



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

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

**Manuel Eduardo Ramírez Cerna**

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MANUEL EDUARDO RAMÍREZ CERNA**

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo 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 Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Jeovany Rudaman Miranda Castañón
EXAMINADOR	Ing. Wuilliam Ricardo Yon Chavarría
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 13 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 noviembre de 2011.



**Manuel Eduardo Ramírez Cerna**



Guatemala,  
6 de marzo 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

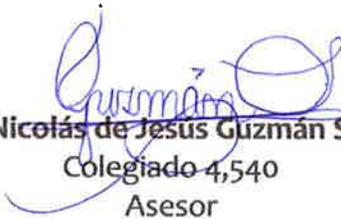
Ingeniero Quiñónez.

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de Asesor, he revisado el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, desarrollado por el estudiante universitario Manuel Eduardo Ramírez Cerna.

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 para su aprobación.

Sin otro particular me despido atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz  
Colegiado 4,540  
Asesor

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

/bbdeb.

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





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala, 07 de marzo de 2013

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

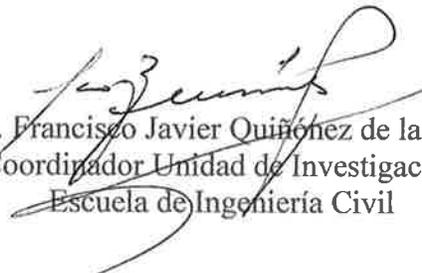
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado “Evaluación del consumo de agua potable en la zona 13 de la Ciudad de Guatemala en los años 2008-2010”, realizado por el estudiante universitario **Manuel Eduardo Ramírez Cerna**, quien contó con la asesoría del M.Sc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Ramírez Cerna** 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



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 Manuel Eduardo Ramírez Cerna, titulado **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2013.

/bbdeb.

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





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 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010** presentado por el estudiante universitario: **Manuel Eduardo Ramírez Cerna**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida, bendiciones y sabiduría para que esta meta fuera alcanzada.
- Mis padres** Manuel de Jesús Ramírez Monterroso y Zonia Judith Cerna de Ramírez, por darme la vida y por transmitirme sus sabios conocimientos y ser una inspiración.
- Mis hermanos** Alejandra y Angel Ramírez. Deseándoles que mi logro sirva de inspiración para alcanzar sus metas.
- Mis amigos** Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme la oportunidad de ser parte de la más importante casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por formarme académicamente.
<b>Mis amigos de la facultad</b>	Andy Duque, Daniel Argueta y Hector Cordón, por su amistad.
<b>EMPAGUA</b>	Por ser un importante institución que aportó información fundamental para la elaboración del presente trabajo. Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
<b>Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz</b>	Por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo y que sin él no habría sido posible.
<b>Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz</b>	Por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.
<b>Ing. Juan Carlos Linares Cruz</b>	Por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA .....	1
1.1. Ubicación y accesos.....	1
1.2. Monografía .....	3
1.2.1. Antecedentes e historia de la zona 13.....	4
1.2.2. Hidrografía y orografía.....	8
1.2.3. Clima .....	8
1.2.4. Población.....	8
1.2.5. Actualidad.....	9
2. PROBLEMÁTICA DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010 .....	13
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
3.1. Encuesta.....	17

4.	RESULTADOS.....	21
4.1.	Entes encargados de la distribución de agua en la zona 13 de la ciudad de Guatemala .....	21
4.1.1.	Estación de bombeo Ojo de Agua.....	21
4.1.2.	Pozos existentes en la zona 13.....	25
4.2.	Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable en la zona 13 .....	27
4.3.	Resultados obtenidos de la encuesta .....	29
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	35
5.1.	Análisis de datos obtenidos de las empresas distribuidoras ....	35
5.1.1.	EMPAGUA .....	36
5.2.	Análisis de datos obtenidos de la encuesta realizada .....	44
6.	DISCUSIÓN.....	49
6.1.	Fuentes de abastecimiento .....	49
6.2.	Distribución .....	50
6.3.	Usos del agua potable.....	50
6.4.	Consumo de agua potable .....	51
6.4.1.	Residencial.....	51
6.4.2.	Comercial .....	52
6.4.3.	Industrial.....	54
6.4.4.	Comparación del consumo.....	54
6.5.	Discusión final .....	56
	CONCLUSIONES.....	59
	RECOMENDACIONES .....	61

BIBLIOGRAFÍA..... 63  
APÉNDICE..... 65  
ANEXO ..... 73



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación .....	1
2.	Accesos.....	3
3.	Aeropuerto de la zona 13 ciudad de Guatemala .....	11
4.	Formato utilizado en la encuesta realizada en este estudio .....	19
5.	Estación de bombeo Ojo de Agua.....	22
6.	Ubicación estación de bombeo Ojo de Agua .....	25
7.	Consumo mensual de agua del 2008.....	38
8.	Usuarios mensuales de agua del 2008 .....	38
9.	Consumo mensual de agua del 2009.....	39
10.	Usuarios mensuales de agua del 2009 .....	40
11.	Consumo mensual de agua del 2010.....	41
12.	Usuarios mensuales de agua del 2010 .....	41
13.	Usuarios mensuales de agua del 2008-2010 .....	42
14.	Consumo mensual de agua del 2008-2010.....	43

### TABLAS

I.	Lugares de interés de la zona 13 .....	10
II.	Pozos de la zona 13 de la ciudad de Guatemala .....	26
III.	Consumo promedio mensual de agua 2008.....	27
IV.	Consumo promedio mensual de agua 2009.....	28
V.	Consumo promedio mensual de agua 2010.....	28
VI.	Precio del servicio de agua por rangos de consumo.....	30

VII.	Cantidad de muestras que cuentan con servicio de agua .....	30
VIII.	Tipo de servicio de agua que se recibe .....	31
IX.	Empresas que prestan el servicio de agua potable .....	31
X.	Promedios del consumo de agua (m <sup>3</sup> ).....	31
XI.	Días de suministro de agua .....	32
XII.	Horas de suministro de agua .....	32
XIII.	Muestras que cuentan con cisterna .....	32
XIV.	Rango de personas abastecidas.....	33
XV.	Muestras que cuentan con pozo propio .....	33
XVI.	Disposición final de los desechos líquidos y sólidos .....	33
XVII.	Medidas de tendencia central de los registros proporcionados por EMPAGUA durante 2008-2010.....	37
XVIII.	Medidas de tendencia central obtenida de las muestras .....	44
XIX.	Análisis consumo tipo residencial .....	45
XX.	Análisis consumo tipo comercial .....	45
XXI.	Análisis consumo tipo industrial .....	46
XXII.	Comparación de resultados de EMPAGUA y residenciales encuestados .....	52
XXIII.	Comparación de resultados de EMPAGUA y comercios encuestados .....	53
XXIV.	Consumo promedio mensual en metros cúbicos de agua potable para cada uno de los segmentos .....	54
XXV.	Parámetros obtenidos en las 91 muestras.....	55
XXVI.	Relación entre Mo, Me y $\bar{X}$ .....	56

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\sigma$	Desviación estándar
<b>l/s</b>	Dimensional utilizada para dar magnitud a un caudal, equivalente al paso de una cantidad de litros de un fluido líquido por cada segundo transcurrido que atraviesa cualquier sección transversal.
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>min</b>	Minuto
<b>P<sub>25</sub></b>	Percentil 25
<b>P<sub>50</sub></b>	Percentil 50
<b>P<sub>75</sub></b>	Percentil 75
<b>s</b>	Segundos
<b>km</b>	Unidad de longitud equivalente a 1 000 metros



## **GLOSARIO**

<b>Adjudicación</b>	Fase de un procedimiento de contratación en el cual se define la persona, física o jurídica, con quien la administración celebrara un contrato.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de líquido que pasa en un área por unidad de tiempo.
<b>CONCYT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala.
<b>Consumo</b>	Gasto determinado de algún bien; acción de consumir.
<b>DINEL</b>	Directorio Nacional de Empresas y sus Locales.
<b>Dotación</b>	Es el consumo teórico diario de agua, que sirve para calcular los caudales de diseño. El cual determina la cantidad de agua que se distribuye en una zona, en función de su población.
<b>EMPAGUA</b>	Empresa Municipal de Agua.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.

<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<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. Se abrevia con lat. Según el hemisferio en el que se sitúe el punto, puede ser latitud norte o sur.
<b>Longitud</b>	Abreviada long., en cartografía, expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° (es decir el meridiano base) medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto, una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la Tierra con el plano del citado paralelo.
<b>Suministro</b>	Se refiere a la cantidad teórica promedio del consumo agua potable, para una conexión de servicio típica.
<b>Usuario</b>	Cada una de las residencias, comercios e industrias, que cuentan con servicio de agua potable, ya sea de EMPAGUA u otras compañías abastecedoras.

## RESUMEN

Este trabajo de investigación, muestra el consumo de agua potable de la zona 13 de la ciudad de Guatemala en el período 2008 – 2010, ya que anteriormente se encontró que no existen estudios recientes acerca de este tema en la zona. La investigación es parte del trabajo que realiza la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, conjuntamente con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT).

Como parte de la investigación, se elaboró una recopilación de datos de las empresas distribuidoras, y se llevó a cabo una encuesta, cuyos resultados permitieron establecer valores promedios de consumo y formas de consumo, así como de la distribución del agua potable en la zona 13 y sus fuentes de abastecimiento. A partir de lo anterior se realizó un análisis estadístico y una discusión final de la información recabada.

Una de las principales conclusiones, fue que la diferencia entre el consumo que refleja la encuesta es mucho mayor que el consumo que proporciona EMPAGUA, esto se debe a que los comercios e industrias consumen más agua potable al indicado en forma general por la empresa.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el consumo de agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala durante 2008-2010.

### **Específicos**

1. Determinar las fuentes que abastecen de agua potable a la zona 13 de la ciudad de Guatemala.
2. Determinar cómo se suministra y distribuye el agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala.
3. Establecer los usos del agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala.
4. Estimar el consumo de agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS), indica que el nivel de servicio de agua, o acceso básico mínimo es de 20 litros por persona al día, atendiendo las necesidades como el lavado de manos y la higiene básica de la alimentación; es difícil garantizar el lavado de ropa y de baño, a no ser que se practique en la fuente de agua más cercana. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas), con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo.

Guatemala se encuentra en una posición geográfica privilegiada intertropical, con una apreciable cobertura boscosa, y con una variación de clima relativamente favorable. Estos factores inciden positivamente en la disponibilidad de recursos hídricos en el país, pero existe en Guatemala un problema generalizado en los servicios públicos, lo cual es una latente preocupación debido a los efectos negativos, plasmados específicamente pero no exclusivamente en los indicadores de salud de gran parte de la población guatemalteca.

En los últimos años, ha existido en la ciudad de Guatemala una creciente demanda en el servicio de agua potable, derivado del crecimiento poblacional.

Dado que no existen en la actualidad documentos que describan las fuentes de abastecimiento de agua potable, los usos específicos, distribución, suministro y principalmente la cantidad de consumo para la zona de estudio; el presente trabajo de investigación tiene como objetivo proporcionar la

información anterior y contribuir de manera seria y oportuna en el área de investigación científica en la Facultad de Ingeniería. Se desarrolló este documento como parte de una investigación macro en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT), con el propósito de proporcionar información en la temática del consumo de agua potable.

Esta investigación presenta información recopilada de diferentes instituciones, tanto estatales descentralizadas como privadas, que se dedican al tratamiento y distribución de agua potable, esta información incluye nombres de empresas distribuidoras, descripción de las plantas de tratamiento que poseen, descripción del origen del agua tratada, información de pozos y elementos adicionales encargados de la distribución del agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala,

El motivo de este trabajo, es presentar datos específicos del consumo, obtenidos a través de entrevistas, encuestas y diversas fuentes bibliográficas, estos datos incluyen, promedio y variables estadísticas que estudian los diferentes aspectos del consumo, estos aspectos son: personas que reciben el servicio, tiempo que se recibe el servicio, días a la semana con servicio, sistemas de tratamiento de desechos sólidos y líquidos, estructuras de almacenamiento de agua, la institución que les presta el servicio, con el respectivo caudal suministrado.

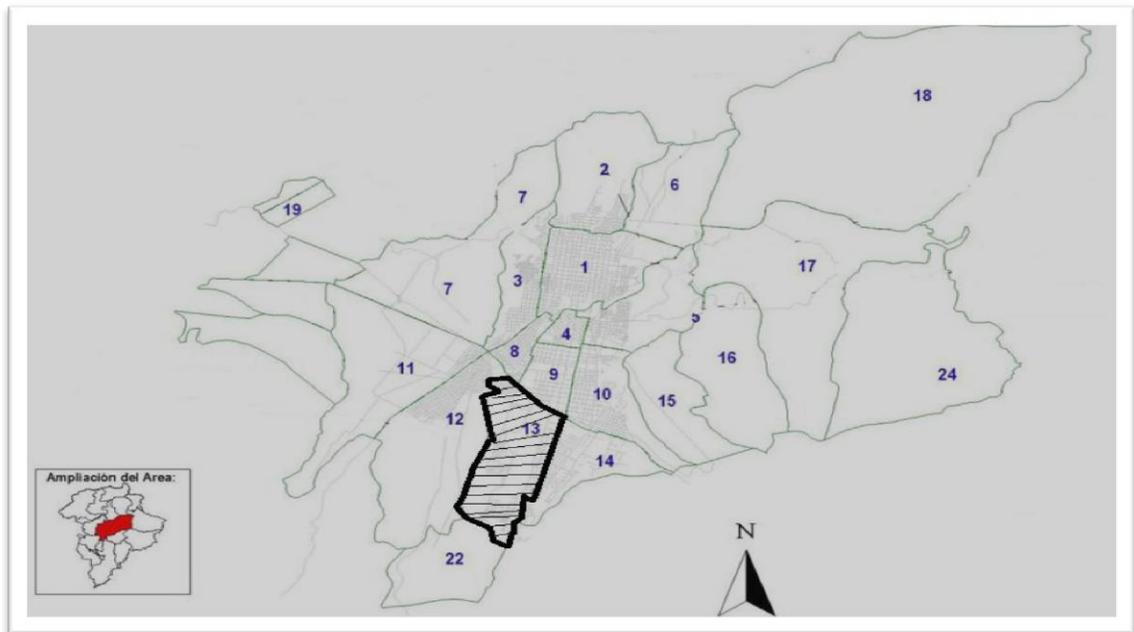
Se presenta un análisis y discusión acerca de las variables cualitativas y cuantitativas de la investigación, que aportan una explicación al comportamiento de las variables encontradas, y a las diferencias entre los datos estadísticos de la encuesta y los documentos proporcionados por las empresas distribuidoras.

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

## 1.1. Ubicación y accesos

Dado que el estudio se realizó en la zona 13 capitalina, se presenta a continuación la ubicación y las colindancias de la zona en estudio. La zona 13 capitalina, está localizada en el área sur del municipio de Guatemala y sus colindancias son; al oeste de la zona 14, al este de la zona 12, al norte de la zona 21 y al sur de las zonas 8, 9 y 10, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Ubicación



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

El IGN describe la ubicación de la zona 13 de la siguiente forma:

“Se describirá a partir de la intersección del boulevard Tecún Umán y avenida Las Américas a la altura del obelisco de los Próceres de la Independencia, hacia el sur por medio de esta última avenida rodeando e incluyéndola en esta zona, a la notificación El Mirador Elgin, por el sur hasta encontrar la avenida Hincapié, la que se seguirá hacia el sur hasta alcanzar el puente Shangrilá sobre el río Pinula, el cual se recorrerá aguas abajo hasta su confluencia con el río Guadrón, el cual se seguirá aguas arriba mientras conserve este nombre y también al adquirir el de Guadroncito.

Más al norte, para tomar más adelante la avenida que pasa al poniente de la notificación Lomas de Pamplona, siempre hacia el norte hasta su intersección con la 8ª calle de la zona 12, y que adquirirá el nombre de 5ª calle de la zona 13, la cual se seguirá hacia el poniente hasta alcanzar la 18 avenida de la zona 12; luego por medio de esta hacia el norte hasta la vía férrea, la que se recorrerá siempre hacia el norte hasta encontrar el boulevard Tecún Umán, por medio del cual se buscará el punto de origen de la descripción.”<sup>1</sup>

La zona 13 de la ciudad de Guatemala, se encuentra a una altura de 1 490 metros sobre el nivel del mar en una latitud de 14° 35´ 10” y una longitud de 90° 36´ 40”.

Los accesos que posee la zona 13, proceden de la zona 8, 9, 10, 12, 14 y 21; el acceso proveniente de la zona 9 como se observa en la figura 2, es por la 6ta. avenida y boulevard Liberación, el acceso proveniente de la zona 10, es por la Avenida La Reforma, el acceso proveniente de la zona 12 es por la 7ª calle A, el acceso proveniente de la zona 14, es por la Avenida Las Américas.

1. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, (Tomo II, p.229).

Figura 2. Accesos



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

## 1.2. Monografía

La monografía es una descripción general de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, y representa la información importante relacionada con la zona 13 en los ámbitos siguientes.

### **1.2.1. Antecedentes e historia de la zona 13**

En lo que respecta a la zona 13, esta fue dejada en manos del Ministerio de Agricultura; mientras tanto, el mandatario tomaba como punto clave de su administración el lado norte de la ciudad, imponiéndolo como el más importante centro de atención de toda la sociedad guatemalteca y centroamericana al construir allí la Avenida Simeón Cañas, Hipódromo del Norte, Plaza de Jocotenango, el Templo de Minerva, el Mapa en Relieve, el diamante de béisbol Minerva y el Parque Minerva, y al celebrarse también en este espacio las fiestas de la feria de agosto y las Minervalias en octubre.

Como ya se mencionó, la finca había sido adscrita al Ministerio de Agricultura, por eso en 1913, se creó aquí la Escuela Nacional de Agricultura (hoy en día sus instalaciones las ocupa la Universidad del Istmo), con el objetivo de hacer del lugar una verdadera granja de experimentaciones agrícolas, a manera de foco difusor de enseñanzas derivadas de los estudios que allí se verificarán para encauzar la agricultura por los derroteros de las modernas prácticas, según consta en un boletín de Agricultura de 1924. Este centro educativo se trasladó en 1935 a La Alameda, Chimaltenango, y luego a la finca de Bárcenas.

Durante las administración de Carlos Herrera (1920-1921) se repartieron algunas parcelas de esta propiedad a civiles y militares allegados, situación que fue suspendida por el presidente José María Orellana (1922-1926), quien recuperó los terrenos y se dio a la tarea de hacer realidad lo proyectado por José María Reyna Barrios en 1892.

En la década de 1930, el presidente Jorge Ubico (1930-1944), hizo de este espacio lo que Estrada Cabrera con el lado norte de la ciudad, al celebrarse aquí la famosa feria de noviembre, impuesta a través del Acuerdo Gubernativo 1753 del 15 de febrero de 1934, la cual se convirtió en un acontecimiento anual de alcance centroamericano y que, además, sirvió de pretexto para conmemorar el cumpleaños del mandatario que era el 10 de noviembre. Durante esta época se construyeron los salones de exposiciones y de bailes sociales 5, 6 y 7 que actualmente ocupan los Museos de Arte Moderno, Arqueología y Etnología y la Dirección de Caminos, respectivamente.

El campo de la feria, era un espacio cortado por una calle central a la que le llamaban; la avenida de la feria, la cual, a su vez, estaba atravesada por 3 elegantes pasarelas de concreto al estilo *Art Decó*. Cada una de ellas se iluminó con 24 artísticos faroles de vidrios de colores, en forma de mosaicos poligonales que remataban las columnas cuadrangulares. De estos, los grandes eran de 300 bujías y los pequeños de 200 bujías, dándoles al conjunto un aspecto original.

Estas construcciones todavía hoy se observan camino al aeropuerto Internacional La Aurora pero sin sus adornos. Asimismo, en el sitio de la feria se construyó una concha acústica para conciertos, constituyendo una novedad en 1935 y siendo la primera en su género en el istmo centroamericano por aquel entonces. Tenía una capacidad para 250 personas y para su edificación se emplearon las más modernas técnicas de albañilería de la época: paredes de construcción mixta, cemento y ladrillo, y se usaron por primera vez vigas hechas a presión; en la parte del techo se utilizaron 42 000 pies cuadrados de madera; y finalmente, frente a la concha, se colocó una pileta de azulejos. En fin, la construcción de las pasarelas, la concha acústica y el edificio de la policía, estuvieron a cargo del tesorero nacional coronel Gustavo Wyld Ospina.

Otras atracciones de la finca lo constituyeron los campos de fútbol y de golf, y su club que llegó a tener más de 100 socios inscritos, y los eventos deportivos como carreras de caballos, motos, tiro al blanco, etcétera. Otras construcciones de avanzada fueron las estaciones de descanso, de centro armado y distribuidas convenientemente en 12 sitios, así como varias casas rústicas para uso de los paseantes en sus días de campo, trazando y construyendo nuevos caminos que acortaban las distancias de diversos lugares de la finca a la entrada de la misma, según consta en noticia de El Imparcial del 1 de abril de 1925.

Otra de las construcciones importantes de esta área lo constituyen las instalaciones aeroportuarias de Guatemala, en donde en 1936, a las 16 horas, el Ministro de Hacienda, licenciado José González Campo declaró inaugurado el edificio de las oficinas de aduanas del aeropuerto en nombre del gobierno de la república y descubrió una placa de bronce, colocada en uno de los muros del frente que decía: Administración Ubico 1935-1936.

En el acto inaugural, estuvieron presentes secretarios de estado de los diferentes ramos de la administración pública, miembros del cuerpo diplomático y consular. Luego fueron presenciadas maniobras aéreas que ejecutaron pilotos de la escuela de aviación. El edificio es de estilo Renacimiento, consta de 3 pisos, 4 entradas. En las 2 principales, las puertas son muy amplias y con moldes primorosos; arriba llevan un vidrio quemado con la figura del quetzal, y a los lados, otros vidrios quemados con motivos de renacimiento.

Una plataforma de 2 336 metros cuadrados, con sus calles de cemento y arriates de grama; dando frente al campo hay 2 elevadas astas donde se izaban banderas.

Al lado derecho del edificio, un pozo con su brocal estilo renacimiento, de 96 varas de profundidad, revestido con tubos de concreto. En este mismo edificio, está el de la Capitanía del aeropuerto que fue construido también al mismo tiempo que el de Aduanas. En este edificio operaban la Pan American Airways, Taca de Honduras, Aviateca de Guatemala y otras compañías centroamericanas, asimismo, la oficina de migración, correos, equipaje y aduana.

Posteriormente al derrocamiento de Ubico, las instalaciones del complejo de la finca, se destinaron para otros usos y la feria dejó de celebrarse.

Muchos años después, en 1975, el tema de la Finca Nacional La Aurora, es retomado por las autoridades gubernamentales buscando revitalizarla, para ello encargan a la Unidad de Planificación de la Dirección de Obras Públicas que retome la idea de Reyna Barrios, de hacer de este lugar, un precioso jardín. Como resultado de estas instrucciones, esta dirección presentó el denominado plan maestro del parque metropolitano La Aurora, espacio que, como el antiguo Parque Reforma, tenía planeado tener área de conciertos, recreativa, educativa, deportiva e histórica. Pero, no se echó a andar debido a que un año después el país fue azotado por un terremoto de grandes magnitudes y se engavetó.

“Treinta años después, en 2005, la Municipalidad de Guatemala rescata la idea y trata de poner en marcha un proyecto piloto para volver a convertir este espacio en un gran parque metropolitano. A partir de esto, se construyó la ciclovía y se emitió un acuerdo municipal en febrero de 2005, a través del cual se prohibía cualquier construcción civil. Sin embargo, el proyecto no cuajó del todo, debido a que al año siguiente el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, inició la primera fase de 3 de la remodelación, reconstrucción e incremento de las instalaciones del Aeropuerto Internacional

La Aurora con lo que se modificó grandemente la estructura del inmueble, reduciéndose 12 manzanas que ahora han pasado a formar parte de las nuevas instalaciones aeroportuarias.”<sup>2</sup>

### **1.2.2. Hidrografía y orografía**

En esta zona se encuentra el río Guadrón, se origina como río Guadroncito cerca del Parque Nacional La Aurora en la zona 13 de la ciudad de Guatemala. Corre de sur a norte; pasa al oeste de la aldea La Libertad y al oeste de la aldea Los Guajitos, descarga en el río Pinula, latitud 14°43'02", longitud 90°31'47", longitud 8 kilómetros.

### **1.2.3. Clima**

El clima de la zona es templado y saludable por el área verde existente. La temperatura ambiente oscila entre los 15 y 19 grados centígrados sobre cero.

### **1.2.4. Población**

Para 1994 el Instituto Nacional de Estadística (INE) registró una población según censo, de 23 263 habitantes. Para 2002 registró una población de 26 734 habitantes.

Por la fórmula de crecimiento aritmético, se calcula las poblaciones de 2008, 2009 y 2010, las cuales dieron un resultado de:

- Población en 2008 de la zona 13 :

$$Pf(2008) = Pa(2002) * ( 1 + \frac{19*6}{1\ 000} ) = 29\ 782 \text{ habitantes}$$

2. BARRIO QUERIDO Historias y memorias de la Ciudad de Guatemala zona 13 La Aurora.

- Población en 2009 de la zona 13:  

$$Pf(2009) = Pa(2008) * ( 1 + \underline{19*1} /1\ 000 ) = 30\ 348 \text{ habitantes}$$
- Población en 2010 de la zona 13:  

$$Pf(2010) = Pa(2009) * ( 1 + \underline{19*1} /1\ 000 ) = 30\ 925 \text{ habitantes}$$

### **1.2.5. Actualidad**

En la actualidad se pueden encontrar lugares de interés cultural, social como el aeropuerto, el zoológico, los museos, la Dirección General de Caminos, el domo de la zona 13, colonias residenciales Aurora 1, 2 y colonia Santa Fé.

- Nueva Aurora, colonia en la zona 13 de la ciudad de Guatemala. 1 482 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°35'00", longitud 91°32'00". 1:12 500 ciudad de Guatemala.
- Observatorio Nacional, al sur de la ciudad de Guatemala en su zona 13. 1 516, metros sobre el nivel del mar latitud 14°35'12", longitud 90°31'58". 1:12 500 ciudad de Guatemala.
- Reina Barrios, colonia en la zona 13 de la ciudad capital. Al lado este del río Guadroncito, al sur de la colonia Nueva Aurora. Escuela José María Reina Barrios 1 473 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°34'56", longitud 90°32'03". 1:12 500 ciudad de Guatemala.
- Santa Fé, colonia en la zona 13 de la ciudad de Guatemala. 1 480 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°34'08", longitud 90°32'07". 1:12 500 ciudad de Guatemala.

- Santa Fé Libertad, al sur del aeropuerto internacional La Aurora, zona 13, municipio de Guatemala. Santa Fé es una colonia dentro de la que fuera finca Santa Fé, y La Libertad, es aldea del municipio de Guatemala. Existe sucursal postal y telegráfica de la Dirección General de Correos y Telecomunicaciones con el nombre de Santa Fé Libertad.

Tabla I. **Lugares de interés de la zona 13**

<b>Museográfico:</b>	Museo del Niño, Museo Nacional de Arte Moderno Carlos Mérida (salón número 5), Museo Nacional de Antropología, Arqueología e Historia (salón número 6) y Museo de Historia Natural.
<b>Histórico:</b>	Acueducto de Pinula o de los Arcos, Monumento a Tecún Umán, Monumento a Juan Pablo II, Casa de Té y Arboretum dentro de las instalaciones del Zoológico Nacional La Aurora.
<b>Ministerial:</b>	Instalaciones de la Dirección General de Caminos (salón número 7), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Alimentación (MAGA) y el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSUVUMEH).
<b>Aeronáutica:</b>	El Aeropuerto Nacional La Aurora, Club de Oficiales e instalaciones de Aeronáutica civil. (ver figura 3).
<b>Deportivo:</b>	Hipódromo del Sur, el Jockey Club, La Asociación Ganadera, Ciclovía, instalaciones de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala que incluyen el Domo (Antigua Plaza de Toros) y el Velódromo.
<b>Educativo:</b>	Universidad del Istmo (antiguamente la Escuela Nacional de Agricultura), la Escuela Normal para Varones, la escuela oficial nacional República de Bolivia, Escuela oficial nacional Walt Disney, el Instituto Militar Adolfo V. Hall Central, Alianza Francesa.
<b>Turístico:</b>	Mercado de Artesanías.

Continuación de la tabla I.

<b>Residencial:</b>	Colonias Residenciales Aurora I, Aurora I, Sector B y Aurora II construidas durante el gobierno del general Ydigoras Fuentes; asentamientos: viveros de la Paz, Plaza de Toros, anexo Plaza de Toros, Forestal, anexo Forestal; La Libertad, Santa Fé, Colonia Reyna Barrios.
<b>Religioso:</b>	Iglesia Nuestra Señora de la Paz (23 calle 15-35, zona 13) e Iglesia Santa María Goretti (28 calle 12-69, zona 13, Colonia Santa Fé).

Fuente: IGN, Cuadro de lugares importantes de la zona 13.

Figura 3. **Aeropuerto de la zona 13 ciudad de Guatemala**



Fuente: aeropuerto internacional La Aurora.



## **2. PROBLEMÁTICA DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 -2010**

Para poder determinar el volumen de agua potable que utiliza una población determinada, es necesario cuantificar cuanto consume cada uno de los usuarios, entendiendo como usuario a una residencia, comercio o industria que se encuentra en dicha población. Actualmente EMPAGUA lleva un control total de la cantidad que sus usuarios consumen. No obstante, no existe diferenciación entre el tipo de uso que se le da al agua. Para la empresa distribuidora únicamente es importante el consumo que tiene en total ese sector determinado de población. Al desear averiguar cuál es el consumo específico que registraron cada uno de los usuarios mensualmente, hacer un promedio es válido, pero no se tiene con certeza el tipo de usuario.

Con fines de planificación y de actualización de datos de consumo y cobertura del servicio en la ciudad capital, es necesario evaluar la cantidad de agua potable que utiliza la población. Este es un tema muy extenso y es por eso que en esta investigación se enfocó únicamente en la zona 13. El problema es que al no haber un control que restrinja la perforación de pozos, y el uso desmedido del agua, puede en un futuro traer consecuencias severas para la población.

En la zona 13 hay muchos consumidores que son abastecidos por medios privados o propios, donde resulta complicado realizar un estudio exhaustivo y completamente preciso.

La gran mayoría de establecimientos, instituciones, comerciales, locales, residenciales y centros privados optan por no dar la información del agua que consumen.

Teniendo en cuenta la problemática anterior, el presente trabajo describe las fuentes de abastecimiento de agua potable en la zona, las formas de distribución, el uso que se le da al servicio y principalmente proporciona al investigador un parámetro promedio de la cantidad de consumo mensual que existe en la zona en función de su actividad, ya sea esta del tipo residencial, comercial o industrial, con el objetivo de dar solución a la escasez de documentación que abarque las características o fenómenos inherentes o externos que afectan al consumo de la zona en un período específico.

Determinar qué cantidad de agua se utilizó durante 2008 a 2010, y hacer una comparación con el consumo actual, permite realizar una evaluación que ofrezca una representación de la situación que existe en la zona en cuanto al tema del consumo del agua potable.

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

Para determinar el consumo promedio de agua potable que existe en la zona 13, fue necesario investigar con las empresas que abastecen a los usuarios en la zona 13. Gracias a la Ley de Acceso a la Información Pública, EMPAGUA proveyó los datos de consumo de agua, durante 2008 al 2010.

La metodología utilizada para este trabajo, fue la siguiente:

- Recopilar datos bibliográficos relacionados con el consumo de agua potable en la ciudad de Guatemala.
- Obtener datos por medio de la colaboración de instituciones y empresas que proveen el servicio.
- Realizar una encuesta.
- Realizar un análisis estadístico descriptivo del consumo agua potable de la zona 13, tomando en cuenta las áreas comerciales, residenciales e industriales.
- Comparar los datos obtenidos de los diferentes medios.
- Evaluar el consumo de agua potable durante 2008 a 2010.

Para el caso de la presente investigación, la recolección de datos incluyó un variado número de actividades de investigación para delimitar las actividades llevadas a cabo por las empresas distribuidoras del servicio de agua potable, específicamente de sus diferentes ramas y procedimientos de funcionamiento.

Las actividades llevadas a cabo para la investigación incluyeron:

- Un examen general del funcionamiento de la empresa que proporciona el servicio.
- Un análisis completo de la distribución de la red general para toda la ciudad de Guatemala.
- Delimitación de los sectores de la red que distribuyen agua para la zona 13, incluyendo los pozos locales.
- Descripción de las fuentes locales y secciones de la red que distribuyen agua al área de estudio.
- Clasificación de datos, por categorías precisas, que se adecuen al propósito de estudio.
- Hacer un manifiesto personal de las semejanzas, diferencias y relaciones significativas de los valores obtenidos.

En el capítulo 4, se muestran los datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población, de la cual fueron tomados. Para representar a la población se realizó el cálculo de una muestra representativa de la misma. Debido a que la población es muy amplia, se recoge la información a partir de la muestra.

### 3.1. Encuesta

La encuesta que se realizó, constó de 15 preguntas, con las cuales se pretendía determinar; el uso del agua, la forma de abastecimiento y el consumo promedio que se tuviera. Además se preguntó si existían problemas de agua de algún tipo, si se tenía pozo propio, a qué profundidad y qué caudal se tenía en el pozo; la continuidad con la que se recibía el servicio de agua y como preguntas adicionales, el destino y forma de disponer de los desechos líquidos y sólidos que tuviera el encuestado.

Para representar a la población, se realizó el cálculo de una muestra aleatoria representativa de la misma.

Como la población es excesivamente amplia, se recoge la información a partir de unas pocas unidades cuidadosamente seleccionadas, las generalizaciones o conclusiones basadas de los cálculos obtenidos, con este grupo, pueden ser aplicadas a toda la población. Se utilizó un algoritmo de población finita para hacer el cálculo de la muestra representativa:

$$n = \frac{N\sigma^2}{Z^2 + \sigma^2}, \text{ } ^3$$

---

<sup>3</sup>TRIOLA, Mario F. Estadística. Novena Edición. Pearson Educación, México, 2004. 872p.

Donde:

$N$  = población en estudio

$\sigma^2$  = desviación estándar, se asume 0,5

$E^2$  = 1,96 (constante relacionada al nivel de confianza)

$Z^2$  = límite aceptable de error muestral = 5% (0,05)

La información de campo, se recolecto mediante el uso de una encuesta que evaluó todos los aspectos relativos al consumo de agua potable en la zona 13 de Guatemala. El formato que se utilizó en la encuesta se muestra en la figura 4.

Figura 4. Formato utilizado en la encuesta realizada en este estudio

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 Hídricos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Centros: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Fuente: Unidad de Investigación, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Nicolás Guzmán.



## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Entes encargados de la distribución de agua en la zona 13 de la ciudad de Guatemala**

La única planta de bombeo municipal de agua potable que abastece a la zona 13, es la estación de bombeo Ojo de Agua y existen además pozos perforados pertenecientes a EMPAGUA. La Municipalidad de Guatemala abastece a toda la zona 13 de la ciudad de Guatemala de agua potable, entre los lugares más reconocidos están; el aeropuerto y zoológico La Aurora, CONRED, Domo de la zona 13, la Dirección General de Caminos etcétera. Aunque todos estos lugares cuentan con pozo propio, la municipalidad les brinda el servicio de agua potable.

El único lugar que se encontró en la zona 13 que no es abastecida por la Municipalidad de Guatemala, es el Hotel Crow Plaza, ya que este cuenta con sus propios pozos de agua potable. El horario de servicio que presta la Municipalidad de Guatemala en el servicio de agua potable es de 22:00 a 10:00 horas, de lunes a domingo. “El estimado de consumo de agua potable de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, es de 120 litros por segundo”.<sup>4</sup>

#### **4.1.1. Estación de bombeo Ojo de Agua**

La estación de bombeo Ojo de Agua (mostrada en la figura 5). Construida en 1958, inicialmente afloraba el agua superficialmente y actualmente la estación de bombeo consta de:

4. Fuente: EMPAGUA 2012.

- 13 Pozos profundos.
- Tanque circular usado inicialmente de regulación, y actualmente de desinfección de 8 500,00 metros cúbicos.
- Unidad de dosificación de cloro y silicofloruro.
- Casa de máquinas que incluye 8 unidades de bombeo de 1 000 caballo fuerza cada una.

Figura 5. **Estación de bombeo Ojo de Agua**



Fuente: Ojo de Agua zona 12.

En 1955 surgió la necesidad de expropiar la finca 13 297, folio 124 del libro 482 de Guatemala, debido a que en dicha finca se encontraba un

importante manantial de agua subterránea, el cual vendría a reforzar considerablemente el abastecimiento de agua a la ciudad capital. Esta finca fue declarada de utilidad y necesidad pública, y la misma se denominaba Ojo de Agua.

Con la adquisición de los terrenos y el manantial del Ojo de Agua, se inició la explotación del agua subterránea de ese sector, siendo suficiente en ese entonces el caudal proveniente del manantial. Pero debido al crecimiento de la ciudad, se requirió mayor caudal de agua, por lo que fueron adquiridos otros terrenos cercanos al Ojo de Agua, los cuales se denominan Diamante y Diamante anexo; fue así como en 1969, se procedió a construir 3 pozos profundos en el sector Diamante, incrementando con esto la explotación del agua subterránea en la región.

Al 2002, se reporta un total de 5 pozos en el sector Diamante, 2 pozos en el sector Diamante anexo y 6 pozos en el sector del Ojo de Agua. La explotación intensiva del agua subterránea en la zona de estudio, así como en el valle de la ciudad de Guatemala y la disminución de las áreas de recarga de acuíferos, ha dado como resultado la disminución de los niveles freáticos regionales. Situación que repercutió sustancialmente en la desaparición del manantial de Ojo de Agua, este manantial producía un caudal de aproximadamente 300 litros por segundo.

El sector Ojo de Agua, colinda hacia el norte con la Granja California y el Cerro Gordo, al sur con el sector Diamante, al oriente con la Colonia Villa Hermosa y al occidente con el río Villalobos y con Arenas y Gravas, S.A.

Los sectores Diamantes, colindan al norte con el Ojo de Agua, al sur con la estación El Frutal, al oriente con la Colonia Villa Hermosa y al occidente con

el río Villalobos. Ambos sectores están comprendidos en la latitud norte 14° 32´ 5" y longitud 90° 33´ 6". No obstante la desaparición del manantial Ojo de Agua el sector donde se encuentra la zona de explotación del acuífero, conserva el nombre inicial de Ojo de Agua.

Producción del sistema de abastecimiento Ojo de Agua-Diamante: el sistema de abastecimiento Ojo de Agua-Diamante en 2001, producía el 23,57 por ciento del total de la producción de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), siendo este sistema el segundo en importancia después del sistema Lo de Coy.

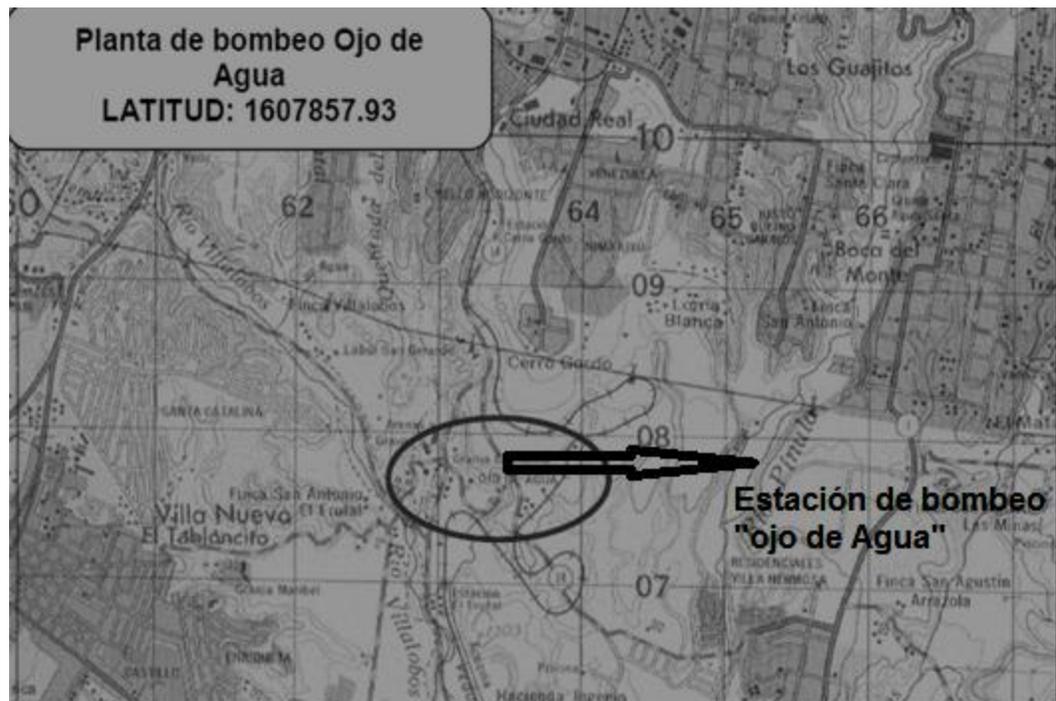
Zonas que son abastecidas por los sectores Ojo de Agua y Diamante: de la planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante salen 2 tuberías de 18 pulgadas de diámetro, una de las cuales va directamente hacia el tanque de distribución denominado el Guarda y cuya capacidad es de 11 000 metros cúbicos distribuidos en 3 tanques: 1 elevado y 2 enterrados, y la otra tubería que se une por medio de un *by-pass* al sistema del Xaya-Pixcaya.

El sistema Ojo de Agua-Diamante, abastece a las siguientes zonas: 21 de forma completa, con el motor no. 5 que va hacia el tanque TP12 en el cerro Gordo y luego hacia la red de dicha zona, la zona 12 de la 12 calle hacia el sur, la cual es una mezcla de agua del Ojo de Agua y el Xaya-Pixcaya, la zona 11; de la 13 calle hacia el sur, zona 13 completa, zona 14 de la 20 calle hacia el sur y de la Avenida Las Américas hasta la 10 avenida, la zona 4 y 9 completas, zona 8 de la 32 calle al norte, el sur de la zona 1 y el sur de la zona 3, con mezcla de la planta Lo de Coy (sistema Xaya-Pixcaya)

Calidad del agua del sistema Ojo de Agua-Diamante: de acuerdo al trabajo de investigación denominado Estudio hidrogeológico de los acuíferos del sector

Ojo de Agua-Diamante zona 12, Guatemala, realizada por el Ing. Mario Alfredo Jiménez Tello, se puede establecer la existencia de 2 acuíferos importantes en la zona, el acuífero en formaciones de origen aluvial del río Villalobos (sector Diamante y Diamante anexo) y el acuífero en formaciones de lavas volcánicas (sector Ojo de Agua). Ubicación: final de la Avenida Petapa, Finca el Frutal zona 12. Producción diaria: 87 000,00 metros cúbicos.

Figura 6. **Ubicación estación de bombeo Ojo de Agua**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN, Hoja 1:50 000 No. 259 I. 1966.

#### 4.1.2. **Pozos existentes en la zona 13**

La zona 13 de la ciudad de Guatemala, es abastecida por 3 pozos (ver tabla II) que son agua subterránea que solo lleva cloración, ubicados en Arcos

1, Arcos 2 y Avenida Las Américas. Asimismo la zona 13 también es abastecida por la Planta Ojo de Agua, la cual consta de 9 pozos en donde el agua proveniente de estos pozos entra a una fosa de succión y luego a cloración y luego es distribuida en la ciudad de Guatemala.

Tabla II. **Pozos de la zona 13 de la ciudad de Guatemala**

<b>Pozos</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Arcos 1	14°35'45,27"N	90°31'17,03"O
Arcos 2	14°35'42,63"N	90°31'10,57"O
Avenida Las Américas	14°35'37,30"N	90°31'4,42"O

Fuente: elaboración propia.

La zona 13 no es abastecida por ninguna planta de tratamiento, únicamente por los 3 pozos ya indicados, y por la estación de bombeo Ojo de Agua. La ubicación de los pozos se encuentra en el Boulevard Liberación, el agua de los 3 pozos se distribuyen por la red primaria de la zona 13, las cuales son 3 líneas que se encuentran ubicadas:

- 7 avenida con una tubería de 12 pulgadas de diámetro.
- 15 avenida con una tubería de 8 pulgadas.
- Avenida Las Américas con una tubería de 8 pulgadas.

El agua proveniente de la estación de bombeo Ojo de Agua, es introducida por el Boulevard Liberación, la cual se incorpora a estas 3 líneas de distribución de la zona 13.

#### 4.2. Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable en la zona 13

EMPAGUA mantiene un control del número de usuarios, el consumo promedio de la zona, en total determinando un promedio de consumo por servicio. El registro que lleva EMPAGUA acerca de los clientes y sus contadores, cambian únicamente si el vecino registra nuevamente su vivienda y realiza la actualización de domicilio. La mayoría de los vecinos no saben que actualmente residen en la zona 13 y los que sí tienen conocimiento del cambio, no realizaron dicha actualización.

A continuación se presentan los datos de los años estudiados, número de usuarios por cada año, consumo y promedio de metros cúbicos por servicio.

Tabla III. Consumo promedio mensual de agua 2008

<b>Año 2008</b>	<b>Cantidad de metros cúbicos consumidos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>
ENERO	231,045	4,886
FEBRERO	240,922	4,893
MARZO	226,390	4,895
ABRIL	232,845	4,898
MAYO	227,168	4,902
JUNIO	230,549	4,906
JULIO	259,489	4,907
AGOSTO	195,674	4,911
SEPTIEMBRE	248,936	4,923
OCTUBRE	239,985	4,923
NOVIEMBRE	197,535	4,923
DICIEMBRE	237,571	4,927

Fuente: EMPAGUA. Unidad de Información de la Municipalidad de Guatemala. Informe extendido en Oficinas centrales en la zona 13.

Tabla IV. **Consumo promedio mensual de agua 2009**

<b>Año 2009</b>	<b>Cantidad de metros cúbicos consumidos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>
ENERO	252,346	4,932
FEBRERO	239,642	4,939
MARZO	234,639	4,940
ABRIL	217,528	4,943
MAYO	202,609	4,945
JUNIO	229,784	4,950
JULIO	225,980	4,954
AGOSTO	228,513	4,958
SEPTIEMBRE	157,033	3,288
OCTUBRE	204,301	4,959
NOVIEMBRE	217,189	4,977
DICIEMBRE	210,955	4,977

Fuente: Municipalidad de Guatemala, EMPAGUA.

Tabla V. **Consumo promedio mensual de agua 2010**

<b>Año 2010</b>	<b>Cantidad de metros cúbicos consumidos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>
ENERO	215,782	4,980
FEBRERO	212,426	4,982
MARZO	198,207	4,994
ABRIL	195,897	4,996
MAYO	216,363	5,061
JUNIO	233,335	5,064
JULIO	212,452	5,064
AGOSTO	215,255	5,098
SEPTIEMBRE	221,643	5,099
OCTUBRE	203,930	5,083
NOVIEMBRE	210,695	5,105
DICIEMBRE	222,478	5,110

Fuente: Municipalidad de Guatemala, EMPAGUA.

Resulta complicado determinar el número de usuarios que actualmente pertenecen a la zona 13, pues habría que revisar una a una las direcciones de cada uno. EMPAGUA no entrega ese tipo de información, únicamente consumos totales y cantidad de usuarios registrados en la zona que se esté analizando. En las tablas III, IV y V se incluyen los datos de metros cúbicos totales de agua consumidos mensualmente, y además el número de usuarios que existen registrados en la zona 13 capitalina que realizan el consumo especificado.

#### **4.3. Resultados obtenidos de la encuesta**

En muchos casos se encontraron problemas, ya que algunos de los comercios que aparecen en el directorio, alquilan el local y no tienen un registro de consumo de agua propio. El dueño del local que les provee de servicio, sí tiene el registro, pero esta persona reside en el mismo predio y el consumo se cataloga como residencial.

El formato utilizado en la encuesta que se realizó en la zona 13, se puede ver en la figura 4. Ahí se encuentran cada una de las preguntas que se realizaron a las viviendas, comercios, residenciales, industrias. Debido a que en muchas residencias y comercios no sabían el dato exacto en metros cúbicos, pero si conocen cuanto pagan mensualmente, se puede aproximar el consumo que tienen, con base a la tarifa de EMPAGUA presentada en la tabla VI.

Tabla VI. **Precio del servicio de agua por rangos de consumo**

Rango de consumo por metro cúbico	Precio del metro cúbico (No incluye IVA)	(+) Alcantarillado sobre total de consumo	(+) CARGO FIJO (No incluye IVA)
1 a 20	Q1,88	20%	Q21,00
21 a 40	Q2,95	20%	Q21,00
41 a 60	Q3,75	20%	Q21,00
61 a 120	Q7,51	20%	Q21,00
121 a más	Q9,39	20%	Q21,00

**Fuente:** EMPAGUA. Coordinación de Área de Facturación y Lecturas. Junio 2012.

Las tablas VII - XVI muestran el comportamiento de 40 muestras que corresponden al tipo residencial, 35 muestras del tipo comercial y 16 muestras del tipo industrial según el aspecto que se está investigando.

La primera pregunta de la encuesta determinó qué tipo de consumo tiene en el inmueble consultado. Los datos obtenidos para esta pregunta fueron los que muestran la tabla VII.

Tabla VII. **Cantidad de muestras que cuentan con servicio de agua**

Tipo de consumo	Cuentan con servicio de agua	
	Si	No
Residencial	40	0
Comercial	35	0
Industrial	16	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Tipo de servicio de agua que se recibe**

Tipo de consumo	Tipo de servicio de agua		
	Público	Privado	Propio
Residencial	39	1	0
Comercial	34	0	1
Industrial	16	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Empresas que prestan el servicio de agua potable**

Tipo de consumo	Empresa que presta el servicio		
	EMPAGUA	Mariscal	Otro
Residencial	39	0	1
Comercial	34	0	1
Industrial	16	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Promedios del consumo de agua (m<sup>3</sup>)**

Tipo de consumo	Promedios de Consumo de Agua
Residencial	47,18
Comercial	235,26
Industrial	144,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Días de suministro de agua**

Tipo de consumo	Días de servicio a la semana		
	0 a 4 días	5 a 6 días	7 días
Residencial	0	0	40
Comercial	0	0	35
Industrial	0	0	16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Horas de suministro de agua**

Tipo de consumo	Horas de servicio al día		
	0 a 6 horas	7 a 12 horas	12 a 24 horas
Residencial	0	33	7
Comercial	1	18	16
Industrial	0	7	9

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Muestras que cuentan con cisterna**

Tipo de consumo	Cisterna	
	Si	No
Residencial	21	19
Comercial	22	13
Industrial	15	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Rango de personas abastecidas**

Tipo de consumo	Personas abastecidas		
	1 a 5 personas	6 a 15 personas	16 a 150 personas
Residencial	24	16	0
Comercial	7	15	13
Industrial	0	6	10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Muestras que cuentan con pozo propio**

Tipo de consumo	Pozos propios	Profundidad
Residencial	1	sin respuesta
Comercial	2	sin respuesta
Industrial	0	sin respuesta

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Disposición final de los desechos líquidos y sólidos**

Tipo de consumo	Desechos líquidos	Desechos sólidos		
	Alcantarillado Municipal	Vertedero Municipal	Vertedero Privado	Cualquier Basurero
Residencial	40	39	0	1
Comercial	35	34	0	1
Industrial	16	16	0	0

Fuente: elaboración propia.



## **5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 13 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

### **5.1. Análisis de datos obtenidos de las empresas distribuidoras**

De los datos obtenidos acerca del consumo de agua, tanto en la investigación a las empresas distribuidoras como en la encuesta realizada, se hizo un análisis estadístico para poder realizar una comparación entre los datos que se registran en las empresas, y los datos que los usuarios proveyeron y así poder determinar si existe alguna diferencia entre lo que se distribuye y lo que realmente se consume. Los parámetros estadísticos investigados que se utilizaron para realizar el análisis descriptivo de los datos de consumo de agua para cada uno de los sectores, fueron las medidas de tendencia central: media, mediana moda también varianza, desviación estándar el percentil 25, 50 y 75.

Las medidas de tendencia central dan un centro de la distribución de frecuencias, valor que puede ser tomado como representativo de todos los datos. Hay diferentes formas para determinar el centro de las observaciones en una serie de datos. La media aritmética o media, es el promedio aritmético de las observaciones, es decir, el cociente entre la suma de todos los datos y el número de datos existentes.

La mediana es el valor que separa por la mitad las observaciones ordenadas de menor a mayor, de tal forma que la mitad de éstas son menores que la mediana, y el otro 50 por ciento son mayores. Si el número de datos es impar, la mediana será el valor central, si es par se toma como mediana, la

media aritmética de los 2 valores centrales. Finalmente la moda es el valor de la variable que se repite más veces y no tiene por qué ser única.

Los cuantiles son valores de la distribución que la dividen en partes iguales, es decir, en intervalos que comprenden el mismo número de valores. Los más frecuentemente utilizados; son los cuartiles, deciles y percentiles. Éstos últimos son 100 valores que dividen en 100 partes iguales el conjunto de datos ordenados. Por ejemplo: el percentil de orden 25, deja por debajo al 25 por ciento de las observaciones y por encima queda el 75 por ciento.

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media. La desviación estándar, es una medida estadística de la dispersión de un grupo o población. Una gran desviación estándar indica que la población está muy dispersa respecto de la media; por el contrario una desviación estándar pequeña, indica que la población está muy compacta alrededor de la media.

La varianza mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable respecto a la media aritmética. Cuanto mayor sea la varianza mayor dispersión existirá, y por tanto, menor representatividad tendrá la media aritmética. Los parámetros anteriormente descritos se utilizaron para los datos de EMPAGUA, para los obtenidos de empresas privadas y para los datos y observaciones de la encuesta realizada.

### **5.1.1. EMPAGUA**

Con base a los datos de las tablas III, IV y V en el capítulo 4, se pueden calcular los parámetros estadísticos en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Medidas de tendencia central de los registros proporcionados por EMPAGUA durante 2008-2010**

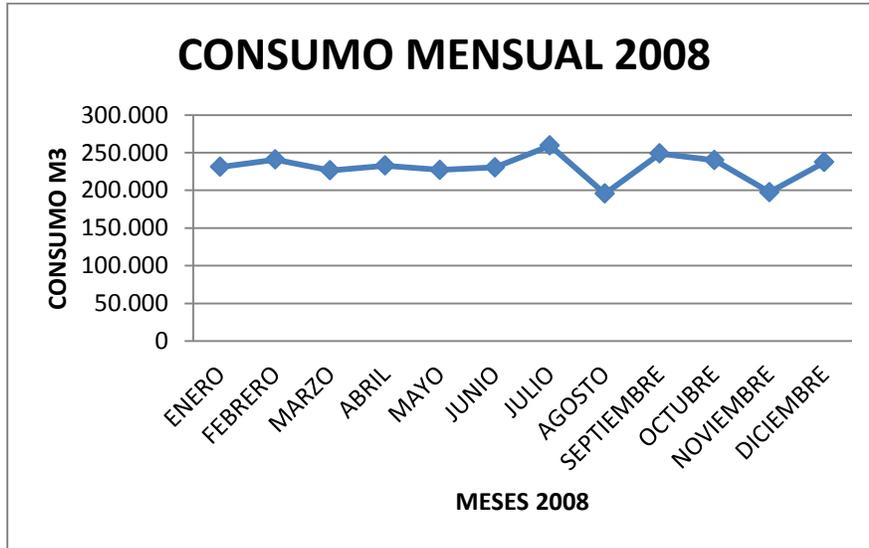
Medidas de tendencia central	Consumo metros cúbicos
Promedio	44,85
Mediana	45,37
Moda	-----
Desviación Estándar	2,44
Máximo	47,00
Mínimo	42,19
Coefficiente de variación	0,05
Varianza	5,98
Percentil 25	43,78
Percentil 50	45,37
Percentil 75	46,18

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVII, se presenta el análisis estadístico realizado a los datos que proporcionó EMPAGUA. El promedio en cada uno de los años no varió de manera significativa a lo largo de los 3 años, y al hacer un promedio se obtiene un resultado similar. La mediana para los 3 años, fue de 45,37 metros cúbicos. No hay un valor de consumo que se repitiera a lo largo de los 3 años, debido a que los consumos obtenidos al ser calculados de un total de consumo mensual, dividido el número de usuarios no da un número exacto.

La desviación estándar de 2,44, indica que la distribución es bastante ajustada al centro y que los valores calculados no se alejan mucho de la media. Del mismo modo la varianza del 5,98.

Figura 7. Consumo mensual de agua del 2008



Fuente: elaboración propia.

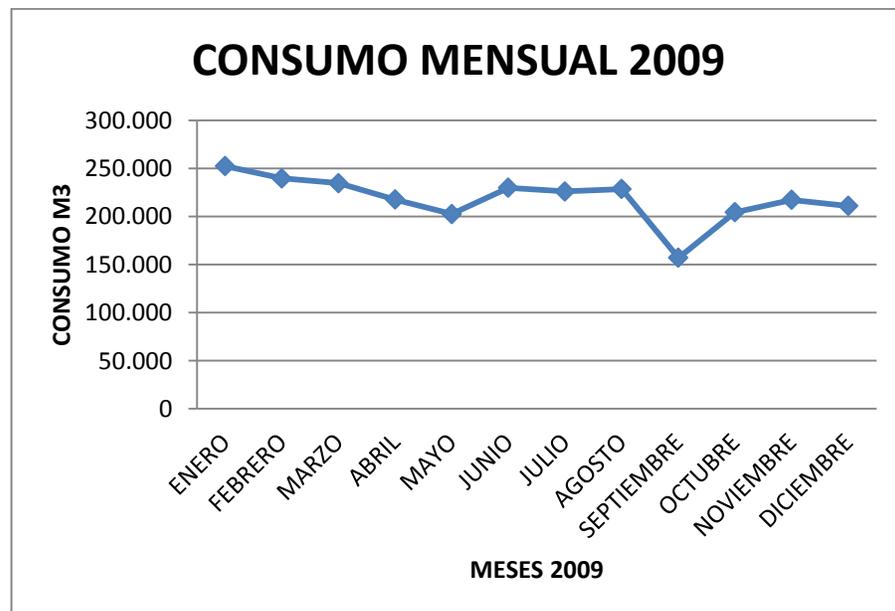
Figura 8. Usuarios mensuales de agua del 2008



Fuente: elaboración propia.

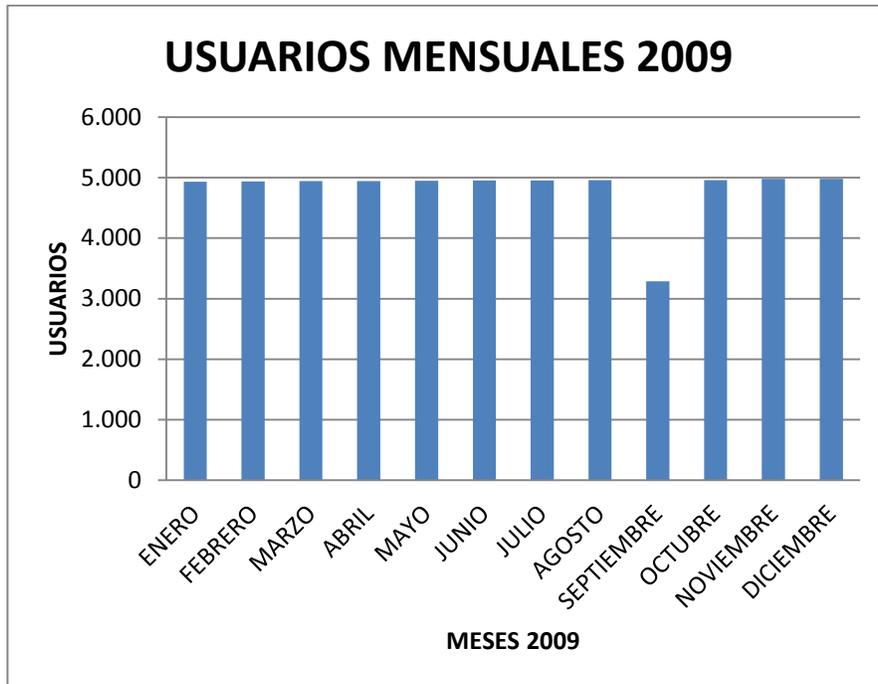
En julio de 2008, se consumieron 259 489 metros cúbicos de agua como lo muestra la figura 7, con una cantidad de 4 907 usuarios registrados como lo muestra la figura 8, que es la máxima registrada en todo el año, según información de EMPAGUA.

Figura 9. **Consumo mensual de agua del 2009**



Fuente: elaboración propia.

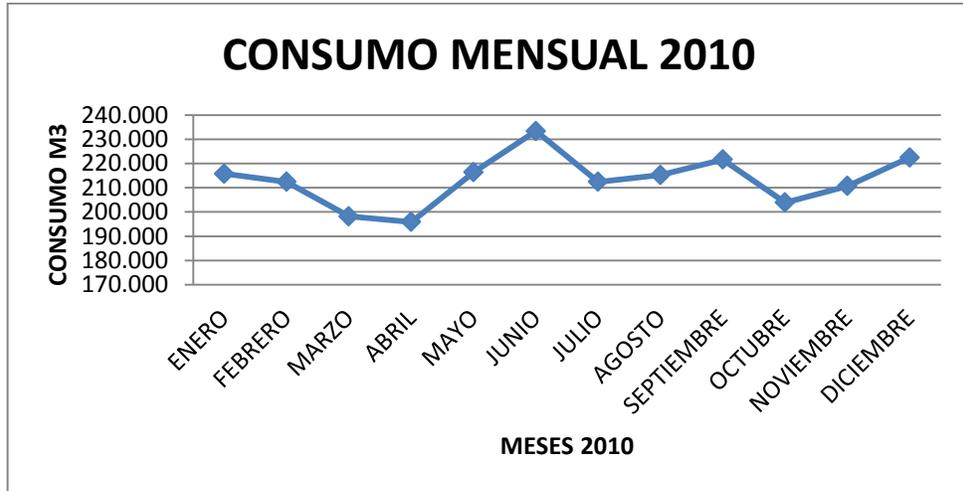
Figura 10. **Usuarios mensuales de agua del 2009**



Fuente: elaboración propia.

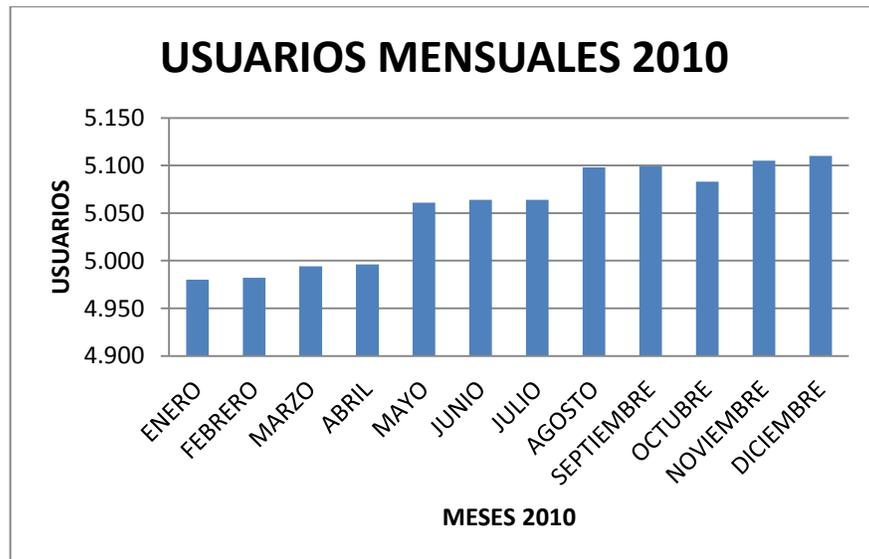
En enero de 2009, se consumieron 252 346 metros cúbicos de agua como lo muestra la figura 9, con una cantidad de 4 932 usuarios registrados como lo muestra la figura 10, que es la máxima registrada en todo el año, según información de EMPAGUA.

Figura 11. Consumo mensual de agua del 2010



Fuente: elaboración propia.

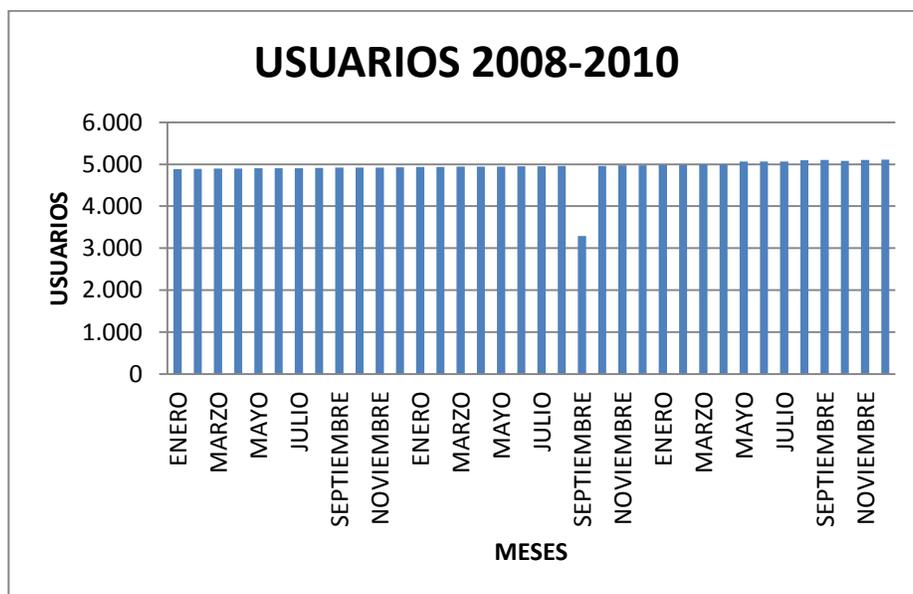
Figura 12. Usuarios mensuales de agua del 2010



Fuente: elaboración propia.

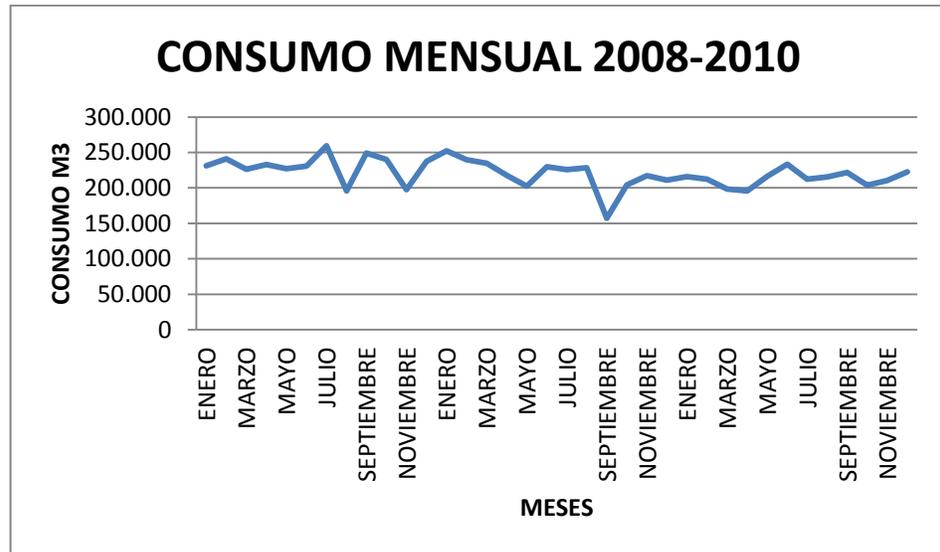
En junio de 2010, se consumieron 233 335 metros cúbicos de agua como lo muestra la figura 11, con una cantidad de 5 064 usuarios registrados como lo muestra la figura 12, que es la máxima registrada en todo el año, según información de EMPAGUA.

Figura 13. **Usuarios mensuales de agua del 2008-2010**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Consumo mensual de agua del 2008-2010



Fuente: elaboración propia.

El crecimiento de usuarios se mantiene relativamente variable durante 2008 y 2009, hasta que sufre un cambio brusco en el mes de septiembre del 2009, el cual sufre una reducción de 1 671 usuarios registrados en ese mes, como lo muestra la figura 13, pero el consumo de agua se mantiene en crecimiento hasta el 2010, tal como lo muestra la figura 14.

Parámetros obtenidos según los registros de EMPAGUA, respecto al consumo de agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala durante 2008-2010, en estos registros, EMPAGUA no hace clasificación del tipo de suministro de agua que proporciona (residencial, comercial e industrial).

## 5.2. Análisis de datos obtenidos de la encuesta realizada

A continuación se presentan los análisis realizados por separado a cada uno de los segmentos de consumo de agua, y tomando en cuenta los que fueran abastecidos por EMPAGUA, por empresa privada o bien tuvieran un pozo propio.

Las tablas XVIII – XXI, muestran las medidas de tendencia central de las variables cuantitativas respectiva a las 91 muestras tomadas en la zona 13 de la ciudad de Guatemala.

Tabla XVIII. **Medidas de tendencia central obtenida de las muestras**

<b>Análisis de las 91 muestras tomadas</b>					
<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup></b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>	<b>Dotación (lt/Hab/Día)</b>
Promedio	136,65	7,00	15,64	17,34	295,56
Mediana	60,00	7,00	12,00	7,00	260,00
Moda	60,00	7,00	12,00	5,00	260,00
Desviación estándar	222,26	0,00	6,16	28,91	156,63
Máximo	1 169,00	7,00	24,00	170,00	1 000,00
Mínimo	18,00	7,00	5,00	2,00	30,00
Varianza	49 400,94	0,00	37,94	835,52	24 532,31
Percentil 25	39,50	7,00	12,00	5,00	187,13
Percentil 50	60,00	7,00	12,00	7,00	260,00
Percentil 75	95,00	7,00	24,00	15,50	361,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Análisis consumo tipo residencial**

<b>Consumo tipo residencial</b>					
<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup></b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>	<b>Dotación (lt/Hab/Día)</b>
Promedio	47,18	7,00	13,40	5,40	308,33
Mediana	44,00	7,00	12,00	5,00	288,57
Moda	39,00	7,00	12,00	5,00	260,00
Desviación Estándar	14,43	0,00	5,08	1,17	148,93
Varianza	208,10	0,00	25,84	1,37	22 180,40
Percentil 25	39,00	7,00	10,00	5,00	216,67
Percentil 50	44,00	7,00	12,00	5,00	288,57
Percentil 75	61,00	7,00	12,00	6,00	346,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Análisis consumo tipo comercial**

<b>Consumo tipo comercial</b>					
<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup></b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>	<b>Dotación (lt/Hab/Día)</b>
Promedio	235,26	7,00	17,06	27,83	307,39
Mediana	95,00	7,00	12,00	12,00	288,89
Moda	60,00	7,00	24,00	12,00	500,00
Desviación Estándar	308,85	0,00	6,60	41,98	155,63
Varianza	95 388,61	0,00	43,58	1 762,09	24 219,94
Percentil 25	60,00	7,00	12,00	7,00	211,04
Percentil 50	95,00	7,00	12,00	12,00	288,89
Percentil 75	192,00	7,00	24,00	30,00	416,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Análisis consumo tipo industrial**

<b>Consumo tipo industrial</b>					
<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup></b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>	<b>Dotación (lt/Hab/Día)</b>
Promedio	144,63	7,00	18,13	24,25	187,37
Mediana	68,00	7,00	19,00	19,00	136,01
Moda	60,00	7,00	24,00	18,00	400,00
Desviación Estándar	188,54	0,00	6,09	18,10	137,36
Máximo	767,00	7,00	24,00	74,00	583,33
Mínimo	18,00	7,00	12,00	8,00	30,00
Varianza	35 545,98	0,00	37,05	327,67	18 867,27
Percentil 25	56,25	7,00	12,00	11,75	112,50
Percentil 50	68,00	7,00	19,00	19,00	136,01
Percentil 75	139,00	7,00	24,00	26,75	228,29

Fuente: elaboración propia.

“De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 97,50 por ciento cuenta con servicio de agua público, el 2,50 por ciento con servicio privado”<sup>5</sup> y ninguno cuenta con servicio propio, así mismo el 97,14 por ciento de las 35 muestras de tipo comercial, cuenta con servicio público, el 2,86 por ciento cuenta con servicio privado y de las 16 muestras de tipo industrial el 100 por ciento cuenta con servicio público, tal como lo muestra la tabla VIII.

5. Servicio Privado: puede ser una empresa o un residencial cerrado.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 97,50 por ciento es suministrado por la empresa EMPAGUA, el 2,50 por ciento por otro sistema de abastecimiento, de las 35 muestras correspondientes al tipo comercial, el 97,14 por ciento son abastecidos por la empresa EMPAGUA, el 2,86 por ciento por otro sistema de abastecimiento, y de las 16 muestras del tipo industrial, el 100 por ciento es suministrado por la empresa EMPAGUA tal como lo muestra la tabla IX.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 100 por ciento recibe agua todos los días, así mismo el 100 por ciento de las 35 muestras de tipo comercial, recibe agua todos los días y de las 16 muestras del tipo industrial el 100 por ciento recibe agua todos los días, tal como lo muestra la tabla XI.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 82,50 por ciento recibe agua 12 horas y el 17,5 por ciento recibe agua todo el día, así mismo el 2,85 por ciento de las 35 muestras del tipo comercial, recibe agua al menos 6 horas, el 51,43 por ciento recibe agua 12 horas y el 45,71 por ciento recibe agua todo el día, de las 16 muestras del tipo industrial, el 7 por ciento recibe agua 12 horas y el 56,25 por ciento recibe agua todo el día, tal como lo muestra la tabla XII.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 52,50 por ciento si cuenta con cisterna para almacenar agua, al igual que el 62,86 por ciento de las 35 muestras del tipo comercial, y el 93,75 por ciento de las 16 muestras del tipo industrial, tal como lo muestra la tabla XIII.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 60 por ciento abastece al menos a 5 personas, el 40 por ciento abastece al menos a 15 personas, así mismo el 20 por ciento de las 35 muestras del tipo comercial, abastece al menos a 5 personas, el 42,86 por ciento abastece al menos a 15 personas y el 37,14 por ciento abastece al menos a 150 personas, de las 16 muestras del tipo industrial, el 37,50 por ciento abastece al menos a 15 personas y el 62,50 por ciento abastece al menos a 150 personas, tal como lo muestra la tabla XIV.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 2,5 por ciento si cuenta con pozo propio, de las 35 muestras del tipo comercial, el 5,71 por ciento si cuenta con pozo propio y de 16 muestras de tipo industrial, ninguna cuenta con pozo propio. La profundidad del nivel de agua en cada pozo no fue proporcionada por los encuestados, tal como lo muestra la tabla XV.

De las 40 muestras que corresponden al tipo residencial, el 97,50 por ciento vierte los desechos sólidos en vertederos municipales, al igual que el 97,14 por ciento de las 35 muestras del tipo comercial y el 100 por ciento de las 16 muestras de tipo industrial. El 100 por ciento de todas las muestras vierten los desechos líquidos al alcantarillado municipal, tal como lo muestra la tabla XVI.

## **6. DISCUSIÓN**

### **6.1. Fuentes de abastecimiento**

La red general de EMPAGUA posee 7 diferentes sistemas de abastecimiento, estos son Lo de Coy, La Brigada, El Cambray, Santa Luisa, Las Ilusiones, Ojo de Agua y el sistema de pozos que está compuesto por 68 pozos electro-mecánicos, los cuales abastecen directamente a la red mediante tanques de distribución. Para el área específica del estudio, funcionan los sistemas de la estación de bombeo Ojo de Agua y existen además pozos perforados pertenecientes a EMPAGUA.

La estación de bombeo Ojo de Agua, actualmente consta de: 13 pozos profundos, tiene una unidad de dosificación de cloro y silicofloruro. Casa de máquinas que incluye 8 unidades de bombeo de 1 000 caballos fuerza cada una. El agua proveniente de la estación de bombeo Ojo de Agua, es introducida por el Boulevard Liberación, la cual se incorpora a estas 3 líneas de distribución de la zona 13.

Para el caso del sistema de pozos, la zona de estudio posee 3 pozos que contribuyen con la suministración de agua potable en la zona 13, estos pozos son: Arcos 1, que abastecen la línea de distribución de la 7 avenida con una tubería de 12 pulgadas de diámetro, pozo Arcos 2, que abastece la línea de distribución de la 15 avenida con una tubería de 8 pulgadas, pozo Américas que abastecen la línea de distribución de la Avenida Las Américas con una tubería de 8 pulgadas.

## **6.2. Distribución**

Muchas de las conexiones residenciales que dicen no tener el servicio durante las 24 horas que EMPAGUA contempla, se debe a que las líneas de distribución dan caudal a las partes bajas durante un período cercano a las 24 horas, mientras las líneas de distribución que se encuentran en un área topográfica superior, deben vencer el consumo de las partes inferiores, y el tiempo de recuperación de carga de la salida de las líneas de distribución.

Por medio de tuberías, es transportada el agua desde la estación de bombeo Ojo de Agua o pozo perforado hacia cada uno de los usuarios. Existen en la zona, diferentes tanques de almacenamiento, tanques de distribución que se utilizan para llevar el agua potable a los puntos de distribución.

En la zona 13 no se registran problemas de agua debido a escasez o racionamiento. Si algún vecino tiene problemas, lo cual es raro, se debe a alguna fuga, mantenimiento en la tubería o que actualmente no cuente con el servicio de agua potable. Se desconoce si en algunos condominios que cuentan con pozo propio sufren de escasez, ya que no brindaron tal información, si habían sufrido escasez o que el pozo haya dejado de producir.

## **6.3. Usos del agua potable**

En la zona 13 predomina el uso residencial y comercial del agua potable. En el uso comercial se encuentran diferentes tipos de usuarios como lo son; centros educativos, centros de salud, locales comerciales, centros comerciales de diversos tamaños. Los centros educativos y comerciales de gran tamaño son los principales causantes de que el consumo de agua resulte en un promedio

muy alto en la zona, pues consumen agua en grandes cantidades, debido a los usuarios y población que deben abastecer.

Muchas veces no existe un registro del caudal que tiene el pozo, y mucho menos el registro del agua que consumen los usuarios mensualmente. En cuanto al sector público hay varias instituciones como la Dirección General de Caminos, el aeropuerto que cuentan también con pozo propio para abastecerse, aparte de abastecerse por EMPAGUA.

#### **6.4. Consumo de agua potable**

El consumo de agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala, se da en 3 tipos: residencial, comercial e industrial, a continuación se presenta un análisis de los datos obtenidos divididos en los tres tipos de consumos.

##### **6.4.1. Residencial**

De los encuestados, se registra un promedio de consumo mensual de 47,18 metros cúbicos de agua. En comparación al promedio de los datos que EMPAGUA brindó de 2008 a 2010, se registró un promedio de 38,70 metros cúbicos. Se debe hacer la salvedad que con los datos de EMPAGUA no se pudo determinar a qué segmento; si comercial, industrial o residencial, pertenecen los usuarios.

Según el estudio de campo realizado, se puede observar que el 100 por ciento de las residencias de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, cuenta con el servicio de agua potable residencial, siendo el 97,50 por ciento abastecido por EMPAGUA, consumiendo un promedio de 47,18 metros cúbicos mensuales por vivienda, siendo utilizada por aproximadamente 6 personas por vivienda, se

puede notar que en los 7 días de la semana se cuenta con el servicio de agua potable y el 2,50 por ciento que cuentan con sistema propio, se abastecen a través de la compra de agua por medio de camiones. Además, el 52,50 por ciento que cuentan con cisterna.

Tabla XXII. **Comparación de resultados de EMPAGUA y residenciales encuestados**

	<b>Media (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Moda (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mediana (m<sup>3</sup>)</b>
<b>EMPAGUA</b>	44,85	-	45,37
<b>Residencial (encuesta)</b>	47,18	39,00	44,00

Fuente: elaboración propia.

En los datos obtenidos por EMPAGUA, el promedio que se obtiene es menor que el de los datos encuestados, pues la empresa municipal no distingue si el usuario es residencia, comercio o industria y de qué tipo de comercio o industria se trata. Es por eso que resulta muy elevado.

#### **6.4.2. Comercial**

El segmento comercial se integró con empresas, comercios e instituciones de diversa índole. Al realizar la encuesta se tomaron como comercios, todas aquellas instituciones y comerciales que ofrezcan servicios o productos. En esta categoría se puede diferenciar entre colegios e instituciones privadas, grandes parques comerciales, centros comerciales, pequeños locales comerciales, como tortillerías y abarroterías, etcétera.

Según el estudio de campo realizado, se puede observar que el 100 por ciento de los comercios de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, cuenta con el servicio de agua potable, siendo el 97,14 por ciento abastecido por EMPAGUA, consumiendo un promedio de 235,26 metros cúbicos mensuales por comercio, siendo utilizada por aproximadamente 28 personas por comercio, se puede notar que en los 7 días de la semana, se cuenta con el servicio de agua y el 2,86 por ciento que cuenta con sistema propio, se abastecen a través de la compra de agua por medio de camiones. Además, el 62,86 por ciento cuenta con cisterna.

Tabla XXIII. **Comparación de resultados de EMPAGUA y comercios encuestados**

	<b>Media (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Moda (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mediana (m<sup>3</sup>)</b>
<b>EMPAGUA</b>	44,85	-	45,37
<b>Comercial (encuesta)</b>	235,26	60,00	95,00

Fuente: elaboración propia.

En el segmento comercial, el resultado del análisis de los datos registrados por EMPAGUA resulta menor a los promedios que se obtienen de la encuesta. Estos resultados se deben a que los comerciales que son de mayor tamaño y tienen varios locales, a los cuales proveen de agua.

Los colegios privados y universidades, representan también un consumo muy grande y en promedio consumen mucho más que los pequeños comercios como lavanderías, panaderías, salones de belleza, etcétera.

### 6.4.3. Industrial

Según el estudio de campo realizado, se puede observar que el 100 por ciento de las industrias de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, cuenta con el servicio de agua potable, siendo el 100 por ciento abastecido por EMPAGUA, consumiendo un promedio de 144,63 metros cúbicos mensuales por industria, se puede notar que el servicio de agua potable se cuenta con los 7 días a la semana, no se cuenta con muestras que cuenten con un sistema de abastecimiento propio.

### 6.4.4. Comparación del consumo

Resulta complicado comparar los datos que se obtuvieron de EMPAGUA, como se mencionó anteriormente, debido a que en la empresa de agua no se obtuvieron los datos de cada uno de los usuarios por separado y el promedio que resultó de los datos de consumo que la empresa registró, incluye residencias, comerciales, entre otros, que utilizan el servicio. Haciendo una comparación con el promedio de consumo de toda la encuesta y comparando este promedio con los otros promedios analizados, resulta la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Consumo promedio mensual en metros cúbicos de agua potable para cada uno de los segmentos**

	<b>Promedio (m<sup>3</sup>)</b>
<b>EMPAGUA</b>	44,85
<b>Residencial encuesta</b>	47,18
<b>Comercial encuesta</b>	235,26
<b>Industrial encuesta</b>	144,63

Fuente: elaboración propia.

Un análisis más general del 100 por ciento de las 91 muestras tomadas cuentan con el servicio de agua potable suministrado en 97,80 por ciento por EMPAGUA, consumiendo un promedio de 136,65 metros cúbicos mensuales, se puede notar que en los 7 días de la semana se cuenta con el servicio de agua. Además, el 63,73 por ciento cuenta con cisterna, el 100 por ciento de las muestras utilizan el sistema de alcantarillado municipal y el 97,80 por ciento desechan los sólidos en vertederos municipales.

Tabla XXV. **Parámetros obtenidos en las 91 muestras**

Muestras recolectadas	Cuentan con servicio de agua		Tipo de servicio de agua			Empresa que presta el servicio		
	Si	No	Público	Privado	Propio	Empagua	Mariscal	Otro
91	91	0	89	2	0	89	0	2
	100%	0	97,80%	2,20%	0,00%	97,80%	0,00%	2,20%

Consumo metros cúbicos			Días de servicio a la semana			Horas del servicio al día		
Mínimo	Medio	Máximo	0 a 4 días	5 a 6 días	7 días	0 a 6 horas	7 a 11 horas	12 a 24 horas
18	136,65	1 169	0	0	91	1	58	32
			0,00%	0,00%	100,00%	1,09%	63,73%	35,16%

Fuente: elaboración propia.

## 6.5. Discusión final

Trabajando con los datos obtenidos en campo de las 91 muestras, se tiene que el promedio del consumo de agua potable, es de 136,65 metros cúbicos (tomando consumo residencial, comercial e industrial), dicho valor varia bastante, por el hecho de que el consumo de comercios e industrias es demasiado alto y lo obtenido por medio de los registros en 2008-2010 proporcionados por la unidad de información de EMPAGUA, que es de 44,85 metros cúbicos es en forma general, tal como lo muestra la tabla XVII.

Como las medidas de tendencia central se comportan de la siguiente manera  $Mo=Me < \bar{X}$ , se dice que es una distribución asimétrica positiva, lo cual indica que son muestras confiables.

Tabla XXVI. **Relación entre Mo, Me y  $\bar{X}$**

Medidas de tendencia central	Consumo metros cúbicos
Promedio	136,65
Mediana	60,00
Moda	60,00

Fuente: elaboración propia.

Según los registros de EMPAGUA durante 2008, 2009 y 2010, hay un cambio de usuarios, lo que produce una reducción de usuarios registrados, esto se debe a que los usuarios morosos se les suspende el servicio de agua potable, y también a que la mayoría de lotes grandes que tenían varias conexiones, ahora cuentan con 1 o 2 conexiones para suministrar a los locales

que se encuentran dentro de su límite, la otra variación que existe entre los datos, se debe a que existen muchas conexiones ilícitas.

EMPAGUA no tiene clasificación de consumo, es decir ya sea residencial, comercial, industrial u otro, solo prestan el servicio a la población en general.



## CONCLUSIONES

1. La zona 13 es abastecida casi en su totalidad por EMPAGUA, por medio de la estación de bombeo Ojo de Agua, 3 pozos perforados Arcos 1, Arcos 2 y Américas, y pozos que existen en diversas colonias, residenciales, colegios privados, hoteles, comerciales, los cuales son administrados de forma privada.
2. En la zona 13 capitalina se suministra el agua potable por medio de tuberías, las cuales conectan desde la fuente de abastecimiento o tanque de distribución hacia cada uno de los usuarios. Existen 3 formas de suministro: público, privado y propio.
3. El consumo de agua potable en la zona 13 de la ciudad de Guatemala, es mayormente comercial, seguido del uso industrial, posee pocas industrias, y las que existen manejan un volumen de consumo menor. El uso principal del agua potable en la zona 13, es de índole comercial, los comercios que utilizan un volumen mayor; son los restaurantes, hoteles y colegios.
4. El promedio actual total de consumo registrado por EMPAGUA, sin distinción del uso del agua por usuario, es de 44,85 metros cúbicos.
5. El promedio obtenido en la encuesta de consumo de agua potable mensual del sector residencial, es de 47,18 metros cúbicos.

6. El promedio obtenido en la encuesta de consumo de agua potable mensual del sector comercial, es de 235,26 metros cúbicos.
7. El promedio obtenido en la encuesta de consumo de agua potable mensual del sector industrial, es de 144,63 metros cúbicos.

## RECOMENDACIONES

1. Investigar más a fondo la cantidad de pozos existentes en cada una de las colonias, condominios, colegios, comerciales, etcétera. para poder determinar si realmente utilizan todos los pozos que han perforado. Hacer un análisis hidrográfico de todos los pozos en el área, podría mostrar el manto o mantos freáticos existentes en la zona 13, así como sus niveles de agua y ubicaciones precisas.
2. Realizar un estudio de las horas de distribución para lograr que la repartición sea equivalente en todos los sectores, ya que si se distribuye a horas que no exista mucho consumo se puede obtener una recuperación en las líneas de distribución mediante la acumulación de carga hidrostática en los conductos de manera que, cuando el consumo sea máximo no haga falta agua en las partes topográficamente superiores de la red.
3. Concientizar a la población y que cada uno de los usuarios de agua potable y vecinos de la zona 13, no importando su lugar de residencia, esté informado y sepa cuál es el volumen de agua que consume mensualmente, ya que, aunque en esta zona no existen casi problemas de agua, en un futuro el agua podría escasear si no existe la precaución ni conciencia acerca del uso adecuado y ahorro.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTELLANOS, Edwin; GUERRA, Alex. *El cambio climático y sus efectos sobre el desarrollo humano en Guatemala* [en línea] PNUD. Guatemala, Guatemala <http://desarrollohumano.org.gt/content/el-cambio-clima%CC%81tico-y-sus-efectos-sobre-el-desarrollo-humano-en-guatemala> [Consulta: 22 de octubre de 2011]
2. DE LEÓN OBIOLS, Julio Enrique. *Investigación de variaciones horarias y diarias en el consumo de agua potable en el sector oriental de la capital de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1969. 40 p.
3. GAIL, Francis. *Compilación Crítica. Diccionario Geográfico Nacional*. Guatemala: Instituto Geográfico Nacional (IGN). 1978. 3 vol.
4. Instituto Nacional de Estadística. *Proyecciones de Población con base en XI Censo de Población y VI de Habitación 2002, Período 2000-2020*. Guatemala: -INE-, 1779 p.
5. LÓPEZ POZUELOS, Rubén. *Determinación del contenido de flúor en el agua de consumo distribuida por las siete plantas de procesamiento, trece pozos y veinte zonas capitalinas de la empresa municipal de agua; EMPAGUA y de la empresa privada de Agua del Mariscal, en la ciudad de Guatemala*. Trabajo de

graduación de Cirujano Dentista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Odontología, 1985. 87 p.

6. MUTZ, Rolando. *Situación del recurso agua en Guatemala*: [ref. de 2004] servicios para el desarrollo [en línea] SER Guatemala 2004, Disponible en Web: <http://www.docstoc.com/docs/9163239/Situacion-del-Recurso-Agua-en-Guatemala>.
  
7. PALACIOS VILLATORO, Rosa Amelia. *Usos y manejo del agua en Guatemala, un enfoque ético ambiental*. Maestría en Investigación Educativa. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Humanidades. Departamento de postgrado, 2003. 102 p.

## APÉNDICE

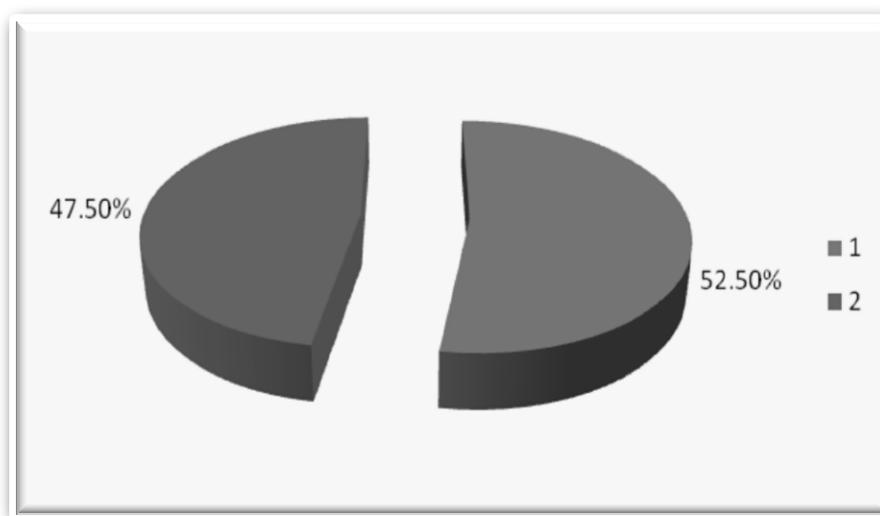
### 1. Preguntas que conforman el formato utilizado en la encuesta.

- ¿Cuenta con servicio de agua potable?

En el caso de las conexiones de origen residencial, el 100 por ciento de la población cuenta con servicio de agua potable, en las localidades comerciales el 100 por ciento todos cuentan con el servicio, en el sector industrial el 100 por ciento de la población cuenta con el servicio.

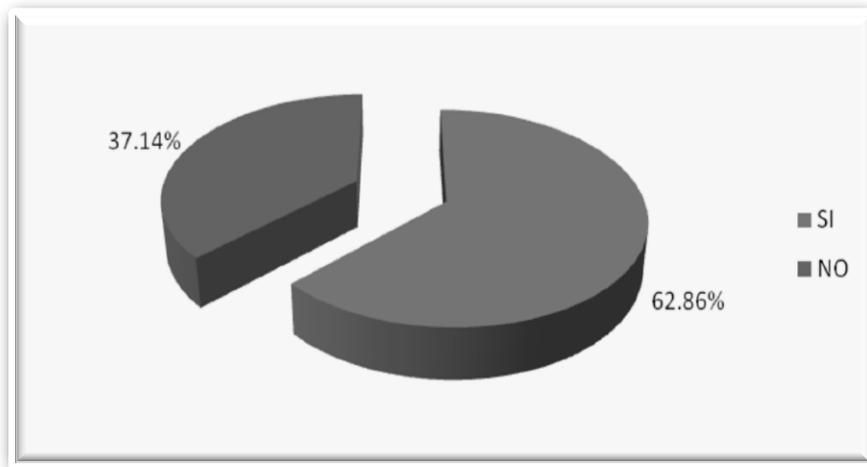
- ¿Cuenta con tanque cisterna en su vivienda?

Consumo residencial: el 52 por ciento cuenta con tanque cisterna, y el 47,50 por ciento no cuenta con tanque cisterna.



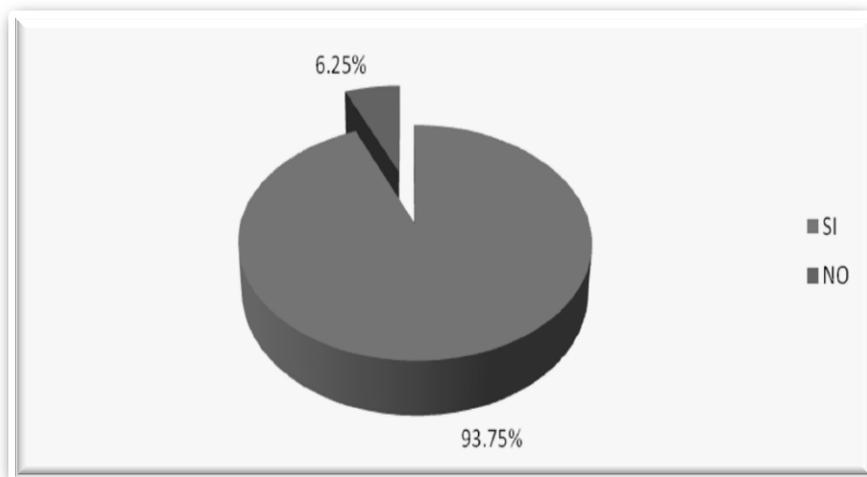
Fuente: elaboración propia.

Consumo comercial: el 62,86 por ciento cuenta con tanque cisterna, y el 37,14 por ciento no cuenta con tanque cisterna.



Fuente: elaboración propia.

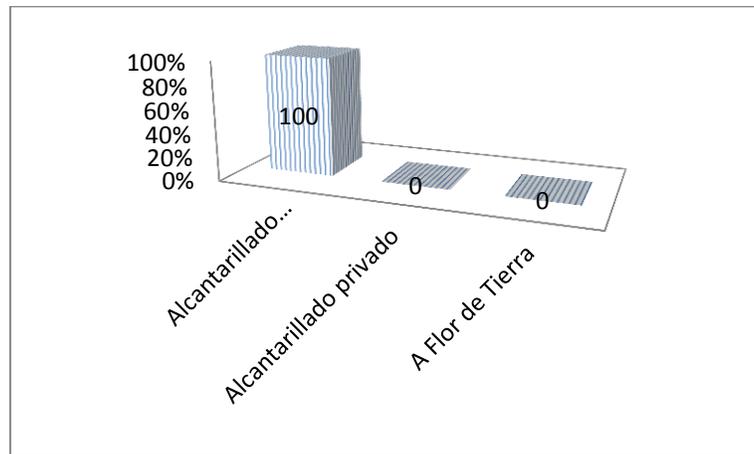
Consumo industrial: El 93,75 por ciento cuenta con tanque cisterna, y el 6,25 por ciento no cuenta con tanque cisterna.



Fuente: elaboración propia.

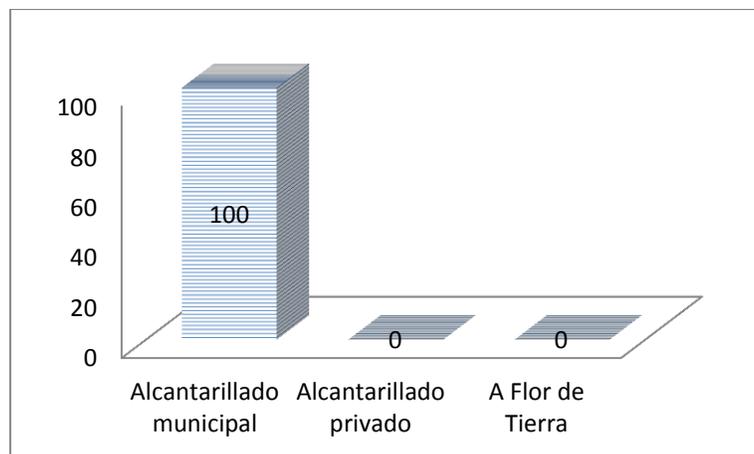
- ¿Cuál es la disposición final de los desechos líquidos?

### Consumo residencial



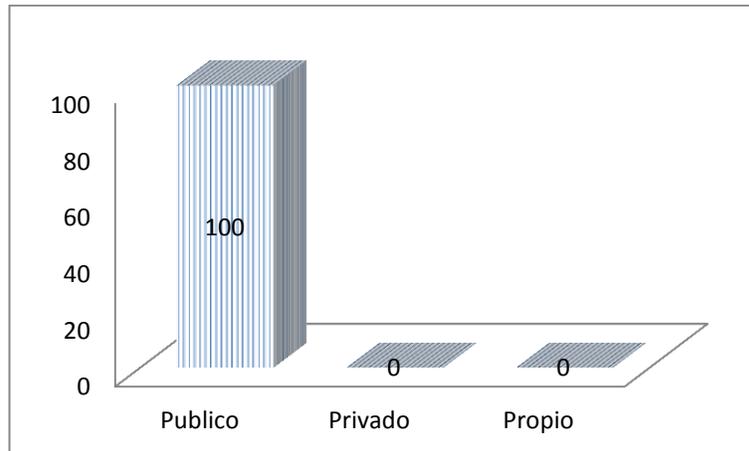
Fuente: elaboración propia.

### Consumo comercial



Fuente: elaboración propia.

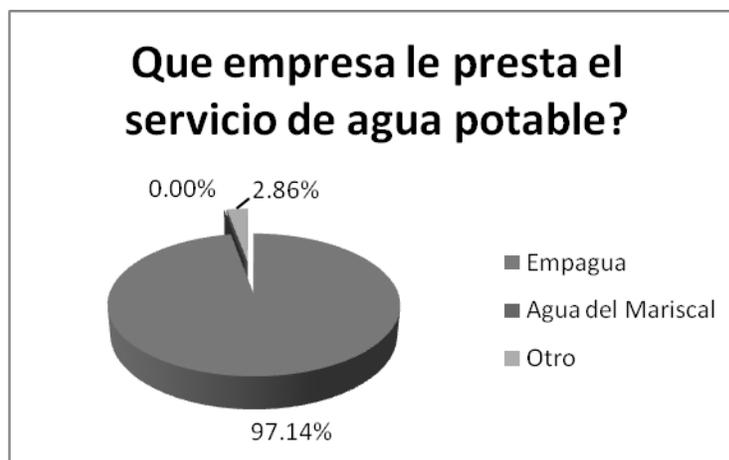
## Consumo industrial



Fuente: elaboración propia.

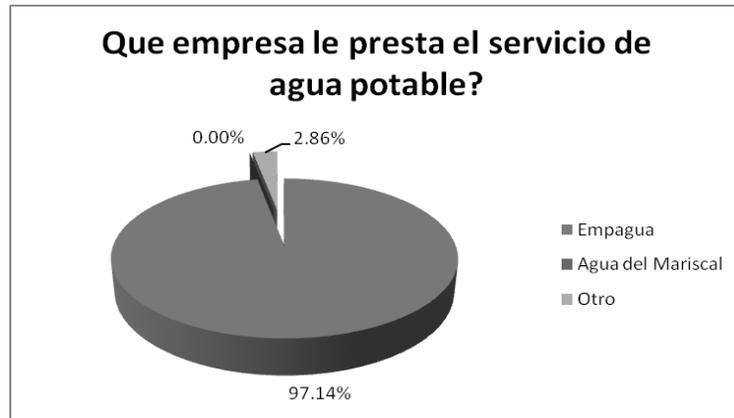
- ¿Qué empresa presta el servicio de agua potable?

## Consumo residencial



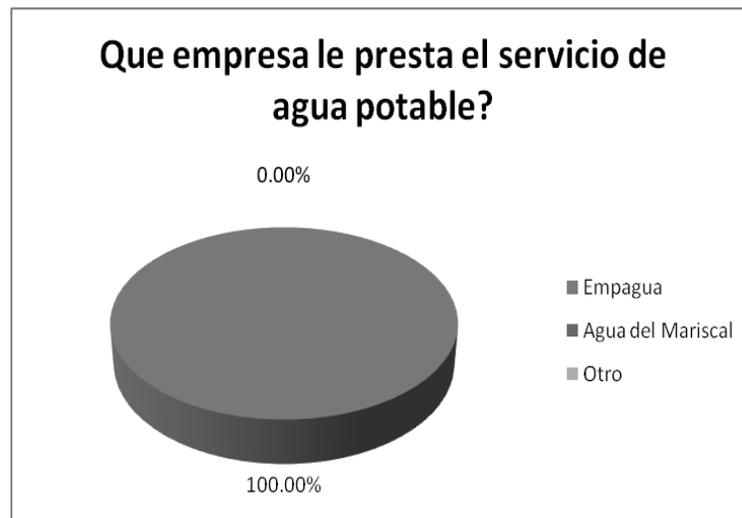
Fuente: elaboración propia.

### Consumo comercial



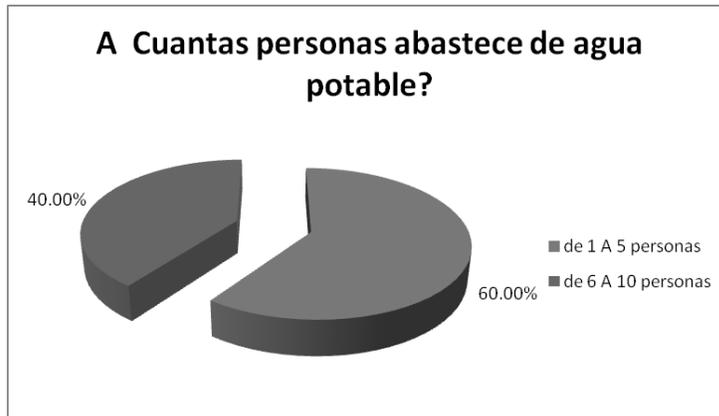
Fuente: elaboración propia.

### Consumo industrial



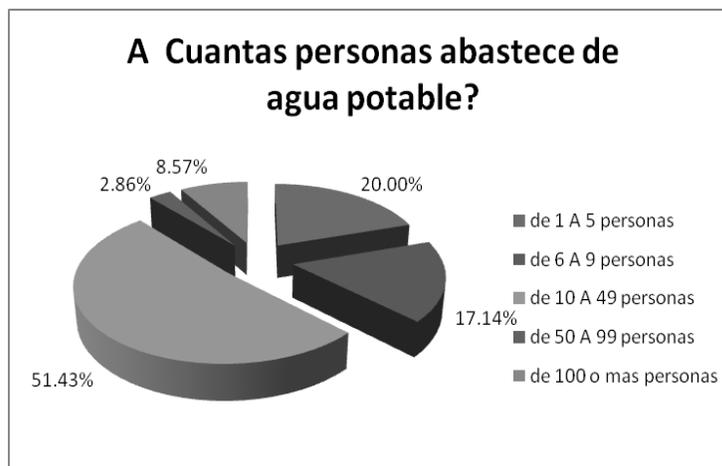
Fuente: elaboración propia.

### Distribución de personas consumo comercial



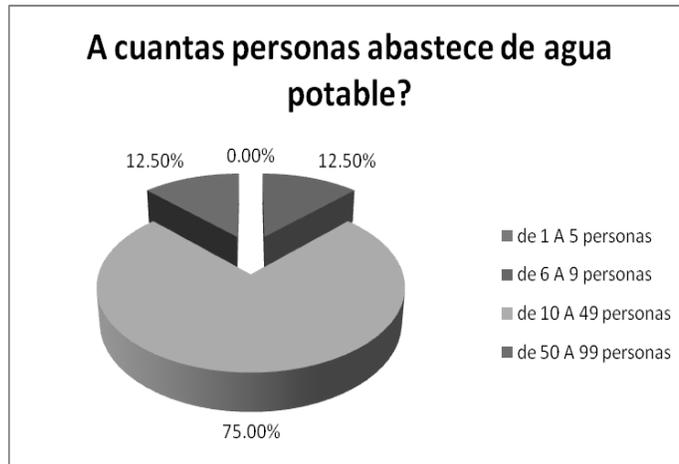
Fuente: elaboración propia.

### Distribución de personas consumo industrial



Fuente: elaboración propia.

## Distribución de personas consumo industrial



Fuente: elaboración propia.



## ANEXO

### 1. Mapa de la zona 13 de la ciudad de Guatemala



Fuente: Plan de ordenamiento territorial, Municipalidad de Guatemala.

