



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

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

**Luis Alberto Rivera Nájera**

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, octubre de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LUIS ALBERTO RIVERA NÁJERA**

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE 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 Veliz 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 Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

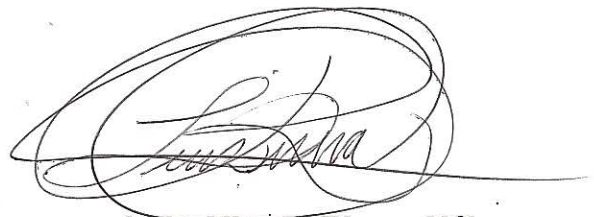


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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 14 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.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Alberto Rivera Nájera', enclosed within a large, loopy circular scribble.

**Luis Alberto Rivera Nájera**







**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,  
 6 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

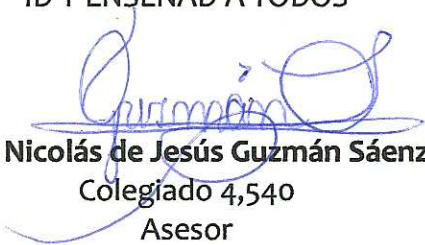
Ingeniero Quiñónez.

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de Asesor, he revisado el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, desarrollado por el estudiante universitario Luis Alberto Rivera Nájera.

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*







**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, 14 de mayo de 2013

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

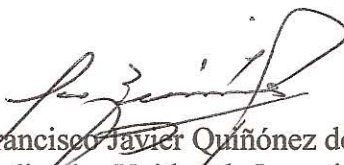
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado "Evaluación del consumo de agua potable en la zona 14 de la Ciudad de Guatemala en los años 2008-2010", realizado por el estudiante universitario Luis Alberto Rivera Nájera, quien contó con la asesoría del M.Sc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Rivera Nájera 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 Quiñón 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 Luis Alberto Rivera Nájera, titulado **EVALUACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 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, septiembre 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 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Alberto Rivera Nájera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Récinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2013





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por brindarme la sabiduría, el valor y el espíritu de lucha y por derramar bendiciones en mí vida.
- Mis padres** Mario Roberto Rivera Ayala y Ertí Marilú Nájera de Rivera, en especial por cuidar de mí y apoyarme en todas mis metas y sueños.
- Mis hermanos** Mario Raúl Rivera Nájera y Saira Elizabeth Morales Nájera por el apoyo y cariño que me han brindado
- Mi familia** De una u otra manera fueron parte de este logro.
- Mis amigos** Porque han sido parte de mi familia, mostrándome su verdadera amistad.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de superarme académicamente.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera.
<b>A los ingenieros</b>	Nicolás de Jesús Guzmán, Juan Carlos Linares, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, por permitirme ser parte de esta investigación a beneficio de la Facultad de Ingeniería, y por la asesoría dada a lo largo de la realización de este trabajo.
<b>EMPAGUA</b>	Por su valioso aporte, en cuanto a la realización del presente trabajo.
<b>Mis compañeros de la Facultad de Ingeniería</b>	Que durante el transcurso de mi carrera me brindaron su apoyo en todo sentido y su desinteresada amistad, en especial a mis amigos: Edgar Valiente, Mario Gatica, Eder Sacap, David Galdámez, Rodolfo Ralac, entre muchos más.

Y para todas esas personas que de una u otra forma prestaron su ayuda y colaboración para el desarrollo del presente trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN .....	IX
OBJETIVOS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	XIII
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA .....	1
1.1. Ubicación y accesos .....	1
1.2. Monografía .....	3
1.2.1. Clima .....	5
1.2.2. Datos demográficos y crecimiento poblacional.....	6
2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA DURANTE 2008-2010.....	9
2.1. Antecedentes de la cobertura del servicio de agua.....	9
2.2. Problemática del consumo de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala .....	10
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	11
3.1. Encuesta .....	11

4.	RESULTADOS .....	15
4.1.	Entes encargados en la distribución de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala .....	15
4.1.1.	Planta de tratamiento de agua potable Ojo de Agua-Diamante y pozos propios.....	16
4.1.2.	Planta de tratamiento de agua potable El Cambray .....	21
4.2.	Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable a la zona 14 .....	23
4.3.	Resultados obtenidos de la encuesta .....	26
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	31
5.1.	Análisis de datos obtenidos de las empresas distribuidoras ....	31
5.2.	Análisis de los datos obtenidos de la encuesta realizada .....	36
6.	DISCUSIÓN.....	39
6.1.	Discusión de los resultados.....	39
6.1.1.	Residencial.....	40
6.1.2.	Comercial .....	41
6.2.	Discusión final .....	42
	CONCLUSIONES .....	45
	RECOMENDACIONES .....	47
	BIBLIOGRAFÍA .....	49
	APÉNDICE.....	51
	ANEXOS .....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de la zona 14 respecto al departamento de Guatemala .....	2
2.	Accesos a la zona 14 .....	3
3.	Representación gráfica de las fuentes .....	16
4.	Ubicación estación de bombeo Ojo de Agua.....	19
5.	Ubicación planta El Cambray .....	22
6.	Consumo mensual de agua potable en 2008 .....	31
7.	Usuarios de agua potable en 2008.....	32
8.	Consumo mensual de agua potable en 2009 .....	33
9.	Usuarios de agua potable en 2009.....	33
10.	Consumo mensual de agua potable en 2010 .....	34
11.	Usuarios de agua potable en 2010.....	34

### TABLAS

I.	Habitantes por rango de edad.....	6
II.	Nivel de escolaridad.....	7
III.	Proyección del crecimiento para la población total de la zona 14....	8
IV.	Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2008 ....	24
V.	Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2009 ....	25
VI.	Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2010 ....	25
VII.	Registro de la población encuestada .....	26
VIII.	Cantidad de muestras que cuentan con servicio de agua .....	27

IX.	Tipo de servicio de agua que se recibe .....	27
X.	Empresas que prestan el servicio de agua potable .....	27
XI.	Consumo promedio mensual.....	28
XII.	Días de suministro de agua .....	28
XIII.	Horas de suministro de agua.....	28
XIV.	Muestras que cuentan con cisterna .....	29
XV.	Rango de personas abastecidas .....	29
XVI.	Muestras que cuentan con pozo propio .....	29
XVII.	Disposición final de los desechos líquidos y sólidos .....	30
XVIII.	Medidas de tendencia central para los registros 2008-2010 proporcionados por EMPAGUA .....	35
XIX.	Medidas de tendencia central para el consumo residencial.....	36
XX.	Medidas de tendencia central para el consumo comercial.....	36



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>hp</b>	Caballos de fuerza
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>kv</b>	Kilo volts
<b>kva</b>	Kilo volts amper
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Caudal</b>	Volumen de líquido que fluye por unidad de tiempo.
<b>Consumo</b>	El consumo de agua, es función de una serie de factores inherentes a la localidad que se abastece y varía de una ciudad a otra, así como podrá variar de un sector de distribución a otro, en una misma ciudad.
<b>DINEL</b>	Directorio Nacional de Empresas y sus Locales.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, es decir a un habitante.
<b>EMPAGUA</b>	Empresa Municipal de Agua.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

**Nivel freático**

Profundidad a la que se encuentran las aguas freáticas. Este nivel baja en época de verano y sube en época de invierno.

**PRONAME**

Programa Nacional de Mejoramiento de las Estadísticas Económicas.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el consumo de agua potable en el período de 2008 al 2010 en la zona 14 de la ciudad de Guatemala, ya que no existen estudios recientes que establezcan la cantidad de agua que se consume, como también los usos que se le da a la misma; por ello, la importancia de la recolección de esta información, para presentarla de forma clara y ordenada.

Como parte de la metodología de investigación utilizada, se recurrió a distintos lugares para la recolección de información referente al agua potable, tales como: El Centro de Investigaciones Urbanos y Regionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística, la Municipalidad de Guatemala, entre otros, con el fin de disponer de datos teóricos en cuanto al consumo y distribución de agua potable para la zona 14.

Se llevó a cabo la recolección de los datos de los lugares antes mencionados, con la finalidad de realizar una comparación y un análisis estadístico descriptivo con los datos de la investigación de campo, por medio del levantado de una encuesta, está a su vez cubre otros factores que se involucran en el consumo de agua potable, tales como cantidad de habitantes, horas de servicio, días de servicio, entre otros.

Se estableció que la zona 14, es abastecida por 2 fuentes de agua, una superficial (río Pinula) y la otra subterránea (Ojo de Agua), que son administradas por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), y tratadas por la planta El Cambray y la planta Ojo de Agua Diamante respectivamente, además

de pozos propios en algunos lugares de dicha zona, brindando un servicio en conjunto en apariencia satisfactorio, ya que según los datos recolectados por medio de la encuesta, muestra que los habitantes de la zona 14, cuentan con el servicio de agua potable toda la semana.

Además se determinaron 2 tipos de consumo, los cuales fueron residencial y comercial, teniendo como resultado que el sector residencial en promedio consume 50,91 metros cúbicos mensuales de agua potable, siendo muy por debajo del promedio consumido por el sector comercial, cuyo valor es de 190,81 metros cúbicos, esto mediante el levantado de la encuesta, cabe resaltar que EMPAGUA no tiene el servicio de agua potable catalogado por tipo de consumo, sino que su servicio es generalizado, básicamente las edificaciones de grandes magnitudes cuentan con el servicio de agua potable a través de pozos propios, siendo este el principal problema, ya que la extracción del agua subterránea se hace sin registro alguno por parte de la Municipalidad de Guatemala.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el consumo de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala en el período 2008-2010.

### **Específicos**

1. Identificar las fuentes que abastecen de agua potable a la zona 14 de la ciudad de Guatemala.
2. Determinar cómo se suministra y distribuye el agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala.
3. Establecer los usos del agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala.
4. Estimar el consumo de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala.





## INTRODUCCIÓN

“El agua, parte constituyente de todos los organismos vivos, es un elemento básico para la vida y la existencia. Se estima que en el ser humano, 65 por ciento de su peso corporal es agua, así como el 90 por ciento de su cerebro. El agua es un elemento trascendental en su desarrollo biológico, social, cultural y espiritual; asimismo, ha constituido a lo largo de la historia, un factor esencial en la totalidad de los procesos productivos humanos”<sup>1</sup>. Dicho recurso es de vital importancia en la sociedad, por lo cual debe fijar que su distribución sea equitativa, abarcando todos los sectores, y garantizando el consumo sin perjuicios hacia la salud.

El consumo de agua potable en Guatemala, es variable según sea el tipo de captación y conexión que se tenga para el abastecimiento mismo de una población, en este caso, para la zona 14 se estableció que su abastecimiento es a través de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), así también con pozos propios, teniendo conexiones del tipo intradomiciliar con opción a varios grifos por vivienda, para lo cual en este caso el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el ente encargado del establecimiento de las normas sanitarias, el cual tiene una dotación entre 90 a 170 litros por habitante por día, pero para la zona 14, no se tiene conocimiento alguno del consumo y menos del destino.

---

<sup>1</sup>[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/index.html). Consulta: 20 de febrero de 2013, a las 16:45 horas.

La presente investigación evaluó el consumo del agua potable durante 2008-2010 en la zona 14 de la ciudad de Guatemala, ya que esta zona no cuenta con un estudio reciente que exponga las cantidades consumidas por la población, por ello, esta investigación las aporta, dividiéndolas en 2 tipos de consumo: residencial y comercial.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de conocer el consumo de agua potable en la zona 14, mediante información recopilada de los entes encargados de la distribución de la misma, en este caso EMPAGUA y por medio del trabajo de campo, es decir, el levantado de encuesta, con la finalidad de realizar un análisis estadístico descriptivo, que muestre las principales medidas de tendencia central en cuanto al consumo y distribución de agua potable, así también, determinar el porcentaje de usuarios que no se ven beneficiados con un sistema de agua potable en sus hogares.

La zona 14 cuenta con pozos propios para su abastecimiento, sin que estos estén registrados en EMPAGUA, lo que genera problemática en cuanto a la extracción del agua subterránea, ya que principalmente en los comercios no tienen conocimiento sobre la extracción de la misma, además en las residencias donde existe cisterna, tienen desconocimiento alguno sobre la cantidad que consumen de agua potable, aunque si tienen conocimiento sobre la cantidad monetaria que cancelan por dicho servicio.

Es por ello que al contar con una investigación reciente que muestre el consumo y distribución de agua potable para la zona 14, es posible en este caso, que EMPAGUA tenga un mejor control en cuanto a la distribución que ellos realizan, como también planes para una mejor y fluida distribución de toda la zona.

Esta investigación permite contribuir al área de investigación científica de la Facultad de Ingeniería, desarrollando el presente trabajo como parte de una investigación macro que se realiza conjuntamente con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT), con el propósito de llenar los vacíos de información en la temática del agua potable.



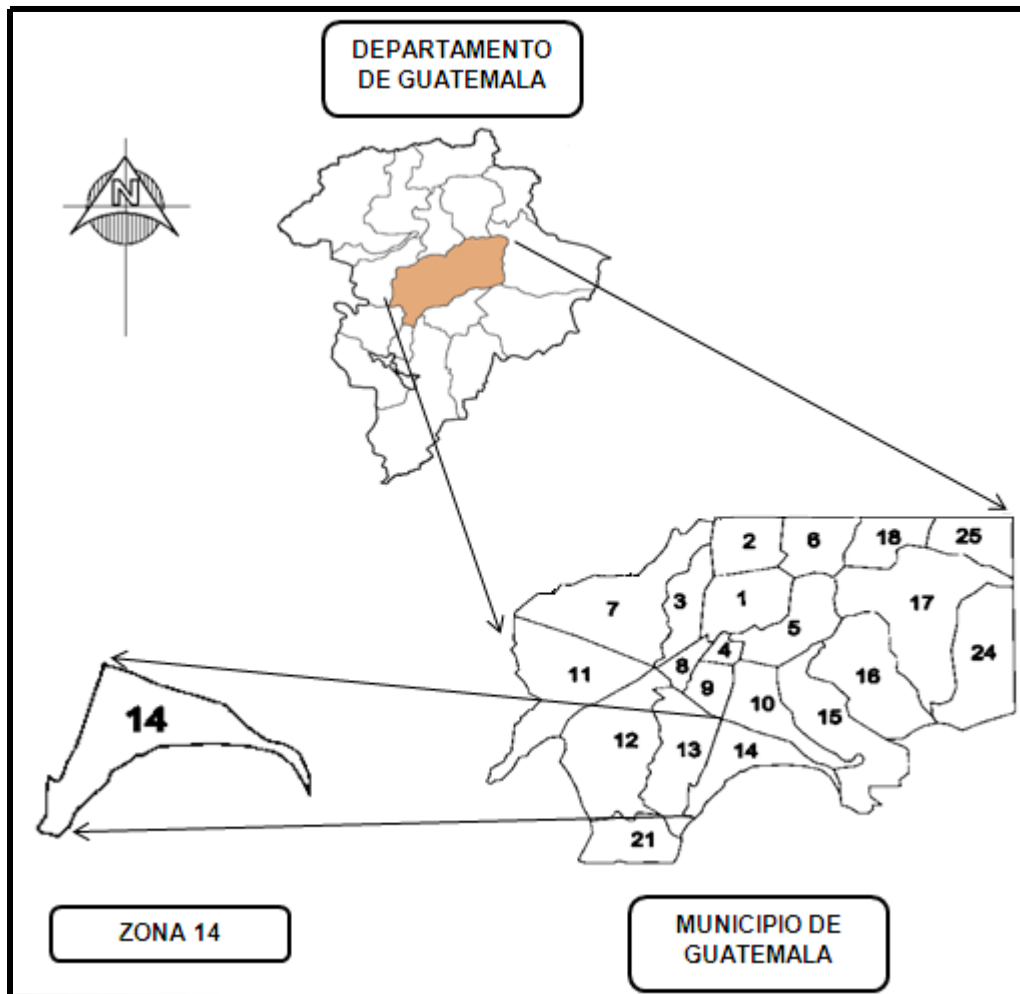
# **1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

## **1.1. Ubicación y accesos**

La zona 14 se describe a partir de la intersección del boulevard Tecún Umán y la avenida de Las Américas a la altura del Obelisco de los Próceres de la Independencia, hacia el sur por medio de esta última avenida rodeando y excluyendo a la lotificación El Mirador de Elgin, por el sur, hasta encontrar la avenida Hincapié, la que seguirá hacia el sur hasta alcanzar el puente Shangrilá sobre el río Pinula, el cual seguirá aguas arriba, constituyendo límite del municipio, hasta encontrar el lindero de la finca San Rafael, lindero que seguirá hasta cruzar el antiguo camino a El Salvador, el que se recorrerá hacia el poniente luego el antiguo acueducto de Pinula, hasta alcanzar nuevamente el punto de origen de la descripción.

Se encuentra al sur (respecto del Palacio Nacional), sus colindancias son al norte con la zona 10, al sur con Santa Catarina Pinula al medio, al este con la zona 15 y al oeste con la zona 13, con la avenida de Las Américas de por medio, en la figura 1, se muestra la ubicación de la zona 14 dentro del municipio de Guatemala.

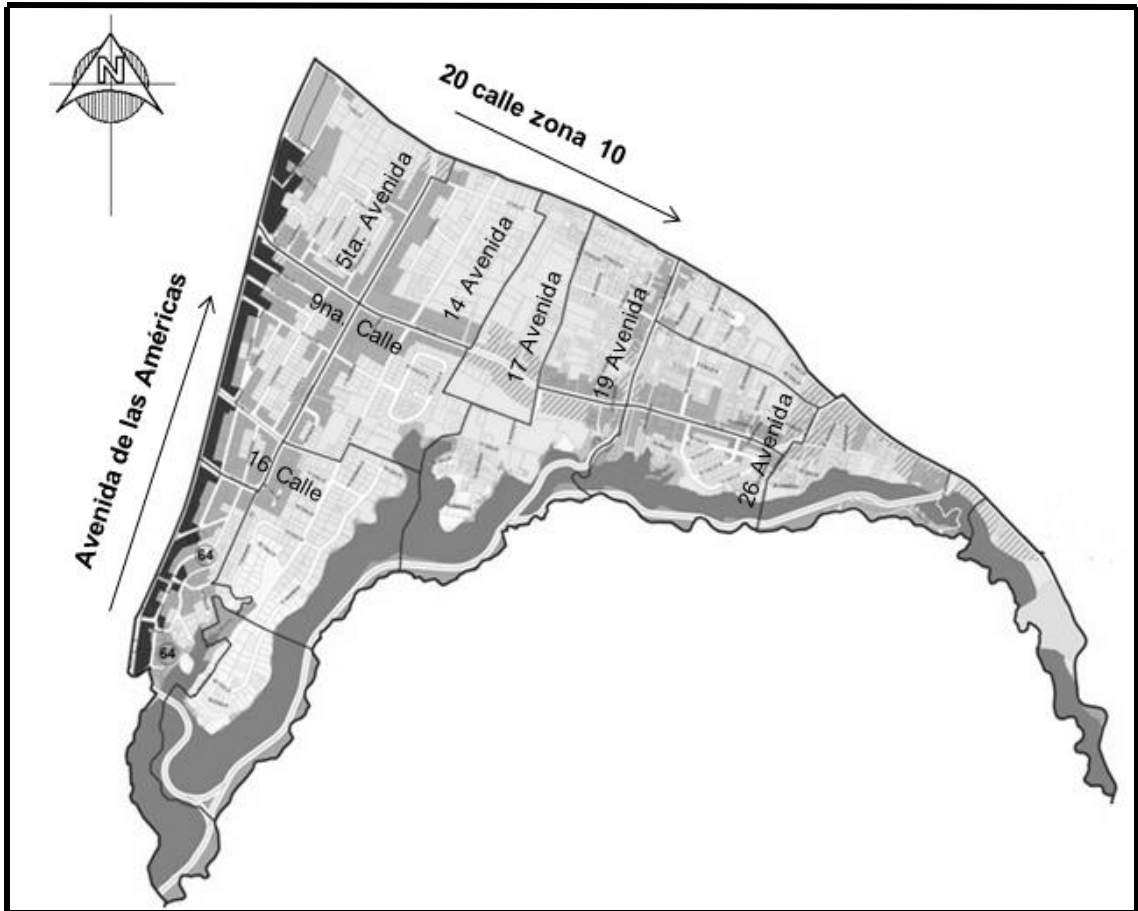
Figura 1. **Mapa de ubicación de la zona 14 respecto al departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2013.

Los accesos de la zona 14; son por medio de la zona 10, siguiendo la 20 calle y accediendo a la misma a través de las avenidas que la componen, además de la zona 13 siguiendo toda la avenida de Las Américas y accediendo a la zona 14 mediante todas las calles que intersectan dicha avenida, tal y como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Accesos a la zona 14



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2013.

## 1.2. Monografía

La zona 14 era la finca Elgin y la Villa de Guadalupe, que comprendía parte de la zona 10 inicialmente. El 5 de marzo de 1972 la Municipalidad de Guatemala publicó el acuerdo donde el Consejo Municipal aprobó los estudios realizados por la División de Desarrollo Urbano de la Dirección de Planificación en 1952, sobre la descripción de las zonas de la ciudad de Guatemala.

Esta zona tuvo su origen en 2 áreas: la primera que es la más antigua, forma parte de los que se llama la Villa de Guadalupe que data de 1886. Fue creada para la concentración de la gente que se dedicaba al cultivo de café, cítricos, entre otros. Debido a lo anterior, no se tiene un desarrollo urbano adecuado, ya que las áreas para zona de cultivos fueron generando mayores concentraciones de población de manera no planificada. La parte nueva tiene su origen en la finca Las Conchas, propiedad de la familia Nájera, la cual se urbanizó en 1948 con la idea de hacer una zona exclusiva con lotes más grandes de los que se tenía en el área.

Como reseña histórica, se tiene que el área de la zona donde está el actual cementerio de la Villa de Guadalupe, fundado el 5 de febrero de 1886, era un asentamiento importante de indígenas en la época precolombina llamado Los Llanos de la Culebra y se abastecía de agua desde el río Pinula, para lo cual los indígenas construyeron y utilizaron parte de la topografía para hacer un acueducto que, por su forma, se le denominó De La Culebra; este acueducto continúa hasta Kaminal Juyú y la zona donde actualmente está el centro comercial de Miraflores y Tikal Futura, se usaba como reservorio formando una laguneta.

Actualmente se tienen 2 sectores claramente definidos, como lo son; la parte colindante a la avenida de Las Américas y la parte de la Villa de Guadalupe. El primero muestra un nivel socioeconómico bastante alto, mientras el otro presenta diversidad de niveles, además de contar con un cementerio, un aserradero, y otros elementos que hacen de este lugar una variedad de tonalidades económicas.

El área tiene 540 hectáreas, equivalentes a 773 manzanas o 5 411 000 metros cuadrados, siendo más o menos 12 caballerías. En este sector no



circulan líneas de buses urbanos. Muchas personas pretenden que al residir en este lugar, encontrarán la respuesta al estatus anhelado. Varias de las calles se encuentran cerradas y celosamente vigiladas. La mayoría de solares son grandes con mucha vegetación y bosques, además el barranco del río Pinula, le brinda vistas espectaculares a la zona.

### **1.2.1. Clima**

Al estar ubicada la zona 14 dentro del perímetro de la ciudad capital, los factores climatológicos que afectan a dicha zona son esencialmente los mismos que el resto de zonas que conforman la ciudad. Según datos obtenidos en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la ciudad de Guatemala goza de un clima subtropical de tierras altas. El clima es generalmente muy suave, casi primaveral, a lo largo del año. La temporada de lluvias se extiende de mayo a noviembre, mientras que la estación seca abarca el resto del año. En la ciudad también tiende a soplar mucho el viento, lo que puede reducir la temperatura aún más evidente.

La ciudad de Guatemala es la capital más fría y más alta de toda Centroamérica, para los meses fríos entre noviembre y febrero, las temperaturas mínimas pueden llegar hasta los 3 grados centígrados y las máximas no sobrepasan los 20 grados centígrados. Su temperatura media anual es de 19 grados centígrados. En el invierno, de mayo a octubre, tienen temperaturas que oscilan entre 21 y 5 grados centígrados. El verano va de noviembre a abril con temperaturas que oscilan entre 25 y 16 grados centígrados, siendo 0 grados centígrados la temperatura más baja históricamente. La humedad relativa media por la mañana: 84 por ciento, por la noche la humedad relativa: 64 por ciento. El promedio de punto de rocío es de 12 grados centígrados.

### 1.2.2. Datos demográficos y crecimiento poblacional

La población total del departamento de Guatemala, según las características de la población, Censo 2002, es de 2 541 581 habitantes, de los cuales 1 187 099 son hombres y 1 354 482 son mujeres. Específicamente la zona 14 de la ciudad tiene una población total de 18 322 habitantes, de los cuales 8 066 son hombres y 10 256 son mujeres, efectuado por el Instituto Nacional de Estadística (INE). La tabla I muestra el total de habitantes de la zona 14, según edad.

Tabla I. **Habitantes por rango de edad**

<b>Rango de edades</b>	00 a 6	07-14	15-64	64 y más
<b>Número de habitantes</b>	2 178	2 616	12 101	1 427

Fuente: elaboración con base en resultados del Censo 2002 por el INE con programa Microsoft Excel.

Dentro de las características generales de la población según el Censo 2002, el 93,40 por ciento de la población es alfabeta y el 6,60 por ciento de la población es analfabeta. La zona 14 cuenta con escuelas públicas y colegios privados a nivel primario y medio, que atienden a la población que habita dicha zona. La tabla II muestra el nivel de escolaridad existente.

Tabla II. **Nivel de escolaridad**

<b>Nivel de escolaridad</b>	Ninguno	Pre-primaria	Primaria	Media	Superior
<b>Número de habitantes</b>	1 026	157	5 920	5 142	3 899

Fuente: elaboración propia con base en resultados del Censo 2002 por el INE con programa Microsoft Excel.

Según información del Instituto Nacional de Estadística (INE) del XI Censo de Población y el VI de habitación 2002, Guatemala tiene como población un total de 11 237 196 habitantes, de los cuales 2 541 581 están en la capital, lo que se traduce en una densidad de población de 103 habitantes por kilómetro cuadrado. Según las proyecciones de población, para el 2010 la población será 14 361 666, para el 2020 el número de habitantes será de 18 055 025 con una tasa de crecimiento poblacional de 2,7 por ciento. Sin embargo, se estimaron tasas de crecimiento por cada departamento de la República de Guatemala, tanto para hombres como para mujeres, se tomó la tasa de crecimiento poblacional de 3,92 por ciento, que representa la población total; 3,67 por ciento para hombres y de 4,14 por ciento para mujeres, dichas tasas de crecimiento corresponden al departamento de Guatemala.

La población futura se estimó de acuerdo a la fórmula estadística de crecimiento geométrico que establece lo siguiente:

$$Pf = Po (1+R)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Po = población inicial

R = tasa de crecimiento

N = número de años

La tabla III representa la proyección de crecimiento de la población para la zona 14 del 2002 al 2010, este último como período de evaluación del consumo de agua.

Tabla III. **Proyección del crecimiento para la población total de la zona 14**

<b>Año</b>	<b>Población total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
2002	18 322	8 066	10 256
2003	19 040	8 362	10 678
2004	19 786	8 669	11 117
2005	20 561	8 987	11 574
2006	21 367	9 317	12 050
2007	22 204	9 659	12 545
2008	23 074	10 013	13 061
2009	23 979	10 380	13 599
2010	24 919	10 761	14 158

Fuente: elaboración propia con base en censos practicados por el INE con programa Microsoft Excel.

## **2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA DURANTE 2008-2010**

### **2.1. Antecedentes de la cobertura del servicio de agua**

Dentro de los problemas que aquejan a Guatemala, en cuanto a los servicios públicos se refiere, está presente la problemática sobre la crisis del abastecimiento de agua potable, ya que no toda la población se ve beneficiada con este servicio público y por ende se ven en la necesidad de la compra de agua a entidades privadas, muchas veces sin garantías sanitarias de la misma, así como también afecta la economía de muchas familias. Por lo cual las entidades correspondientes se ven en la necesidad de la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable, para disminuir los índices de escases y a su vez la reducción de enfermedades de origen hídrico.

La ciudad de Guatemala, ha tenido en los últimos años un aumento considerable de su población total, debido a que precisamente en la ciudad se concentra gran parte de la economía, lo que genera nuevas colonias o asentamientos, teniendo como resultado un aumento del consumo de agua potable debido al crecimiento habitacional, dando origen a la introducción de conexiones ilícitas en muchos lugares, ocasionando con ello un déficit de consumo en la ciudad.

La zona 14 de la ciudad de Guatemala, actualmente, es abastecida únicamente por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), a través de las plantas de tratamiento de agua El Cambray y Ojo de Agua-Diamante, pero

debido al crecimiento de condominios (hoteles), residenciales privadas y edificaciones para actividades empresariales, se ha visto en la necesidad de contar con más abastecimiento de agua potable de la que brinda EMPAGUA, realizándolo a través de la perforación de pozos privados, consumiendo grandes volúmenes de agua subterránea mensualmente, sin registro alguno de dicha agua por parte de EMPAGUA, además de este tipo de abastecimiento, algunos sectores se ven obligados a la compra de agua por medio camiones cisternas o pipas, debido a que no cuentan con conexión municipal de agua potable.

## **2.2. Problemática del consumo de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala**

Existe una serie de factores que influyen en el consumo de agua potable, tales como: el clima, nivel de vida de la población, costumbres, presión del agua a través de la red de distribución, tipos de fuentes de abastecimiento, entre otras. La zona 14 basa su consumo de agua a través de EMPAGUA y pozos privados, siendo encontrado únicamente el problema del consumo de agua potable a través de pozos privados, debido a que se extraen grandes cantidades de agua subterránea sin registro alguno de las entidades pertinentes, ya que no se sabe si se mantiene estable el nivel estático de los pozos a través de la recarga hídrica, y con ello surge la necesidad de una evaluación del consumo de agua potable que muestre este tipos de datos entre otros.

La zona 14 de la ciudad de Guatemala no cuenta con un estudio actualizado sobre el consumo de agua potable. Por tal motivo es importante la realización de una investigación teórica y práctica que permita establecer los destinos o usos del agua potable para dicha zona.

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

Se estableció a través de investigaciones bibliográficas y de campo, que no existe estudio alguno sobre el consumo de agua potable para la ciudad de Guatemala, precisamente la zona 14, que muestre las actividades que se llevan a cabo y que influyen directamente en el consumo de agua potable. Debido a ello, surgió el interés de realizar este tipo de trabajo conjuntamente con la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil.

La metodología de investigación consistió en 2 etapas. En la primera, se realizó una investigación bibliográfica, recurriendo a lugares como: la Municipalidad de Guatemala, la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), el Instituto Nacional de Estadística (INE), El Centro de Investigaciones Urbanas y Regionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CEUR). Y en la segunda etapa se desarrolló un trabajo de campo a través del levantado de una encuesta que abarcó todos los componentes que influyen en el consumo de agua potable.

#### **3.1. Encuesta**

Es necesario la comparación de los datos obtenidos con la empresa distribuidora de agua potable para la zona 14, en este caso EMPAGUA, con los datos de campo por medio de levantado de una encuesta, para lo cual fue necesario realizar una muestra representativa de la población total de la zona 14 beneficiada con el servicio de agua potable, para la realización de dicha muestra, se utilizó la fórmula estadística de población finita, descrita de la siguiente manera:

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{(N-1)\Delta^2}{z^2} + \sigma^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (población en estudio)

$\sigma^2$  = variabilidad estimada o precisión (para esta desviación estándar se asumirá 0,5)

z = nivel de confianza ( $z^2 = 1,96$ )

$\Delta$  = exactitud (límite aceptable de error 0,05)

Para el análisis de los usuarios del servicio de agua potable para la zona 14, fue necesario realizar una muestra representativa de diversos sectores de la población, para tener un estudio certero de lo que se está consumiendo y compararlo con los datos obtenidos de la empresa que presta dicho servicio, que es EMPAGUA.

Para la muestra se seleccionó la población en base a la información de El Directorio Nacional de Empresas y sus Locales (DINEL), que es el primer proyecto del Programa Nacional de Mejoramiento de las Estadísticas Económicas (PRONAME), el cual es llevado a cabo por el Banco de Guatemala y el Instituto Nacional de Estadística (INE), con el objetivo de proveer, permanente y oportunamente, información estadística que, con una amplia cobertura de la actividad económica nacional, permita compilar adecuadamente las cuentas macroeconómicas y a los agentes económicos privados, tomar decisiones en el campo de su competencia.

Mediante esta información de DINEL, se clasificó toda clase de negocios existentes en la zona 14, y con información del Instituto Nacional de Estadística



se obtuvo el total de casas existentes en dicha zona, luego se procedió a obtener la muestra de cada una de las clasificaciones que se encuentra en el DINEL mediante la fórmula estadística de población finita, descrita anteriormente.

Para la muestra del sector comercial, se tomaron distintos criterios como lo fue; juntar distintas clasificaciones según el Directorio Nacional de Empresas y sus Locales (DINEL), debido a que su razón social era similar, por lo cual el consumo de agua potable era para el mismo uso, como se puede observar en la tabla VII que la industria manufacturera y comercio, era básicamente la misma razón social, ya que se tienen ventas de ropa, frutas, prendas de vestir, tortillerías, cerrajerías, entre otras.

También la intermediación financiera, actividades mobiliarias, empresariales y de alquiler, oficinas jurídicas, bancos promotores, y otros, cuya razón social básicamente es la misma, siendo el consumo de agua potable del mismo fin.

Así también la clasificación de enseñanza, servicios sociales y de salud, y por último las actividades de servicios comunitarias y sociales, en donde su razón social era de un mismo fin, por lo cual el uso del agua potable era similar, más no la cantidad consumida en todos los casos.

Teniendo la cantidad de boletas para la zona 14, se procedió a llevar a cabo el levantado de la encuesta, realizando muestras en distintos sectores en toda el área para tener una muestra mucho más representativa de cómo está el consumo de agua potable, para lo cual se seleccionó cada una de la clasificación en base a DINEL, tomando los lugares que más trabajadores

tuviera, para cada razón social, debido que entre más trabajadores mayor es el consumo.

Se procedió a realizar la investigación de campo en donde el principal inconveniente encontrado, fue la obtención de la información requerida para llenar la encuesta, debido a que las personas encargadas creían muy confidencial este tipo de información, o no tener tiempo para llenar una boleta; al no tener respuesta alguna de estos lugares, se procedió a sustituir los mismos por otros de la misma razón social, siendo la única diferencia; la cantidad de usuarios del servicio de agua potable.

Además se constató durante la investigación de campo, que muchos comercios, industrias manufactureras, intermediación financiera y actividades sociales, tal y como se muestra en la tabla VII, tienen un consumo residencial, ya que su lugar de trabajo lo es también su residencia, por lo cual solo sus habitantes hacen uso del agua potable.

Cabe resaltar que la clasificación final del consumo de agua potable, fue por servicio residencial y comercial, para el consumo industrial no se tomó en cuenta debido a que no se encontró ninguna industria dentro de la zona 14.

La realización de la investigación de campo, se llevó a cabo mediante la encuesta que se presenta en el apéndice 3, la cual contiene todos los aspectos importantes evaluados que se relacionan con el consumo de agua potable.

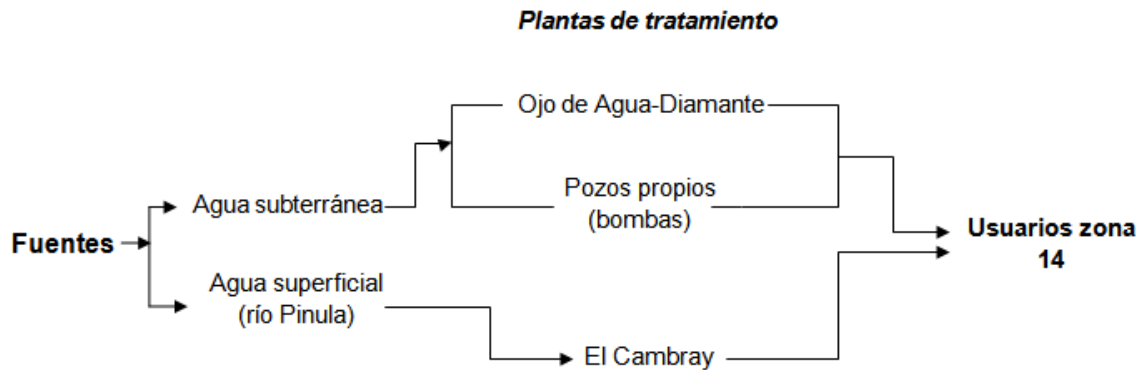
## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Entes encargados en la distribución de agua potable en la zona 14 de la ciudad de Guatemala**

Dentro de la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), la distribución del agua potable está a cargo de la Dirección de Administración de la Red a través de la Unidad de Sistemas de Distribución. En concepto de distribución de agua, la ciudad está dividida en 2 sectores: norte y sur.

La zona 14 está comprendida dentro del sector sur, siendo abastecida por 2 fuentes; una es la planta de tratamiento El Cambray a través de agua superficial, siendo la captación el río Pinula y la otra, es de agua subterránea por el Campo de Pozos Ojo de Agua-Diamante, además de pozos de propiedad privada para algunos hoteles y comercios que se encuentran dentro de la zona 14, tal y como lo representa la figura 3, además de tener solamente un tanque municipal para uso de los vecinos, que es abastecido a través de camiones cisterna.

Figura 3. **Representación gráfica de las fuentes**



Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Word.

#### 4.1.1. **Planta de tratamiento de agua potable Ojo de Agua-Diamante y pozos propios**

Para la zona 14, no se obtuvo dato alguno sobre la información de los pozos propios existentes, dicha información es desconocida por los encargados de los lugares donde se cuenta con al menos un pozo perforado, es por ello que solamente se hará mención de la planta de tratamiento Ojo de Agua-Diamante, la cual siendo administrada por la Municipalidad de Guatemala, a través de EMPAGUA, fue factible la obtención de la información para presentarla a continuación.

La planta Ojo de Agua está ubicada en el área sur del valle de la ciudad de Guatemala, aproximadamente a 10 kilómetros del trébol, se ubica en el eje de la divisoria de aguas continentales (divisoria de cuencas que drenan hacia el océano Pacífico y hacia el Atlántico).

El sistema tiene como fuente el agua subterránea proveniente de un acuífero aluvial (desde el punto de vista geológico, es el que se encuentra compuesto de roca no consolidada y que posee una porosidad primaria buena. Su origen se debe a material depositado por corrientes fluviales) y un acuífero formado de lavas fracturadas (son coladas de lavas volcanes, su porosidad principal, es secundaria, porque se debe al grado de fracturamiento de la roca) y explotado por medio de pozos mecánicos de diferentes diámetros y profundidades.

Anteriormente fue común encontrar fuentes de agua que afloraban en forma natural a causa de la saturación en los suelos. De esta forma inició la planta Ojo de Agua, pues se contaba con un nacimiento de agua natural comúnmente conocido como Ojo de Agua; utilizando máquinas de combustión interna, y se bombeaba hacia la ciudad, aproximadamente 625 metros cúbicos diarios, esto ocurría en 1960.

La demanda de servicio de agua potable fue notable, por lo cual se realizaron trabajos para aumentar la producción, realizando la Fase Ojo de agua 1, la cual consistió en ingreso de energía eléctrica de servicio público, contratando compañías para instalar equipos más sofisticados de la época, utilizándose tecnología alemana, ocurrido en 1961. Con ello se instalaron equipos potentes, 4 motores de 1 000 caballos fuerza, para enviar el flujo a la ciudad y además se construyeron varios pozos mecánicos para extraer más agua del subsuelo, pues el nacimiento empezó a bajar su producción, por ello se incrementó a 1 625 metros cúbicos diarios.

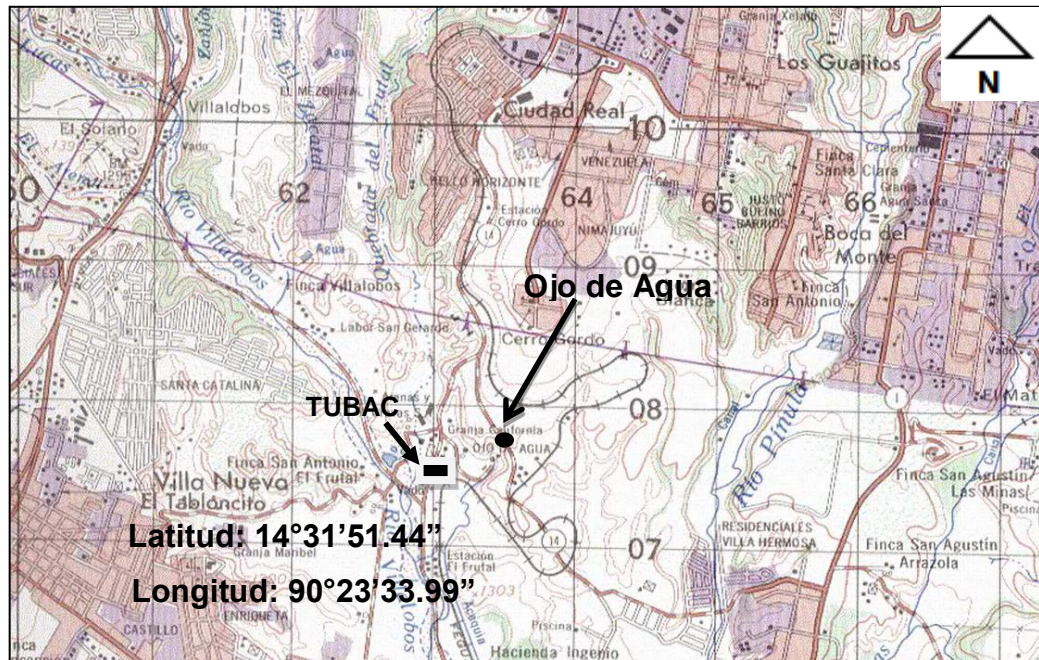
Aproximadamente en 1975, tomando en cuenta el incremento demográfico de la ciudad capital, se realizó una nueva etapa de construcción e instalación de equipos. Fase Ojo de Agua 2, se instalan otros 4 motores con

capacidad de 1 000 caballos de fuerza, y se construyeron nuevos pozos mecánicos y un tanque llamado de compensación, que ayuda a tener un mayor volumen de agua acumulada para rebombeo, esto se realiza con tecnología americana, incrementándose la producción diaria a 49 400 metros cúbicos.

Conforme la demanda del servicio de agua potable, se incrementa en la ciudad capital, la construcción de más pozos mecánicos para aumentar la cantidad de agua acumulada, y así poder contar con más agua para el rebombeo.

La planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante se encuentra ubicada al final de la avenida Petapa, finca El Frutal, en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. El sector Ojo de Agua, colinda hacia el norte con el cerro Gordo, al sur con el Sector Diamante, al oriente con las colonias 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  $14^{\circ} 32' 5''$  y longitud  $90^{\circ}33' 6''$ , tal y como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Ubicación estación de bombeo Ojo de Agua



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

La capacidad de producción instalada, es de 1 200 litros por segundo. La producción promedio diaria es de 86 400 metros cúbicos, constituyendo el 22 por ciento del abastecimiento total de agua potable hacia la ciudad de Guatemala, siendo este sistema el segundo en importancia después del sistema Lo de Coy. Actualmente la estación de bombeo Ojo de Agua consta de:

- 12 pozos profundos: 8 están distribuidos dentro de la planta Ojo de Agua propiamente. Los 4 restantes están distribuidos en una planta de bombeo anexa denominada planta El Diamante. Todos constituyen la fuente de abastecimiento. Los pozos profundos comprenden:
  - Un orificio en el suelo hasta el manto acuífero.

- Un equipo de bombeo, bomba y motor eléctrico para extraer el fluido.
  - Tablero de control, conductores y demás equipo eléctrico.
- Tanque circular: con una capacidad de 7 500 metros cúbicos, es usado para almacenamiento y compensación del bombeo, así como para desinfección.
  - Tanque de succión: de donde se rebombee el agua hacia los tanques y redes de distribución.
  - Sala de dosificación de cloro: en donde se ubican los dosificadores de cloro gaseoso y sus accesorios. El cloro es el único agente usado para la desinfección, dosificación promedio diaria: 250 litros por segundo.
  - 2 salas de unidades de rebombeo: aquí se ubican 8 unidades de bombeo de 1 000 caballos de fuerza, constituidas cada una por motor, bomba y arrancador.
  - Líneas de conducción hidráulica: 2 tuberías de acero al carbón de 18 pulgadas hacia el tanque El Guarda, con una longitud aproximada de kilómetros y una presión de bombeo de 520 psi y su diferencia de altura de 290 metros. El tanque El Guarda se ubica a 1 540 metros sobre el nivel del mar y la planta Ojo de Agua se ubica a 1 250 metros sobre el nivel del mar. Una tubería de acero al carbón de 24 pulgadas hacia el Cerro Gordo, con una longitud aproximada de 4 kilómetros y una presión aproximada de 280 libras por pulgada cuadrada. La cota del tanque de Cerro Gordo es de 1 448 metros sobre el nivel del mar.



- Subestaciones eléctricas: una subestación principal en donde se ubican 5 transformadores de 2 000 kilo volts amper, 6 914,16 kilo volts, con los que se transforma la energía eléctrica a niveles de voltaje adecuados para alimentar los diferentes motores y equipos. 7 subestaciones menores distribuidas en las plantas Ojo de Agua y Diamante para poder bajar a niveles de voltaje adecuados y alimentar los motores de los equipos de los pozos.

#### **4.1.2. Planta de tratamiento de agua potable El Cambray**

Está ubicada al suroriente de la ciudad capital de Guatemala, en el kilómetro 7, carretera al municipio de Santa Catarina Pinula. Esta instalación es una planta de tipo convencional, la cual se abastece por gravedad de la presa Pinula y por bombeo por la estación Hincapié.

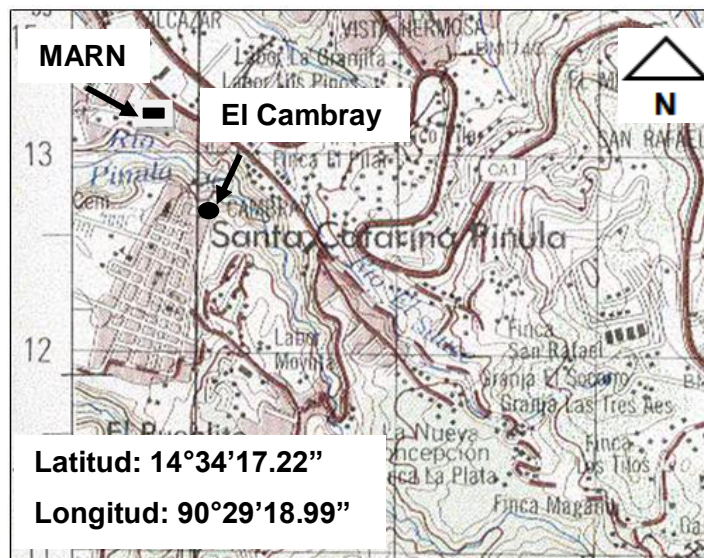
La presa Pinula es una presa derivadora, la cual fue construida en 1773 y la misma era un punto de inicio del acueducto colonial de Pinula, el cual ya está fuera de servicio y del que se pueden observar algunos vestigios a lo largo del Boulevard Liberación y de la 20 calle de la zona 10. Este fue el primer sistema de abastecimiento de la ciudad capital. La presa de Santa Catarina Pinula sobre el río Pinula, abastece por gravedad a la planta el Cambray por medio de 2 acueductos de 1 kilómetro de longitud y de diámetro 12 y 14 pulgadas. La presa dispone de 3 desarenadores y de una compuerta para su limpieza.

La presa Hincapié fue ejecutada en 1968 y la misma deriva el río Pinula, para abastecer a la planta el Cambray por medio de una estación de bombeo, la cual dispone de una capacidad de almacenamiento de 2 890 metros cúbicos en un tanque construido en la estación. En la misma están instaladas 4 unidades de bombeo con un caudal de bombeo de 33 litros por segundo cada unidad, en

la actualidad hay instaladas 2 unidades antiguas de bombeo, cada una con una potencia de 200 caballos de fuerza cada una y 2 unidades que fueron reemplazadas durante la rehabilitación efectuada por la empresa Hitachi Planta, por medio de una cooperación no reembolsable durante 1996 y 1997 de 250 caballos de fuerza cada una.

La altura a vencer por las unidades de bombeo, es de 330 metros, se dispone también de un sistema para la protección del golpe de ariete por medio de una campana de aire y su respectivo compresor. La línea de bombeo es de 4,5 kilómetros de longitud y 14 pulgadas de diámetro, la planta de tratamiento tiene las siguientes características: 1 tanque rectangular de 3 380 metros cúbicos y 1 tanque circular de 2 820 metros cúbicos. La planta de tratamiento El Cambray, ubicada en la 20 calle final de la zona 10 o kilómetro 7 a Santa Catarina Pinula, tal y como lo muestra la figura 5.

Figura 5. **Ubicación planta El Cambray**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN, Hoja 2159-IV hojas 1:50,000.

El inicio de operaciones comenzó en 1942. Fue rehabilitada en el período comprendido entre 1997 y 1998. El agua cruda ingresa por medio de un vertedero rectangular, y luego se conduce por un canal abierto donde se aplica sulfato de aluminio como coagulante y otros químicos que requiera el tratamiento.

Adicionalmente se dispone de 1 floculador de flujo horizontal, 3 sedimentadores convencionales y 6 filtros rápidos de flujo descendente. Al final de los filtros el agua se capta en un tanque, donde se dosifica cloro para la desinfección final y luego se conduce por medio de 2 tuberías de 14 pulgadas de diámetro hasta los tanques de aguas claras. La tubería de salida hacia la red de distribución, es de 14 pulgadas de diámetro. La producción promedio de la planta es de 151 litros por segundo y abastece a las zonas 10, 14 y 15.

La distribución de agua hacia la zona 14, es por medio de la planta de tratamiento El Cambray, se realiza a través del tanque Rectangular (TR) a partir de este sale una tubería de diámetro de 14 pulgadas, la cual llega hasta el área del Obelisco para transformarse en 12 pulgadas, ambas tuberías en material de hierro fundido.

A partir del Obelisco, los diámetros disminuyen a 8, 6, 4 y 2 pulgadas en material que varían desde hierro fundido, hierro dúctil, asbesto cemento y de PVC.

#### **4.2. Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable a la zona 14**

Anteriormente se estableció que es EMPAGUA la única empresa que presta el servicio de agua potable para la zona 14, por medio de las 2 plantas

distribuidoras de agua potable; las cuales son; El Cambray y Ojo de Agua, por lo cual a continuación se muestran mediante las tablas IV, V y VI el consumo promedio mensual en metros cúbicos por usuario<sup>2</sup>, del 2008 al 2010, que son los años de análisis para este estudio.

Tabla IV. **Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2008**

<b>REGISTRO 2008</b>			
<b>Mes</b>	<b>Consumo en metros cúbicos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>	<b>Metro cúbico por usuario</b>
Enero	153 147	3 231	47,40
Febrero	153 624	3 232	47,53
Marzo	151 066	3 232	46,74
Abril	150 048	3 232	46,43
Mayo	140 496	3 233	43,46
Junio	151 106	3 239	46,65
Julio	146 395	3 239	45,20
Agosto	134 650	3 241	41,55
Septiembre	166 300	3 241	51,31
Octubre	159 593	3 242	49,23
Noviembre	145 075	3 244	44,72
Diciembre	176 015	3 249	54,18

Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Excel.

---

<sup>2</sup>EMPAGUA utiliza la definición de usuarios por conexiones instaladas sin tomar en cuenta cuantas personas hay en la vivienda, así también el uso que se le dé al agua.

Tabla V. **Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2009**

<b>REGISTRO 2009</b>			
<b>Mes</b>	<b>Consumo en metros cúbicos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>	<b>Metro cúbico por usuario</b>
Enero	167 838	3 249	51,66
Febrero	171 421	3 255	52,66
Marzo	172 956	3 256	53,12
Abril	172 582	3 257	52,99
Mayo	147 851	3 279	45,09
Junio	165 299	3 282	50,37
Julio	168 515	3 284	51,31
Agosto	305 409	3 287	92,91
Septiembre	157 033	3 288	47,76
Octubre	162 904	3 287	49,56
Noviembre	169 731	3 298	51,46
Diciembre	156 154	3 297	47,36

Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Excel.

Tabla VI. **Registro mensual de agua potable en metros cúbicos en 2010**

<b>REGISTRO 2010</b>			
<b>Mes</b>	<b>Consumo en metros cúbicos</b>	<b>Cantidad de usuarios</b>	<b>Metro cúbico por usuario</b>
Enero	164 093	3 298	49,76
Febrero	169 246	3 301	51,27
Marzo	150 580	3 308	45,52
Abril	154 971	3 313	46,78
Mayo	172 014	3 316	51,87
Junio	180 332	3 323	54,27
Julio	176 844	3 325	53,19
Agosto	176 419	3 353	52,62
Septiembre	186 291	3 374	55,21
Octubre	173 092	3 343	51,78
Noviembre	180 393	3 356	53,75
Diciembre	185 667	3 354	55,36

Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Excel.

### 4.3. Resultados obtenidos de la encuesta

En el capítulo 3 se estableció la metodología utilizada en el levantado de la encuesta en la zona 14, para la obtención de la información de campo que posteriormente se comparó con los datos que se obtuvieron por parte de EMPAGUA, en este caso fue necesario realizar una muestra representativa para conocer el total de boletas a pasar en dicha zona, siendo de la siguiente manera para cada razón social. Para la Industria Manufacturera y Comercio (conociendo el valor de N) la muestra es:

$$n = \frac{(167 + 410)(0,5)^2}{\frac{((167+410)-1)(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,5)^2} \cong 18$$

Siguiendo de esta manera hasta encontrar todas las muestras por cada razón social, llenando la tabla VII, la cual muestra la totalidad de boletas en la zona 14.

Tabla VII. **Registro de la población encuestada**

<i>Clasificación</i>	<i>Total (N)</i>	<i>Muestra (n)</i>	<i>Tipo de consumo</i>
Industria Manufacturera	167	18	Residencia
Comercio	410		
Construcción	8	5	Residencia
Hoteles y Restaurantes	48	14	Comercio
Transporte Almacenamiento y Comunicaciones	19	9	Comercio
Intermediación Financiera	14	16	5 Residencias, 11 Comercios
Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	70		
Enseñanza	19	20	7 Residencias, 13 Comercios
Servicios Sociales y de Salud	28		
Otras Actividades de Servicios Comunitarias y Sociales	62		
Viviendas	5552	20	Residencia
<b>Total de la muestra</b>		102	55 Residencias   47 Comercios

Fuente: elaboración propia en base a DINEL. Microsoft Excel.

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

TIPO DE CONSUMO	CUELTAN CON SERVICIO DE AGUA POTABLE	
	Si	No
Residencial	55	0
Comercial	46	1

Fuente: elaboración propia.

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

TIPO DE CONSUMO	TIPO DE SERVICIO DE AGUA POTABLE				
	Público	Privado	Propio	Propio y público	Propio y privado
Residencial	54	0	1	0	0
Comercial	26	1	17	2	1

Fuente: elaboración propia.

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

TIPO DE CONSUMO	EMPRESA QUE PRESTA EL SERVICIO				
	Empagua	Pozo propio	Pozo y empagua	Pozo y pipas	Pipas
Residencial	54	1	0	0	0
Comercial	26	17	2	1	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Consumo promedio mensual**

<b>Tipo de consumo</b>	<b>Consumo en m3</b>
Comercial	190,12
Residencial	50,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Días de suministro de agua**

<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>DIAS DE SERVICIO A LA SEMANA</b>
<b>Residencial</b>	6 días a la semana
<b>Comercial</b>	Toda la semana

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Horas de suministro de agua**

<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>HORAS DEL SERVICIO AL DIA</b>			
	<b>Las 24 horas</b>	<b>Entre 6 a 12 horas</b>	<b>Menos de 5 horas</b>	<b>No sabe</b>
<b>Residencial</b>	24	4	20	7
<b>Comercial</b>	40	4	2	1

Fuente: elaboración propia.



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

TIPO DE CONSUMO	CUENTA CON CISTERNA	
	Si	No
Residencial	39	16
Comercial	37	10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Rango de personas abastecidas**

TIPO DE CONSUMO	PERSONAS ABASTECIDAS						
	De 1 a 10	De 11 a 30	De 31 a 50	De 51 a 100	De 101 a 160	De 161 a 500	Mayor a 1,000
Residencial	50	2	0	0	0	0	0
Comercial	17	13	3	5	4	6	1

Fuente: elaboración propia.

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

TIPO DE CONSUMO	POZOS PROPIOS	PROFUNDIDAD
Residencial	1 de 55	120 metros
Comercial	20 de 47	122 metros

Fuente: elaboración propia.

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

<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>DESECHOS LIQUIDOS</b>	<b>DESECHOS SOLIDOS</b>
	<b>Alcantarillado Municipal</b>	<b>Vertedero Municipal</b>
<b>Residencial</b>	<i>Todos</i>	<i>Todos</i>
<b>Comercial</b>	<i>Todos</i>	<i>Todos</i>

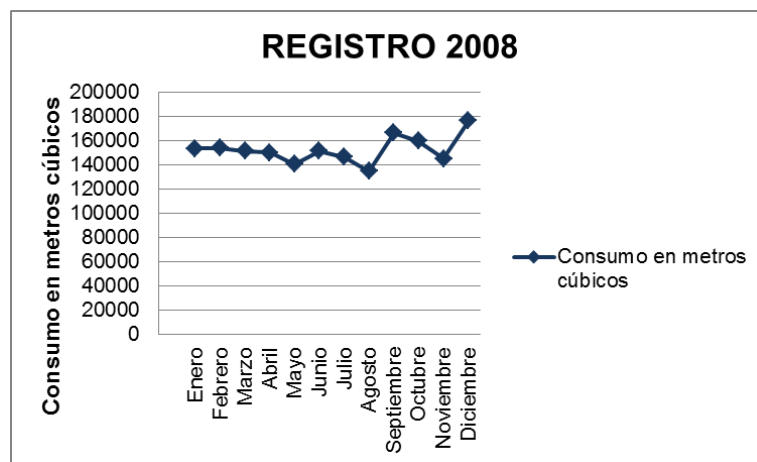
Fuente: elaboración propia.

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

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

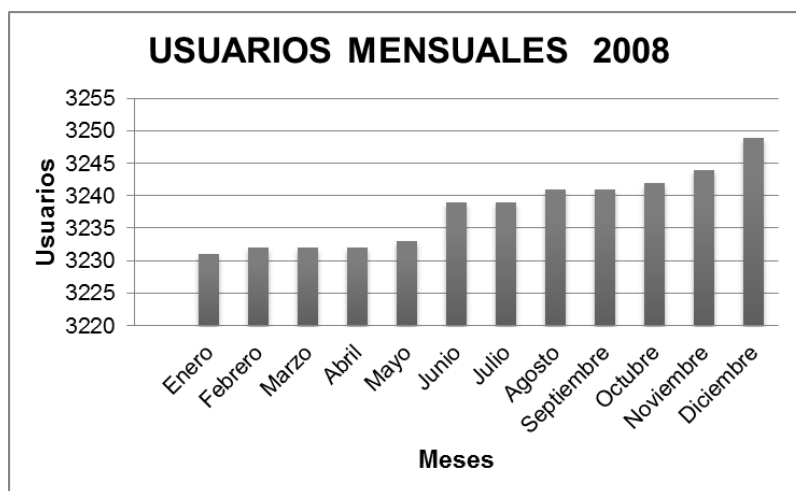
La cantidad de usuarios beneficiados con la distribución de agua potable por parte de EMPAGUA, aumentó 18 usuarios en 2008, desde el mes de enero al finalizar el año, más no el consumo por parte los mismos, ya que se puede observar en las figuras 6 y 7, que el consumo de agua fue variante, siendo los meses de septiembre y diciembre en los cuales el registro fue alto, siendo mínima la diferencia entre los meses restantes que no excede de 15 metros cúbicos su diferencia.

Figura 6. Consumo mensual de agua potable en 2008



Fuente: elaboración propia.

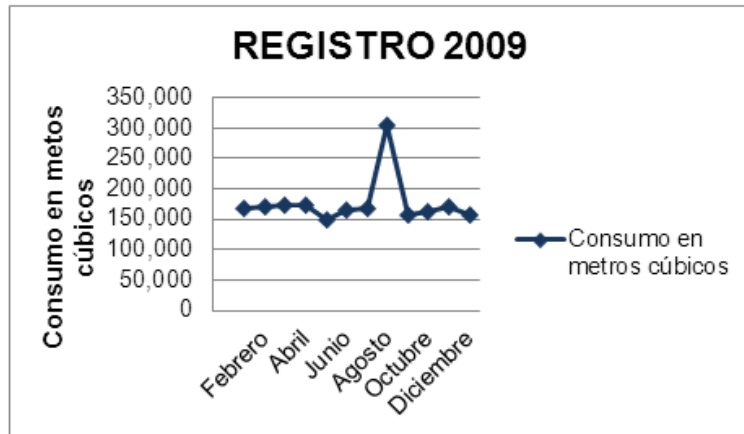
Figura 7. **Usuarios de agua potable en 2008**



Fuente: elaboración propia.

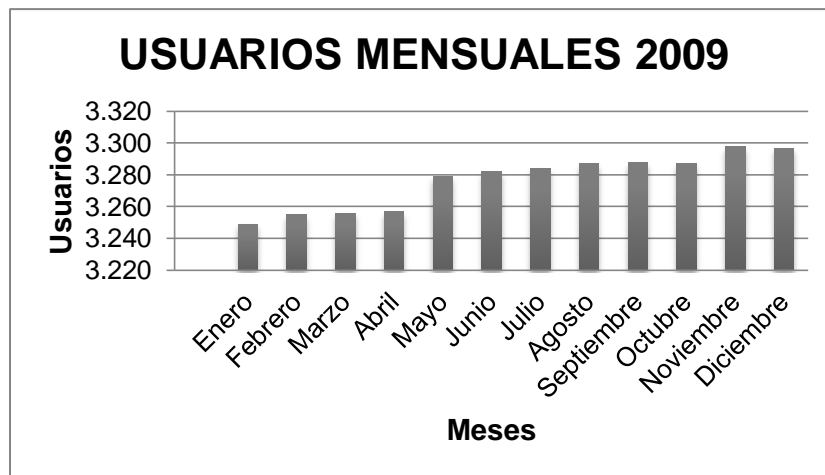
Analizando el registro para 2009 a través de las figuras 8 y 9, la cantidad de usuarios se puede observar que fue en aumento conforme transcurrieron los meses, presentando en este caso solo el aumento en cantidad de usuarios, además de un aumento significativo de consumo de agua potable en el mes de agosto, en el cual prácticamente aumento en un 100 por ciento respecto al mes de septiembre.

Figura 8. Consumo mensual de agua potable en 2009



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Usuarios de agua potable en 2009

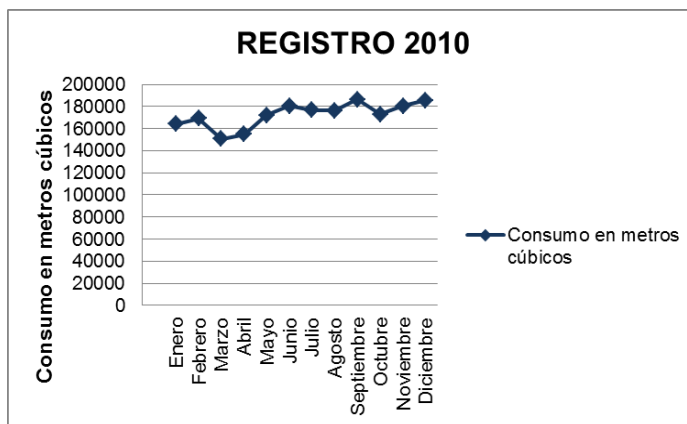


Fuente: elaboración propia.

La cantidad de usuarios beneficiados para 2010 fue variante, ya que hubo un aumento continuo en los meses de enero a septiembre, reduciéndose la

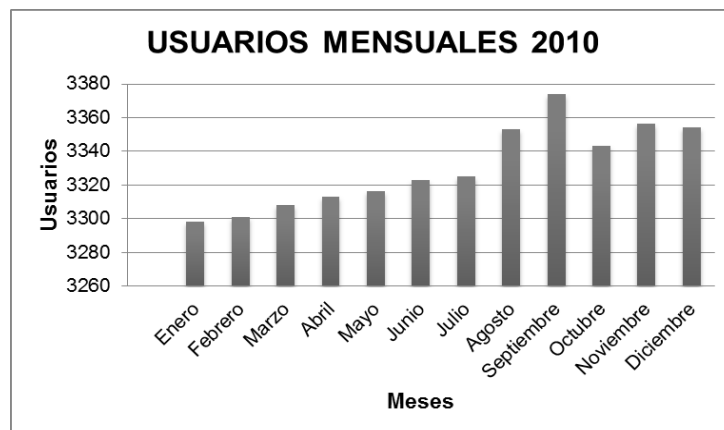
cantidad de usuarios en el mes de octubre, partiendo de este mes, nuevamente el aumento de usuarios, en cuanto al consumo de agua potable se puede observar en las figuras 10 y 11 que fue variante, siendo los meses de septiembre y agosto de mayor consumo.

Figura 10. **Consumo mensual de agua potable en 2010**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Usuarios de agua potable en 2010**



Fuente: elaboración propia.

El crecimiento de usuarios se mantiene relativamente variable durante 2008 y 2009, hasta que sufre un cambio brusco de mayo a junio de 2010, el cual sufre una reducción de 1 840 usuarios registrados en esos meses, pero el consumo de agua se mantiene en crecimiento, tal como lo muestra la figura 10.

Tabla XVIII. **Medidas de tendencia central para los registros 2008-2010 proporcionados por EMPAGUA**

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Consumo en metros cúbicos</b>	<b>Usuarios</b>
Promedio	167 088	3 282
Mediana	165 800	3 283
Desviación estándar	27026,82	42
Moda	<b>S/R</b>	3 232
Máximo	305 409	3 374
Mínimo	134 650	3 231

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVIII muestra que el promedio de agua consumida durante 2008-2010 que fue de 167 088 metros cúbicos por 3 282 usuarios, haciendo énfasis en que EMPAGUA no tiene registro alguno del total de habitantes por vivienda, sino que su control es solamente por conexión, así también que no tienen conocimiento sobre la finalidad del uso del agua, que para la zona 14, está se catalogó como domiciliar y comercial, durante estos años hubo un dato repetitivo o moda, en cuanto a usuarios, el cual fue de 3 232, sin embargo el consumo nunca fue el mismo durante los años en cuestión, es por ello que se tiene sin resultados dicho valor.

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

Con información de DINEL, el consumo de agua potable para la zona 14 se catalogó como domiciliar y comercial, ya que no existe una razón social de industria de grandes magnitudes para la zona, en las tablas XIX y XX, se puede observar el análisis estadístico para cada tipo de consumo.

Tabla XIX. **Medidas de tendencia central para el consumo residencial**

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Metros cúbicos consumidos</b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>
Promedio	50,91	6,39	14,38	7
Mediana	40	7	18	5
Moda	40	7	24	4
Desviación Estandar	38,81	1,22	9,88	10
Máximo	225	7	24	75
Mínimo	16	3	2	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Medidas de tendencia central para el consumo comercial**

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Metros cúbicos consumidos</b>	<b>Días a la semana de servicio</b>	<b>Horas al día de servicio</b>	<b>Personas abastecidas</b>
Promedio	190,81	6,82	21,70	182
Mediana	66	7	24	20
Moda	80	7	24	6
Desviación Estandar	442,76	1,63	6,8	728
Máximo	3 000	7	24	5 000
Mínimo	12	2	2	3

Fuente: elaboración propia.



Para el análisis de la muestra representativa, el consumo se clasificó en las 2 formas presentadas anteriormente, que fueron comerciales y residenciales, de los cuales se pueden comparar mutuamente mediante las tablas VIII a la XVII, y como se puede observar el 100 por ciento de las residencias cuentan con el vital líquido, siendo el 98 por ciento abastecidas por EMPAGUA y tan solo el 2 por ciento que cuentan con un sistema propio, que se da en las residenciales privadas.

No siendo así en los comercios donde el 2 por ciento del total no cuenta con el abastecimiento de agua potable, por lo cual se ven en la necesidad de la compra por medio de camiones cisterna, con ello se puede observar que el consumo comercial plenamente es variado respecto al domiciliar, ya que el 36 por ciento del total de comercios poseen abastecimiento de agua potable propio, es decir por medio de pozos, y el 56 por ciento es abastecido por EMPAGUA, siendo el resto abastecido por pozo propio y EMPAGUA, pozo propio y privado todos juntos (ver apéndice 2).

Mediante el trabajo de campo realizado por medio de la encuesta, se pudo determinar el consumo promedio por habitante día para el área domiciliar y comercial, teniendo como resultado domiciliar un promedio de 305,18 litros por habitante por día, y dotación comercial 211,41 litros por habitante por día (ver apéndice 1). Tomándolo como unidad consumidora se tiene que los domicilios consumen un promedio de 50,91 metros cúbicos al mes y los comercios 190,81 metros cúbicos.



## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Discusión de los resultados

Para describir el consumo de agua potable, es necesario trabajar con análisis estadísticos que muestren el comportamiento del consumo en la zona 14 de la ciudad de Guatemala, que va no solamente el consumo, sino también las personas beneficiadas con dicho servicio, las horas que ellos cuentan con el servicio, como también el total de días a la semana, para ello se utilizaron las medidas de tendencia central, como lo son: promedio o media aritmética, mediana, la moda y por último la desviación estándar.

“Al estudiar la información estadística mediante los histogramas y los polígonos de frecuencia, se puso en evidencia un significativo comportamiento de los datos en cuanto a la frecuencia con que se presentan los valores: algunos de estos valores son más frecuentes que otros. Por lo general, la mayor densidad de frecuencia está en la parte central de las gráficas, de aquí deriva el nombre de medidas de tendencia central que se da a la media, la moda, la mediana, y la desviación estándar.”<sup>3</sup>

Con estas medidas de tendencia central, se mostró en donde se ubica el usuario promedio que cuenta con el servicio de agua potable, mediante el cual se pueden comparar los datos obtenidos de la empresa que presta el servicio de agua potable en la zona 14, en este caso EMPAGUA, con los datos obtenidos trabajados en campo, y así describir el conjunto de datos obtenidos de las 2 partes, teniendo como finalidad las conclusiones respectivas al caso. A

---

<sup>3</sup>LINCOYAN PORTUS, Govinden. Curso práctico de estadística. p. 79

continuación se describirán los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico de las encuestas realizadas en la zona 14 de la ciudad capital.

### **6.1.1. Residencial**

Mediante el estudio de campo realizado, se puede observar que el 100 por ciento de las residencias de la zona 14 cuentan con el servicio de agua potable en sus viviendas, siendo el 98 por ciento abastecido por EMPAGUA y el 2 por ciento que cuentan con sistema propio, es decir pozo perforado.

Siendo el caso en residencias privadas, consumiendo un promedio de 50,91 metros cúbicos mensuales por vivienda, dicho valor no está alejado de la realidad, ya que la mediana del consumo está en 40 metros cúbicos, al igual que el valor que más se presenta, siendo utilizada por aproximadamente 7 personas por residencia, pudiendo notar que el servicio de agua potable es muy regular ya que se cuenta con el servicio de agua potable 6 días a la semana que representa un 91,32 por ciento de la semana, teniendo una variación de dicho resultado en 1,22 días, es decir, que los 6 días de servicio de agua potable no está muy alejado de lo que es la realidad (ver apéndice 2).

Cabe mencionar que el 71 por ciento del total de residencias cuentan con tanque cisterna (ver apéndice 2) haciendo énfasis al problema que dio para el trabajo de campo, ya que varios domicilios no saben si cuentan con el servicio de agua potable debido al uso de cisterna, y es en estos domicilios en donde la cantidad de usuarios es mínima, que van desde 2 usuarios tal y como lo muestra la tabla XV, resaltando que el 100 por ciento si conoce el valor monetario por consumo, no siendo así en su mayoría cuanto consumen por metro cúbico.

El 100 por ciento de las residencias de la zona 14 hacen uso del alcantarillado municipal para la disposición de los desechos líquidos, con lo cual la tasa de enfermedades ocasionadas por disponer de los desechos líquidos a flor de tierra se podría decir que es nula, así también el 100 por ciento de los domicilios utilizan el vertedero municipal para la disposición de los desechos sólidos (ver apéndice 2).

### **6.1.2. Comercial**

Según los datos obtenidos de campo, se puede notar que tan solo el 2 por ciento del total de comercios que existen en la zona 14 no cuentan con el servicio de agua potable, por lo cual se ven en la necesidad de la compra de dicho servicio a empresas privadas por medio de camiones cisterna, no siendo así el 98 por ciento restante que si cuenta con servicio de agua potable, ya sea por EMPAGUA el 56 por ciento, 36 por ciento que cuentan con un sistema propio, es decir, pozos perforados, siendo el resto (8 por ciento) que cuentan con un sistema variado, en el que se menciona que cuentan con pozo propio y de EMPAGUA 4 por ciento, sistema propio y privado 2 por ciento, y sistema privado el 2 por ciento (ver apéndice 2)

En el análisis estadístico se puede observar que la media del consumo de agua potable comercial, es de 190,8 metros cúbicos, es un promedio alto comparado con la mediana cuyo valor es de 66 metros cúbicos, esto se debe a que los hoteles fueron clasificados como comercio en donde existen consumos muy altos en comparación con el resto de comercios, como lo son *car wash*, salones de belleza, restaurantes, entre otros, cuyo máximo consumo de agua potable se da en 3 000 metros cúbicos, y el consumo mínimo siendo de 12 metros cúbicos, tal y como lo muestra la tabla XX.

Las personas abastecidas de agua potable para los comercios de la zona 14, se tiene que la media es de 182 personas, siendo la mediana en 20, esta diferencia también se da por el caso de los hoteles (anteriormente explicados), en donde el máximo de usuarios es de 5 000 y el mínimo de 3, y bien se puede notar en la desviación estándar, cuyo valor es de 728 personas que se alejan de la realidad, ya que el valor más repetitivo, es decir, la moda, es de 6 personas, notando que los comercios cuentan con el servicio 21 horas al día, donde el valor más repetitivo es de 24 horas, que se puede decir que se dan en los comercios que cuentan con pozo perforado, y que el principal problema es que no saben cuánto consumen en realidad la mayoría, más si tienen conocimiento de cuanto consumen de EMPAGUA, pero en su valor monetario.

En cuanto a la disposición final de los desechos líquidos se observa que el 100 por ciento de los comercios hacen uso del alcantarillado municipal, también el 100 por ciento de los mismos usan el vertedero municipal para la disposición de los desechos sólidos (ver apéndice 2).

## **6.2. Discusión final**

A través de los datos mostrados anteriormente, es evidente notar que el servicio de agua potable para la zona 14 es satisfactorio para ambos sectores, tanto el sector residencial como el sector comercial, ya que como los datos lo demuestran, la zona 14 cuenta aproximadamente con el 100 por ciento de abastecimiento de agua potable (ver apéndice 2), esto se debe primordialmente a la capacidad económica de la población que habita dicha zona, ya que esta capacidad les permite costear un servicio óptimo de agua potable y si fuera el caso perforar un pozo para contar con este servicio las 24 horas y los 7 días a la semana, esto en el caso principalmente de los comercios.

Se constató que no existe control alguno sobre el agua subterránea, ya que dentro de la zona 14 existen pozos perforados sin registro alguno por parte de la Municipalidad de Guatemala. Esto representa un problema en cuanto a la recarga hídrica y depósitos de agua subterráneos, ya que cada vez es necesario la perforación de pozos más profundos, debido a que el nivel freático es más bajo, ocasionado por las altas cantidades de agua subterránea extraída, principalmente en los comercios como los hoteles que poseen piscinas y saunas, toda la utilización de esta agua sin costo alguno, ya que no existe una ley que regule el uso del agua subterránea que por derecho le pertenece a toda la población, pero solo cierta población de recursos económicos altos puede costear un servicio de agua de estas características.





## CONCLUSIONES

1. La zona 14 de la ciudad de Guatemala, es abastecida por la Empresa Municipal de Agua, a través de 2 plantas distribuidoras de agua potable las cuales son: El Cambray y Ojo de Agua-Diamante, además de contar en algunos lugares con pozos perforados para su propio abastecimiento y en pequeño porcentaje tan solo el 2 por ciento se ve en la obligación de la compra del servicio de agua por medio de camiones cisterna, sin garantizarles que el agua sea potable.
2. Mediante el Programa Nacional de Mejoramiento de las Estadísticas Económicas (PRONAME), y el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el levantado de encuesta, se establecieron 2 tipos de consumo de agua potable para la zona 14, los cuales son: residencial y comercial, siendo el levantado de encuesta un 54 por ciento para residencia y un 46 por ciento para el sector comercio.
3. Según datos recolectados a través de EMPAGUA, se constató que el promedio de consumo de agua por usuario durante 2008-2010, fue de 51,23 metros cúbicos, siendo este dato parecido al consumo residencial obtenido a través del levantado de la encuesta, el cual dio un promedio de 50,91 metros cúbicos por usuario, más no el consumo comercial cuyo valor es muy elevado, siendo este de 190,91 metros cúbicos, cabe mencionar que precisamente los comercios en un 32 por ciento del total, utilizan pozos para su abastecimiento, es por ello que el consumo es sumamente alto, ya que por dicha agua no se realiza pago alguno para la Municipalidad de Guatemala.

4. La cantidad de usuarios de agua potable para la zona 14 durante 2008-2010, no fue constante, y en varios meses hubo una reducción de usuarios, en este caso se constató que precisamente algunos comercios consumían agua de EMPAGUA, pero al contar con varios habitantes en el caso de los hoteles, optaron por perforar 1 pozo o 2 al mismo tiempo, para su propio abastecimiento durante las 24 horas los 7 días a la semana, siendo este uno de los casos que se creen el porqué de la disminución de los usuarios en algunos meses.
  
5. Debido al nivel socioeconómico existente en la zona 14, todas las residencias y comercios encuestados cuentan con el servicio de alcantarillado municipal para el desfogue de sus desechos líquidos, y para el depósito de los desechos sólidos, todos los encuestados disponen de los mismos en el vertedero municipal, dicha disponibilidad económica hace posible el funcionamiento del alcantarillado municipal y la recolección de los desechos sólidos a través de la Municipalidad de Guatemala, además de garantizar el servicio de agua potable al menos 5 horas diarias.

## RECOMENDACIONES

1. La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), debe tener un mejor control respecto a la perforación de pozos que se realizan en la zona 14, primordialmente el sector comercial, ya que como los datos lo muestran, es en los comercios donde existe un alto consumo de agua potable, siendo esta subterránea y sin registro alguno por parte de EMPAGUA, siendo en escaso porcentaje, tan solo el 2 por ciento de las residencias que cuentan con un pozo propio para su abastecimiento, esto se da en la residencias de alto poder económico, insistiendo que no llevan registro alguno del consumo mensual de agua potable.
2. Según los datos del levantado de encuesta, se constató que solamente el sector comercial se ve afectado por no contar con el servicio de agua potable, solo el 2 por ciento de estos que no cuentan con dicho servicio, se ven en la necesidad de la compra de agua por medio de pipas, que según testimonios dicha agua no tiene ningún control sanitario, y es precisamente la Municipalidad de Guatemala la que debe garantizar la venta segura de agua por parte de entidades privadas, cuando no exista el servicio de agua potable en residencias o comercios.
3. Es importante la implementación de campañas de educación sanitaria para un uso adecuado del agua potable, sin desperdiciar la misma, ya que se constató que ciertas residencias de 2 a 3 habitantes consumen mayor cantidad de agua potable que en residencias donde se cuenta con 6 o 7 habitantes, esto se debe a que en dichas residencias poseen

piscina, según testimonios el cambio del agua la realizan semanalmente en algunos lugares, desperdiciando grandes volúmenes de la misma.

4. En el caso del sector comercial, precisamente los hoteles deberían contar con una planta de tratamiento de agua para su inmediata reutilización, en las piscinas con las que cuentan, para un máximo aprovechamiento del agua y que la misma no sea vaciada hacia el alcantarillado municipal, y con la finalidad de no desperdiciar el agua subterránea extraída para su propio abastecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CÁCERES RODRIGUEZ, José Alberto. *Evaluación del uso de policloruro de aluminio como coagulante primario, en la planta de tratamiento de agua potable El Cambray*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 114 p.
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. 239 p.
3. Instituto Nacional de Estadística. *Proyecciones de Población con Base en XI Censo de Población y VI de Habitación 2002, Período 2000-2020*. Guatemala: INE, 2004. 1779 p.
4. SOLÓRZANO MONDRAGÓN, Flor de María. *Utilización de arena verde (cullsorb) y antracita en un filtro piloto para la remoción de hierro y manganeso del agua del pozo Diamante Dos de la planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante de la Ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 104 p.



# APÉNDICE

## 1. Datos tabulados de la investigación en campo

MUESTRA	TIPO DE CONSUMO	CUENTAN CON SERVICIO DE AGUA	TIPO DE SERVICIO DE AGUA	EMPRESA QUE PRESTA SERVICIO	CONSUMO M3	COSTO Q.	DÍAS DE SERVICIO A LA SEMANA	HORAS DE SERVICIO AL DÍA	CISTERNA	PERSONAS ABASTECIDAS	POZOS PROPIOS	PROFUNDIDAD	DESECHOS LIQUIDOS	DESECHOS SOLIDOS	DOTACIÓN (lt/hab/día)
1	Residencial	Si	Público	Empagua	60	300	7	4	Si	15	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	133.33
2	Residencial	Si	Público	Empagua	125	1300	c/2dias	5	Si	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	520.83
3	Residencial	Si	Público	Empagua	65		7	12	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	361.11
4	Residencial	Si	Público	Empagua	38		7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	316.67
5	Residencial	Si	Público	Empagua	44	200	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	366.67
6	Residencial	Si	Público	Empagua	45		7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	250.00
7	Residencial	Si	Público	Empagua	40	180	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	333.33
8	Residencial	Si	Público	Empagua	200		7	24	Si	30	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	222.22
9	Residencial	Si	Público	Empagua	30	120	c/24hrs	4	No	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	333.33
10	Residencial	Si	Público	Empagua	24	100	c/24hrs	3	No	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	160.00
11	Residencial	Si	Público	Empagua	27	110	7	3	No	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	150.00
12	Residencial	Si	Público	Empagua	29	125	7	4	No	10	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	96.67
13	Residencial	Si	Público	Empagua	20	70	7	5	No	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	111.11
14	Residencial	Si	Público	Empagua	64	360	7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	355.56
15	Residencial	Si	Público	Empagua	32		7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	266.67
16	Residencial	Si	Público	Empagua	45	180	7	24	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	500.00
17	Residencial	Si	Público	Empagua	35		7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	291.67
18	Residencial	Si	Público	Empagua	35		7	24	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	233.33
19	Residencial	Si	Público	Empagua	20		7	NS	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	166.67
20	Residencial	Si	Público	Empagua	48		7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	266.67
21	Residencial	Si	Público	Empagua	107	900	7	24	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	713.33
22	Residencial	Si	Público	Empagua	32		7	24	No	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	266.67
23	Residencial	Si	Público	Empagua	63	350	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	525.00
24	Residencial	Si	Público	Empagua	37	140	7	NS	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	246.67
25	Residencial	Si	Público	Empagua	20		7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	111.11
26	Residencial	Si	Público	Empagua	27	110	7	5	No	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	180.00
27	Residencial	Si	Público	Empagua	35	130	c/24hrs	5	No	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	233.33
28	Residencial	Si	Público	Empagua	20	90	c/24hrs	4	No	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	133.33
29	Residencial	Si	Público	Empagua	40	160	7	4	No	7	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	190.48
30	Residencial	Si	Público	Empagua	30	120	7	4	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	200.00
31	Residencial	Si	Público	Empagua	39	150	c/24hrs	12	Si	2	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	650.00
32	Residencial	Si	Público	Empagua	55	250	7	4	No	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	229.17
33	Residencial	Si	Público	Empagua	56	200	7	NS	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	622.22
34	Residencial	Si	Público	Empagua	60	290	NS	NS	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	500.00
35	Residencial	Si	Público	Empagua	44	200	NS	NS	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	488.89
36	Residencial	Si	Público	Empagua	60		7	24	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	666.67
37	Residencial	Si	Público	Empagua	40		NS	NS	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	444.44
38	Residencial	Si	Público	Empagua	24	100	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	200.00
39	Residencial	Si	Público	Empagua	25		7	24	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	277.78
40	Residencial	Si	Público	Empagua	35		NS	NS	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	291.67
41	Residencial	Si	Público	Empagua	49	225	7	2	No	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	272.22
42	Residencial	Si	Público	Empagua	40	150	5	3	No	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	266.67
43	Residencial	Si	Público	Empagua	58	260	7	24	Si	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	241.67
44	Residencial	Si	Público	Empagua	30	120	7	5	No	10	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	100.00
45	Residencial	Si	Público	Empagua	27	110	c/24hrs	6	Si	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	112.50
46	Residencial	Si	Público	Empagua	40		c/24hrs	3	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	266.67
47	Residencial	Si	Público	Empagua	35		c/24hrs	3	No	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	194.44
48	Residencial	Si	Público	Empagua	60	300	7	3	No	10	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	200.00
49	Residencial	Si	Público	Empagua	65	380	7	24	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	433.33
50	Residencial	Si	Público	Empagua	39	150	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	325.00
51	Residencial	Si	Público	Empagua	59	280	7	24	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	393.33
52	Residencial	Si	Público	Empagua	62	350	7	24	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	516.67
53	Residencial	Si	Público	Empagua	120	1200	7	7	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	666.67
54	Residencial	Si	Público	Empagua	16		6	4	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	88.89
55	Residencial	Si	Propio	Pozo	225		7	24	Si	75	1	120m	Alcat. Muni	Vert. Muni	100.00

Continuación del apéndice 1.

MUESTRA	TIPO DE CONSUMO	CUENTAN CON SERVICIO DE AGUA	TIPO DE SERVICIO DE AGUA	EMPRESA QUE PRESTA SERVICIO	CONSUMO M3	COSTO Q.	DIAS DE SERVICIO A LA SEMANA	HORAS DE SERVICIO AL DIA	CISTERNA	PERSONAS ABASTECIDAS	POZOS PROPIOS	PROFUNDIDAD	DESECHOS LIQUIDOS	DESECHOS SOLIDOS	DOTACIÓN (lt/hab/día)
56	Comercial	Si	Publico	Empagua	80		7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	444.44
57	Comercial	Si	Publico	Empagua	113	950	7	24	No	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	1255.56
58	Comercial	Si	Publico	Empagua	68	425	7	24	Si	5	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	453.33
59	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS	NS	7	24	si	153	1	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
60	Comercial	Si	Publico	Empagua	117	1125	7	24	Si	12	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	325.00
61	Comercial	Si	Público	Empagua	74	630	7	24	Si	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	308.33
62	Comercial	Si	Publico	Empagua	42	170	NS	NS	Si	4	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	350.00
63	Comercial	Si	Publico	Empagua	63	370	7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	350.00
64	Comercial	Si	Publico	Empagua	65	550	7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	361.11
65	Comercial	Si	Publico	Empagua	22		7	24	Si	6	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	122.22
66	Comercial	Si	Publico	Empagua	19	80	7	24	Si	3	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	211.11
67	Comercial	Si	Publico	Empagua	67	580	7	24	Si	20	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	111.67
68	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS	NS	7	24	Si	100	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
69	Comercial	Si	Publico	Empagua	111	920	7	24	Si	7	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	528.57
70	Comercial	Si	Publico	Empagua	40		7	24	No	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	166.67
71	Comercial	Si	Publico	Empagua	600	6000	7	24	Si	500	0	0	Alcat. Muni	vert. Privad	40.00
72	Comercial	Si	Publico	Empagua	43	200	7	24	Si	15	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	95.56
73	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	No	5000	2	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
74	Comercial	Si	Propio y Privado	Pozo y 4 pipas diarias	NS		7	24	Si	45	1	600ft	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
75	Comercial	Si	Publico	Empagua	80		7	7	Si	50	1	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	53.33
76	Comercial	Si	Propio	Pozo	500		7	24	Si	154	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	108.23
77	Comercial	Si	Propio	Pozo	120		7	10	Si	25	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	160.00
78	Comercial	Si	Propio y Público	Pozo y Empagua	40 de empagua	200	7	24	Si	12	1	150m	Alcat. Muni	Vert. Muni	111.11
79	Comercial	Si	Propio	Pozo	220		7	24	Si	14	1	100m	Alcat. Muni	Vert. Muni	523.81
80	Comercial	Si	Propio	Pozo	3000		7	24	Si	340	1		Alcat. Muni	Vert. Muni	294.12
81	Comercial	Si	Propio	Pozo	400		7	24	Si	300	1	68m	Alcat. Muni	Vert. Muni	44.44
82	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	No	100	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
83	Comercial	Si	Público	Empagua	30		7	24	Si	15	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	66.67
84	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	No	20	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
85	Comercial	Si	Propio	Pozo	30		7	24	Si	85	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	11.76
86	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	Si	95	1	454ft	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
87	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	2	Si	168	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
88	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	Si	124	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
89	Comercial	Si	Propio	Pozo	150		7	24	Si	150	1	45	Alcat. Muni	Vert. Muni	33.33
90	Comercial	Si	Propio	Pozo	NS		7	24	Si	27	1	NS	Alcat. Muni	Vert. Muni	NS
91	Comercial	Si	Propio	Pozo	200		c/7 usa pozo	24	Si	250	1	126m	Alcat. Muni	Vert. Muni	26.67
92	Comercial	Si	Publico	Empagua	42	179	7	5	No	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	175.00
93	Comercial	Si	Público	Empagua	48	220	c/24hrs	8	No	7	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	228.57
94	Comercial	Si	Publico	Empagua	51	230	7	6	No	7	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	242.86
95	Comercial	Si	Publico	Empagua	83	700	7	24	Si	500	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	5.53
96	Comercial	Si	Propio y Público	Pozo y Empagua	100	150	7	24	Si	100	1	300m	Alcat. Muni	Vert. Muni	33.33
97	Comercial	No	Privado	Pipas	12	550	2	24	Si	8	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	50.00
98	Comercial	Si	Público	Empagua	39	150	7	24	Si	30	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	43.33
99	Comercial	Si	Publico	Empagua	20		7	24	Si	10	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	66.67
100	Comercial	Si	Publico	Empagua	111.2		7	24	No	25	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	148.27
101	Comercial	Si	Publico	Empagua	44	180	7	24	No	7	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	209.52
102	Comercial	Si	Publico	Empagua	65	340	7	24	Si	35	0	0	Alcat. Muni	Vert. Muni	61.90

Fuente: elaboración propia.



2. **Porcentaje de los parámetros investigados en campo según el tipo de consumo**

Tipo de consumo	Cuentan con servicio de agua potable		Tipo de servicio de agua				
	Si	No	Público	Privado	Propio	Propio y Privado	Público y privado
Residencial	100%	0%	98%		2%		
Comercial	97,87%	2,13%	56%	36%	2%	2%	4%

Fuente: elaboración propia.

Tipo de consumo	Empresa que presta el servicio					Consumo en metros cúbicos		
	EMPAGUA	Pozo propio	Pozo y EMPAGUA	Pozo y pipas	Pipas	Mínimo	Medio	Máximo
Residencial	98%	2%				16	50,91	225
Comercial	56%	36%	4%	2%	2%	12	190,81	3,000

Fuente: elaboración propia.

Tipo de consumo	Días de servicio a la semana		Horas de servicio al día				Cuenta con tanque cisterna	
	6	Toda la semana	24	Entre 6 y 12	Menos de 5	No sabe	Si	No
Residencial	27,28%	72,72%	44%	7%	31%	18%	71%	29%
Comercial	6,81%	93,19%	85%	9%	4%	2%	79%	21%

Fuente: elaboración propia.

Tipo de consumo	Personas abastecidas						
	1 a 10	11 a 30	31 a 50	51 a 100	101 a 160	161 a 500	mayor a 1,000
Residencial	96%	4%					
Comercial	35%	27%	6%	10%	8%	12%	2%

Fuente: elaboración propia.

Tipo de consumo	Cuenta con pozo propio		Profundidad en metros	Desechos líquidos	Desechos sólidos
	Si	No		Alcantarillado Municipal	Vertedero Municipal
Residencial	1,80%	98,20%	120	100%	100%
Comercial	42,45%	57,55%	122	100%	100%

Fuente: elaboración propia.

### 3. Encuesta para la recolección de 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 cuantas 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?

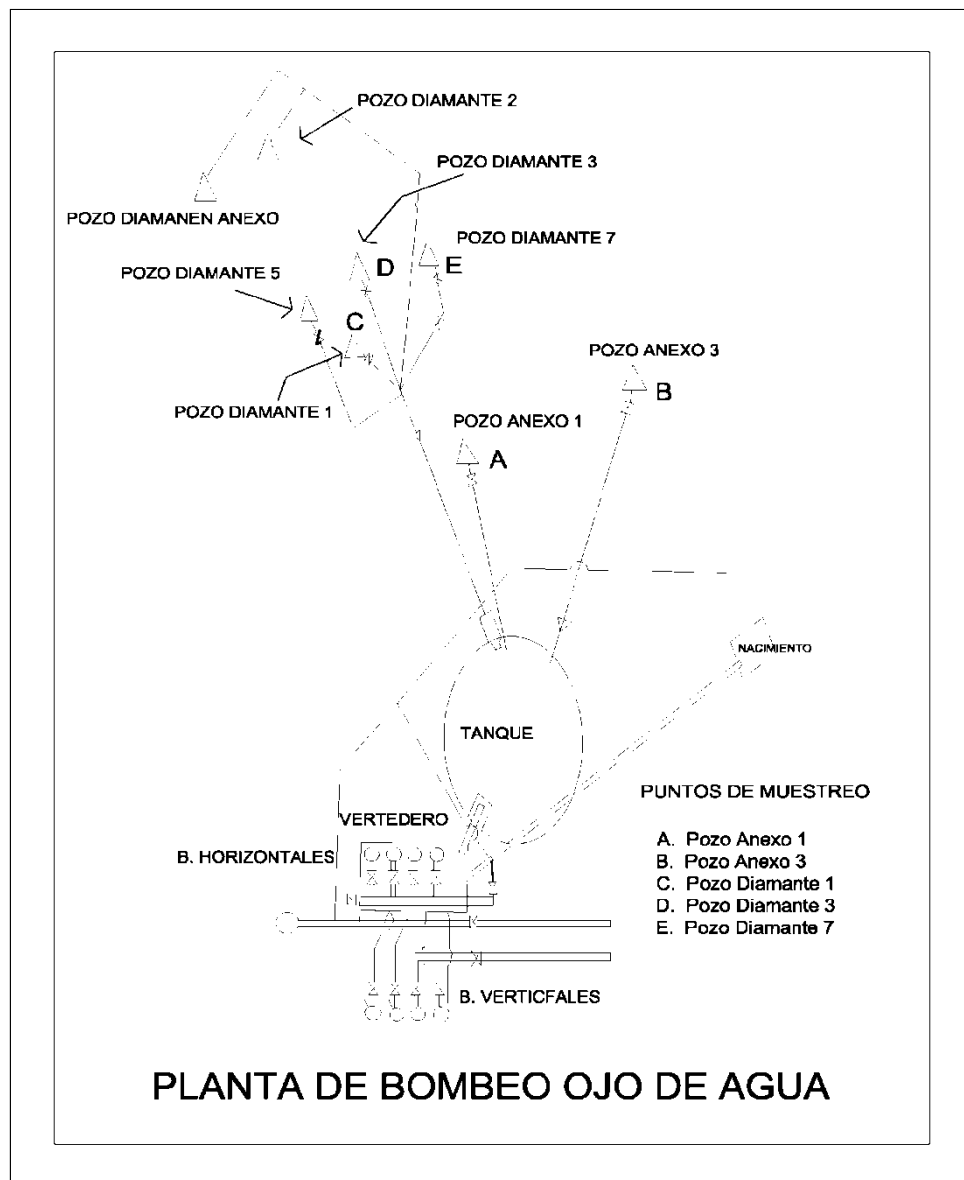
Vertedero municipal  vertedero privado  cualquier basurero

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 Mención Construcción y Mención 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.

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

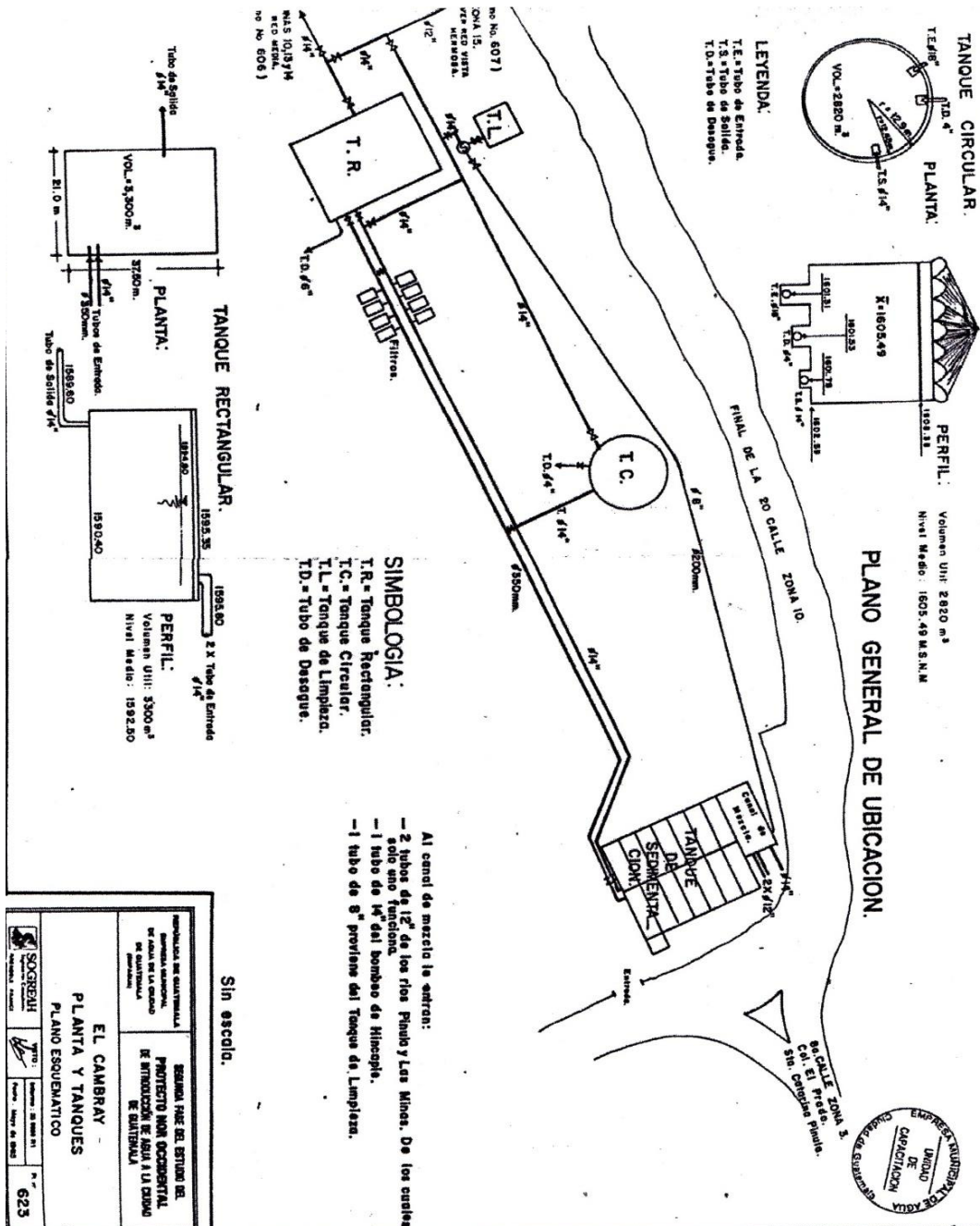
## ANEXOS

### 1. Esquema de la planta de bombeo Ojo de Agua-Diamante



Fuente: EMPAGUA, Dirección de fuentes de producción de agua.

## 2. Esquema de la planta El Cambray



Fuente: EMPAGUA, Dirección de fuentes de producción de agua.