45
6.1.	Domiciliar.....	45
6.2.	Comercial .....	46
6.3.	Industrial.....	48
6.4.	Discusión de resultados .....	49
	CONCLUSIONES.....	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57
	APÉNDICE .....	59

ANEXOS ..... 75



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	División territorial mapa del municipio de Guatemala.....	1
2.	Mapa de la zona 12 y sus calles principales .....	2
3.	Encuesta para la recolección de los datos de campo .....	17
4.	Ubicación planta Lo de Coy.....	22
5.	Ubicación planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante.....	24
6.	Consumo de agua durante 2008 .....	35
7.	Cantidad de usuarios durante 2008 .....	36
8.	Consumo de agua durante 2009 .....	36
9.	Cantidad de usuarios durante 2009 .....	37
10.	Consumo de agua durante 2010 .....	37
11.	Cantidad de usuarios durante 2010 .....	38
12.	Consumo de agua durante 2011 .....	38
13.	Cantidad de usuarios durante 2011 .....	39
14.	Medidas de tendencia central para servicio domiciliar .....	45
15.	Medidas de tendencia central para servicio comercial .....	47
16.	Medidas de tendencia central para servicio industrial .....	49
17.	Consumo medio de agua por servicio (encuesta) .....	51

### TABLAS

I.	Densidad de población en la zona 12 basada en los últimos censos realizados en Guatemala .....	8
----	------------------------------------------------------------------------------------------------	---



II.	Tasa de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 12 de la ciudad de Guatemala.....	8
III.	Número de viviendas en la zona 12 (13,6 km <sup>2</sup> ).....	8
IV.	Cantidad de usuarios y consumo de agua potable en la zona 12 de la ciudad capital durante 2008-2011 .....	25
V.	Consumos y usuarios para 2008 .....	25
VI.	Consumos y usuarios para 2009 .....	26
VII.	Consumos y usuarios para 2010 .....	26
VIII.	Consumos y usuarios para 2011 .....	27
IX.	¿Cuenta usted con servicio de agua potable?.....	30
X.	¿El servicio de agua potable que usted recibe es? .....	30
XI.	¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?.....	31
XII.	¿Cuánta agua consume en promedio durante un mes? .....	31
XIII.	¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua? .....	31
XIV.	¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua? .....	32
XV.	¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda? .....	32
XVI.	¿A cuántas personas abastece de agua potable?.....	32
XVII.	¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuantos pozos tiene y a qué profundidad encontró agua? .....	33
XVIII.	¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?.....	33
XIX.	¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos? .....	33
XX.	Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> , sector domiciliario, encuesta .....	41
XXI.	Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> , sector comercial, encuesta .....	42
XXII.	Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> , sector industrial, encuesta .....	43
XXIII.	Medidas de consumo de agua en m <sup>3</sup> .....	44
XXIV.	Promedio por usuario según EMPAGUA.....	50

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Hp</b>	Caballos de fuerza
<b>CA-9</b>	Carretera Interamericana
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Fórmula del agua
<b>gal</b>	Galones
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>km</b>	Kilometro
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l</b>	Litro
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m<sup>3</sup> /día</b>	Metro cúbico por día
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>min</b>	Minuto
<b>P<sub>10</sub></b>	Percentil 10
<b>P<sub>2.5</sub></b>	Percentil 2,5
<b>P<sub>95</sub></b>	Percentil 95
<b>P<sub>97.5</sub></b>	Percentil 97,5
<b>s</b>	Segundo
<b>UNT</b>	Unidades nefelometricas de turbiedad



## GLOSARIO

<b>Agua potable</b>	Agua con propiedades que la hacen sanitariamente segura para el consumo humano.
<b>Consumo</b>	Gasto determinado de algún bien; acción de consumir.
<b>DINEL</b>	Directorio Nacional de Empresas y sus Locales.
<b>EMPAGUA</b>	Empresa Municipal de Agua.
<b>Escasez</b>	Poquedad, mengua de una cosa o falta de lo necesario para subsistir.
<b>Geodesia</b>	Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de gran parte de él, y construir los mapas correspondientes.
<b>Hacienda</b>	Finca rural, generalmente para crianza de ganado.
<b>Latitud</b>	Es la distancia angular entre la línea ecuatorial, el ecuador y un punto determinado del planeta, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto angular. Según el hemisferio existente latitud norte y sur.

<b>Pozo</b>	Orificio o túnel vertical perforado en la superficie de la tierra, hasta una profundidad suficiente que se busca, normalmente una reserva de agua subterránea.
<b>Red de distribución</b>	Es el conjunto de tuberías de diferente diámetro, por el cual circula agua, para abastecer a una población.
<b>Sedimentación</b>	Es la separación de las partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción de la gravedad.
<b>Usuario</b>	Cada uno de los clientes de EMPAGUA que cuentan con un contador para controlar su gasto de agua.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, contiene información recopilada de la empresa encargada del agua potable en la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), datos bibliográficos referentes a dicha zona y además una encuesta realizada en el lugar. La empresa que suministra de agua a esta zona, solo tiene registro por servicios, no existe información por tipo de consumo (domiciliar, comercial e industrial), he ahí la importancia de una investigación de campo que permita establecer patrones de uso y consumo del agua potable a través de análisis estadísticos.

El consumo de agua potable en la ciudad de Guatemala no cuenta con un ente regulador, únicamente se lleva un control de cuánta agua consume cada usuario, sin importar la cantidad que sea y no tomando en cuenta si es para el sector industrial, comercial o domiciliar, por lo tanto surge la necesidad de hacer el presente trabajo, el cual forma parte de la investigación macro que realiza la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT).

Entre los resultados más importantes que se lograron obtener, se puede mencionar que el consumo promedio de los datos obtenidos por la empresa distribuidora en comparación con los datos obtenidos de la encuesta, es muy parecido en cuanto al sector domiciliar se refiere, sin embargo, en los sectores; comercial e industrial es mucho mayor, esto podría ser debido a que en la zona 12 se encuentra el mayor número de industrias de toda la ciudad, y también tiene un área bastante grande en cuanto a comercios, por ende el consumo en dichos sectores es bastante alto.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar del consumo de agua potable en la zona 12 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010.

### **Específicos**

1. Determinar y evaluar cómo se suministra y distribuye el agua potable en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, estimando el volumen que se consume en dicha zona.
2. Determinar la fuente que abastece la zona 12.
3. Establecer los usos del agua en la zona 12.
4. Describir la situación actual y futura de la distribución y consumo de agua potable en la zona 12 de la ciudad de Guatemala.





## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para el ser humano y Guatemala por su topografía y ubicación geográfica, cuenta con ríos y lagos aprovechables para la purificación y consumo del recurso, asimismo también está el agua subterránea que es la mayor fuente y de mejor calidad, de la cual se abastece el país.

En Guatemala la contaminación y los descuidos del ser humano por falta de una ley que regule el suministro de agua, están ocasionando la escasez del recurso hídrico, ya que los ríos están siendo utilizados para disposición de desechos sólidos sin tratamiento alguno, lo cual hace que esta agua se vuelva no apta para el consumo humano.

El trabajo de graduación: Evaluación del consumo de agua potable en la zona 12 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010, es una investigación que se enfoca en conocer las fuentes de abastecimiento, el suministro, consumo y usos del agua potable en dicha zona. En los últimos años ha existido una creciente demanda del consumo de agua potable, derivado del crecimiento de la población y otros factores que inciden de manera puntual. Este problema conlleva a buscar una solución a través de realizar un estudio que permita establecer los diferentes usos del vital líquido.

Se realizó una investigación que describe la zona a través de una recopilación de información bibliográfica y de campo referente al lugar, ubicación y accesos. Las fuentes que abastecen de agua a esta zona son 2, una de origen superficial que capta el agua de los ríos Xaya y Pixcaya y otra

subterránea que extrae agua de un sistema de pozos. Las plantas de agua potable que suministran el vital líquido a dicha zona, son las siguientes: Lo de Coy y Ojo de Agua-Diamante.

Se efectuó una encuesta y la muestra se dividió en consumo domiciliar, comercial e industrial, la cual proporciona información puntual del consumo de agua potable, por ejemplo; horas de servicio, consumo, días con que cuentan con el servicio y otros, todos los factores que influyen en el consumo del agua potable, ya que dichos resultados permiten una comparación con los datos que se obtuvieron de los entes encargados del suministro de agua a la zona, mediante un análisis estadístico descriptivo. Para ser más específico, se hace la comparación de la fluctuación de los consumos entre la encuesta y la empresa encargada del suministro de agua potable para la zona, con el fin de determinar si existe un déficit, superávit o consumo normal de agua potable, de acuerdo a las dotaciones establecidas.

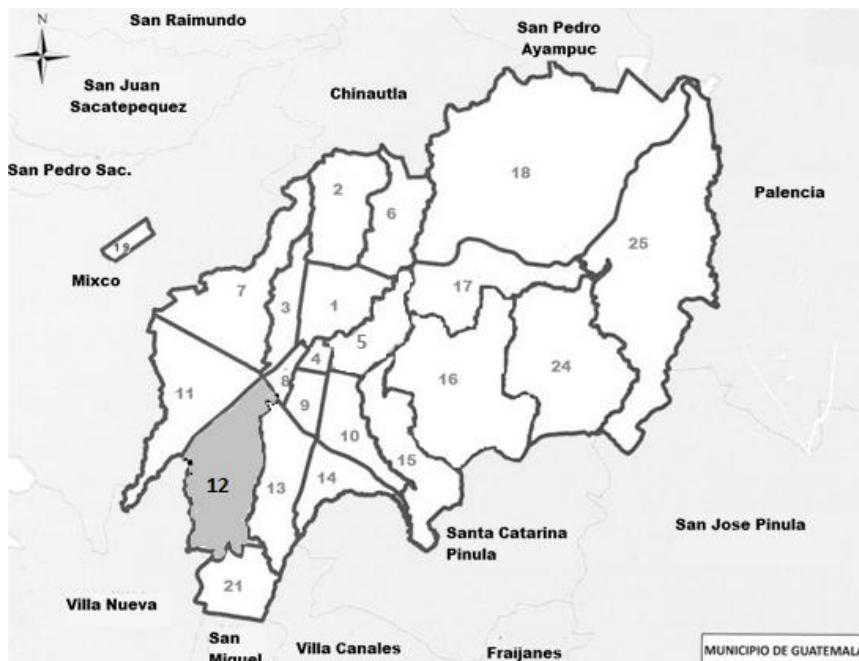
Este trabajo es de suma importancia, ya que proporciona información que sirva para la resolución de problemas futuros referente al consumo de agua potable; y forma parte de la investigación macro que realiza la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT).

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

## 1.1. Ubicación y accesos

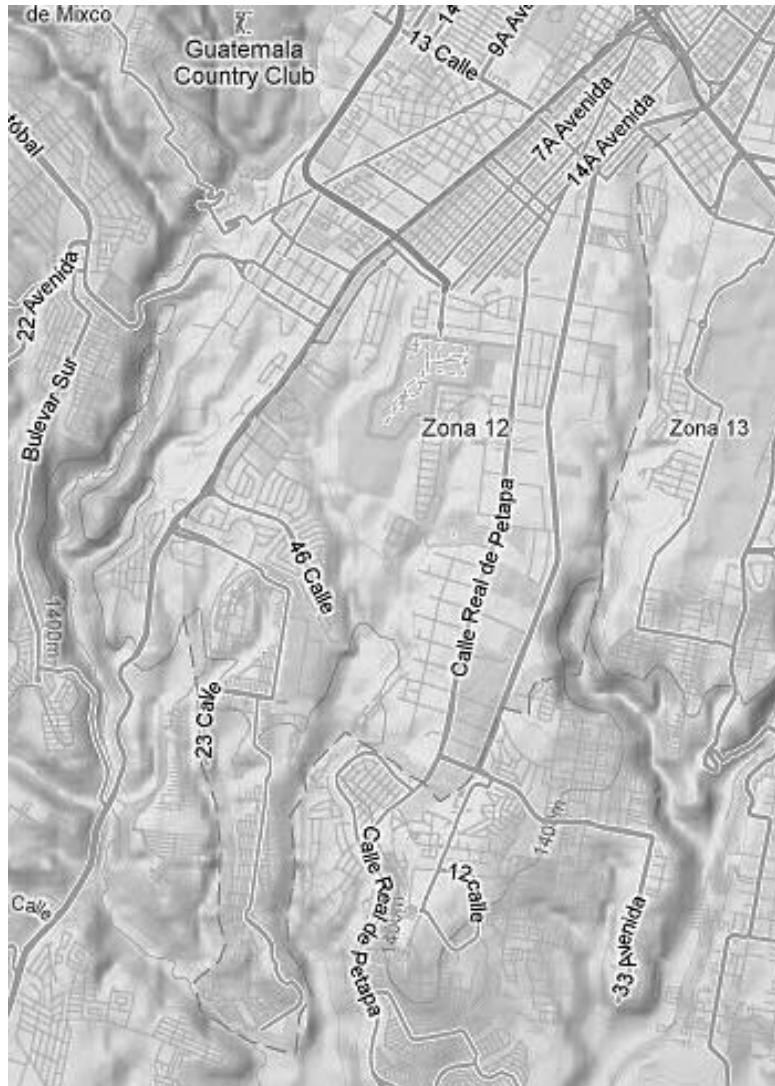
El centro de la ciudad de Guatemala está actualmente en un período de recuperación, especialmente el paseo de la 6ta. avenida. Paulatinamente la población local se ha retirado del mismo el cual ha quedado nada más para actividades educativas, políticas y turísticas.

Figura 1. División territorial mapa del municipio de Guatemala



Fuente: Unidad de información de la Municipalidad de Guatemala expediente N. 194296-11, extracto del archivo de la Dirección de Catastro y Administración del IUSI.

Figura 2. **Mapa de la zona 12 y sus calles principales**



Fuente: Unidad de información de la Municipalidad de Guatemala expediente N. 194296-11, extracto del archivo de la Dirección de Catastro y Administración del IUSI.

Tiene como colindancias al norte El Trébol, al sur la zona 21 y a Ciudad Real, al este la zona 13 y al oeste a Villa Nueva y la zona 11 sobre la Calzada Raúl Aguilar Batres.

La zona 12 se encuentra limitada a partir de la intersección de la calzada Raúl Aguilar Batres, y el lindero sur de la lotificación El Carmen, el cual constituye el límite del municipio; por medio de este límite, constituido por el riachuelo que pasa entre la Ciudad Universitaria y los colegios Monte María y Liceo Javier, y siempre aguas abajo por la quebrada El Frutal donde continua por la vía férrea al norte de la lotificación Ciudad Real I, siguiendo hacia el norte dicha vía férrea hasta su encuentro con el camino que conduce a la colonia Guajitos, camino que se seguirá hacia esa población procurando circunvalar este por medio de sus límites poniente y norte, para tomar más adelante la avenida que pasa al poniente de la lotificación Lomas de Pamplona hasta su intersección con la 8ª calle de la zona 12 (antigua calle del Asilo de Ancianos); dicha calle se seguirá hasta el poniente encontrando la avenida inmediata y anterior de la vía férrea.

Por medio de esta avenida que se conocerá como 18 avenida de la zona 12 hacia el norte, hasta alcanzar dicha vía férrea, la que también a su vez se recorrerá hasta llegar al bulevar Tecun Umán el que se seguirá hasta el poniente a la calzada Raúl Aguilar Batres y por medio de esta, hasta alcanzar el punto de origen de la descripción.

La calzada Raúl Aguilar Batres que se localiza entre las zonas 11 y 12, tiene una longitud aproximada de 4 kilómetros sobre esta zona y en total hasta el inicio de la cuesta de Villa Lobos, tiene 7,2 kilómetros, otra de las arterias principales que atraviesa casi en su totalidad esta zona es la Calle Real de Petapa, conocida como la avenida Petapa o simplemente La Petapa, la cual tiene una longitud de 6,5 kilómetros hasta la colonia Ciudad Real que pertenece a la zona 12 del municipio de Villa Nueva.

La Alcaldía Auxiliar está dirigida a la fecha por la alcaldesa Edna Mix de Aguirre. Los alguaciles titulares son Miguel Ángel de León, Victoria Sacalxot, Mireya Coronado, Julio Zepeda y Hortencia Charuj, y la coordinadora del distrito es la licenciada Natalia González. La sede de esta Alcaldía Auxiliar se encuentra ubicada en la 16 avenida 19-76, zona 12, tercer piso, edificio Petapa.

## **1.2. Monografía**

En la antigua garita de El Guarda Viejo, situada al sudoeste del cantón La Paz, principiaban 3 caminos carreteros, uno de los cuales se dirigía, hacia el oeste, a los departamentos de occidente, pasando por Mixco; otro, hacia el sudoeste, buscando los municipios de Villa Nueva y Amatitlán; y el tercero, hacia el sur, conducía al pueblo de Petapa. Este último recorre, todavía, una gran parte del barrio llamado La Reformita.

### **1.2.1. Historia**

En la antigua garita de El Guarda Viejo, situada al sudoeste del cantón La Paz, principiaban tres caminos carreteros, uno de los cuales se dirigía, hacia el oeste, a los departamentos de occidente pasando por Mixco; otro, hacia el sudoeste, buscando los municipios de Villa Nueva y Amatitlán; y el tercero, hacia el sur, conducía al pueblo de Petapa. Este último recorre, todavía, una gran parte del barrio llamado La Reformita.

La Revolución Liberal de 1871, movimiento político liderado por los generales Miguel García Granados y Justo Rufino Barrios, también llamado El Reformador, propició la puesta en marcha de una serie de decisiones sociopolíticas y económicas que tendieron a llevar a cabo la modernización del estado, entre las cuales se pueden mencionar: la reforma agraria (producción y

exportación del café, principalmente); las reformas al sistema financiero; las reformas al sistema educativo; la abolición del censo eufiteútico y la política de venta y distribución de baldíos, y otras.

La política liberal emprendida por Justo Rufino Barrios y Miguel García Granados (1871-1885) continuó siendo ejecutada durante los gobiernos de Manuel Lisandro Barillas (1885-1892) y José María Reyna Barrios (1892-1898). Por ejemplo, durante el período de este último, se llevó a cabo un proyecto más osado de urbanización en la ciudad de Guatemala. A él se debe la jardinería y embellecimiento de la urbe, la colocación de monumentos y estatuas conmemorativas, así como el trazado de calzadas y bulevares, entre los que destacan el paseo de La Reforma y el diseño urbano más regulado de los barrios o cantones de La Exposición, actualmente en la zona 4; Tívoli, zona 9, y La Reformita, zona 12.

Específicamente, refiriéndose a La zona 12, 10 años después de haber sido otorgado El Barrio la Reformita por Justo Rufino Barrios a milicianos y personas sin vivienda, no se habían realizado todavía trabajos de saneamiento básico, ni habían calles totalmente trazadas. Por esa razón, durante el gobierno de Reyna Barrios, el cantón fue incluido dentro del proyecto macro de urbanización y se dividieron los terrenos en manzanas uniformes, al mismo tiempo que se diseñó avenidas con un ancho de 12 metros y banquetas de 2,50 metros. De ese modo, el nombre que recibe el cantón es una extensión del Paseo de La Reforma, y por eso el barrio urbano asentado hacia el sur de la ciudad, en el cantón de La Paz, en 1883, recibió el nombre de barrio La Reformita.

El barrio La Reformita se encuentra ubicado al sur de la capital y lo atraviesan, de norte a sur, 2 ejes vertebrales de la ciudad de Guatemala. Por un



lado, se encuentra la avenida de Petapa, antes Calle Real de Petapa, que comunicaba por ese lado sur a la capital, directamente desde el municipio de San Miguel Petapa.

Los límites territoriales sobre los cuales se ha emplazado el barrio La Reformita, en la zona 12, se encuentran demarcados en lo que antiguamente se conocía como cantón de La Paz. Hacia el norte tiene sus colindancias comprendidas desde El Trébol y Diagonal 12, bulevar Liberación; hacia el este, con los linderos de la Calzada Raúl Aguilar Batres; al oeste limita con la 19 calle de la zona 12; y hacia el sur con el Anillo Periférico.

Las tierras donde se ubica actualmente este barrio correspondían a una fracción de la hacienda Las Charcas, que el general Justo Rufino Barrios compró al señor Tadeo Piñol y Batres por la cantidad de 16 000,00 pesos. Los terrenos fueron repartidos entre gente necesitada de vivienda y algunos milicianos.

La avenida Petapa, antes Calle Real de Petapa que vio pasar infinidad de viajeros a pie o en caballo en tiempos antiguos, al igual que la calzada Raúl Aguilar Batres que comparte transmetro con la zona 11, y la Novel Calzada Atanatzio Tzul, con su trazo paralelo a la línea del tren, conforman las rutas de comunicación que soportan el paso del transporte pesado y producto de la intensa actividad industrial que caracteriza a esta zona.

El barrio La Reformita, colonia que ocupa gran parte de la zona 12, una de las más importantes por su uso residencial, lleva su nombre en honor a Justo Rufino Barrios, El Reformador quien promovió junto a Miguel García Granados la modernización de la ciudad.

Entre sus colonias sobresalen: La Reformita, Miles Rock, El Carmen, Santa Rosa, Santa Elisa, Villa Sol, San Carlos, Eureka y Cedros.

En esta zona se encuentra un número considerable de calles cerradas por los vecinos y a las cuales se les ha colocado garita, tal como se presenta en la siguiente lista.

Colonia El Carmen:	sus calles cerradas, pagan seguridad y poseen garita.
Colonia San Carlos:	solamente son 2 calles y tienen cerrado con portón.
Colonia Villa Sol:	tienen cerrado y con garita de seguridad.
Colonia Vientos del Valle:	tienen cerradas sus calles y garita de seguridad.
Colonia Los Cedros:	tienen garita de seguridad en la colonia, pero un paso peatonal que conduce al asentamiento El Tamarindo que da a la zona 21, les da muchos problemas.
Colonia Eureka:	a diferencia de las demás colonias, los vecinos se cuidan unos a otros y muchos tienen sistemas de alarma.

### **1.2.2. Datos demográficos y crecimiento poblacional**

Para antes de 1950, la zona 12 únicamente contaba con 822 habitantes, la saturación en el centro de la ciudad empujó a los habitantes a buscar un crecimiento espacial que para los sectores medios y pobres las opciones fueron en donde hoy existen las zonas 7, 11 y 12. Para el 2002 en el cual se realizó el último censo poblacional era de 43 398 habitantes.

Tabla I. **Densidad de población en la zona 12 basada en los últimos censos realizados en Guatemala**

<b>Año</b>	<b>Densidad hab/km<sup>2</sup></b>
1950	1 529
1964	4 365
1973	5 274
1981	4 559
1994	4 425
2002	4 568

Fuente: elaboración propia.

Contando con un área habitable de 9,5 kilómetros cuadrados.

Tabla II. **Tasa de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 12 de la ciudad de Guatemala**

<b>Período</b>	<b>Tasa</b>
1950-1964	7,5
1964-1973	2,1
1973-1981	-1,8
1981-1994	-0,2
1994-2002	0,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Número de viviendas en la zona 12 (13,6 km<sup>2</sup>)**

<b>Año</b>	<b>No. de Viviendas</b>
1964	7 471
1973	8 021
1981	9 678
1994	9 374
2002	11 448

Fuente: elaboración propia.

Para el censo del 2002 según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la zona 12 contaba con un total de 11 448 viviendas, de las cuales 10 106 contaban con servicio de agua potable, lo cual equivale a un 88,28 por ciento y para el censo de 1994 se contaba existían 9 374 viviendas, de las cuales 8 340 contaban con el servicio de agua potable, lo cual equivale a un 88,96 por ciento.

### **1.2.3. Actualidad**

Esta zona cuenta con un área aproximada calculada sobre los planos 1:15000, de 12 340 metros cuadrados equivalentes a 1 738 manzanas, las que pueden ser 27 caballerías más o menos.

En los últimos años se ha podido observar un crecimiento industrial significativo en esta zona, que puede darse por varias razones:

- Terrenos amplios.
- Accesos adecuados, expeditos y anchos para cualquier clase de transporte.
- Vecindarios definidos en cuanto al uso del suelo.
- Oferta disponible.
- Cercanía y ubicación.

La mayoría de bodegas está sobre terrenos grandes que pueden satisfacer cualquier necesidad. Accesos intercomunicados a varias arterias principales con calles en buen estado y sin muchas restricciones.

En el vecindario se encuentra definido el uso del suelo industrial, de manera que no se tienen vecinos que protesten o pongan denuncias en cuanto

a ruidos, olores, vibraciones u otro tipo de molestias que un sector industrial provoca.

A la par de la línea del tren se encuentra la calzada Atanatzio Tzul, la cual ha permitido un mejor flujo de tránsito vehicular, esto ha provocado que los terrenos alrededor de la misma empiecen a tener una mejor participación en el mercado inmobiliario industrial.

En esta zona, hay colonias residenciales para diferentes clases socioeconómicas, así como el desarrollo de uno de los sectores industriales de mayor importancia de la ciudad de Guatemala.

También está la Universidad de San Carlos de Guatemala, la línea del tren del sector sur, el IRTRA, un cementerio y muchas fábricas, bodegas, almacenadoras, maquiladoras entre otros.

## **2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

### **2.1. Antecedentes de la cobertura 2008-2010**

Es necesario mencionar y hacer énfasis que antes de realizar esta investigación, no existía información que hiciera énfasis en el consumo de agua potable por sectores para dicha zona y tampoco se pudo observar que las empresas distribuidoras estuvieran interesadas en realizar algún tipo de estudio y regular el consumo para que este sea equitativo.

En la ciudad de Guatemala existen 2 empresas distribuidoras, las cuales son: la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), que es la que suministra a la mayoría de servicios de esta zona, esta cuenta con un registro del consumo de agua potable por usuarios y todo lo concerniente a las fuentes de abastecimiento, la red de distribución, tarifas y otros. Sin embargo, no hace distinción alguna del tipo de usuarios o sectores, únicamente lleva un control de cuanto consume cada uno de ellos. La otra empresa distribuidora es Agua Mariscal, la cual es una empresa privada, para efectos de la realización de este trabajo, no se tomó en cuenta, ya que no distribuye agua a la zona 12.

### **2.2. Problemática del consumo en 2008-2010**

La zona 12 de la ciudad de Guatemala, es una de las mayores consumidoras de agua, debido a que es la que cuenta con mayor número de industrias del municipio, pero también es una zona con un gran sector residencial en sus colonias y comercial en sus calles y bulevares principales,

por lo cual la distribución de agua es bastante desigual ya que las grandes industrias son las mayores consumidoras y esto genera uno de los grandes problemas, del porque no se puede controlar el consumo de agua potable, ya que las industrias cuentan con pozos perforados que se encuentran dentro de su propiedad y tienen la disposición para gastarla sin llevar un control que permita establecer cuanta se consume y cuál es el impacto ambiental que esto ocasiona.

El incremento de la población también es uno de los factores importantes que afectan el consumo del vital líquido, ya que la población aumenta cada día más y más, y las empresas distribuidoras se ven en la necesidad de interrumpir el servicio por sectores o colonias en ciertos días de la semana, un ejemplo claro es que en esta zona se deja de prestar el servicio aproximadamente 3 días por semana, siendo esto lunes, miércoles y viernes en un lapso de 6 a 8 horas diarias, ahí es donde entran empresas que distribuyen agua en pipas, vendiéndola a altos costos, aprovechándose de la necesidad de las personas y los dueños de los negocios que forman parte del sector comercial y no pueden estar sin agua en ningún momento tales como hoteles, gimnasios, ventas de comida y otros comercios.

Por lo tanto, al conocer esta información surge la necesidad de realizar esta recopilación de datos sobre las características que influyen en el consumo de agua potable y surgen preguntas como ¿cuánta agua aprovechable queda para el consumo humano?, se vive una época en la que se puede satisfacer la demanda, pero llegará un día en el cual este recurso ya no sea aprovechable, por lo cual es esencial concientizar a las personas desde el hogar hasta las grandes industrias que utilizan el recurso como materia prima.

### **2.3. Entes encargados del abastecimiento de agua potable**

El ente encargado de la distribución de agua potable en la zona 12, es la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

En 1931, se dispuso que una paja de agua equivaldría a un caudal de 2 metros cúbicos por día, el cual se estableció como la unidad de medida más aceptada por la población beneficiada, el título paja de agua, es una propiedad emitida por las municipalidades, en las que el beneficiario del servicio adquiere el derecho de recibir un volumen determinado de agua, que es un máximo de 60 metros cúbicos al mes, por el precio estándar de compra.

La Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala está constituida por 5 plantas de tratamiento de agua potable, las cuales son provistas de agua cruda obtenida de los nacimientos y ríos de los municipios periféricos a la ciudad de Guatemala y en un porcentaje importante a través de pozos electro mecánicos alimentados por aguas subterráneas, los cuales se encuentran localizados en diferentes partes de la ciudad.

EMPAGUA posee diferentes sistemas de abastecimiento, estos son Lo de Coy, La Brigada, El Cambray, Santa Luisa, Las Ilusiones, Ojo de Agua y un sistema de pozos que está compuesto por 68 pozos electro-mecánicos, los cuales abastecen directamente a la red mediante los tanques de distribución.





### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología utilizada para realizar la presente investigación, consistió en primer lugar recolectar toda la información que existiera sobre la zona de estudio, iniciando con un recorrido en dicha zona, tomando fotografías en puntos de interés, tales como tanques municipales, grandes industrias o comercios que tengan un consumo de agua potable bastante alto, cabe mencionar que para dicho proceso se corrieron bastantes riesgos en algunas colonias, en las cuales los habitantes son bastante inconformes con este tipo de actividades y tendían a llamar a la policía para que no se realizará ningún tipo de estudio en las cercanías de su vivienda, ya que no tenían conocimiento de hacia dónde estaba orientada la investigación, ya que en estas colonias hay de todo tipo de personas y algunas velan por el mejoramiento de las mismas y otras prefieren quedarse como están, ya que en ellas se realizan movimientos ilícitos.

Como segundo paso, se recurrió a visitar instituciones del estado, las cuales pudieran brindar información sobre la zona en estudio, tratando de encontrar cuales son los factores que más influyen en el consumo de agua y a que se deben, con la finalidad de obtener parámetros de comparación con los resultados que se obtendrán en el trabajo de campo, algunas de las instituciones visitadas fueron: el Ministerio de Ambiente, Instituto Nacional de Estadística (INE), Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) y la Unidad de Información de la Municipalidad de Guatemala(UDI), esta última fue de la cual se pudo extraer la mayor cantidad de información útil, ya que ellos tienen la obligación de proporcionar al vecino la información de cómo trabaja la municipalidad.

Teniendo ya todos estos parámetros, se procedió al trabajo de campo, el cual consistió en realizar una encuesta con la finalidad de obtener los parámetros a comparar con los datos obtenidos de las empresas distribuidoras de agua en la zona 12.

Para realizar esta actividad fue necesario conocer la población de los sectores a investigar (domiciliar, comercial e industrial) por lo tanto se recurrió a utilizar datos del INE, para el sector domiciliar se basó en una proyección realizada sobre el censo poblacional del 2002 y para el sector comercial e industrial se recurrió al Directorio Nacional de Empresas y sus Locales (DINEL) el cual proporciona el nombre y dirección de cada comercio e industria por número de trabajadores en la zona en estudio. Ya teniendo estos datos, se procedió a realizar cálculos y obtener la muestra que se necesitaba investigar.

Para encontrar la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

Para una población finita se determinó con la ecuación 3.1

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{N-1}{z^2} \Delta^2 + \sigma^2} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

$N$  = es población objetivo de estudio

$\sigma^2$  = desviación estándar

$Z^2$  = es una constante relacionada con el nivel de confianza y se utiliza el valor de 1,96


$\Delta^2$  = es el límite aceptable de error, generalmente se utiliza 5 por ciento

$n$  = la muestra final del estudio

La figura 3 muestra la encuesta que se realizó a la población objetivo.

Figura 3. Encuesta para la recolección de los datos de campo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POTABLE  
EN LA CIUDAD DE GUATEMALA DURANTE LOS AÑOS 2008-2010  
ZONA \_\_\_\_\_

Por favor responda las siguientes preguntas

ZONA: \_\_\_\_\_  
Consumo tipo: Residencial \_\_\_ Comercial \_\_\_ industrial \_\_\_ otro \_\_\_

¿Cuenta con usted con servicio de agua potable? Si  No

¿El servicio de agua potable que usted recibe es? Público  Privado  propio

¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable? Empagua  Agua del Mariscal  otro  \_\_\_\_\_

¿Cuanta agua consume en promedio durante un mes?  M3.

¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?  Días.

¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?  Horas.

¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda? Si  No

¿A cuántas personas abaste de agua potable?

¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuantos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?  
Número de pozos  profundidad (m)

¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?  
Alcantarillado municipal  alcantarillado privado  a flor de tierra

¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?  
Vertedero municipal  vertedero privado  cualquier basurero

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mendón Construcción y Mendón Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Fuente: Ing. Nicolás Guzmán.



## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Descripción de las plantas de tratamiento de agua potable**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

#### **4.1.1. Planta de tratamiento Lo de Coy**

La planta de tratamiento Lo De Coy, es abastecida por los ríos Xaya y Pixcaya, y está ubicada en el kilómetro 17,5 carretera Interamericana, jurisdicción del municipio de Mixco. Los datos proporcionados por EMPAGUA muestran que la producción máxima es de 140 000 metros cúbicos por día y que durante la época de invierno, produce un aproximado de 1 525 litros por segundo, y en verano un aproximado a 800 litros por segundo. Dicha planta posee una infraestructura que permite realizar el proceso de producción de agua potable sin utilizar prácticamente energía eléctrica, ya que solamente se usa para dosificar los químicos. También para darle un tratamiento convencional de sedimentación con floculantes y filtración rápida. A continuación se hace una descripción de las partes que constituyen dicha planta.

- Caja de entrada: las líneas de conducción se inician en el altiplano e ingresan a la planta por medio del acueducto Xaya-Pixcaya, por la entrada en la cual se puede regular el caudal de agua cruda que se

desea tratar, y atrapar los desechos sólidos grandes y el exceso se hace rebalsar hacia el desfogue de agua cruda.

- El canal de entrada: tiene la función de medir el caudal de agua que ingresa a la planta para su tratamiento, lo cual se efectúa por medio de un medidor de caudal tipo Parshall y se efectúa la pre coloración; los caudales que ingresan fluctúan entre 800 a 1 840 litros por segundo y turbiedades de 15 a 5 000 unidades nefelométrías.
- Canal de mezcla rápida: lugar donde se aplican los químicos a través del cuarto de máquinas, en el cual puede hacer 4 tipos de dosificaciones de sulfato de aluminio, polielectrolito, cal hidratada y sulfato de cobre.
- Canal de mezcla lenta: este canal está formado por pantallas que desvían el agua reduciendo su caudal y en él se da la floculación, que básicamente es la formación de partículas sedimentables a partir de la unión de partículas sedimentadas.
- Sedimentadores: a continuación de los floculadores, existe un canal que distribuye el flujo de agua hacia 4 tanques sedimentadores de tipo convencional y que se alimentan por medio de paredes con perforaciones (tanques agujerados) con el fin de reducir velocidad y que ingrese el agua en forma compensada al tanque. En la salida de cada uno de los sedimentadores, existen canales en la superficie que recolecta el flujo ascendente de agua, ya que sedimenta a través de los orificios que tiene cada una. Existe una tubería que interconecta los tanques sedimentadores y los filtros.

- La función de un tanque sedimentador es la separación de las partículas suspendidas más pesadas que el agua mediante la acción de gravedad. En estos tanques la velocidad de escurrimiento horizontal tiene que ser bastante baja, con el objetivo de que ocurra la sedimentación.
- Filtros: los filtros que operan en la planta tienen la función principal de retener toda aquella partícula en su suspensión que no fue sedimentada en el proceso anterior. Los filtros actuales son denominados filtros rápidos a presión, cuyo lecho es compuesto de grava, piedrín y arena antracita. La planta cuenta con 6 filtros de concreto, el área de un filtro es de 78,08 metros cuadrados (6,10 x 12,80 metros)
- Tanque de almacenamiento: el agua filtrada es conducida por un caudal totalmente cerrado al tanque de almacenamiento, en este canal se efectúa la cloración final, la que posteriormente es conducida a otros tanques de distribución, ubicadas en los diferentes puntos de la ciudad de Guatemala. Existe un tanque de 25 000 metros cúbicos, la turbiedad del agua aquí fluctúa de 1,0 a 2,5 UNT. La figura 4 muestra la ubicación de la planta.



Figura 4. Ubicación planta Lo de Coy



Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN, Hoja 1:50 000 No. 2059 I. 1966.

#### 4.1.2. Estación de bombeo Ojo de Agua-Diamante

Esta planta se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Guatemala, al final de la avenida Petapa, finca El Frutal. El Sistema Ojo de Agua-Diamante, con una producción de 1 000 litros por segundo, constituye el 22 por ciento del abastecimiento total de agua potable hacia la ciudad de Guatemala.

Su funcionamiento inició en 1958, época en que el agua afloraba, por lo que era un nacimiento, paulatinamente se han perforado varios pozos. El fluido obtenido de estos, se vierte en un tanque de almacenamiento de donde se rebomba hacia el tanque el Guarda zona 8, (T-P 12) o cerro Gordo (zona 21) y

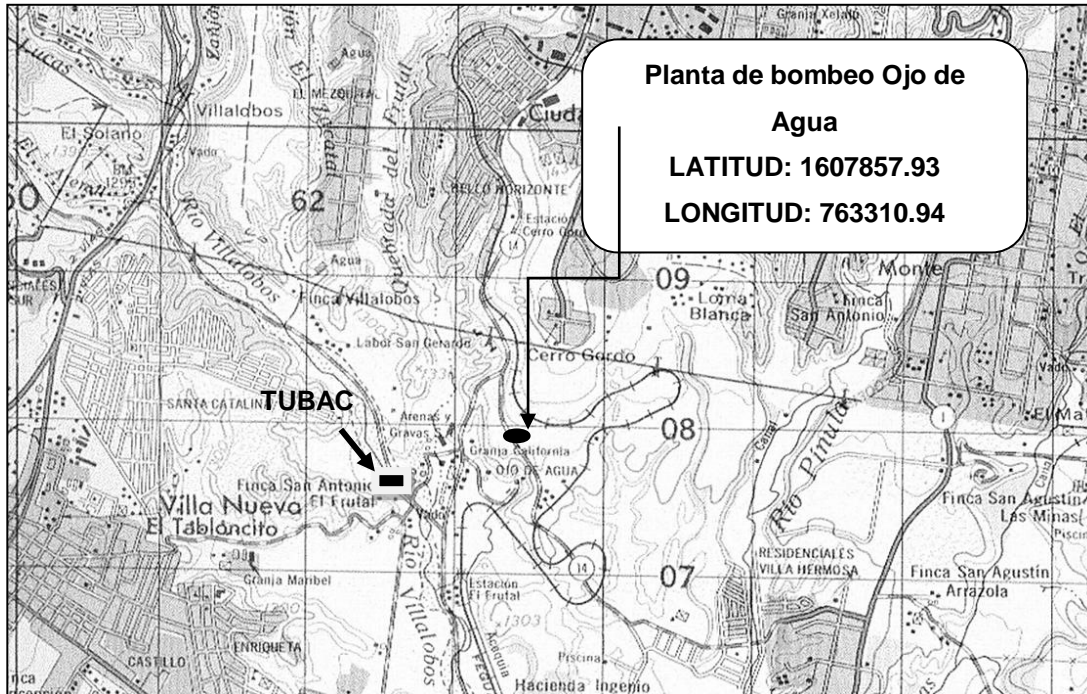
algunos ramales que en el camino van distribuyendo a varios puntos. La capacidad de producción de esta planta es de 1 200 litros por segundo y la producción promedio diaria es de 86 400 metros cúbicos por día.

Básicamente la planta es compuesta por un sistema de pozos, de los cuales 12 son profundos; 8 de ellos están distribuidos dentro de la Planta Ojo de Agua, los restantes están ubicados en una planta de bombeo anexa denominada Planta El Diamante. Para el almacenamiento y compensación de agua, así como para la desinfección se utiliza un tanque circular con una capacidad de 7 500 metros cúbicos. También cuenta con una fosa de succión, la cual rebombee el agua hacia los tanques y redes de distribución; una caseta de dosificación de cloro, la dosificación promedio diaria es de 250 libras; casetas de máquinas para las unidades de rebombeo, aquí se ubican 8 unidades de bombeo de 1 000 caballos de fuerza.

#### **4.1.3. Red de distribución**

Las líneas de distribución hidráulica, son las siguientes: 2 tuberías de 18 pulgadas hacia el tanque El Guarda (zona 8), con una longitud de 11 kilómetros, una presión de bombeo de 520 libras por pulgada cuadrada, diferencia de altura de 290 metros; una tubería de 24 pulgadas hacia el tanque T-P12, Cerro Gordo, con una longitud aproximada de 4 kilómetros, una presión de bombeo de 280 libras por pulgada cuadrada. Su área de servicio incluye las zonas 1, 3, 8, 9, 12, 13, 14, 21 y caserío El Frutal, San Miguel Petapa. En la figura 5 se muestra la ubicación de la planta.

Figura 5. **Ubicación planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN, Hoja 1:50 000 No. 2059 I. 1966.

#### **4.2. Datos obtenidos de los entes encargados de la suministración del agua potable a la zona 12**

Directrices para la evaluación y mejora de las actividades de servicios relacionados con el agua potable han sido publicadas en forma de normas internacionales para el agua potable.

Tabla IV. **Cantidad de usuarios y consumo de agua potable en la zona 12 de la ciudad capital durante 2008-2011**

Año	Cantidad de usuarios	Cantidad de agua consumida en m <sup>3</sup>
2008	30 449	9 417 944
2009	30 603	9 154 678
2010	25 146	9 520 621
2011	25 401	9 399 448

Fuente: Empresa Municipal de Agua de Guatemala.

EMPAGUA lleva un registro del consumo de agua mensualmente en la zona, como lo muestran en las tablas V, VI, VII y VIII.

Tabla V. **Consumos y usuarios para 2008**

Mes	Cantidad de agua consumida en m <sup>3</sup>	Cantidad de Usuarios
Enero	811 660	30 234
Febrero	780 664	30 247
Marzo	825 391	30 265
Abril	831 158	30 286
Mayo	778 827	30 306
Junio	850 629	30 332
Julio	813 555	30 347
Agosto	675 118	30 394
Septiembre	813 659	30 413
Octubre	768 554	30 430
Noviembre	725 085	30 437
Diciembre	743 644	30 449

Fuente: Empresa Municipal de Agua de Guatemala.

Tabla VI. **Consumos y usuarios para 2009**

Mes	Cantidad de agua consumida en m <sup>3</sup>	Cantidad de Usuarios
Enero	788 742	30 457
Febrero	765 477	30 485
Marzo	752 743	30 502
Abril	791 205	30 521
Mayo	712 151	30 541
Junio	812 371	30 552
Julio	764 732	30 558
Agosto	757 840	30 568
Septiembre	737 310	30 572
Octubre	765 483	30 575
Noviembre	761 885	30 606
Diciembre	744 739	30 603

Fuente: Empresa Municipal de Agua de Guatemala.

Tabla VII. **Consumos y usuarios para 2010**

Mes	Cantidad de agua consumida en m <sup>3</sup>	Cantidad de Usuarios
Enero	761 289	30 628
Febrero	802 758	30 666
Marzo	711 249	30 684
Abril	725 579	30 693
Mayo	808 083	24 934
Junio	830 632	24 965
Julio	812 678	24 972
Agosto	798 819	25 069
Septiembre	828 055	25 031
Octubre	811 422	25 032
Noviembre	785 303	25 146
Diciembre	844 754	25 146

Fuente: Empresa Municipal de Agua de Guatemala.

Tabla VIII. **Consumos y usuarios para 2011**

Mes	Cantidad de agua consumida en m <sup>3</sup>	Cantidad de Usuarios
Enero	773 867	25 173
Febrero	803 568	24 911
Marzo	759 119	24 992
Abril	829 945	25 003
Mayo	784 231	25 010
Junio	792 335	25 301
Julio	803 585	25 026
Agosto	769 382	25 307
Septiembre	809 308	25 295
Octubre	765 200	25 315
Noviembre	780 703	25 365
Diciembre	728 205	25 401

Fuente: Empresa Municipal de Agua de Guatemala.

Como se puede observar durante el período abril-mayo de 2010, se dio un descenso significativo en la cantidad de usuarios de esta zona, esto se debió a que EMPAGUA constantemente se encuentra actualizando las cuentas de los usuarios, dando de baja a cuentas que el usuario solicita, como la apertura de cuentas nuevas, por tal motivo el número de usuarios varía de mes a mes, en más o en menos. Es importante resaltar que en el 2010, se realizó un proyecto de depuración de cuentas.

#### **4.3. Datos obtenidos de las encuestas realizadas**

Para obtener estos datos, se realizó una encuesta para la cual se tomó una muestra de los distintos sectores de la zona 12 (residencial, comercial e industrial) para los cuales se realizó un análisis separado para sacar un promedio de cuánta agua se consume en cada sector, luego se hizo un análisis

grupales para poder realizar la comparación con los datos obtenidos de las empresas distribuidoras.

#### **4.3.1. Muestra para la encuesta**

En cuanto al sector domiciliario, ya que no se contaba con un dato actual se tomó como base el último censo realizado en el país por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2002, en el cual se tenía que en la zona 12 para esa fecha existían 11 448 viviendas y se hizo una proyección que para el 2011 existían 13 691 viviendas, dato utilizado como población y de ella se tomó la muestra que dio la ecuación estadística como resultado 20 viviendas, pero para efectos de obtener mejores resultados se realizó el estudio con una muestra de 27 viviendas.

En el sector comercial, se realizó el estudio basado en el censo que realiza el Instituto Nacional de Estadística (INE) llamado DINEL (Dirección Nacional de Empresas y Sus Locales) realizado en el 2002 en el cual se contaba con:

Comercios de 1-9 trabajadores	2 968 comercios
Comercios de 10-19 trabajadores	149 comercios
Comercios de 20-49 trabajadores	102 comercios
Comercios de 50-99 trabajadores	24 comercios
Comercios con más de 100 trabajadores	19 comercios

Para llevar a cabo el estudio se tomó una muestra por cada tramo de personal calificado, obteniendo una muestra total de 71 comercios.

En el sector industrial, también se utilizó el censo DINEL realizado en 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y se obtuvieron los siguientes datos:

Industrias de 1-9 trabajadores	799 industrias
Industrias de 10-19 trabajadores	51 industrias
Industrias de 20-49 trabajadores	71 industrias
Industrias de 50-99 trabajadores	49 industrias
Industrias de más de 100 trabajadores	53 industrias

Para llevar a cabo el estudio se tomó una muestra por cada tramo de personal calificado, obteniendo una muestra total de 64 industrias.

Para el proceso de selección de los lugares que se visitarían, tanto para el sector residencial, comercial e industrial; se hizo al azar tomando en cuenta que en muchos de los lugares encuestados no darían información, entonces se debía buscar otro punto donde si la proporcionarían. En el caso de lugares que no están incluidos como ninguno de los 3 sectores mencionados anteriormente, se realizó el estudio en base a ese lugar en específico, tales como:

- Instituto de Recreación para los trabajadores (IRTRA)
- Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)
- Mercado la Reformita (Mercado Municipal)

#### **4.3.2. Resultados de la encuesta**

Una encuesta es un estudio observacional, en el cual el investigador busca recaudar datos por medio de un cuestionario prediseñado, y no modifica



el entorno ni controla el proceso que está en observación. A través de la encuesta se lograron obtener los siguientes datos:

Sector domiciliar: (muestra tomada 27 viviendas)  
 Sector comercial: (muestra tomada 71 comercios)  
 Sector industrial: (Muestra Tomada 64 industrias)

Los resultados obtenidos de la encuesta, se presentan en las tablas de la IX a la XIX:

Pregunta 1

Tabla IX. **¿Cuenta usted con servicio de agua potable?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>Si</b>	<b>no</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	27
Comercial	70	1	71
Industrial	64	0	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 2

Tabla X. **¿El servicio de agua potable que usted recibe es?**

<b>Tipo de consumo</b>	<b>Público</b>	<b>Privado</b>	<b>Propio</b>	<b>Público y propio</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	0	0	27
Comercial	70	1	0	0	71
Industrial	64	0	7	7	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 3

Tabla XI. **¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?**

<b>Tipo de consumo</b>	<b>EMPAGUA</b>	<b>Agua del Mariscal</b>	<b>Otro</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	0	27
Comercial	70	0	1	71
Industrial	64	0	7	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 4

Tabla XII. **¿Cuánta agua consume en promedio durante un mes?**

<b>Tipo de consumo</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>							<b>Total</b>
	<b>0-30</b>	<b>31-40</b>	<b>41-50</b>	<b>51-60</b>	<b>61-100</b>	<b>101-500</b>	<b>500 o mas</b>	
Domiciliar	22	2	1	2	0	0	0	27
Comercial	33	2	2	2	10	20	2	71
Industrial	32	4	2	2	6	17	1	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 5

Tabla XIII. **¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>0 días</b>	<b>3 días</b>	<b>4 días</b>	<b>7 días</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	0	2	1	24	27
Comercial	1	0	1	69	71
Industrial	0	0	1	63	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 6

Tabla XIV. **¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>24 horas</b>	<b>8-12 horas</b>	<b>4-8 horas</b>	<b>0-4 horas</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	24	2	1	0	27
Comercial	69	1	0	1	71
Industrial	62	1	1	0	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 7

Tabla XV. **¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	7	20	27
Comercial	27	44	71
Industrial	25	39	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 8

Tabla XVI. **¿A cuántas personas abastece de agua potable?**

<b>Número de personas</b>							
<b>Tipo de Consumo</b>	<b>1-5</b>	<b>6-10</b>	<b>11-20</b>	<b>21-50</b>	<b>51-99</b>	<b>100 ó mas</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	16	9	2				27
Comercial	11	14	20	15	5	6	71
Industrial	14	10	11	13	6	10	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 9

Tabla XVII. **¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuantos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	27
Comercial	71	0	71
Industrial	7	57	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 10

Tabla XVIII. **¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>Alcantarillado Municipal</b>	<b>Alcantarillado Privado</b>	<b>A flor de Tierra</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	0	27
Comercial	70	0	1	71
Industrial	64	0	0	64

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 11

Tabla XIX. **¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?**

<b>Tipo de Consumo</b>	<b>Vertedero Municipal</b>	<b>Vertedero Privado</b>	<b>Cualquier Basurero</b>	<b>Total</b>
Domiciliar	27	0	0	27
Comercial	70	1	0	71
Industrial	64	0	0	64

Fuente: elaboración propia.

El mercado La Reformita, que es el único mercado autorizado por la Municipalidad de Guatemala, presenta un consumo promedio de 923 metros cúbicos al mes, cuenta con 222 colaboradores dentro de este y el agua utilizada es municipal.

El Instituto de Recreación para los Trabajadores (IRTRA) que cuenta con pozos propios para la distribución de agua dentro del parque, tiene un consumo aproximado de 9 616 metros cúbicos de agua potable al mes, el cual es visitado por un promedio de 300 000 personas en un mes.

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) también cuenta con agua de pozos que presentan un consumo, del cual las autoridades no llevan un control aproximado de cuánta agua se saca de estos, solo se obtuvo la siguiente información:

Se cuenta con 2 pozos que distribuyen la red general de la universidad, los cuales tienen una capacidad de bombear 196 galones por minuto pero estos solo trabajan hasta llenar las cisternas de los edificios, las Facultades de Veterinaria y Agronomía, también cuentan con pozo propio pero este es solo para el mantenimiento de sus granjas de práctica e investigación, y así mismo la Facultad de Ingeniería cuenta con su propio pozo para su abastecimiento.

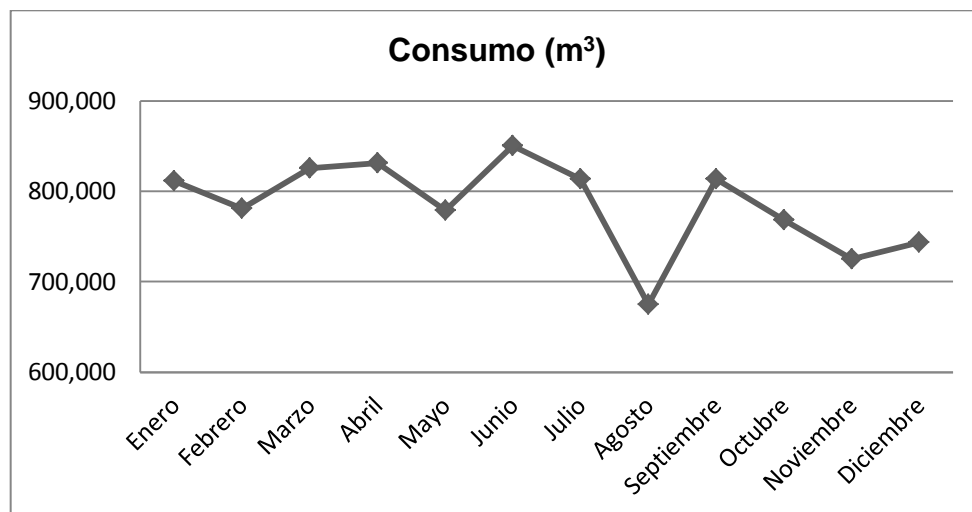
El riego en la Universidad de San Carlos de Guatemala, es un factor importante en el consumo de agua, ya que desde 2006 que se comenzó a jardinizar el campus a la fecha existen 500 aspersores de agua que esparcen un promedio de 3 galones por minuto durante el tiempo que trabajan a su máxima capacidad, sin embargo, no hay un dato exacto de cuánto tiempo pasa encendido cada uno de estos.

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

### 5.1. Análisis estadístico de empresas que suministran agua potable a la zona 12

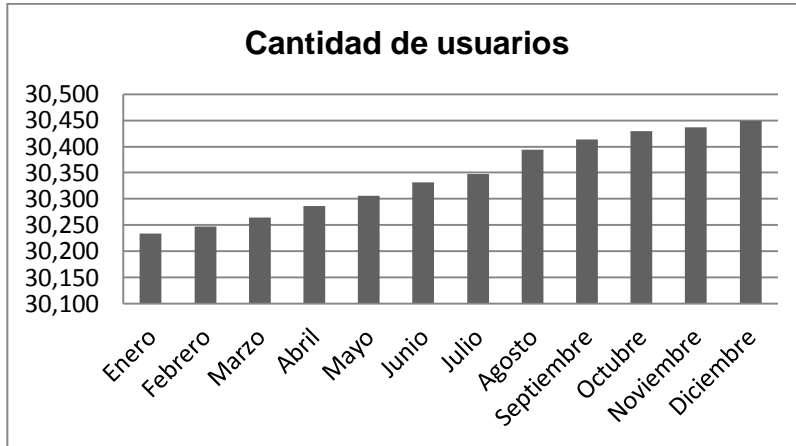
Según el análisis realizado en esta sección, el consumo promedio de agua potable durante fue de 784 828 metros cúbicos, siendo el mes de junio el más alto y se tuvo un incremento constante en el número de usuarios, siendo el mes de diciembre en el que se alcanzó el mayor número de consumidores, tal como se muestra en las figuras de la 6 a la 13.

Figura 6. Consumo de agua durante 2008



Fuente: elaboración propia.

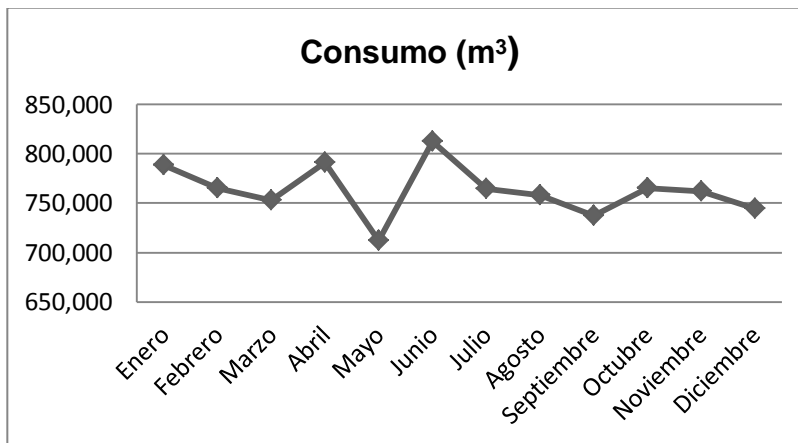
Figura 7. **Cantidad de usuarios durante 2008**



Fuente: elaboración propia.

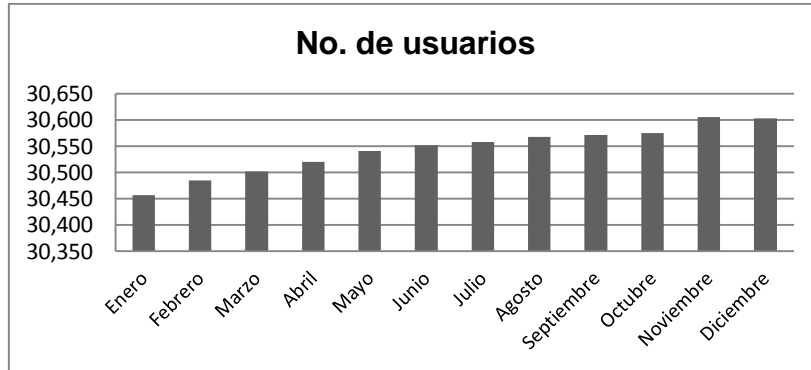
Durante 2009, el consumo promedio de agua potable fue de 762 889 metros cúbicos, siendo el mes de junio nuevamente el más alto y el mes de noviembre, en el cual se reportó el mayor número de usuarios.

Figura 8. **Consumo de agua durante 2009**



Fuente: elaboración propia.

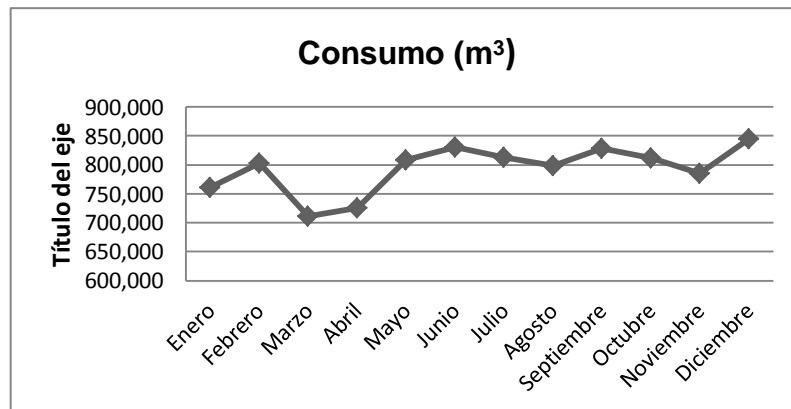
Figura 9. **Cantidad de usuarios durante 2009**



Fuente: elaboración propia.

Durante 2010 el consumo promedio fue de 793 385 metros cúbicos, siendo el mes de diciembre el más alto y el número de usuarios bajó constantemente durante el mes de abril, ya que se realizó un proyecto de depuración de cuentas, por lo tanto el mayor número de usuarios lo presentó el mes de abril.

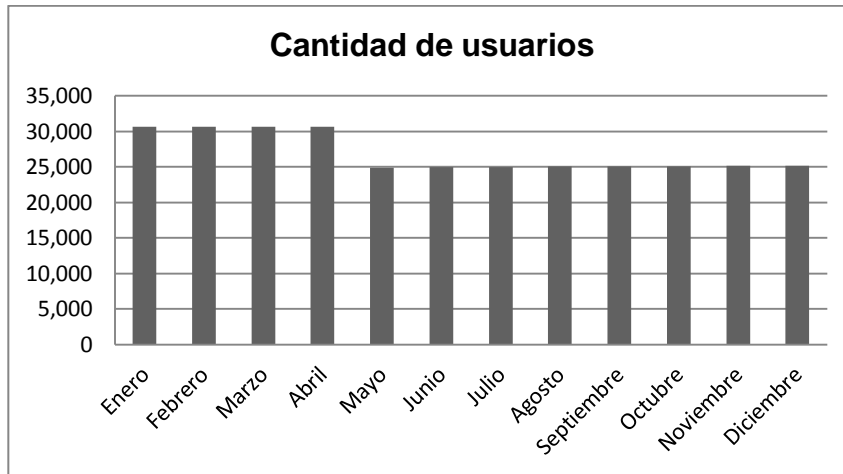
Figura 10. **Consumo de agua durante 2010**



Fuente: elaboración propia.



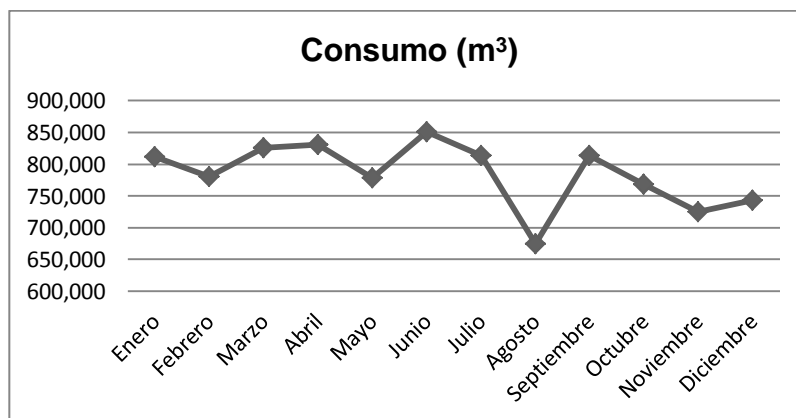
Figura 11. **Cantidad de usuarios durante 2010**



Fuente: elaboración propia.

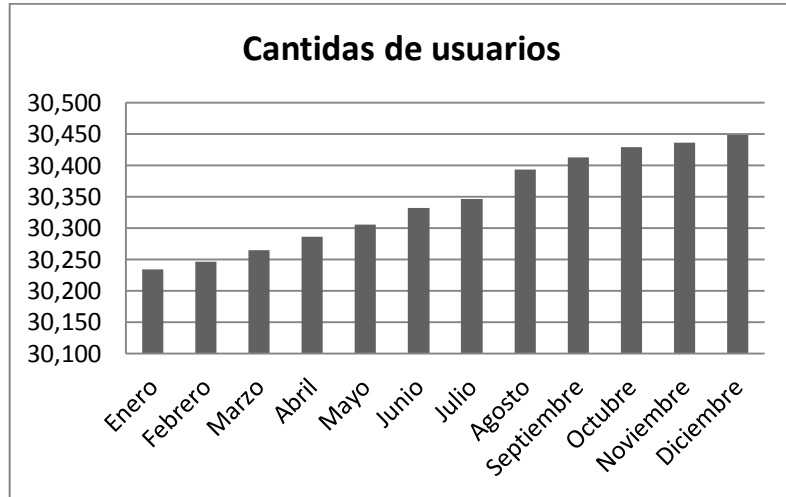
Durante 2011 el consumo promedio de agua potable fue de 783 287 metros cúbicos, siendo una vez más el mes de junio el más alto y el mes de diciembre el que presentó el mayor número de usuarios.

Figura 12. **Consumo de agua durante 2011**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Cantidad de usuarios durante 2011**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar durante el período abril a mayo de 2010, se dio un descenso significativo en la cantidad de usuarios de esta zona, esto se debió a que EMPAGUA constantemente se encuentra actualizando las cuentas de los usuarios, dando de baja a cuentas que el usuario solicita, como la apertura de cuentas nuevas, por tal motivo el número de usuarios varía de mes a mes, en más o en menos. Es importante resaltar que 2010, se realizó un proyecto de depuración de cuentas.

## 5.2. Análisis estadístico de la encuesta

La estadística es una ciencia formal que estudia la recolección, análisis e interpretación de datos de una muestra representativa, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar condiciones regulares o irregulares de algún fenómeno o estudio aplicado.

### 5.2.1. Domiciliar

La muestra de la población domiciliar se calculó a través de la ecuación descrita en la metodología, ecuación 3.1.

Cálculo de la muestra (n)

Donde:

$$N= 13\ 691$$

$$Z^2=1,96$$

$$\Delta^2=0,05$$

$$\sigma^2=0,5$$

$$n = \frac{13\ 691 \times 0,5}{\frac{13\ 691 - 1}{1,96} \times 0,05 + 1,96} = 19,03 \cong 19$$

El cálculo de la muestra (n) dio como resultado 19 servicios de una población de 13 691 usuarios, pero para efectos de obtener mejores resultados se realizó un total de 27.

La tabla XX muestra los consumos de agua para cada usuario del sector domiciliario.

Tabla XX. **Consumo de agua potable en m<sup>3</sup>, sector domiciliario, encuesta**

<b>Intervalo de consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Frecuencia</b>
8-15	13
16-30	10
31-45	2
45-60	2

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.2. Sector comercial**

En el sector comercial se realizó el estudio basado en el censo que realiza el Instituto Nacional de Estadística (INE) llamado DINEL (Dirección Nacional de Empresas y Sus Locales) realizado en 2002, en el cual se contaba con:

1-9 trabajadores	2 968 comercios
10-19 trabajadores	149 comercios
20-49 trabajadores	102 comercios
50-99 trabajadores	24 comercios
Más de 100 trabajadores	19 comercios

Para llevar a cabo el estudio, se tomó una muestra por cada tramo de personal calificado, utilizando la ecuación 3.1, obteniendo una muestra total de 71 comercios.

La tabla XXI muestra los consumos de agua para cada usuario del sector comercial.

Tabla XXI. **Consumo de agua potable en m<sup>3</sup>, sector comercial, encuesta**

<b>Intervalo de consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Frecuencia</b>
0-30	33
31-40	2
41-50	2
51-60	2
61-100	10
101-500	20
500 ó mas	2

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.3. Sector industrial**

En el sector industrial también se utilizó el censo DINEL realizado en 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y se obtuvieron los siguientes datos:

1-9 trabajadores	799 industrias
10-19 trabajadores	51 industrias
20-49 trabajadores	71 industrias
50-99 trabajadores	49 industrias
Más de 100 trabajadores	53 industrias

Para llevar a cabo el estudio, se tomó una muestra por cada tramo de personal calificado utilizando la ecuación 3.1, obteniendo una muestra total de 64 industrias.

La tabla XXII muestra los consumos de agua para cada usuario del sector industrial.

Tabla XXII. **Consumo de agua potable en m<sup>3</sup>, sector industrial, encuesta**

<b>Intervalo de consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Frecuencia</b>
0-30	32
31-40	4
41-50	2
51-60	2
61-100	6
101-500	17
500 ó mas	1

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXIII muestra información de datos estadísticos de la encuesta.

Tabla XXIII. **Medidas de consumo de agua en m<sup>3</sup>**

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Domiciliar 27 muestras</b>	<b>Comercial 71 muestras</b>	<b>Industrial 64 muestras</b>
Media	21,11	88,41	80,27
Error típico	2,68	14,87	14,60
Mediana	16,00	40,00	27,50
Moda	15,00	14,00	10,00
Desviación estándar	13,90	125,32	116,82
Varianza de la muestra	193,26	15705,76	13645,98
Curtosis	2,06	9,15	12,55
Coficiente de asimetría	1,64	2,86	3,15
Rango	52,00	669,00	686,00
Mínimo	8,00	4,00	3,00
Máximo	60,00	673,00	689,00
Suma	570,00	6277,00	5137,00
Cuenta	27,00	71,00	64,00
Mayor (1)	60,00	673,00	689,00
Menor(1)	8,00	4,00	3,00
Percentil 2.5	8,00	5,75	6
Percentil 97.5	48,75	501,56	378,75

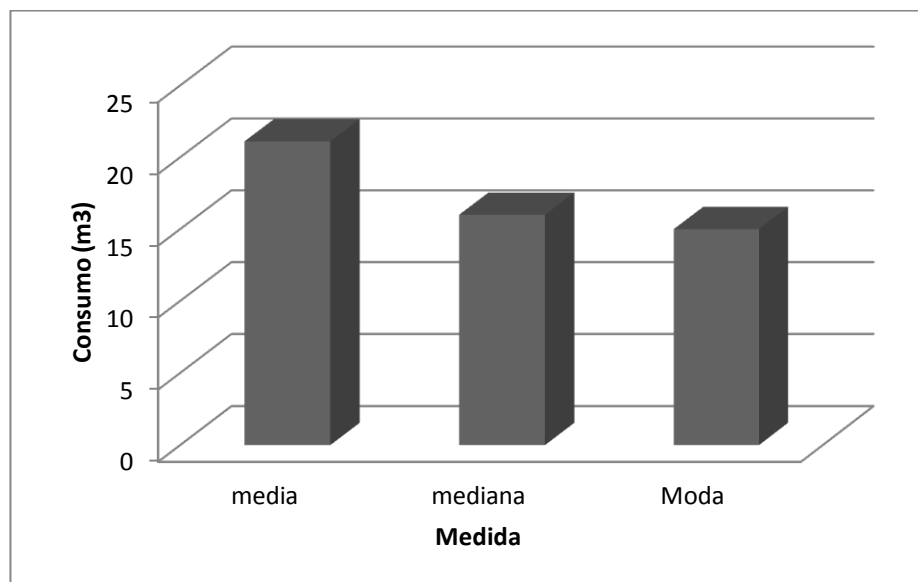
Fuente: elaboración propia.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Domiciliar

Como se puede observar en la tabla XXIII, en la cual se muestran los resultados de las medidas de tendencia central, dispersión y posición de datos de consumo de agua potable que proporciona la encuesta, habiendo sido estos calculados por un programa de cómputo, a continuación se hace uso para representar dichas medidas para el sector domiciliar como se puede apreciar en la figura 14.

Figura 14. **Medidas de tendencia central para servicio domiciliar**



Fuente: elaboración propia.



El consumo medio mensual para este sector es de 21,11 metros cúbicos. La mediana, la cual da el valor 16, indica el valor que separa los datos en 2 partes iguales, esta tiene una diferencia de 5,11 metros cúbicos (24,21 por ciento) respecto a la media y el valor que más se repite o moda en los datos es de 15 metros cúbicos por usuario.

La desviación estándar con un valor de 13,90 varía respecto a la media en un 34,15 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis indica que existe una gran concentración de datos. El 97,5 por ciento de los domicilios consume 48,75 metros cúbicos o menos y el 2,5 por ciento consume 8 metros cúbicos o menos.

De la encuesta se pudo obtener la siguiente información:

El 100 por ciento de la muestra cuenta con servicio de agua potable público, y así mismo este es suministrado por EMPAGUA, el 25,93 por ciento cuenta con cisterna en su domicilio, el 88,88 por ciento recibe agua los 7 días a la semana, el 3,70 por ciento 4 días a la semana y el 7,40 por ciento recibe agua 3 días a la semana. El 100 por ciento de la población encuestada dispone de sus desechos líquidos y sólidos en alcantarillado y vertedero municipal.

## **6.2. Comercial**

La figura 15 representa las medidas de tendencia central de consumo de agua potable para el sector comercial, según los datos de la tabla XXIII.

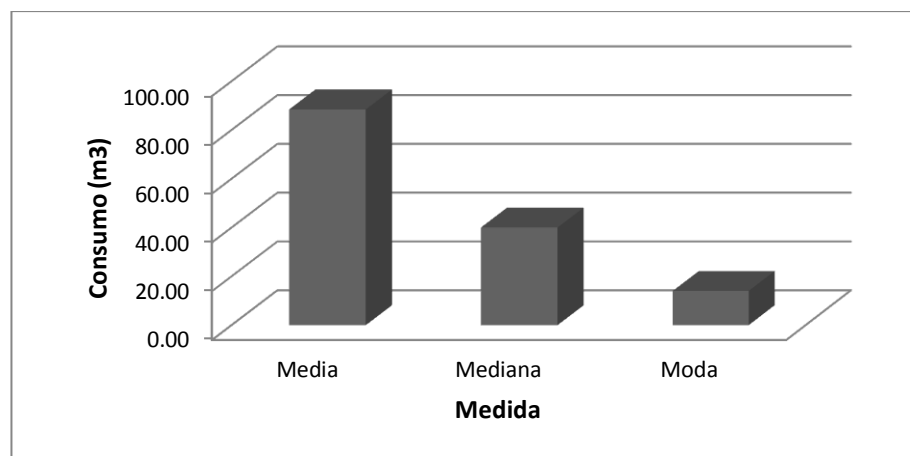
El consumo medio mensual para este sector es de 88,41 metros cúbicos. La desviación estándar varía respecto a la media en un 41,74 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis es

muy pequeño e indica que existe una gran concentración de datos. El 97,5 por ciento de los comercios consume 501,58 metros cúbicos o menos y el 2,5 por ciento consume 5,75 metros cúbicos o menos.

En el sector comercial el 98,59 por ciento de la población encuestada cuenta con servicio de agua potable, siendo este un servicio público suministrado por EMPAGUA y disponiendo de sus desechos líquidos y sólidos en alcantarillado y vertedero municipal, así mismo el 1,41 por ciento no cuenta con servicio de agua potable, teniendo que adquirir su servicio de forma privada, y disponiendo de sus desechos líquidos a flor de tierra.

También se pudo observar que el 38,03 por ciento de la muestra cuenta con tanque cisterna en su negocio; el 97,18 por ciento de la muestra recibe agua los 7 días de la semana, mientras que el 1,41 por ciento recibe únicamente 4 días a la semana y el 1,41 por ciento restante no recibe agua ningún día.

Figura 15. **Medidas de tendencia central para servicio comercial**



Fuente: elaboración propia.

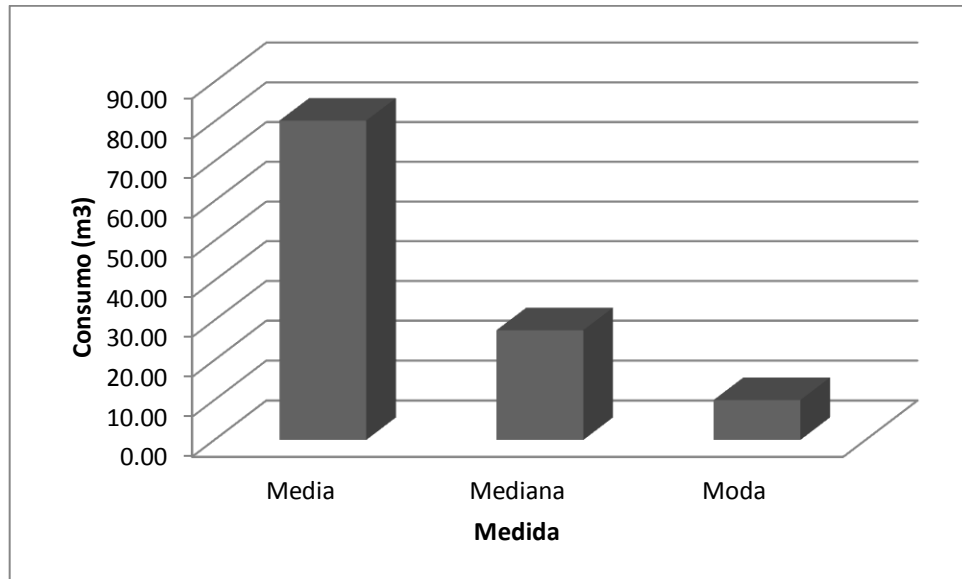
### **6.3. Industrial**

La figura 16 representa las medidas de tendencia central de consumo de agua potable para el sector industrial, según los datos de la tabla XXIII.

La desviación estándar varía respecto a la media en un 45,53 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis indica que existe una gran concentración de datos. El 97,5 por ciento de las industrias consume 378,75 metros cúbicos o menos y el 2,5 por ciento consume 6,00 metros cúbicos o menos.

A través de la encuesta se logró determinar que el 100 por ciento de la muestra, cuenta con servicio de agua potable público distribuido por EMPAGUA, disponiendo de sus desechos líquidos y sólidos en alcantarillado y vertedero municipal, asimismo un 10,93 por ciento también cuenta con servicio privado propio, ya que estas industrias cuentan con pozos perforados a su disposición. El 98,44 por ciento recibe agua los 7 días a la semana y un 39,06 por ciento de las industrias cuenta con tanque cisterna en sus instalaciones.

Figura 16. **Medidas de tendencia central para servicio industrial**



Fuente: elaboración propia.

#### 6.4. **Discusión de resultados**

Las fuentes de agua que abastecen a la zona 12 son 2, una es de origen superficial y la otra subterránea. Los ríos Xaya y Pixcaya alimentan de agua a la planta de tratamiento Lo de Coy, la cual cubre el 39 por ciento del consumo de agua para la ciudad de Guatemala y Ojo de Agua-Diamante que es abastecida por un sistema de pozos y a la vez suministra el 22 por ciento del consumo.

Lo de Coy suministra agua a las zonas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 19 y parcialmente a las zonas 4 y 18; dicha planta produce 140 000 metros cúbicos diarios. Ojo de Agua-Diamante tiene una producción promedio de 86 400 metros cúbicos por día.

De acuerdo a la tabla XXIV, la cual muestra el consumo de agua potable y el número de usuarios por cada año, se pudo obtener la siguiente información:

Tabla XXIV. **Promedio por usuario según EMPAGUA**

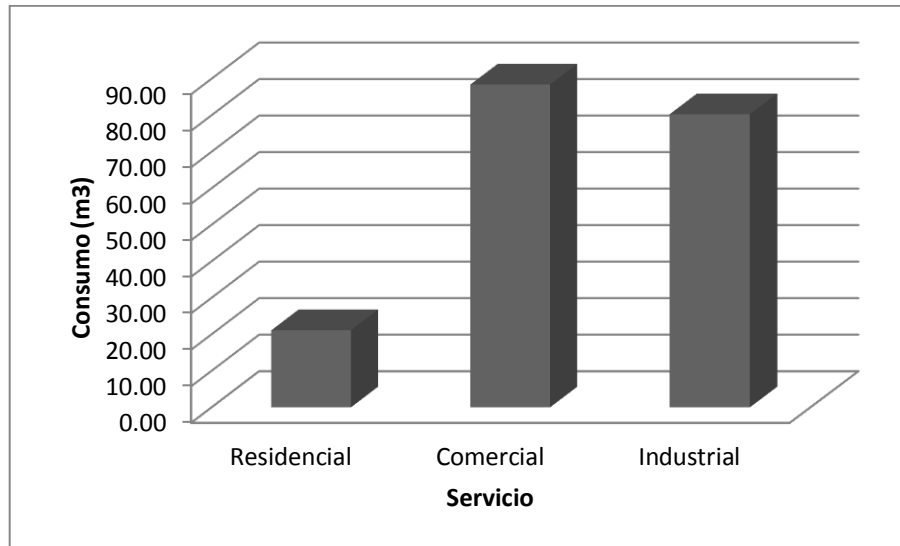
<b>Año</b>	<b>Usuarios</b>	<b>Consumo anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio mensual</b>
2008	30 449	9 417 944	25,78
2009	30 603	9 154 678	24,92
2010	25 146	9 520 621	31,55
2011	25 401	9 399 448	30,83
Promedio	28 900	9 373 173	28,27

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XXIV, el promedio mensual consumido por cada usuario sufrió variaciones año con año, del 2008 al 2009 se registró un decremento en el consumo de agua de 0,86 metros cúbicos, pero para el 2010 si existió un incremento en el consumo considerable a pesar que el número de usuarios bajo casi en 17 por ciento debido a como se mencionó anteriormente que en 2010 se realizó un proyecto de depuración de cuentas, pero el consumo anual se mantuvo, por lo tanto el promedio por usuario subió 6,63 metros cúbicos; para el 2011 la cantidad de usuarios incremento en comparación con 2010 pero el consumo promedio bajo 0,72 metros cúbicos por usuario. Y el promedio mensual de los 4 años es de 28,27 metros cúbicos.

Los promedios de consumo obtenidos de la encuesta fueron: para el sector domiciliar 21,11 metros cúbicos, para el sector comercial 88,41 metros cúbicos y para el sector industrial 80,27 metros cúbicos, para obtener un promedio total de 63,26 metros cúbicos.

Figura 17. **Consumo medio de agua por servicio (encuesta)**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el promedio obtenido de la encuesta, es mucho mayor que el obtenido de los datos de EMPAGUA, puede deberse a distintas razones, las cuales pueden ser:

- EMPAGUA no posee información sobre las industrias que tienen pozo propio, las cuales son las que registran mayores consumos.
- Conexiones ilícitas.
- EMPAGUA no hace distinción de usuario para brindarle el servicio, por lo tanto no tiene un control si el usuario es residencial, comercial o industrial.



## CONCLUSIONES

1. El ente encargado del abastecimiento de agua en la zona 12 es la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), para este fin tiene una Subgerencia Técnica, que a la vez esta subdividida en direcciones, entre esta última se encuentra la Dirección de Fuentes de Producción y la administración de la red,
2. La distribución del agua, es a través de la producida en la Estación de Bombeo Ojo de Agua al sur de la ciudad y complementada con caudales producidos por la planta de tratamiento Lo de Coy, por medio del tanque denominado TP1, el cual se encuentra ubicado en la zona 7 de la ciudad.
3. EMPAGUA no hace distinción por tipo de inmueble al que se le distribuye el agua, únicamente lleva un control de la cantidad de usuarios y la cantidad de metros cúbicos que estos consumen.
4. EMPAGUA controla el consumo de agua potable por usuario a través de la cantidad de metros cúbicos que consumen por medio de los medidores instalados.
5. En la zona 12 el uso que se le da al agua potable es para los sectores: domiciliar, comercial e industrial. Sin mencionar que existen consumidores especiales como la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto de Recreación de los Trabajadores que tienen sus pozos propios.



6. La zona 12 es en la cual se encuentra el mayor número de industrias, y también tiene un área bastante grande en cuanto a comercios, por ende el consumo en dichos sectores es bastante alto.
7. A pesar de las grandes cantidades de agua consumidas en la zona 12, existen colonias a las cuales el servicio no se les brinda todos los días, o solo parcialmente durante cada día.
8. El promedio calculado de los datos obtenidos de la empresa distribuidora difiere en gran cantidad con respecto al obtenido de la encuesta, esto quiere decir que existe un déficit en la demanda de agua potable.
9. Es importante hacer énfasis en los datos obtenidos mediante la encuesta, casi el 11 por ciento del sector industrial se abastece de agua subterránea, mediante pozos perforados, cuyo consumo de agua no se pudo establecer. La municipalidad no tiene control alguno del uso del agua subterránea, mucho menos el registro de pozos privados en la zona 12, lo que permite a diversos sectores hacer uso libre del agua subterránea que reciben sin costo alguno.
10. Es importante crear conciencia en la población sobre el consumo de agua potable, ya que año con año el recurso hídrico se está terminando y para un futuro no podremos utilizarla de la forma que se hace actualmente.

## RECOMENDACIONES

1. La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) debe hacer énfasis en la implementación de un programa que le permita el cuidado de las fuentes de abastecimiento de agua, independientemente de su origen, porque de lo contrario se vislumbra un futuro comprometedor, ya que estas son afectadas por el cambio climático.
2. Emplear medidas de restricción de pozos perforados que permitan tener un mayor control del agua subterránea, garantizando el uso adecuado de la misma y sobre todo cuidando la recarga hídrica que mantenga estable el nivel estático de los pozos.
3. Implementar campañas de concientización para el uso adecuado de agua y educación sanitaria referentes al uso racional de esta en las instituciones educativas.
4. Para tener un panorama completo del consumo de agua potable se requiere no solamente de la voluntad política, sino también el desarrollo de mecanismos de recopilación de datos, encuestas, inventarios e investigación de campo de manera continua.
5. Realizar este tipo de investigaciones a lo largo del territorio nacional que permita conocer los destinos y usos del agua, determinando así el porcentaje de desperdicio de la misma, ubicar los lugares que no cuentan con el vital servicio que se ven forzados a comprar agua sin potabilizarse por medio de toneles, pipas u otro servicio.

6. Establecer los lugares aptos para la distribución de agua potable por medio de pipas, que los mismos cumplan con la Norma COGUANOR NGO 29001 de agua, ya que dicha norma muestra las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas que al cumplimiento de las mismas garantizan el consumo de agua potable sin daño alguno para la salud.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BECERRA ESPINOSA, José Manuel. *Estadística descriptiva* en línea Facultad de auditoría y Administración UNAM. [http://www.fca.unam.mx/docs/apuntes\\_matematicas/34.%20Estadística%20Descriptiva.pdf](http://www.fca.unam.mx/docs/apuntes_matematicas/34.%20Estadística%20Descriptiva.pdf). [Consulta 10 de septiembre de 2012.]
2. GAIL, Francis. *Compilación crítica*. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Diccionario Geográfico Nacional. Guatemala: IGN 1978. Tomos I, II y III.
3. GRANADOS RODRÍGUEZ, Edwar Otoniel. *Diagnóstico físico de las cuencas de los ríos Xayá Pixcayá*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1983. 133 p.
4. Instituto Nacional de Estadística. 2004. *Proyecciones de población con base en XI Censo de Población y VI de Habitación 2002, Período 2000-2020*. Guatemala: -INE-, 2004. 1979 p.
5. NAVE HERRERA, Oscar Federico. *Muestra y diseño de muestreo*. unidad de Informática. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
6. VALLADARES VIELMAN, Luis Rafael; MORAN MERIDA. *El crecimiento de la ciudad de Guatemala 1944-2005*. Guatemala: Centro de estudios Urbanos y Regionales, 2005. 168 p.

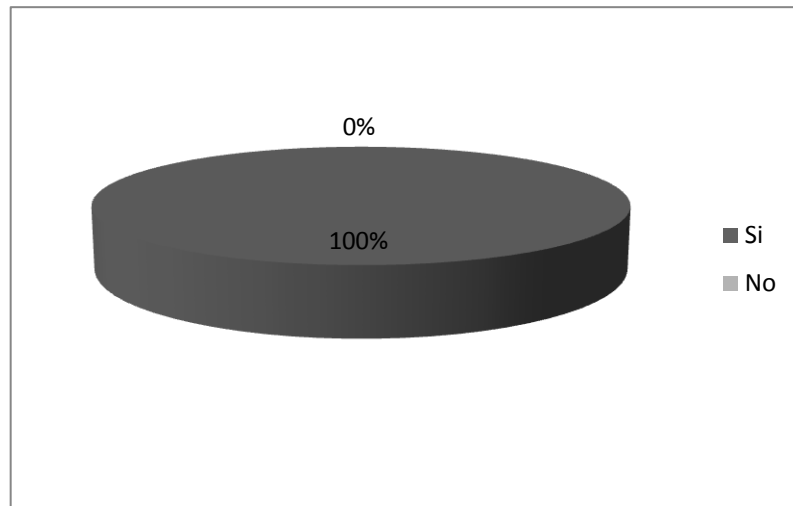


## APÉNDICE



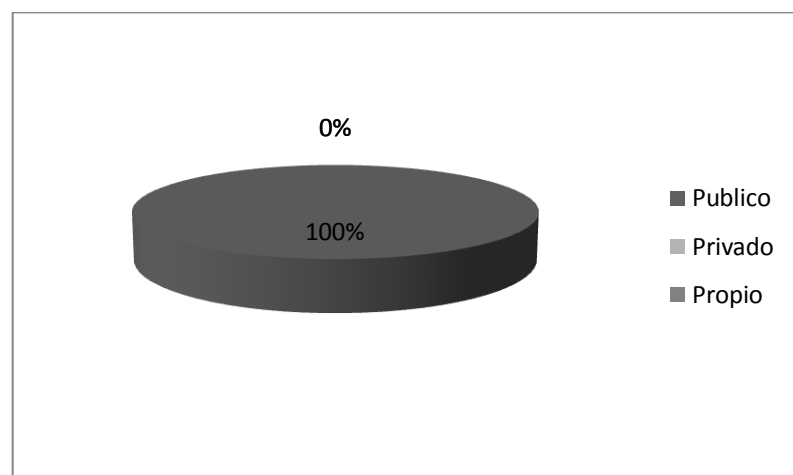
Sector domiciliario

¿Cuenta con usted con servicio de agua potable?



Fuente: elaboración propia.

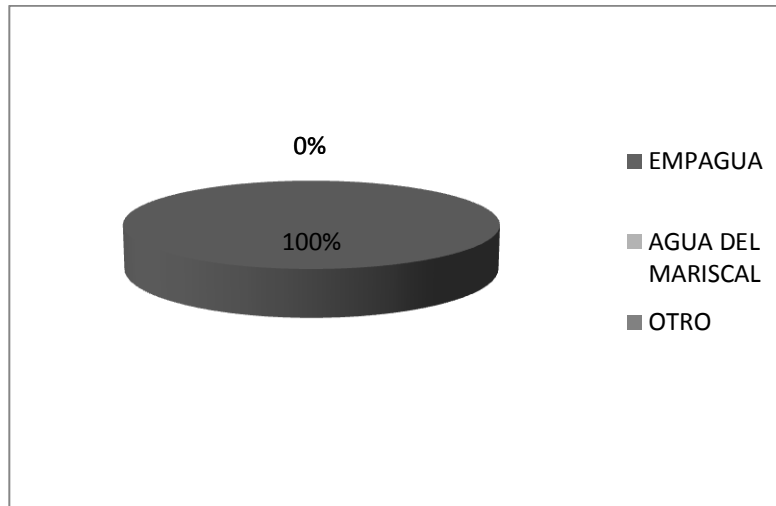
¿El servicio de agua potable que usted recibe es?



Fuente: elaboración propia.

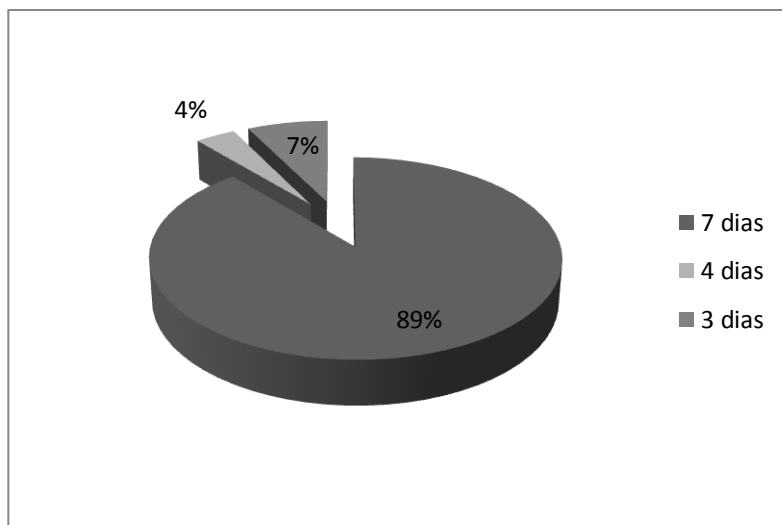


¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?



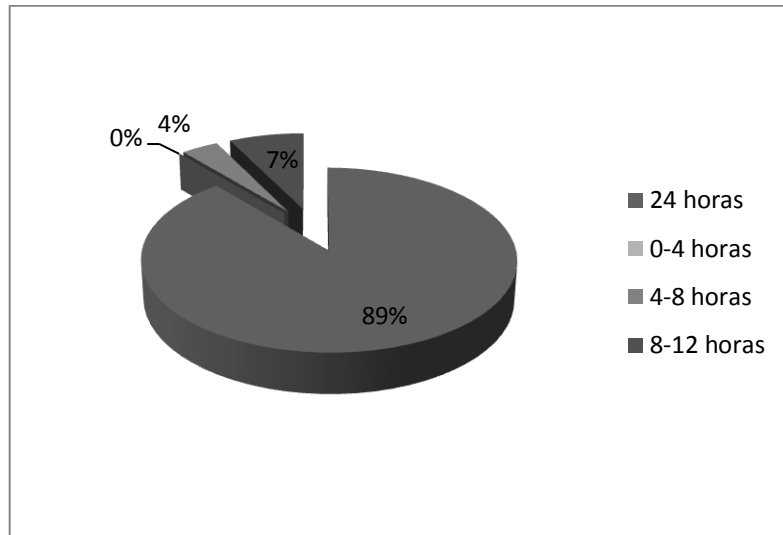
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?



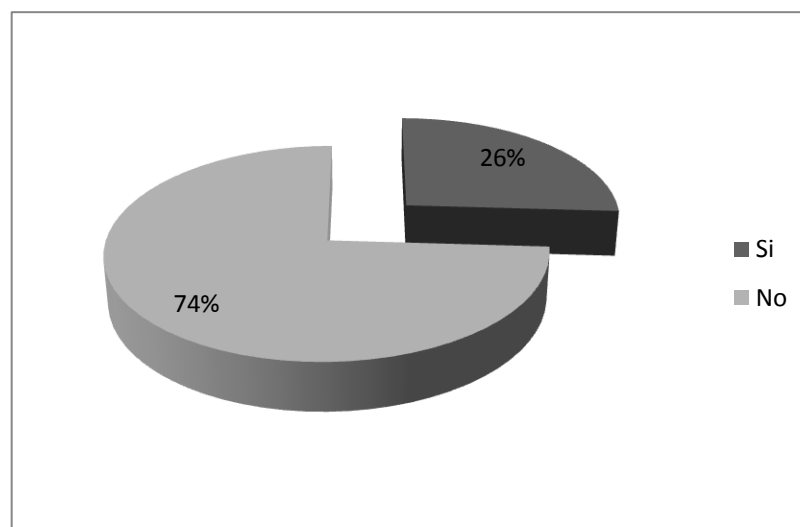
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?



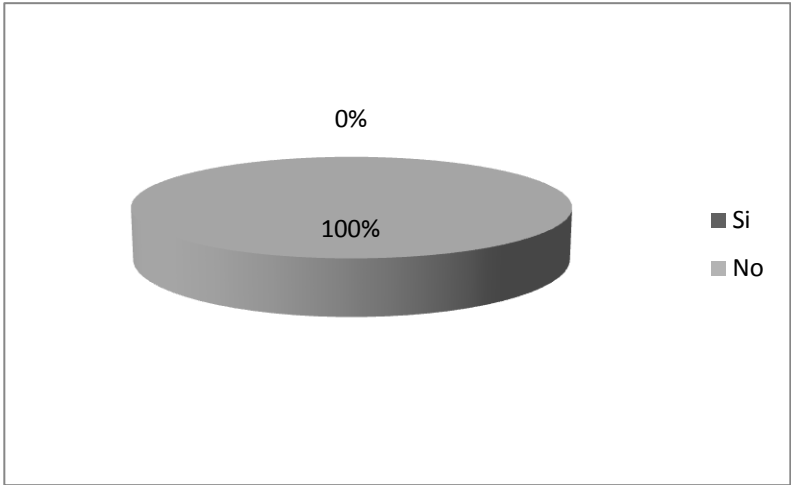
Fuente: elaboración propia.

¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda?



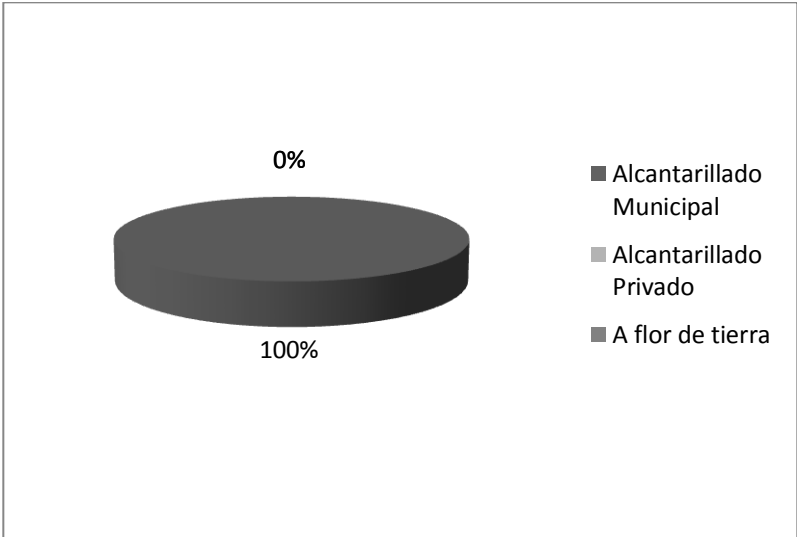
Fuente: elaboración propia.

¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuantos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?



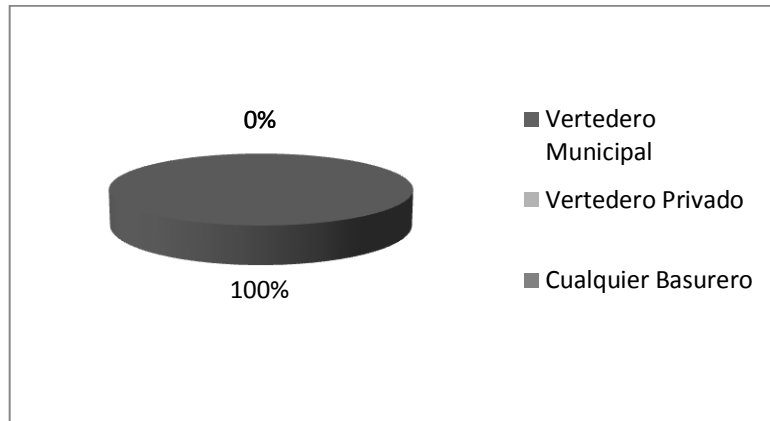
Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?



Fuente: elaboración propia.

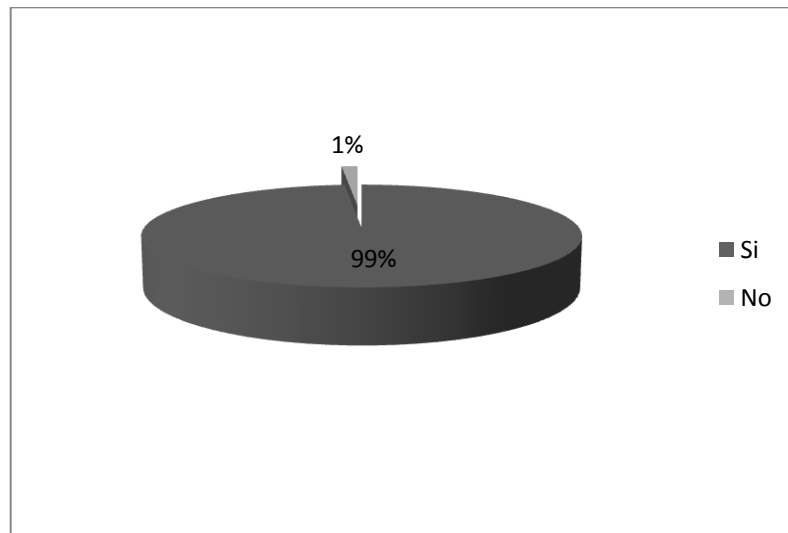
¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?



Fuente: elaboración propia.

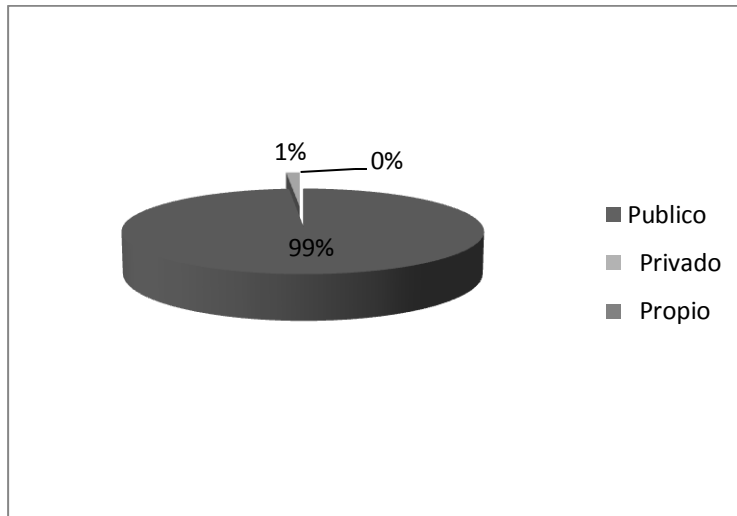
Sector Comercial

¿Cuenta con usted con servicio de agua potable?



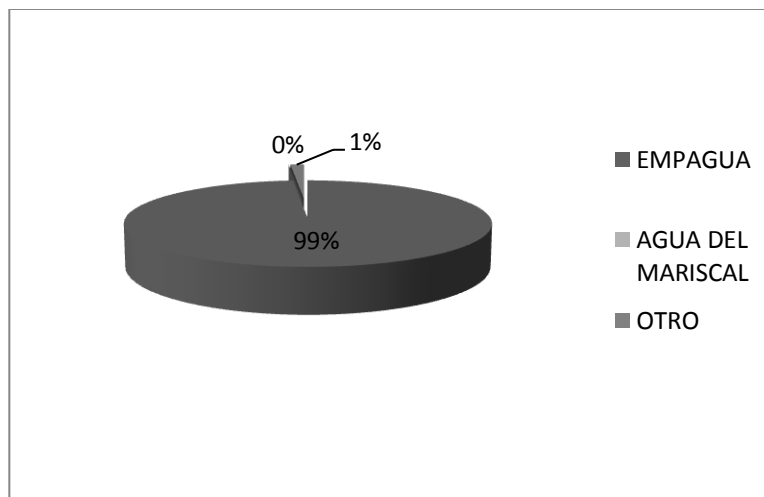
Fuente: elaboración propia.

¿El servicio de agua potable que usted recibe es?



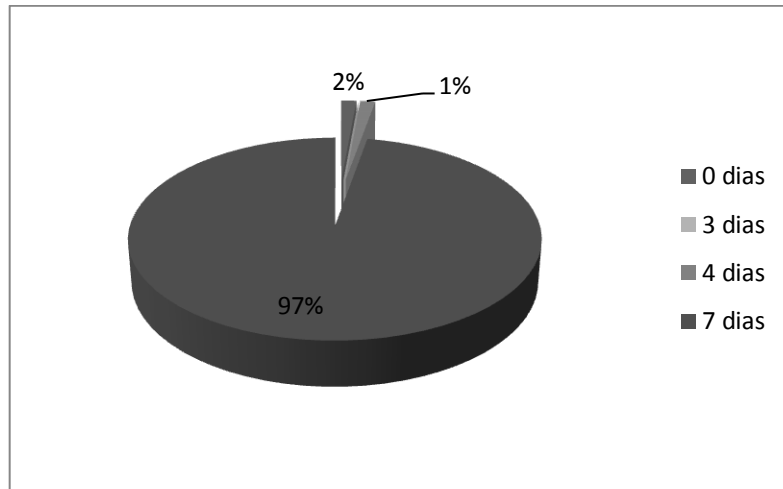
Fuente: elaboración propia.

¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?



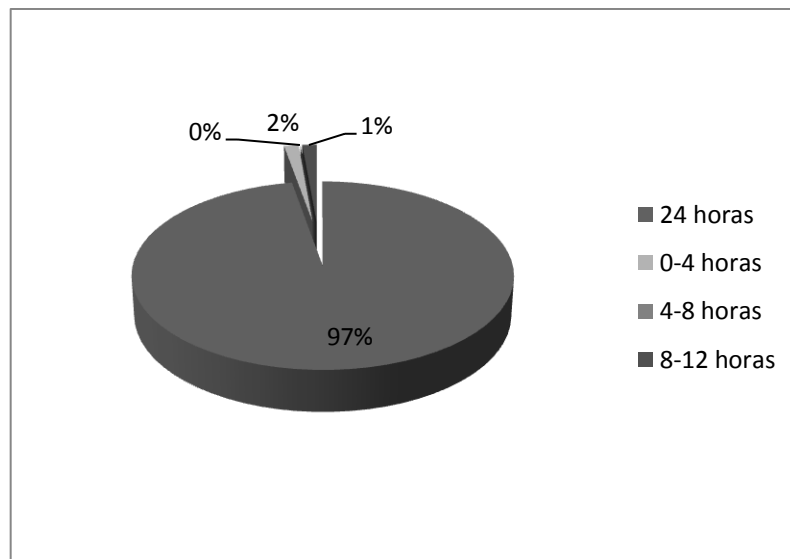
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?



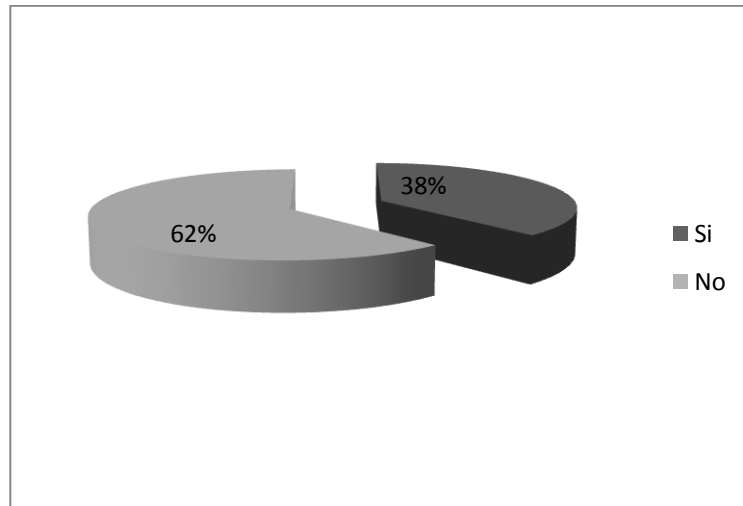
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?



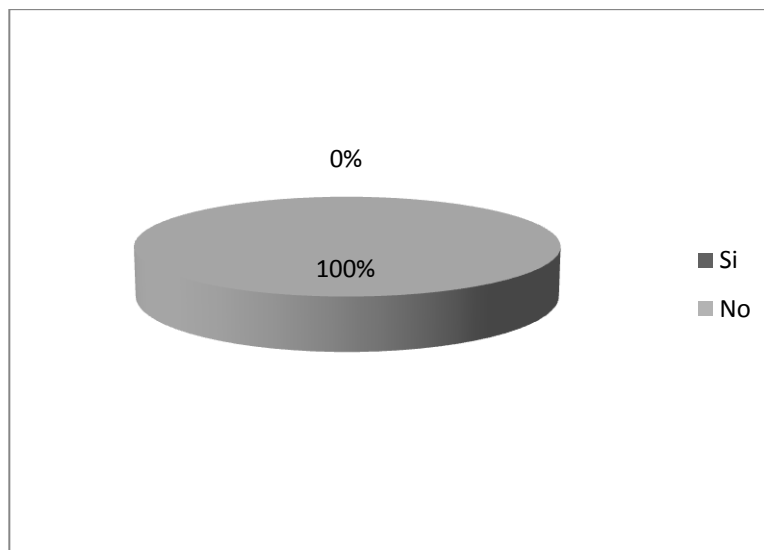
Fuente: elaboración propia.

¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda?



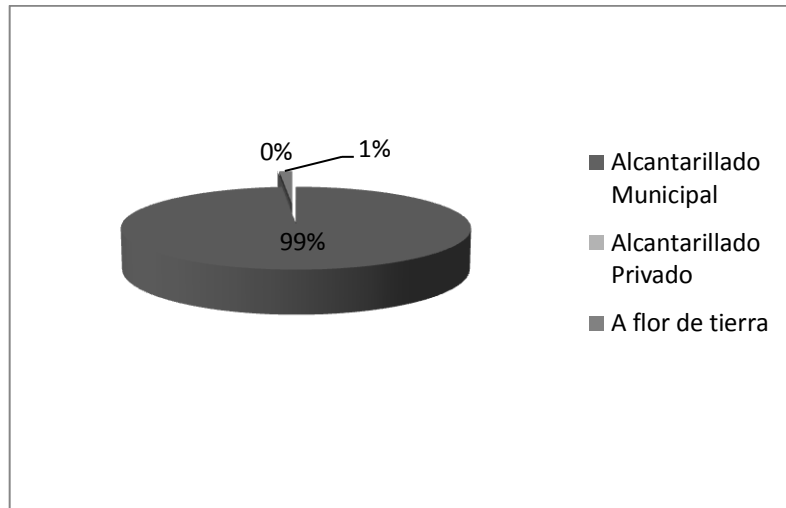
Fuente: elaboración propia.

¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuántos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?



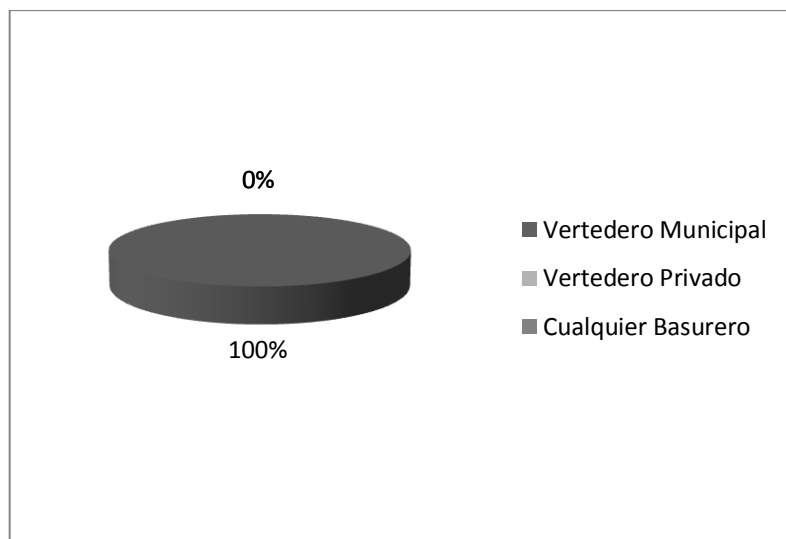
Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?



Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?

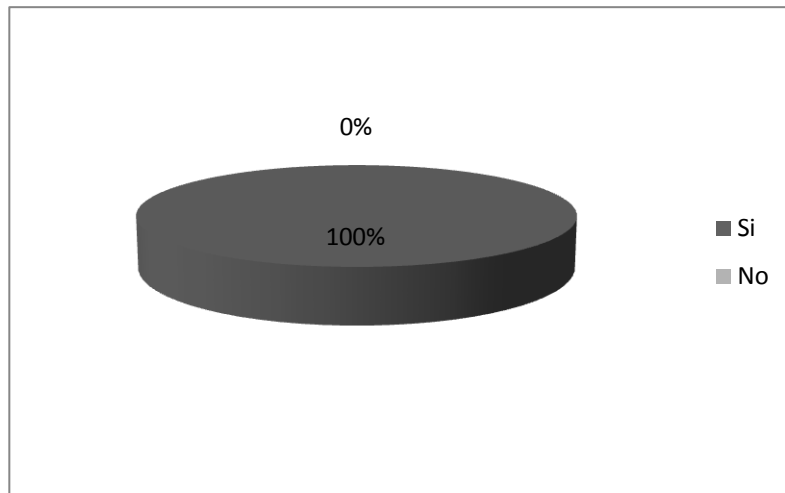


Fuente: elaboración propia.



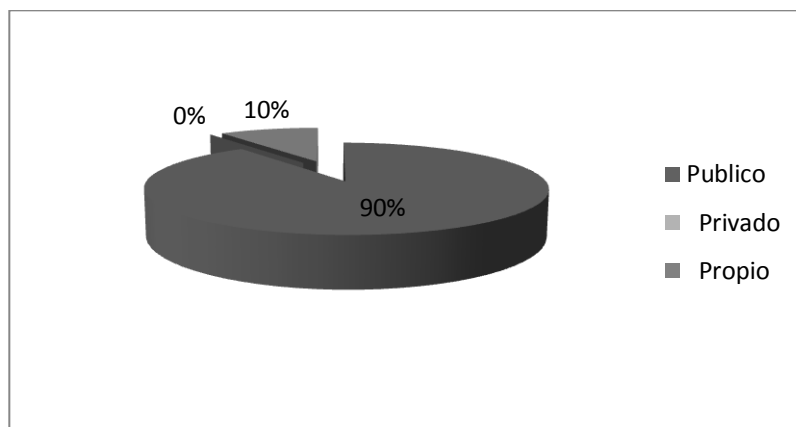
## Sector Industrial

¿Cuenta con usted con servicio de agua potable?



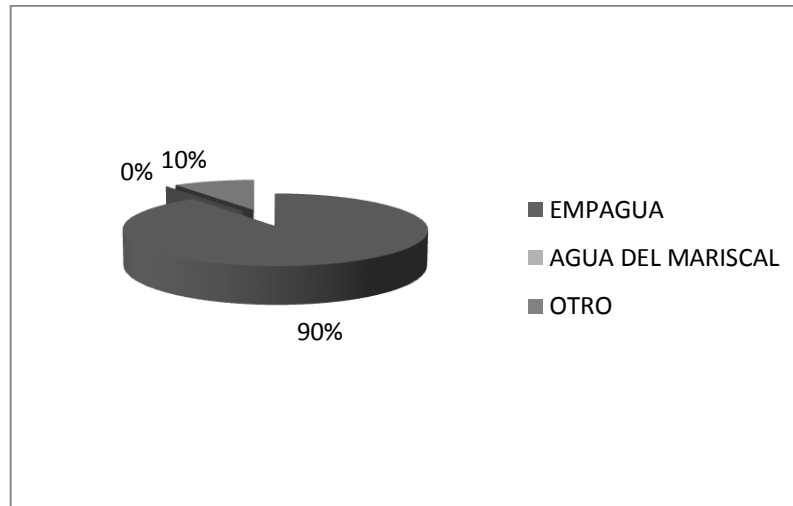
Fuente: elaboración propia.

¿El servicio de agua potable que usted recibe es?



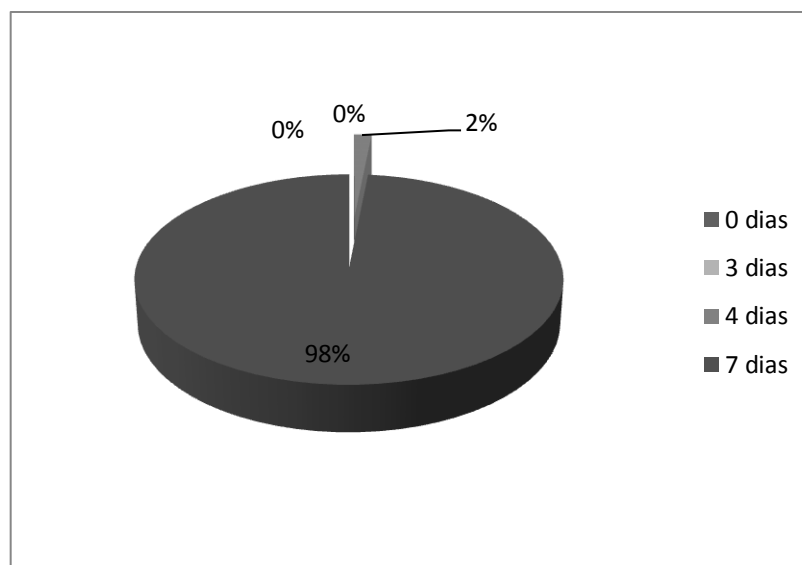
Fuente: elaboración propia.

¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?



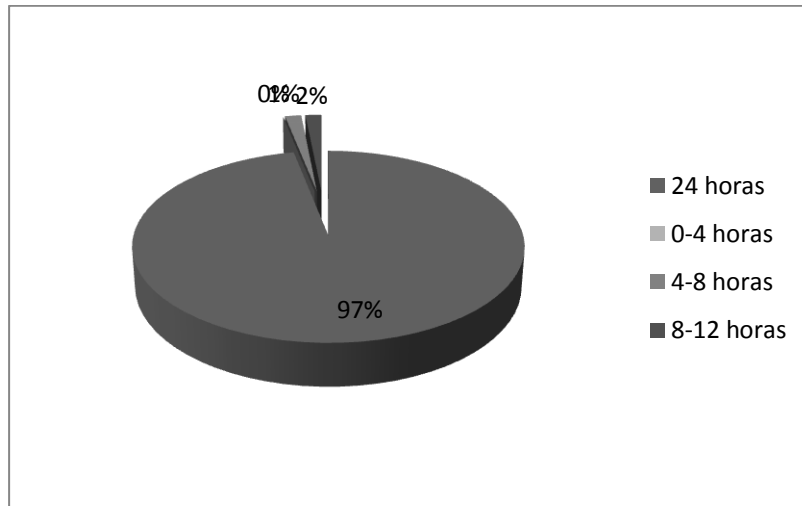
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?



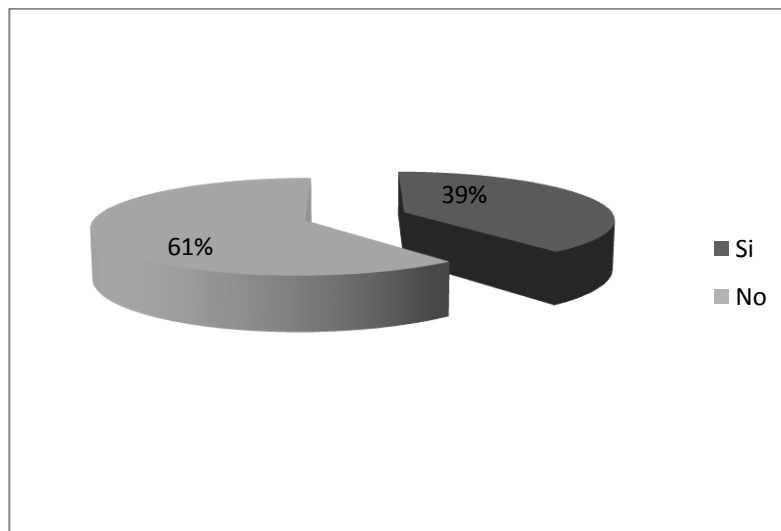
Fuente: elaboración propia.

¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?



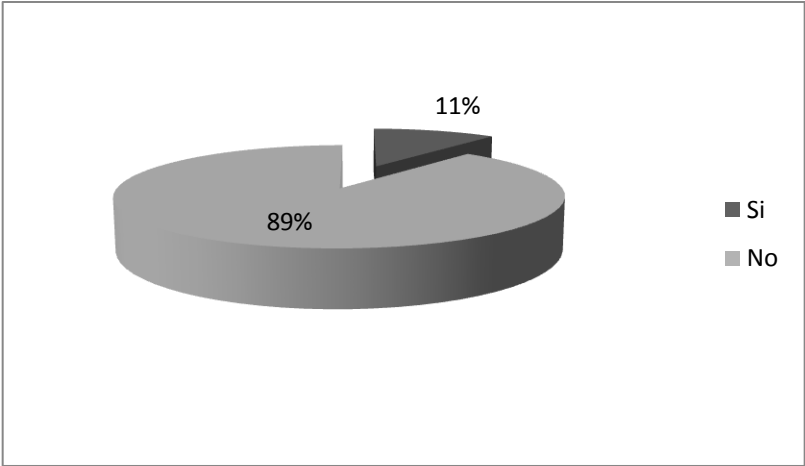
Fuente: elaboración propia.

¿Cuenta con un tanque cisterna en su vivienda?



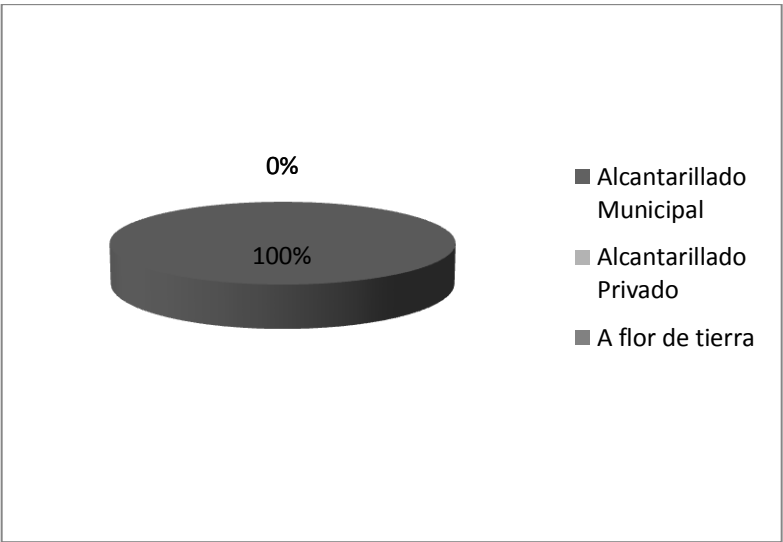
Fuente: elaboración propia.

¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuántos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?



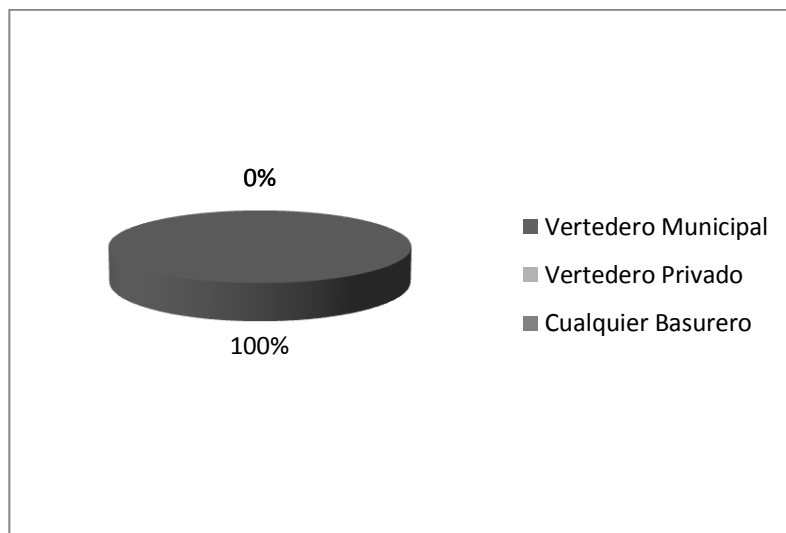
Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?



Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?



Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**



1. **Volumen de almacenamiento mensual de agua en planta Lo de Coy y extracción en planta de bombeo Ojo de Agua**

<b>Planta Lo de Coy</b>						
<b>MES</b>	<b>2008</b>		<b>2009</b>		<b>2010</b>	
	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol (m <sup>3</sup> )
Enero	1 205	3 227 472,00	1 316	3 524 774,40	1 220	3 267 648,00
Febrero	1 135	3 039 984,00	1 232	3 299 788,80	1 136	3 042 662,40
Marzo	1 065	2 852 496,00	1 035	2 772 144,00	1 056	2 828 390,40
Abril	1 062	2 844 460,80	1 108	2 967 667,20	1 097	2 938 204,80
Mayo	1 109	2 970 345,60	1 211	3 243 542,40	1 119	2 997 129,60
Junio	1 306	3 497 990,40	1 456	3 899 750,40	1 278	3 422 995,20
Julio	1 458	3 905 107,20	1 526	4 087 238,40	1 366	3 658 694,40
Agosto	1 584	4 242 585,60	1 587	4 250 620,80	1 427	3 822 076,80
Septiembre	1 616	4 328 294,40	1 532	4 103 308,80	1 496	4 006 886,40
Octubre	1 599	4 282 761,60	1 574	4 215 801,60	1 582	4 237 228,80
Noviembre	1 365	3 656 016,00	1 538	4 119 379,20	1 603	4 293 475,20
Diciembre	1 181	3 163 190,40	1 326	3 551 558,40	1 608	4 306 867,20

Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.

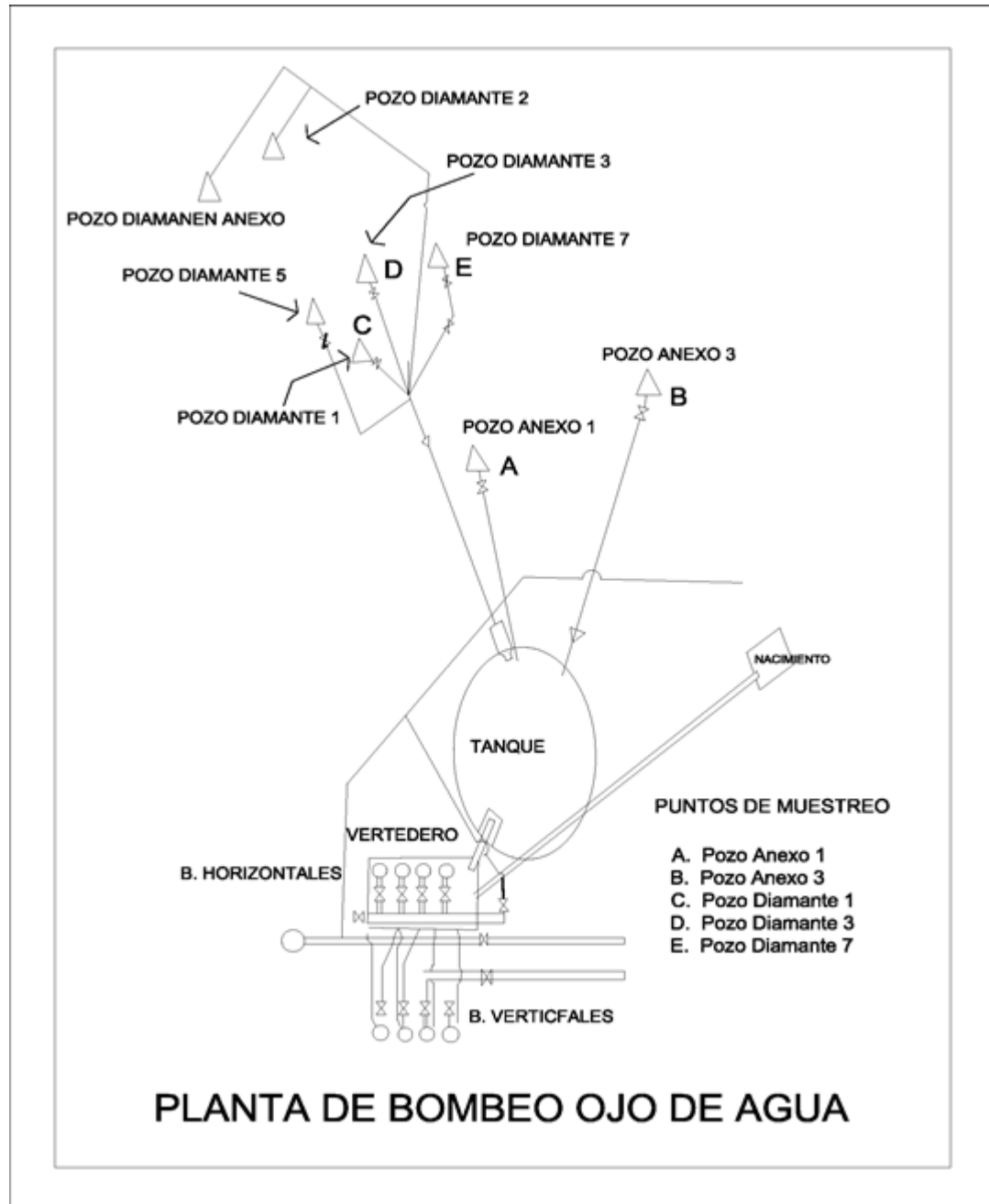


### Extracción de agua potable planta Ojo de Agua- Diamante

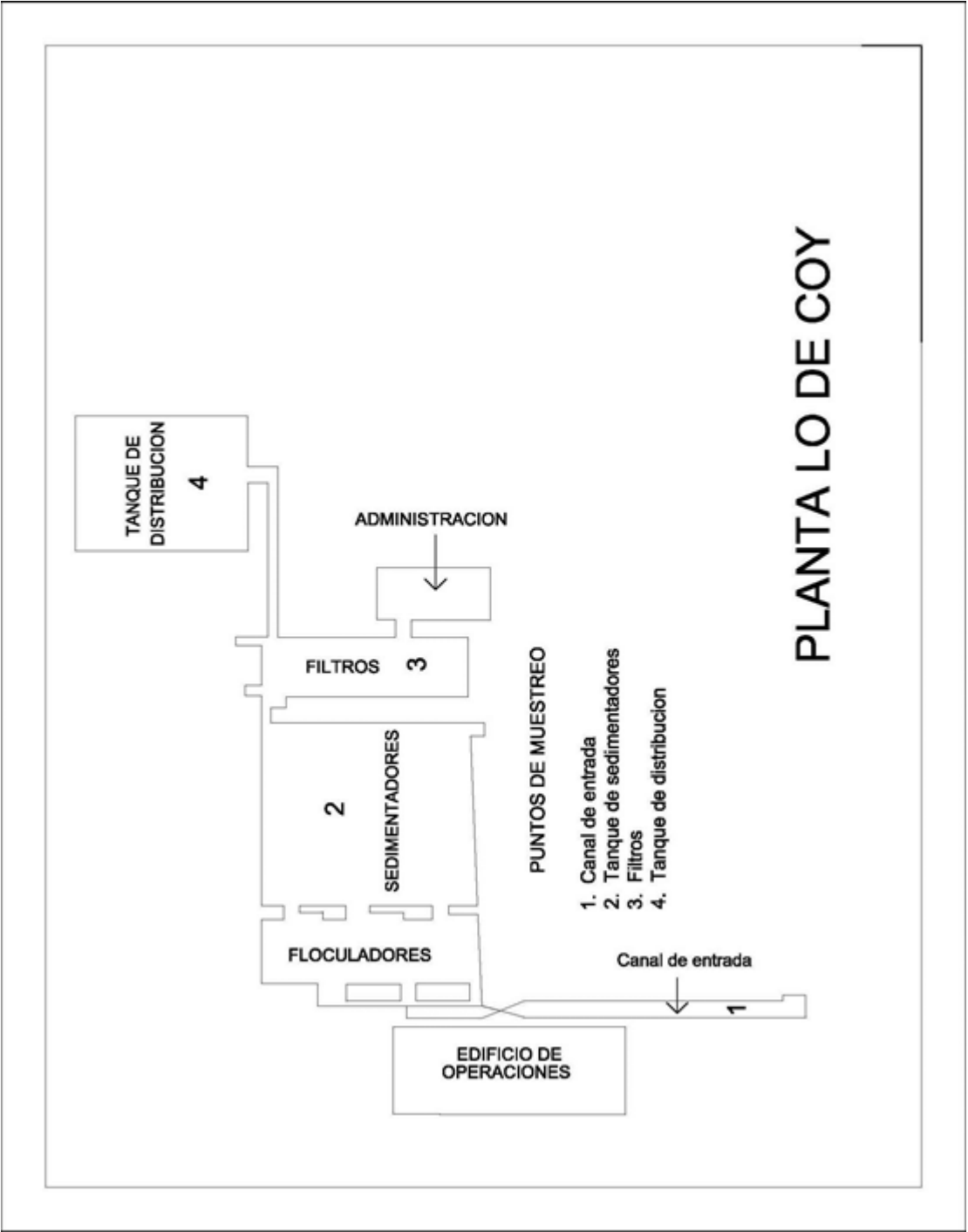
Planta de bombeo Ojo de Agua						
	2008		2009		2010	
MES	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol (m <sup>3</sup> )
Enero	954	2 555 193,60	994	2 662 329,60	1 017	2 723 932,80
Febrero	1 005	2 691 792,00	1 001	2 681 078,40	1 013	2 713 219,20
Marzo	1 007	2 697 148,80	981	2 627 510,40	1 011	2 707 862,40
Abril	1 011	2 707 862,40	1 014	2 715 897,60	1 021	2 734 646,40
Mayo	1 010	2 705 184,00	1 014	2 715 897,60	995	2 665 008,00
Junio	997	2 670 364,80	1 025	2 745 360,00	999	2 675 721,60
Julio	1 013	2 713 219,20	1 035	2 772 144,00	974	2 608 761,60
Agosto	761	2 038 262,40	865	2 316 816,00	1 001	2 681 078,40
Septiembre	796	2 132 006,40	807	2 161 468,80	963	2 579 299,20
Octubre	821	2 198 966,40	805	2 156 112,00	985	2 638 224,00
Noviembre	887	2 375 740,80	811	2 172 182,40	984	2 635 545,60
Diciembre	984	2 635 545,60	993	2 659 651,20	999	2 675 721,60

Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.

## 2. Esquema de plantas de bombeo Ojo de Agua y Lo de Coy



Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.



Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.