



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

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8  
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

**Werner Yigahel López Pérez**

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 8  
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**WERNER YIGAHÉL LÓPEZ PÉREZ**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alan Giovani Cosillo Pinto
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

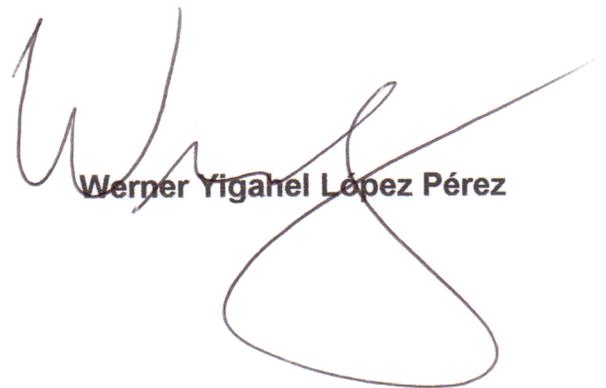


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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 8 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.



Werner Yigahel López Pérez



**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,  
 13 de noviembre 2012

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 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, desarrollado por el estudiante universitario Werner Yigahel López Pérez.

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

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

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

/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](http://www.ingenieria-usac.edu.gt)



Guatemala, 22 de febrero de 2013

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

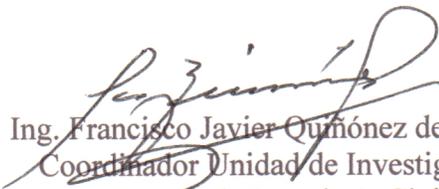
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Evaluación del consumo de agua potable en la zona 8 de la Ciudad de Guatemala en los años 2008-2010”**, realizado por el estudiante universitario **Werner Yigahel López Pérez**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **López Pérez** 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 Quirón 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



**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 Werner Yigahel López Pérez, titulado **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 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 **DIRECTOR**  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, abril de 2013.

/bbdeb.

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



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 260.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, presentado por el estudiante universitario: **Werner Yigahel López Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 12 de abril de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Rómulo López e Immer Pérez de López, por haberme apoyado en el transcurso de toda la carrera de forma económica y espiritual.

### **Mis hermanos**

Rómulo, Cynthia, Abigail y Dilan López Pérez por su contribución a este logro.

### **Mi abuelo**

Natanael López, por ser el modelo de persona a seguir.

### **Amigos**

Por apoyarme en esta etapa que estoy concluyendo de manera satisfactoria.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por ser la fuente de sabiduría que me permite alcanzar una meta más, y al cual me debo, porque sin su guía no habría culminado de manera satisfactoria.
- Ing. Nicolás Guzmán** Por su colaboración en la parte final de mi carrera, los consejos que siempre me orientaron a ser una mejor persona y por asesorarme en este interesante tema.
- Ing. Javier Quiñónez** Por su confianza depositada y excelentes consejos que hoy dan frutos.
- Ing. Fernando Vicente** Por su confianza y paciencia al momento de enseñarme a trabajar y convivir en el área de ingeniería civil.
- Facultad de Ingeniería** Por la formación de profesionales de alto rendimiento a nivel nacional e internacional.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA .....	1
1.1. Ubicación y accesos .....	1
1.2. Monografía .....	3
1.2.1. Historia.....	4
1.2.2. Extensión territorial y administrativa .....	5
1.2.3. Educación.....	5
1.2.4. Salud .....	6
1.2.5. Actividades productivas .....	6
1.2.6. Datos demográficos y crecimiento poblacional.....	7
2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	11
2.1. Antecedentes de la cobertura 2008-2010.....	11
2.2. Problemática del consumo en 2008-2010 .....	11
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	13

4.	RESULTADOS.....	17
4.1.	Descripción de las plantas de tratamiento de agua potable .....	17
4.1.1.	Planta de tratamiento Lo de Coy .....	17
4.1.2.	Estación de bombeo Ojo de Agua-Diamante .....	20
4.1.2.1.	Red de distribución.....	21
4.2.	Datos obtenidos de los entes encargados de la suministración del agua potable a la zona 8 .....	22
4.3.	Datos obtenidos de la encuesta realizada.....	25
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA ....	31
5.1.	Análisis estadístico de empresas que suministran agua potable a la zona 8.....	31
5.2.	Análisis estadístico de la encuesta.....	40
6.	DISCUSIÓN .....	53
6.1.	Domiciliar.....	53
6.2.	Comercial .....	55
6.3.	Industrial.....	57
6.4.	Discusión de resultados .....	59
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	67
	APÉNDICES.....	69
	ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de la ciudad de Guatemala y zona 8 .....	1
2.	Accesos a la zona 8 .....	3
3.	Encuesta para la recolección de los datos de campo .....	15
4.	Ubicación planta Lo de Coy.....	20
5.	Ubicación planta de bombeo Ojo de Agua Diamante .....	22
6.	Consumo de agua potable 2007 .....	31
7.	Usuarios de agua potable 2007.....	32
8.	Consumo de agua potable 2008 .....	33
9.	Usuarios de agua potable 2008.....	33
10.	Consumo de agua potable 2009 .....	34
11.	Usuarios de agua potable 2009.....	34
12.	Consumo de agua potable 2010 .....	35
13.	Usuarios de agua potable 2010.....	35
14.	Consumo de agua potable 2011 .....	36
15.	Usuarios de agua potable 2011.....	36
16.	Histograma de consumo de agua sector domiciliario.....	43
17.	Histograma de consumo de agua en sector comercial.....	47
18.	Consumo de agua para consumidores especiales.....	49
19.	Consumo de agua en sector industrial .....	50
20.	Medidas de tendencia central para servicio domiciliario .....	53
21.	Horas de suministro al día para sector domiciliario.....	55
22.	Medidas de tendencia central para servicio comercial .....	56
23.	Horas de suministro al día para sector comercial.....	57

24.	Medidas de tendencia central para servicio industrial.....	58
25.	Horas de suministro al día para sector industrial .....	59
26.	Consumo medio de agua por servicio (encuesta).....	61

## TABLAS

I.	Alfabetismo y escolaridad en la zona 8 .....	6
II.	Vivienda y servicios básicos en la zona 8 .....	7
III.	Distribución de la población en la zona 8 .....	8
IV.	Censo habitacional de 1964-2002.....	8
V.	Censo de 1950-2002 en la zona 8 .....	8
VI.	Tasa de crecimiento poblacional de la zona 8.....	9
VII.	Consumo de agua potable 2007 .....	23
VIII.	Consumo de agua potable 2008 .....	23
IX.	Consumo de agua potable 2009 .....	24
X.	Consumo de agua potable 2010 .....	24
XI.	Consumo de agua potable 2011.....	25
XII.	Muestras que cuentan con servicio de agua potable .....	26
XIII.	Tipo de servicio de agua que se recibe .....	26
XIV.	Promedio de consumo de agua en m <sup>3</sup> .....	26
XV.	Empresas que prestan el servicio de agua potable.....	27
XVI.	Días de suministro de agua.....	27
XVII.	Horas de suministro de agua.....	27
XVIII.	Muestras que cuentan con cisterna.....	28
XIX.	Rango de personas abastecidas .....	28
XX.	Muestras que cuentan con pozo propio .....	28
XXI.	Disposición final de desechos líquidos y sólidos .....	29
XXII.	Distribución de frecuencias de consumo de agua en zona 8 .....	37
XXIII.	Medidas de tendencia central de datos de EMPAGUA .....	39

XXIV.	Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> para sector domiciliar .....	41
XXV.	Distribución de frecuencias por encuesta sector domiciliar .....	42
XXVI.	Distribución de frecuencias por encuesta sector domiciliar .....	44
XXVII.	Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> , sector comercial, encuesta.....	45
XXVIII.	Distribución de frecuencias encuesta, sector comercial .....	46
XXIX.	Medidas de consumo de agua en m <sup>3</sup> .....	51



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Hp</b>	Caballos de fuerza
<b>CA-9</b>	Carretera Centroamericana No. 9
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Fórmula del agua
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>km</b>	Kilómetro
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>m<sup>3</sup>/día</b>	Metro cúbico por día
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>P<sub>2,5</sub></b>	Percentil 2,5
<b>P<sub>97,5</sub></b>	Percentil 97,5



## GLOSARIO

<b>Agua potable</b>	Es aquella que por sus características de calidad puede ser consumida por los seres humanos. El término se aplica al agua que cumple con normas de calidad promulgadas por autoridades locales e internacionales.
<b>Consumo</b>	Volumen de agua potable requerido por un usuario para satisfacer diversas necesidades.
<b>DINEL</b>	Directorio Nacional de Empresas y sus Locales.
<b>EMPAGUA</b>	Empresa Municipal de Agua.
<b>Geodesia</b>	Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de gran parte de el, y construir los mapas correspondientes.
<b>Hacienda</b>	Finca rural, generalmente para crianza de ganado.
<b>Latitud</b>	Es la distancia angular entre la línea ecuatorial, el ecuador y un punto determinado del planeta, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto angular. Según el hemisferio existente Latitud Norte y Sur.

<b>Longitud</b>	Distancia angular entre un punto dado de la superficie y el meridiano 0 (Meridiano de Greenwich) tomando como centro angular de la tierra.
<b>Pozo</b>	Orificio o túnel vertical perforado en la superficie de la tierra, hasta una profundidad suficiente que se busca, normalmente una reserva de agua subterránea.
<b>Red de distribución de agua potable</b>	Es el conjunto de tuberías de diferente diámetro por el cual circula agua, para abastecer a una población.
<b>Sedimentación</b>	Es la separación de las partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción de la gravedad.
<b>Suministro</b>	Abastecimiento de agua potable a diferentes usuarios a través de diferentes empresas.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación Evaluación del consumo del agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010, se presenta mediante información recopilada de la Empresa encargada del agua potable EMPAGUA, datos bibliográficos referentes al lugar y además una encuesta realizada en el área de investigación. La empresa que suministra de agua a esta zona, solo tiene registro por servicios, no existe información por tipo de consumo (domiciliar, comercial e industrial), he ahí la importancia de una investigación de campo que permita establecer patrones de uso y consumo del agua potable a través de análisis estadísticos.

La tasa de crecimiento poblacional para esta zona es de negativa de 1,4 por ciento según el XI Censo de Población, VI de Habitación 2002 del INE, pero el consumo de agua potable para el tiempo estudiado no decreció, es más hubo un aumento del 13,88 por ciento respecto a los datos proporcionados por EMPAGUA. Básicamente se muestra una comparación en el consumo de agua, entre los datos de EMPAGUA versus la encuesta, con el fin de proyectar soluciones a problemas futuros del vital líquido en el área estudiada. Este trabajo es parte de la investigación macro que se realiza para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCYT), en conjunto con la Facultad de Ingeniería.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el consumo de agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala durante 2008-2010.

### **Específicos**

1. Determinar las fuentes de agua que abastecen a la zona 8 de la ciudad de Guatemala.
2. Determinar cómo se suministra y distribuye el agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala.
3. Establecer los usos del agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala.
4. Estimar el consumo de agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

El agua después del aire es un elemento indispensable para la existencia y desarrollo de todo ser vivo. El agua básicamente se puede encontrar en ríos, lagos, lagunas, y solo es accesible para uso humano en un 0,26 por ciento.

El trabajo de graduación, Evaluación del consumo de agua potable en la zona 8 de la ciudad de Guatemala durante 2008-2010, es una investigación que se enfoca en conocer las fuentes de abastecimiento, el suministro, consumo y usos del agua potable en la zona 8. En los últimos años ha existido una creciente demanda del consumo de agua potable, derivado del crecimiento de la población y otros factores que inciden de manera puntual. Este problema conlleva a buscar una solución a través de realizar un estudio que permita establecer los diferentes usos del vital líquido.

Se realizó una investigación que describe al lugar a través de una recopilación de información bibliográfica y de campo referente al lugar, ubicación y accesos. Las fuentes que abastecen de agua a esta zona son dos, una de origen superficial que capta el agua de los ríos Xaya y Pixcaya y otra subterránea que extrae agua de un sistema de pozos. Las plantas de agua potable que suministran el vital líquido a dicha zona son las siguientes: Lo de Coy y Ojo de Agua-Diamante, básicamente suministran en su totalidad a dicha zona y otras empresas que lo hacen en un porcentaje mínimo.

Se efectuó una encuesta y la muestra se dividió en consumo domiciliar, comercial e industrial; la cual proporciona información puntual del consumo de agua potable, por ejemplo, horas de servicio, consumo, días con que cuentan

con el servicio, etc., todos los factores que influyen en el consumo del agua potable, ya que dichos resultados permiten una comparación con los datos que se obtuvieron de los entes encargados de la suministración de agua potable a la zona, mediante un análisis estadístico descriptivo.

Para ser más específico se hace la comparación de la fluctuación de los consumos entre la encuesta y la empresa encargada de suministración de agua potable para la zona, con el fin de determinar si existe un déficit, superávit o consumo normal de agua potable, de acuerdo a las dotaciones establecidas

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

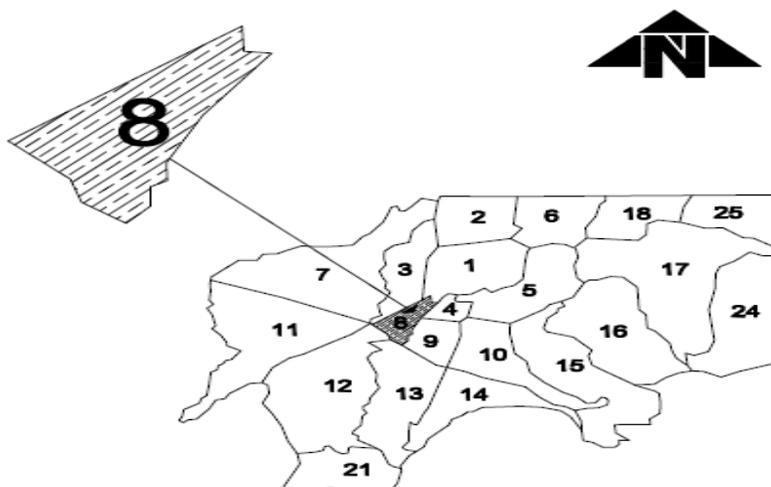
# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

A continuación se presenta una descripción general de la zona 8 de la ciudad de Guatemala.

## 1.1. Ubicación y accesos

La zona 8 de la ciudad de Guatemala, se encuentra ubicada geodésicamente a 14°35'50" latitud norte, 90°32'00" longitud oeste y a 1 530 metros sobre el nivel del mar (msnm). La figura 1, muestra la ubicación de la zona 8 dentro de la ciudad de Guatemala.

Figura 1. Mapa de la ciudad de Guatemala y zona 8



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007.

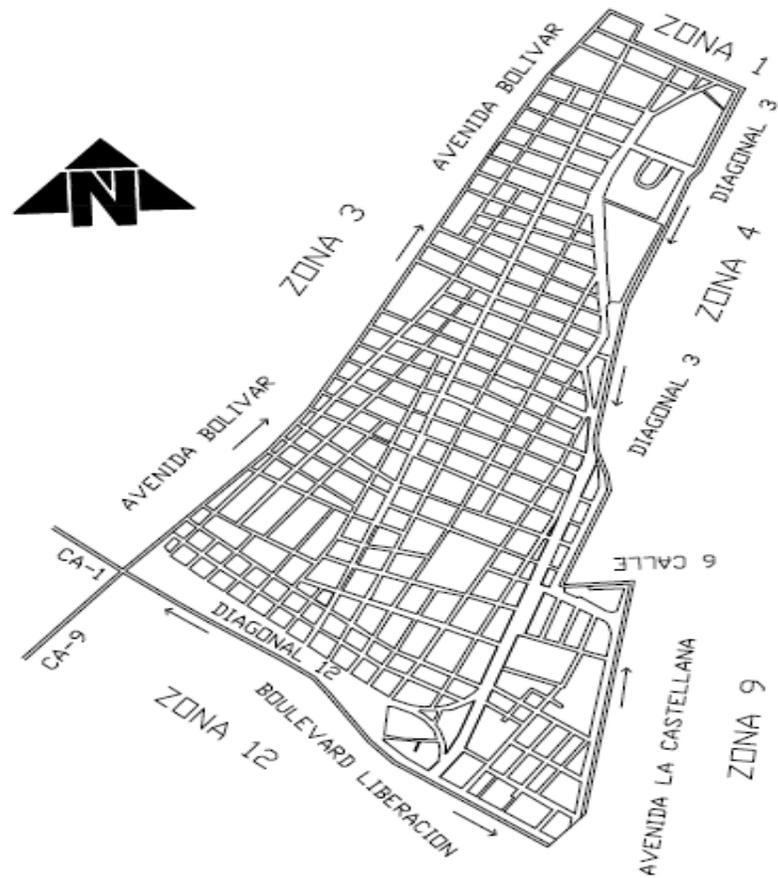
Según Gisella Gellert en su Monografía de la ciudad de Guatemala, “la zona 8 se describirá a partir de la intersección de la Calzada Roosevelt y la Avenida Simón Bolívar, a la altura del puente del Trébol, hacia el norte por medio de esta última hasta la 26 calle A de la zona 1, ya descrita, la cual se seguirá hacia el oriente hasta alcanzar su intersección ideal con la vía férrea, la cual se recorrerá hacia el sur hasta encontrar el trazo en la antigua avenida La Castellana (límite que separa las zonas 4 y 9), trazo que se seguirá hasta el Boulevard Tecún Umán frente al centro 1 del IGSS. Finalmente, por medio de dicho boulevard hacia el poniente hasta alcanzar el punto de origen de la descripción”.<sup>1</sup>

Una de las grandes ventajas que presenta la zona 8 es que es una zona céntrica y por ende tiene acceso por varios puntos. Uno de ellos lo constituye la Avenida Simón Bolívar, viniendo de la CA-9. Otro punto también es la Carretera Interamericana 1 (CA-1) viniendo de las zonas 9, 10,13, también la Calzada Atanasio Tzul viniendo de las zonas 1 y 4 y por último la Calzada Roosevelt subiendo por el trébol. La figura 2 muestra los accesos a la zona 8.

---

<sup>1</sup> Gisela Gellert, ciudad de Guatemala dos Estudios sobre la Evolución Urbana, 1990. p. 16.

Figura 2. **Accesos a la zona 8**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007.

## 1.2. **Monografía**

La monografía describe información de carácter bibliográfico referente al lugar, aquí se encuentra la historia, extensión territorial y administrativa, educación, actividades productivas y datos demográficos de la zona 8.

### **1.2.1. Historia**

La historia de esta zona 8 empieza en la época colonial, en la cual dicha zona formaba parte de la Hacienda de la Culebra y Lexarcia. El desarrollo del Guarda Viejo (zona 8) empieza en el gobierno de Justo Rufino Barrios (1871-1885), razón por la cual el Gobierno adquirió terrenos para su repartición y lotificación. La creación de este cantón se debió a la construcción del muelle en el Puerto de San José, Escuintla, ya que con dicha construcción el comercio entre ambos departamentos aumentaría.

Hacia finales del siglo XIX, el Cantón La Paz, también conocido como Guarda Viejo (hoy zona 8), conformaba uno de los diez cantones en que estaba dividida la ciudad de Guatemala. Después, según censo, en noviembre 1913, se habían sumado cuatro más, para hacer un total de catorce. Al mismo cantón pertenecía la aldea Los Guajecitos que, por Acuerdo Gubernativo del 4 noviembre 1908 cambió su nombre a Villa Joaquina, en honor a doña Joaquina, madre del entonces presidente Manuel Estrada Cabrera.

Con relación a este cantón, se agrega que por Acuerdo Gubernativo del 22 de diciembre de 1916 se erigió en municipio y por Acuerdo Gubernativo del 15 de marzo de 1917 se establecieron sus límites territoriales. Asimismo, se dispuso que en lo sucesivo la cabecera municipal se denominase Ciudad Estrada Cabrera, pero el Acuerdo Gubernativo del 3 mayo 1920, se dispuso que se suprimieran los poblados con el nombre del presidente licenciado Manuel Estrada Cabrera y de cualquiera de sus familiares.

### **1.2.2. Extensión territorial y administrativa**

La extensión territorial de la zona 8 de la ciudad de Guatemala es de 4,09 kilómetros cuadrados, lo que equivale a una superficie de 408,67 hectáreas; esta extensión territorial representa el 1,76 por ciento de la superficie total de la ciudad de Guatemala.

El Guarda Viejo, pertenece a la Delegación 3 del Distrito 7 que comprende las zonas 3 y 8 de la ciudad de Guatemala. Está dividido en cuatro delegaciones y cuenta con cuarenta y siete (47) Comités Únicos de Barrio CUB, organizados y actualizados, donde cada uno vela por el mejoramiento del barrio, a la vez que forman parte de la estructura de participación ciudadana de la Delegación 3, correspondiente al área de El Guarda Viejo hay organizados tres Comités Únicos de Barrio (CUB), los cuales son: CUB 1 de la 27 a la 28 calle, zona 8; CUB 2 de la 30 a la 35 calle, zona 8; y CUB 3 de la 36 a la 42 calle, zona 8.

### **1.2.3. Educación**

En esta zona hay un total de veinticuatro centros educativos de los cuales el 42 por ciento son oficiales y el 58 por ciento restante pertenece a la iniciativa privada, según el ministerio de educación. La enseñanza que ofrecen dichos centros es pre-primaria, primaria, básicos, diversificado, un centro de educación para adultos y un centro de capacitación de oficios.

Las instalaciones de la Universidad Mesoamericana también yacen en esta zona, su historia se remonta a la firma de un convenio de cooperación académica realizada entre la Asociación Salesiana de Don Bosco y la Universidad Francisco Marroquín en 1971. Un año después empezaría a

funcionar con las siguientes carreras: Profesorados en Pedagogía y Ciencias de la Educación, Profesorado en Teología, Profesorado en Inglés y Profesorado en Historia. El 90 por ciento de la población es alfabeta y únicamente el 10 ciento es analfabeta. La tabla I muestra el alfabetismo y escolaridad en la zona.

Tabla I. **Alfabetismo y escolaridad en la zona 8**

<b>Alfabeta</b>	<b>Analfabeta</b>	<b>Ninguno</b>	<b>Preprimaria</b>	<b>Primaria</b>	<b>Media</b>	<b>Superior</b>
9 901	968	925	107	4 434	4 121	1 282

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación 2002.

#### **1.2.4. Salud**

En dicha zona está establecido un hospital privado, el cual se ubica en 10<sup>a</sup>. avenida 32-04. Sobre la avenida Bolívar y 40 calle también radica un sanatorio, la clínica de obra social Salesiana de la Parroquia Divina Providencia la cual se ubican en la 7<sup>a</sup>. avenida 40-35. Aparte de estos lugares existen clínicas particulares de consulta general, óptica, dental, entre otros.

Por otra parte la religión que más profesa dicha zona es la católica, pero también los cristianos en menor cantidad. Existe una iglesia católica y siete iglesias cristianas.

#### **1.2.5. Actividades productivas**

Las actividades productivas de esta zona varían, sin embargo más del 50 por ciento se dedica al comercio por mayor y menor, reparación de vehículos, motocicletas, etc.; entre las otras actividades que se dan por esta zona se puede mencionar los siguientes: industria manufacturera, suministro de

electricidad y agua, construcción, transportes, hoteles y restaurantes, enseñanza, mueblería, entre otros. En apéndice 2 se encuentra la tabla que muestra los diferentes tipos de negocios que hay en dicha zona, agrupada por industrias.

En la actualidad la zona 8 posee un mercado de productos de consumo diario, el cual está ubicado en la 2ª. avenida de la 32 a la 33 calle, este posee 114 puestos y se llama satélite Candelaria.

### 1.2.6. Datos demográficos y crecimiento poblacional

Respecto a vivienda y servicios básicos en el área, hay un promedio de 4,3 habitantes por vivienda, además la mayoría de las viviendas cuenta con los servicios básicos de agua, drenajes y electricidad.<sup>2</sup> Ver tabla II.

Tabla II. **Vivienda y servicios básicos en la zona 8**

Total de Vivienda	Casa Formal	Apartamento	Palomar	Improvisada	Otro Tipo	Servicios Básicos			Total de Hogares
						agua	Drenaje	Electricidad	
2 971	2 436	202	220	30	23	2 751	2 663	2 888	2 913

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación 2002.

La población de la zona 8 se caracteriza en su mayoría por gente no indígena, además existe una supremacía femenina respecto a la masculina y también es relativamente joven, debido a que la mayoría oscila entre edades de 15-64 años. Ver tabla III.

<sup>2</sup> XI Censo Nacional de Población y VI Censo Nacional de Habitación (INE) años 2002

Tabla III. **Distribución de la población en la zona 8**

Población Total	Sexo		Población por edad				Indígenas	No Indígena
	hombres	Mujeres	0 a 6	7 a 14	15 a 64	65 o mas		
12 439	5 997	6 442	1 570	1 896	7 915	1 058	2 040	10 399

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación 2002.

Las tablas IV y V, indican el número de habitantes y de viviendas en diferentes censos para la zona 8.

Tabla IV. **Censo habitacional de 1964-2002**

Año	1964	1973	1981	1991	2002
Número	4 927	5 126	4 705	3 267	2 971

Fuente: INE. Herramientas para el análisis demográfico.

Tabla V. **Censo de 1950-2002 en la zona 8**

<b>Habitantes de la zona 8 de la Ciudad de Guatemala, 1950-2002</b>						
Zona	1 950	1 964	1 973	1 981	1 994	2 002
8	17 489	25 238	25 892	20 394	13 888	12 439

Fuente: INE. Herramientas para el análisis demográfico.

Para tener una proyección del crecimiento poblacional, se utiliza la ecuación 1,1.

$$P_f = P_o(R+1)^n \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

$P_f$ =Población final

$P_o$ = Población Inicial

R= tasa de crecimiento

n= Período de diseño

Con los datos de la tabla V se procede a encontrar R, y de esta forma se hace el cálculo de la población futura, para ello se utiliza los datos del censo de 1 994 y 2 002.

$P_f$ =12 439 habitantes

$P_o$ = 13 888 habitantes

R= ¿?

n= 8 años

$$R = \left( \frac{P_f}{P_o} \right)^{1/n} - 1$$

Sustituyendo los datos en la ecuación da como resultado,

R= -1,4

Tabla VI. **Tasa de crecimiento poblacional de la zona 8**

ZONA	Año				
	1 950-1 964	1 964-1 973	1 973-1 981	19 81-1 994	1 994-2 002
8	2,6	0,3	-3	-3	-1,4

Fuente: INE. Herramientas para el análisis demográfico.



## **2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

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

Previo a esta investigación, no existía información actualizada que hiciera énfasis en el consumo de agua potable por sectores para el área de estudio.

La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), que es la que suministra a la mayoría de servicios de esta zona cuenta con un registro del consumo de agua potable por usuarios y todo lo concerniente a las fuentes de abastecimiento, la red de distribución, tarifas, etcétera. Cabe mencionar que a parte de esta empresa, también esta Agua Mariscal de la cual no se pudo obtener ningún tipo de información y otras empresas que venden agua potable en pipas.

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

La zona 8 de la ciudad de Guatemala no cuenta con un estudio actualizado del consumo de agua potable. Por tal razón es conveniente hacer una investigación que indique cómo y a qué sectores se distribuye el agua.

Para ello se realizó una encuesta de campo con registros confiables y oportunos de las empresas que distribuyen el agua potable a los usuarios de dicha zona, además de ello con la información proporcionada por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), se realiza un análisis estadístico donde se indican las medidas de tendencia central que son las que interesan para indicar el volumen de agua potable que dicha zona consume mensualmente a través

de los diferentes sectores (domiciliar, comercial, industrial y consumidores especiales).

También es oportuno mencionar que la población de la zona 8, tiene una tasa de crecimiento de negativa de 1,4 por ciento, lo cual indica que la población sufre un decrecimiento, pero esto únicamente aplica a los que residen en el lugar, no así a todos aquellos individuos que llegan a dicho lugar en busca de negocios, trabajo, estudios, etcétera.

Al conocer el volumen real de agua que cada sector consume, la producción mensual de las dos plantas que suministran agua a dicha zona y la tasa de crecimiento se formula la siguiente incógnita, ¿serán suficientes las plantas de tratamiento actuales para satisfacer el consumo de agua en el futuro?.

Debido a la necesidad permanente y para toda la vida del ser humano de ser abastecido por agua potable, se considera crucial saber las razones que inciden en el consumo de agua potable.

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

Para realizar este trabajo, se dividió en dos partes, la parte inicial se refiere a información general del lugar, y para ello se recurrió a instituciones estatales, tales como Municipalidad de Guatemala, el Instituto Nacional de Estadística (INE), la Biblioteca Nacional de Guatemala, Directorio Nacional de Empresas y sus Locales (DINEL), Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos, Ministerio de Educación, Ministerio de Gobernación, Instituto Geográfico Nacional (IGN), entre otros, con el fin de recopilar información bibliográfica.

Para determinar las fuentes de agua que abastecen a dicha zona, se recurrió a la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA); la cual proporcionó información referente a las plantas que distribuyen el vital líquido y la red de distribución para la zona 8, ver anexos, cabe mencionar que (EMPAGUA), no es la única empresa que distribuye agua en esta zona, sino también lo hace Agua Mariscal pero en menor cantidad y otras empresas.

Para estimar el consumo y usos del agua potable en el área de investigación se realizó una encuesta que hace énfasis en los usuarios de la población objetivo. La encuesta consiste en una serie de preguntas, para tomar una idea del consumo de agua potable mensual por usuario y poder hacer la comparación con los datos aportados por las empresas distribuidoras de agua potable a dicha zona.

Para la selección de la muestra primero se definió la población objetivo en este caso serán los usuarios de agua potable de la zona 8, dentro del marco muestral se incluyen a los siguientes sectores: domiciliario, comercial, industrial y

consumidores especiales. El método de muestreo que se utilizó fue el aleatorio simple y para determinar el tamaño de la muestra se tomó en cuenta los siguientes factores cualitativos: naturaleza de la investigación, variable a estudiar, naturaleza del análisis, etc.

Al tener los resultados de la encuesta y los registros de (EMPAGUA) se realizó un análisis estadístico del consumo de agua potable, tomando en cuenta los siguientes sectores antes mencionados, con el fin de determinar la fluctuación de los consumos entre uno y otro y poder concluir si existe un superávit, déficit o consumo normal en el área de estudio.

El tamaño de la muestra, que es para una población finita se determinó con la ecuación 3.1

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

Donde:

$N$  = es población objetivo de estudio

$\sigma^2$  = desviación estándar

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

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

$n$  = la muestra final del estudio

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

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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

Por favor responda las siguientes preguntas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fuente: Ing. Nicolás Guzmán.



## **4. RESULTADOS**

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

A continuación se hace una descripción de las fuentes de agua que abastecen y también la suministración del vital líquido a través de las plantas Lo de Coy y Ojo de Agua-Diamante en la zona 8 de la ciudad de Guatemala.

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

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

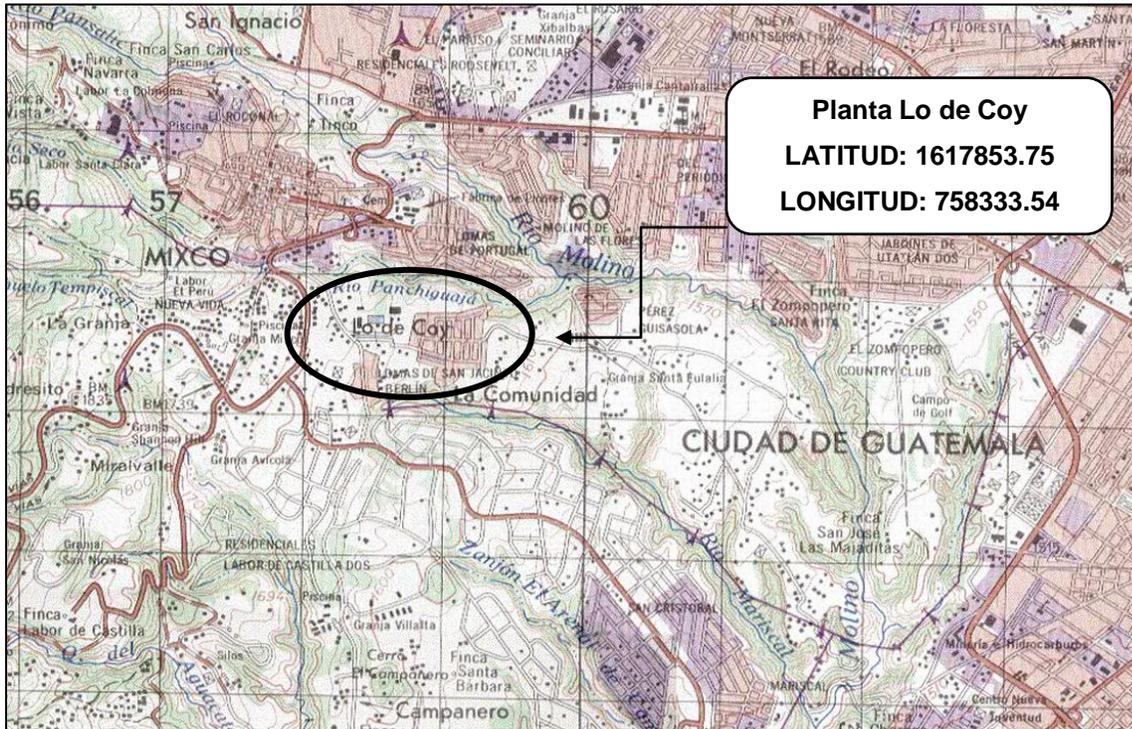
- Caja de entrada: las líneas de conducción se inician en el altiplano e ingresan a la planta por medio del acueducto Xaya-Pixcaya, por la entrada en la cual se puede regular el caudal de agua cruda que se

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

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

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

Figura 4. Ubicación planta Lo de Coy



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

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

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

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

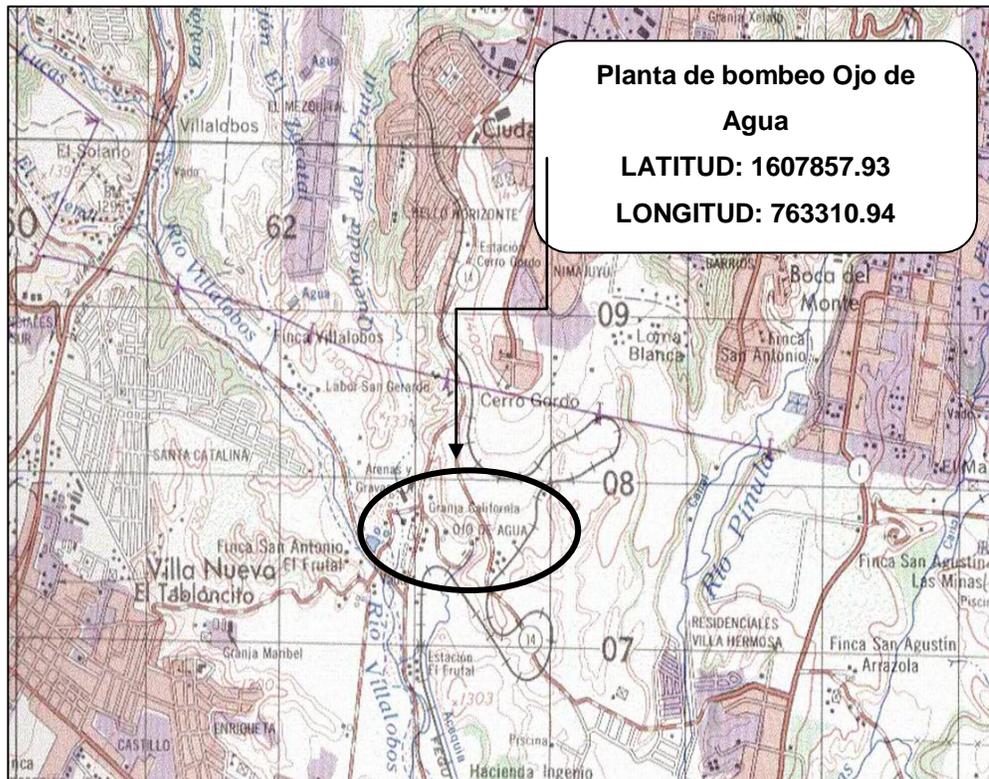
y algunos ramales que en el camino van distribuyendo a varios puntos. La capacidad de producción de esta planta es de 1 200 l/s y la producción promedio diaria es de 86 400 metros cúbicos por día.

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

#### **4.1.2.1. Red de distribución**

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

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



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

#### 4.2. **Datos obtenidos de los entes encargados de la suministración del agua potable a la zona 8**

Las siguientes tablas presentan datos de consumo de agua potable para la zona 8 del 2007-2011, dicha información fue proporcionada por EMPAGUA.

Tabla VII. **Consumo de agua potable 2007**

<b>MES</b>	<b>CONSUMO m<sup>3</sup></b>	<b>USUARIOS</b>
ENERO	85 575,00	2 945,00
FEBRERO	91 970,00	2,947,00
MARZO	80 734,00	2 952,00
ABRIL	80 734,00	2 952,00
MAYO	88 081,00	2 959,00
JUNIO	84 384,00	2 960,00
JULIO	85 224,00	2 961,00
AGOSTO	90 874,00	2 961,00
SEPTIEMBRE	94 575,00	2 962,00
OCTUBRE	86 872,00	2 953,00
NOVIEMBRE	92 321,00	2 953,00
DICIEMBRE	90 978,00	2 953,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>87 693,50</b>	<b>2 954,00</b>

Fuente: EMPAGUA, Coordinación de facturación.

Tabla VIII. **Consumo de agua potable 2008**

<b>MES</b>	<b>CONSUMO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>USUARIOS</b>
ENERO	91 273,00	2 959,00
FEBRERO	85 114,00	2 960,00
MARZO	85 658,00	2 960,00
ABRIL	80 334,00	2 961,00
MAYO	87 868,00	2 961,00
JUNIO	89 853,00	2 963,00
JULIO	85 517,00	2 964,00
AGOSTO	103 283,00	2 965,00
SEPTIEMBRE	84 075,00	2 963,00
OCTUBRE	94 882,00	2 964,00
NOVIEMBRE	98 629,00	2 969,00
DICIEMBRE	79 559,00	2 975,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>88 837,08</b>	<b>2 963,00</b>

Fuente: EMPAGUA, Coordinación de facturación.

Tabla IX. **Consumo de agua potable 2009**

<b>MES</b>	<b>CONSUMO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>USUARIOS</b>
ENERO	97 128,00	2 975,00
FEBRERO	91 588,00	2 975,00
MARZO	84 473,00	2 976,00
ABRIL	90 949,00	2 975,00
MAYO	86 501,00	2 977,00
JUNIO	89 470,00	2 981,00
JULIO	83 152,00	2 983,00
AGOSTO	94 830,00	2 983,00
SEPTIEMBRE	91 223,00	2 983,00
OCTUBRE	81 691,00	2 985,00
NOVIEMBRE	92 752,00	2 988,00
DICIEMBRE	88 387,00	2 988,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>89 345,33</b>	<b>2 980,00</b>

Fuente: EMPAGUA, Coordinación de facturación.

Tabla X. **Consumo de agua potable 2010**

<b>MES</b>	<b>CONSUMO ( m<sup>3</sup>)</b>	<b>USUARIOS</b>
ENERO	88 137,00	2 988,00
FEBRERO	80 650,00	2 990,00
MARZO	77 093,00	2 991,00
ABRIL	84 465,00	2 996,00
MAYO	80 823,00	2 997,00
JUNIO	89 275,00	2 768,00
JULIO	86 140,00	2 791,00
AGOSTO	91 973,00	2 808,00
SEPTIEMBRE	90 327,00	2 802,00
OCTUBRE	90 249,00	2 788,00
NOVIEMBRE	92 116,00	2 791,00
DICIEMBRE	91 482,00	2 822,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>86 894,17</b>	<b>2 877,00</b>

Fuente: EMPAGUA, Coordinación de facturación.

Tabla XI. **Consumo de agua potable 2011**

MES	CONSUMO (m <sup>3</sup> )	USUARIOS
ENERO	94 689,00	2 804,00
FEBRERO	90 472,00	2 799,00
MARZO	84 461,00	2 743,00
ABRIL	87 557,00	2 768,00
MAYO	93 459,00	2 742,00
JUNIO	90 219,00	2 749,00
JULIO	88 264,00	2 890,00
AGOSTO	85 550,00	2 856,00
SEPTIEMBRE	91 000,00	2 804,00
OCTUBRE	89 331,00	2 809,00
NOVIEMBRE	90 538,00	2 810,00
DICIEMBRE	86 175,00	2 824,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>89 309,58</b>	<b>2 800,00</b>

Fuente: EMPAGUA, Coordinación de facturación.

Las tablas VII - XI, muestran el consumo de agua potable en metros cúbicos para la zona 8 de 2007 al 2011. La mayoría de usuarios de agua potable de dicha zona, reciben el suministro de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), según autoridades de la misma. El volumen promedio que dicha empresa abastece es de 87 877 metros cúbicos por mes y el promedio de usuarios anda por los 2 920 por mes, este tiende a crecer a través del tiempo.

#### **4.3. Datos obtenidos de la encuesta realizada**

A continuación se presenta una serie de tablas que muestra la información proporcionada por la encuesta; de acuerdo a la metodología establecida en el capítulo número 3.

Tabla XII. **Muestras que cuentan con servicio de agua potable**

Tipo de Consumo	Cuenta con Servicio de Agua	
	Si	No
Residencial	29	0
Comercial	68	0
Industrial	7	0

Fuente: elaboración propia.

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

Tipo de Consumo	Tipo de Servicio de Agua		
	Público	Privado	Propio
Residencial	28	1	0
Comercial	60	2	6
Industrial	7	0	0
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>3</b>	<b>6</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Promedio de consumo de agua en m<sup>3</sup>**

Tipo de Consumo	Rango de Consumo en (m <sup>3</sup> )				
	0-30	31-40	41-50	51-60	60 o mas
Residencial	11	15	1	2	
Comercial	25	15	4	10	14
Industrial					7

Fuente: elaboración propia.

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

Tipo de Consumo	Empresa que Presta el Servicio		
	EMPAGUA	Agua Mariscal	Otro
Residencial	28	1	0
Comercial	60	2	6
Industrial	7	0	0
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>3</b>	<b>6</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Días de suministro de agua**

Tipo de Consumo	Días de Servicio a la Semana	
	0-4 días	7 días
Residencial	4	25
Comercial	64	4
Industrial	0	7

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Horas de suministro de agua**

Tipo de Consumo	Horas de servicio al día		
	0-8	9-12	13 -24
Residencial	7	16	6
Comercial	24	15	29
Industrial	4	1	2

Fuente: elaboración propia.

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

Tipo de consumo	Cisterna	
	Si	No
Residencial	15	14
Comercial	42	26
Industrial	7	0

Fuente: elaboración propia. .

Tabla XIX. **Rango de personas abastecidas**

Tipo de Consumo	Personas Abastecidas		
	1-5	6-15	15 en adelante
Residencial	13	16	0
Comercial	29	22	17
Industrial	0	0	7

Fuente: elaboración propia.

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

Tipo de Consumo	Pozo Propio	Profundidad
Residencial	0	No sabe
Comercial	0	No sabe
Industrial	4	No sabe

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Disposición final de desechos líquidos y sólidos**

Tipo de Consumo	Desechos Líquidos	Desechos Sólidos	
	Alcantarillado Municipal	Vertedero Municipal	Vertedero Privado
Residencial	29	20	9
Comercial	68	61	7
Industrial	7	6	1

Fuente: elaboración propia.

La población a la cual se encuestó se dividió en tres tipos: residencial, comercial e industrial. Se tomó una muestra de cada tipo, el consumo domiciliar representa el 27,62 por ciento, del cual el 96,55 por ciento son usuarios de EMPAGUA y el restante 3,45 por ciento de Agua Mariscal, el comercial representa el 67,62 por ciento, los usuarios de EMPAGUA representan el 88,7 por ciento, el 2,8 por ciento es usuario de Agua Mariscal y el restante 8,5 por ciento de otra empresa; por último el consumo industrial representa el 4,76 por ciento y todos los usuarios son de la empresa EMPAGUA.

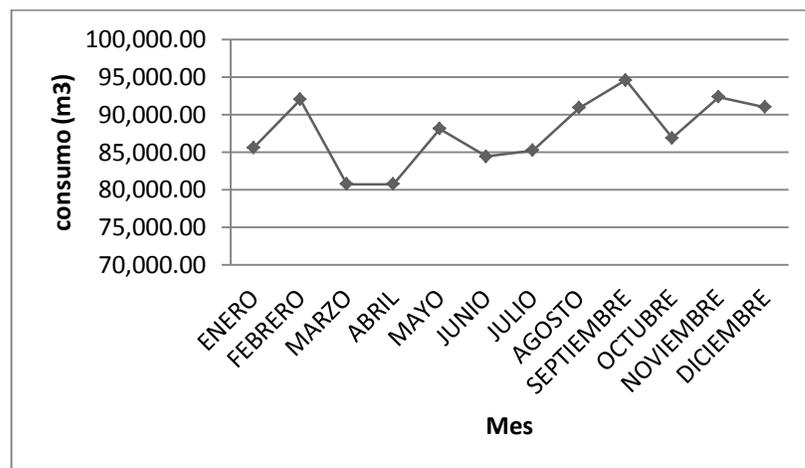


## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

### 5.1. Análisis estadístico de empresas que suministran agua potable a la zona 8

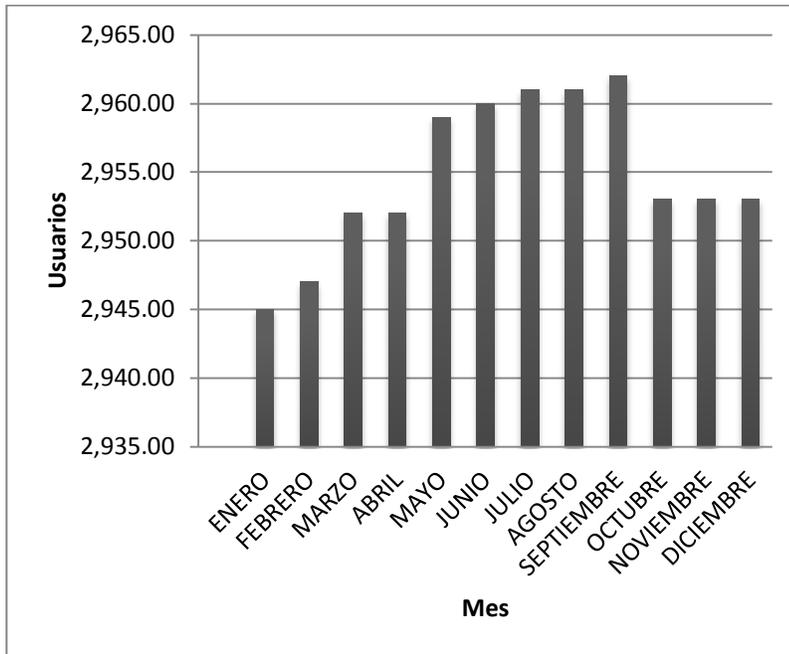
De acuerdo a las tablas VII, VIII, IX, X, XI, que proporcionan información del consumo de agua potable de la zona 8 del 2007-2001, se hace el siguiente análisis. El consumo promedio mensual de agua potable para el 2007 fue de 87 693,50 metros cúbicos, siendo el mes de septiembre el más alto con un consumo de 94 575,00 metros cúbicos. Y la mayor cantidad de usuarios también se registra para este mes, como lo muestran las figuras 6 y 7.

Figura 6. Consumo de agua potable 2007



Fuente: elaboración propia.

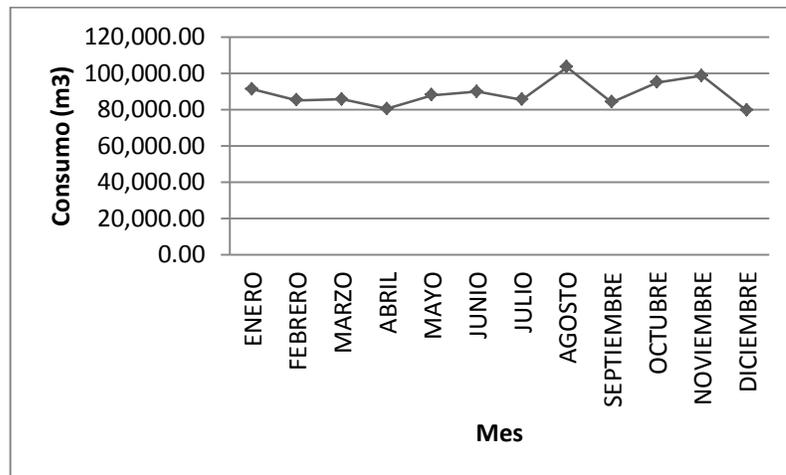
Figura 7. **Usuarios de agua potable 2007**



Fuente: elaboración propia.

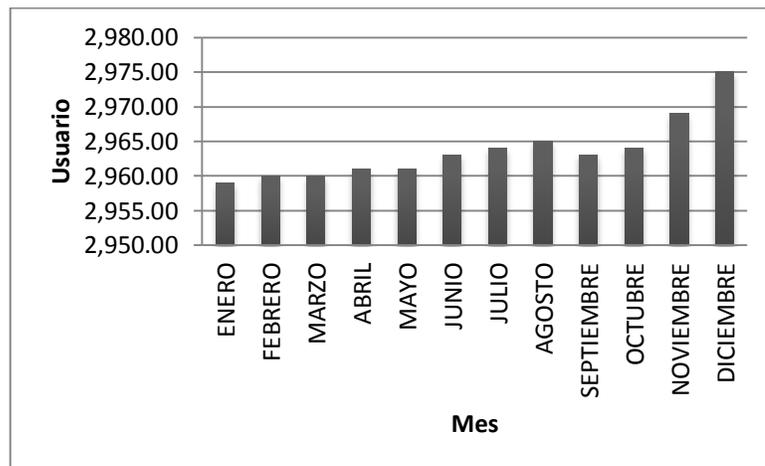
El consumo promedio mensual de agua potable para el 2008 fue de 88 837 metros cúbicos, siendo el mes de agosto el más alto con un consumo mensual de 103 283 metros cúbicos. Y la mayor cantidad de usuarios se registra en el mes de diciembre con 2 975 usuarios, como lo muestran las figuras 8 y 9.

Figura 8. **Consumo de agua potable 2008**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Usuarios de agua potable 2008**

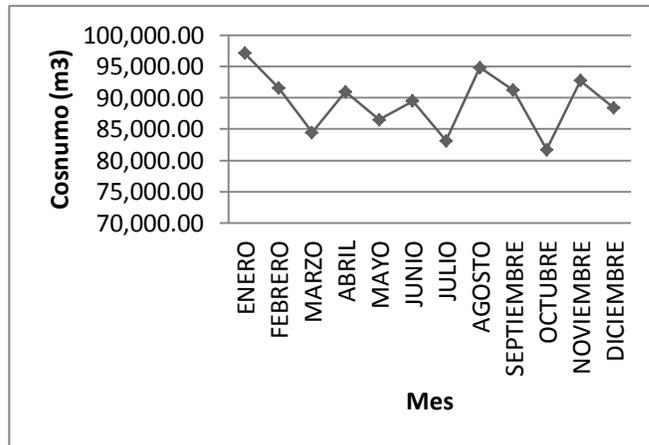


Fuente: elaboración propia.

El consumo promedio mensual de agua potable para el 2009 fue de 89 345 metros cúbicos, siendo el mes de enero el más alto con un consumo mensual

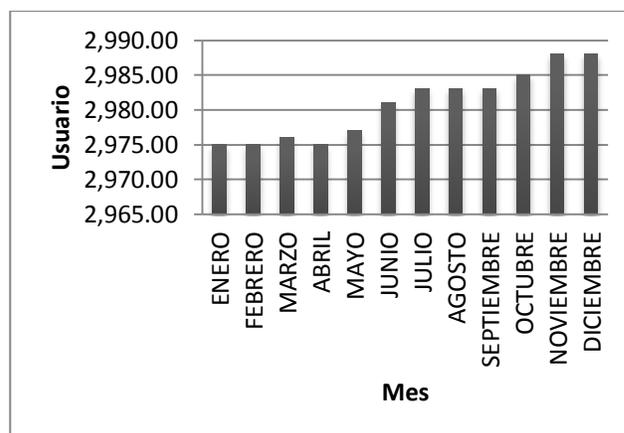
de 97 128 metros cúbicos. Y la mayor cantidad de usuarios se registra en el mes de noviembre con 2 988 usuarios, como lo muestran las figuras 10 y 11.

Figura 10. **Consumo de agua potable 2009**



Fuente: elaboración propia.

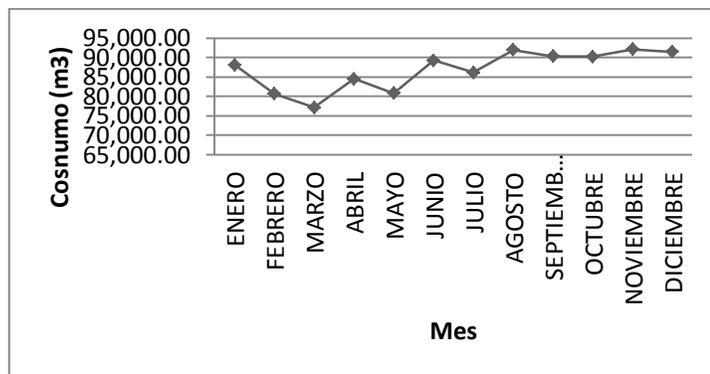
Figura 11. **Usuarios de agua potable 2009**



Fuente: elaboración propia.

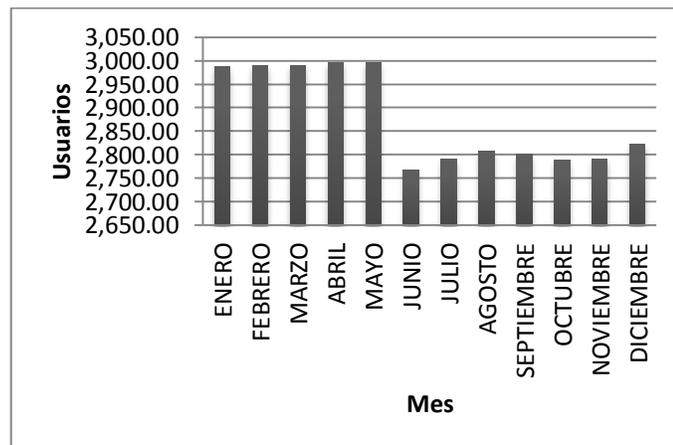
El consumo promedio mensual de agua potable para 2010 fue de 86 894 metros cúbicos, siendo el mes de noviembre el más alto con un consumo mensual de 92 116 metros cúbicos. Y la mayor cantidad de usuarios se registra en el mes de abril con 2 996 usuarios, como lo muestran las figuras 12 y 13.

Figura 12. **Consumo de agua potable 2010**



Fuente. elaboración propia.

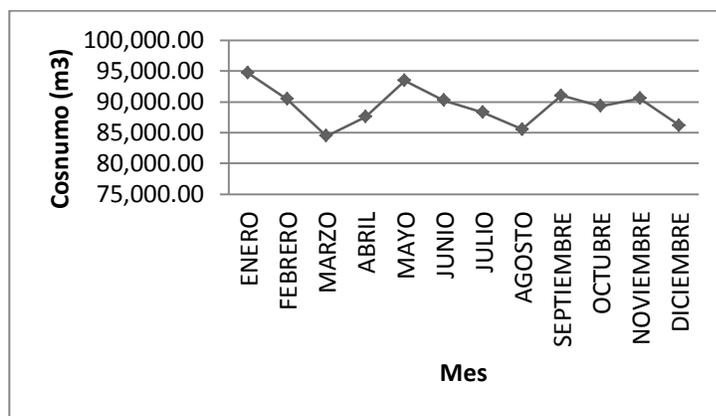
Figura 13. **Usuarios de agua potable 2010**



Fuente. elaboración propia.

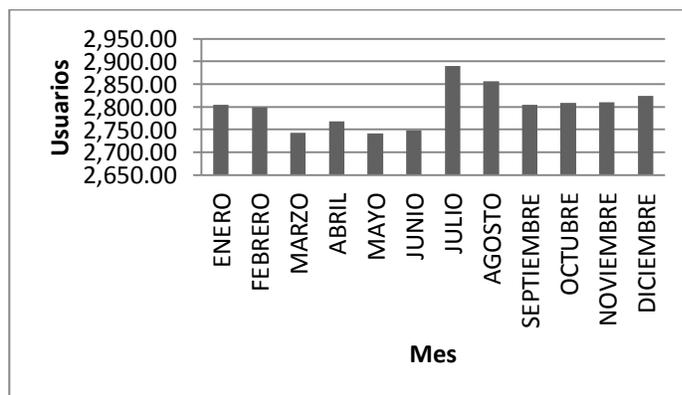
El consumo promedio mensual de agua potable para 2011 fue de 89 309 metros cúbicos, siendo el mes de noviembre el más alto con un consumo mensual de 94 689 metros cúbicos. Y la mayor cantidad de usuarios se registra en el mes de julio con 2 890 usuarios, como lo muestran las figuras 14 y 15.

Figura 14. **Consumo de agua potable 2011**



Fuente. elaboración propia.

Figura 15. **Usuarios de agua potable 2011**



Fuente. elaboración propia.

A continuación se hace un análisis de estadística descriptiva, con los datos aportados por las tablas VII, VIII, IX, X y XI. La tabla XXII muestra una distribución de frecuencias acumuladas para el cálculo de medidas de tendencia central, específicamente de consumo de agua potable.

Tabla XXII. **Distribución de frecuencias de consumo de agua en zona 8**

Intervalo		Frecuencia	Frec. Acumulada	Marca de clase
Consumo de agua (m <sup>3</sup> )		F	Fa	Xi
77 093	80 876	7	7	78 984,5
80 877	84 660	7	14	82 768,5
84 661	88 444	16	30	86 552,5
88 445	92 228	22	52	90 336,5
92 229	96 012	5	57	94 120,5
96 013	99 796	2	59	97 904,5
997 97	103 580	1	60	101 688,5

Fuente: elaboración propia.

Media

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f} \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde:

X= Media

$\sum f_i x_i$ =Sumatoria de frecuencias por marca de clase

$\sum f$ =Sumatoria de frecuencias

$$x = 52\,722\,614 / 60 = 87\,877 \text{ m}^3$$

El consumo promedio mensual de agua potable del período 2007-2011 es de 87 877 metros cúbicos por mes.

Mediana

$$M_e = L_{ri} + \left( \frac{\sum f/2 - F_{ant}}{f_{Me}} \right) \times i \quad \text{Ec. 5.2}$$

Donde:

$M_e$  = Mediana

$f_{ri}$  = Límite real inferior

$f_{ant}$  = Frecuencia acumulada inmediata anterior al intervalo donde está la mediana

$F_{me}$  = Frecuencia absoluta del intervalo donde está la mediana

$i$  = Amplitud del intervalo donde está la mediana

$f$  = Frecuencia

$$M_e = 84\,660,5 + \frac{30-14}{16} * 3\,793 = 88\,454,24 \text{ m}^3$$

La mediana de consumo de agua potable mensual del período 2007-2011 es de 88 454,24 metros cúbicos por mes.

Moda

$$M_o = L_{ri} + \left( \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) \times i \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde:

$M_o$  = Moda

$f_{ri}$  = Límite real inferior donde está la moda

$\Delta_1$ =Diferencia entre  $f_{mo}$  y  $f_{ant}$

$\Delta_2$ =Diferencia entre  $f_{mo}$  y  $f_{post}$

$i$ =Amplitud del intervalo donde está la moda

$$M_o = 88\,445 + \frac{6}{6+17} * 3\,784 = 89\,432 \text{ m}^3$$

El valor que más repite en el consumo mensual de agua potable para la zona 8 del período 2007-2011, es de 89 432 metros cúbicos.

La tabla XXIII muestra los datos estadísticos del consumo de agua potable en la zona 8 de 2007 al 2011.

Tabla XXIII. **Medidas de tendencia central de datos de EMPAGUA**

Medida	Descripción	m <sup>3</sup>
<b>Tendencia Central</b>	Media	87,877
	Mediana	88 454,24
	Moda	89 432
<b>Dispersión</b>	Desviación estándar	5 006,03
	Varianza de la muestra	250 603 364
	Coficiente de asimetría	0,17
	Curtosis	0,41
<b>Posición</b>	Percentil 2,5	79 927,13
	Percentil 97,5	97 916,03

Fuente: elaboración propia.

La media varía respecto a la mediana en 577 metros cúbicos (0,65 por ciento). La desviación estándar es bastante buena, porque no se aleja mucho de la media, únicamente varía en un 5 por ciento. La curva es simétrica ya que

existe aproximadamente la misma cantidad de valores a ambos lados de la media. Existe una concentración normal debido a que casi se aproxima a 0,5.

## 5.2. Análisis estadístico de la encuesta

Al realizarse la encuesta en la zona 8, se obtuvo una muestra del consumo de agua potable para los siguientes servicios, domiciliario, comercial, industrial. La muestra del servicio comercial se dividió en 2, una es comercial y la otra es consumidores especiales, ya que la variación en los resultados del consumo es muy diferente y a la hora de hacer el análisis estadístico la información difiere bastante.

- Domiciliar

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

Cálculo de la muestra (n)

Donde:

$$N = 2\,751$$

$$Z^2 = 1,96$$

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

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

$$n = \frac{2\,751 \times 0,5}{\frac{(2\,751 - 1) \times 0,05}{1,96} + 1,96} = 19,03 \cong 19$$

El cálculo de la muestra (n) da como resultado 19 servicios de una población de 2 751 usuarios, pero se realizó un total de 29.

Tabla XXIV. **Consumo de agua potable en m<sup>3</sup> para sector domiciliar**

20	20	20	23	23	24	25	25	25	26
28	31	32	33	35	35	36	37	37	37
38	39	40	40	40	40	45	56	60	

Fuente: elaboración propia.

Calcular el rango (R)

Dato mayor= 60, dato menor= 20

$R = \text{dato mayor} - \text{dato menor}$

$R = 60 - 20 = 40$

Cálculo el número de clases o intervalos (k)

$K = 1 + 3,32 \times \log(N) = 1 + 3,32 \times \log(29) = 6,31 \approx 7$

Cálculo de la amplitud del intervalo (I)

$I = R/K = 40/6,11 = 6,33 \approx 6$

Tabla XXV. **Distribución de frecuencias por encuesta sector domiciliar**

Intervalo		Frecuencia	Frec. Acumulada	Marca de clase
Consumo de agua		f	Fa	Xi
20	25	9	9	22,5
26	31	3	12	28,5
32	37	8	20	34,5
38	43	6	26	40,5
44	49	1	27	46,5
50	55	1	28	52,5
56	61	1	29	58,5
<b>N</b>		<b>29</b>		

Fuente: elaboración propia.

Con la distribución de frecuencias se hace el cálculo de las medidas de tendencia central como lo son la media, la mediana y la moda.

La media se calcula a través de la siguiente ecuación 5,1

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f} = \frac{964,50}{29} = 33,26 \text{ m}^3$$

El consumo medio mensual por servicio domiciliar es de 33,26 metros cúbicos.

Cálculo de la mediana utilizando la ecuación 5,2

$$M_e = L_{ri} + \left( \frac{\sum f/2 - F_{ant}}{f_{Me}} \right) \times i = 31.5 + \frac{14,5 - 12}{8} \times 6 = 33,38 \text{ m}^3$$

La mediana para el consumo domiciliar, según la encuesta da como resultado 33,38 metros cúbicos.

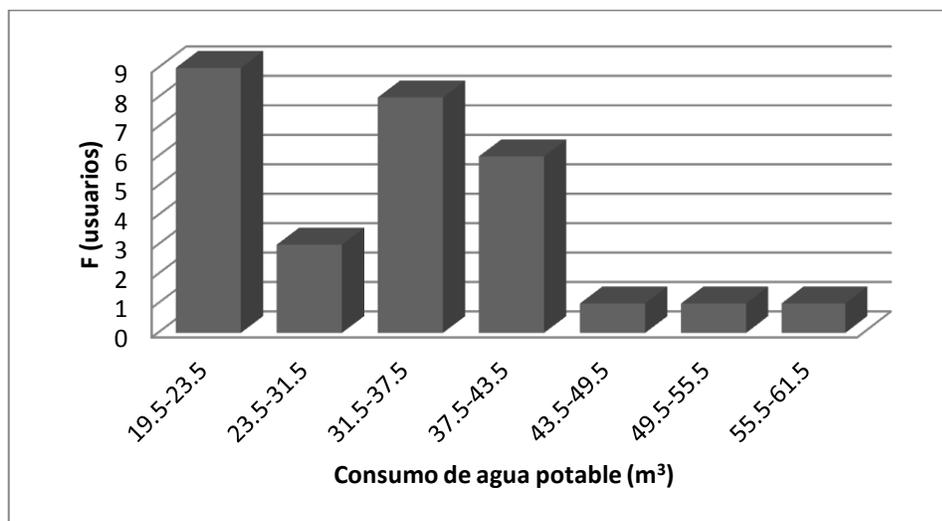
Para el cálculo de la moda se utiliza la ecuación 5,3

$$M_o = L_{ri} + \left( \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) \times i = 32 + \frac{5}{5+2} * 6 = 36,29 \text{ m}^3.$$

La moda da como resultado 36,29 metros cúbicos.

La figura 16 muestra el consumo de agua por usuarios para el sector domiciliario, según la información que proporciona la encuesta.

Figura 16. **Histograma de consumo de agua sector domiciliario**



Fuente: elaboración propia.

- **Comercial**

Se analiza el consumo de agua potable para el sector comercial de la zona 8 con los datos que proporciona la encuesta, el cálculo de la muestra (n) se realiza con la ecuación descrita en metodología. La población consta de 2 114 comercios entre grandes y pequeños. Se realizaron muestras para los

comercios que tienen trabajadores entre 1 y 5, 6 y 9, 10 y 19, 20 y 49, 50 y 99, según (DINEL). A continuación se hace el cálculo de la muestra para la población de comercios que oscila entre 1 y 5 trabajadores con la ecuación 3,1.

Datos:  $N= 1\ 853$ ,  $Z^2=1,96$ ,  $\Delta^2=0,05$ ,  $\sigma^2=0,5$

$$n = \frac{1\ 853 \times 0,5}{\frac{(1\ 853 - 1) \times 0,05}{1,96} + 1,96} = 19,84 \cong 19$$

El cálculo de la muestra (n) para la población de comercios que oscila entre 1 y 5 es de 19, la tabla XXVI describe los valores de las diferentes muestras para otros rangos de comercios.

Tabla XXVI. **Distribución de frecuencias por encuesta sector domiciliar**

Trabajadores	Población	muestra (n)	Muestra real
1--5	1853	19	19
6--9	130	12	17
10--19	67	9	15
20--49	49	8	14
50--99	5	1	4
Total		49	69

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de consumo de agua potable para el sector comercial, que se obtuvieron de la encuesta realizada se muestran en la tabla XXVII.

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

20	23	25	28	34	38	48	57	67
21	23	25	28	34	38	51	57	70
22	23	25	29	36	40	53	60	73
22	24	25	30	36	40	53	60	87
23	24	25	33	36	44	53	60	
23	25	26	34	36	44	53	62	
23	25	27	34	36	47	53	66	

Fuente: elaboración propia.

Al tener los datos que proporciona la encuesta y observar que es mayor a 30 datos, se procede a elaborar una distribución de frecuencias para datos agrupados.

Calcular el rango (R)

Dato mayor= 87, dato menor= 20

$R = \text{dato mayor} - \text{dato menor}$

$R = 87 - 20 = 67$

Cálculo del número de clases o intervalos (k)

$K = 1 + 3,32 \times \log(N) = 1 + 3,32 \times \log(60) = 6,90 \approx 7$

Calculo de la amplitud del intervalo (I)

$I = R/K = 67/6,903 = 9,705 \approx 10$

Con los datos anteriores se elabora una tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Distribución de frecuencias encuesta, sector comercial**

Li.	Ls.	F	Fa	Xi	Fxi
20	29	24	24	24.5	588
30	39	13	37	34.5	449
40	49	6	43	44.5	267
50	59	8	51	54.5	436
60	69	6	57	64.5	387
70	79	2	59	74.5	149
80	89	1	60	84.5	84.5
<b>N</b>		<b>60</b>			<b>2360</b>

Fuente: elaboración propia.

Con la información que proporciona tabla XXVIII se calcula las medidas de tendencia central (media, mediana, moda).

Cálculo de la media con ecuación 5.1

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f} = \frac{2360}{60} = 39,33 \text{ m}^3$$

El consumo promedio mensual de agua potable en el sector comercial, según la encuesta es de 39,33 metros cúbicos por servicio.

Cálculo de la mediana con Ecuación 5.2

$$M_e = L_{ri} + \left( \frac{\sum f/2 - F_{ant}}{f_{Me}} \right) \times i = 20,5 + \frac{30-0}{24} \times 10 = 33 \text{ m}^3$$

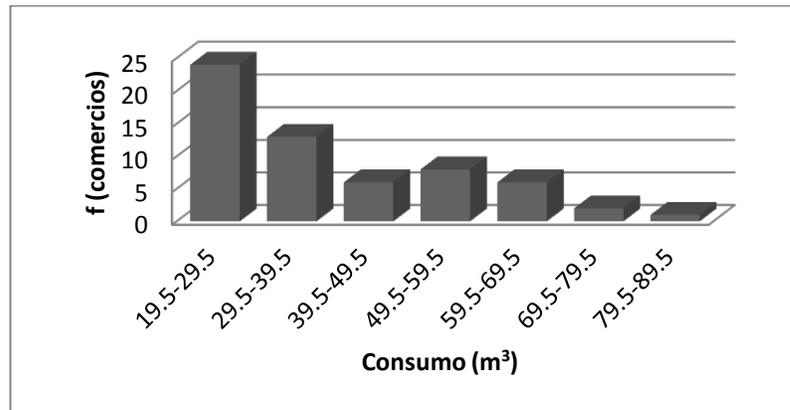
La mediana da un valor de 33 metros cúbicos por servicio comercial.

Cálculo de la moda con Ecuación 5.3

$$M_o = L_{ri} + \left( \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) \times i = 19,5 + \frac{24}{24+11} * 10 = 26,35 \text{ m}^3.$$

El valor más repetitivo en el consumo de agua para el sector comercial es de 26,35 metros cúbicos. La figura 17 muestra el consumo mensual de agua potable por comercios.

Figura 17. **Histograma de consumo de agua en sector comercial**



Fuente: elaboración propia.

- Consumidores especiales

Aquí se incluyen centros educativos, universidades, iglesias y otros. Los siguientes datos representan la muestra de consumo de agua (metro cubico): 119, 122, 144, 154, 159, 159 178 y 340. Para el cálculo la media se utiliza la ecuación 5.4.

### Cálculo de la media

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{Ec. 5.4}$$

Donde:

$\mu$  = Media

N= Numero de datos

$X_i$ =Dato

$$\mu = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (119+122+144+154+159+159+178+340) = 171,88 \text{ m}^3$$

La media de consumo de agua potable mensual en dicha zona oscila por 171,88 metro cúbicos por cada consumidor especial.

Para el cálculo de la mediana únicamente se toman los valores 4 y 5, luego se divide en 2.

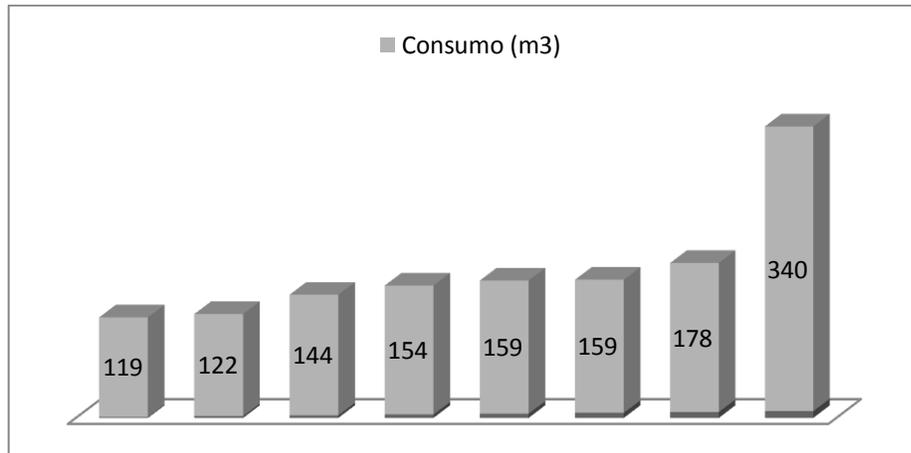
$$M_e = 154 + 159 / 2 = 156,5 \text{ m}^3$$

### Cálculo de la moda

La moda es 159 metros cúbicos que es el valor que más repite en la muestra.

La figura 18 muestra el consumo mensual de agua potable para consumidores especiales.

Figura 18. **Consumo de agua para consumidores especiales**



Fuente: elaboración propia.

- Industrial

Para calcular la muestra de la población en el sector industrial de esta zona no se hizo ningún cálculo, ya que es relativamente pequeña, únicamente existe un aproximado de 10 industrias grandes, y se encuestó el 70 por ciento de ellas, teniendo como muestra 7 industrias.

Los siguientes datos representan la muestra de consumo de agua en el sector industrial en la zona 8 de la ciudad de Guatemala: 751, 480, 419, 400, 375, 360 270. Para el cálculo de la media se utiliza ecuación 5.4.

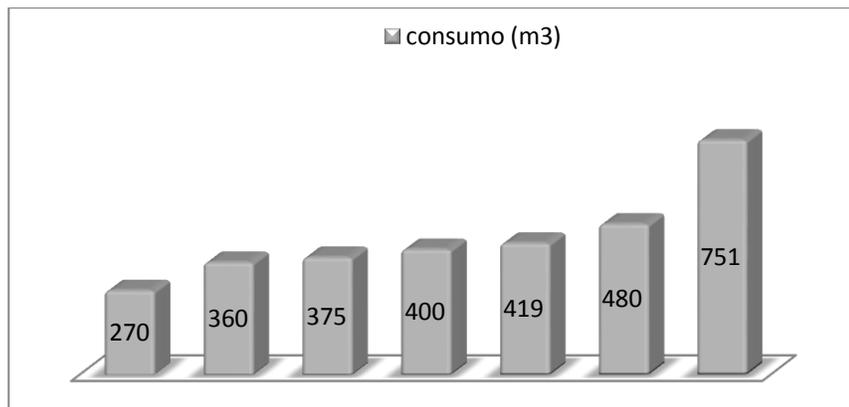
$$\mu = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 (751, 480, 419, 400, 375, 360, 270) = 436,43$$

La media de consumo mensual de agua potable en dicha zona oscila por 436,43 metros cúbicos por industria.

El valor de la mediana se obtiene por simple inspección, al observar los datos, el valor que exactamente se encuentra en el centro y este es 400 metros cúbicos.

La moda no registra ningún dato ya que no existen valores en el consumo de agua que se repitan.

Figura 19. **Consumo de agua en sector industrial**



Fuente: elaboración propia.

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

	<b>Medidas de Tendencia Central</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>		<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>		<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>		<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Residencial 29 muestras</b>	Promedio	33,26	<b>Comercial 60 muestras</b>	39,33	<b>Industrial 7 muestras</b>	436,4	<b>Consumidores especiales 8 muestras</b>	171,9
	Mediana	33,38		33		400		156,5
	Moda	36,29		26,35		S/D		159
	Desviación estándar	9,96		16,1		152,6		70,73
	Máximo	60		87		751		340
	Mínimo	20		20		270		119
	Varianza	99,18		259,2		23 299,62		5 002
	Curtosis	0,84		0,002		3,72		6,25
	Coefficiente de asimetría	0,79		0,88		1,69		2,39
	Percentil 2,5	20		21,48		283,5		119,5
	Percentil 97,5	57,2		71,58		710,4		311,7

Fuente: elaboración propia.

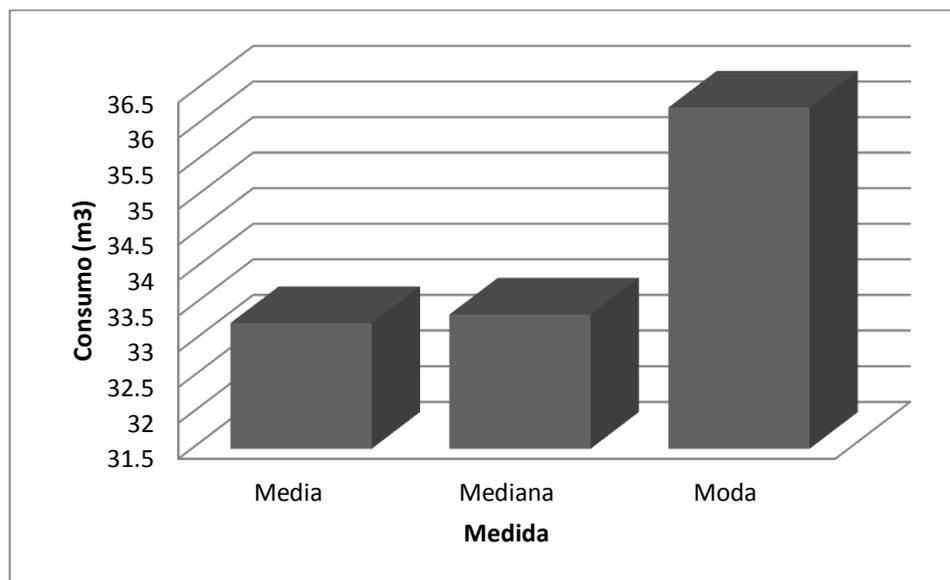


## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Domiciliar

De acuerdo a la tabla XXIX, la cual muestra los resultados de las medidas de tendencia central, dispersión y posición; de datos de consumo de agua potable que proporciona la encuesta. Las primeras (tendencia central) fueron calculadas por el autor y las siguientes (dispersión y posición) por un programa de cómputo. Y de la cual se hace uso para representar las medidas de tendencia central para el sector domiciliar, ver figura 20.

Figura 20. **Medidas de tendencia central para servicio domiciliar**



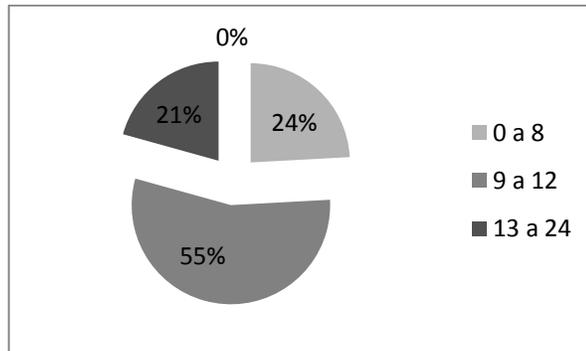
Fuente: elaboración propia.

El consumo medio mensual para este sector es de 33,26 metros cúbicos. La mediana indica el valor que separa los datos en dos partes iguales, esta tiene una diferencia de 0,12 metro cubico (0.36 por ciento) respecto a la media y el valor que más se repite en los datos es de 39 metros cúbicos por usuario.

La desviación estándar varia respecto a la media en un 29,95 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis indica que existe una gran concentración de datos. El 97,5 por ciento de los domicilios consume 57,20 metros cúbicos o menos y el 2,5 por ciento consume 20 metros cúbicos ó menos.

A través de la encuesta se determinó que la mayoría de domicilios posee una conexión de agua de EMPAGUA y solo un 3,45 por ciento tiene conexión de Agua Mariscal. El promedio de servicio de agua diaria varia, según la tabla XVIII, la cual indica que el 13,79 por ciento recibe agua 4 días a la semana y el 86,21 por ciento recibe toda la semana. Todos los domicilios utilizan el alcantarillado municipal y para disposición final de los desechos sólidos el 68,97 por ciento utiliza el servicio municipal y el 31,03 por ciento el privado. En cuanto a las horas de servicio, ver figura 21, en la cual se observa que la suministración del vital líquido no es constante y debido a ello más del 50 por ciento de los domicilios posee una cisterna en su casa.

Figura 21. **Horas de suministro al día para sector domiciliar**



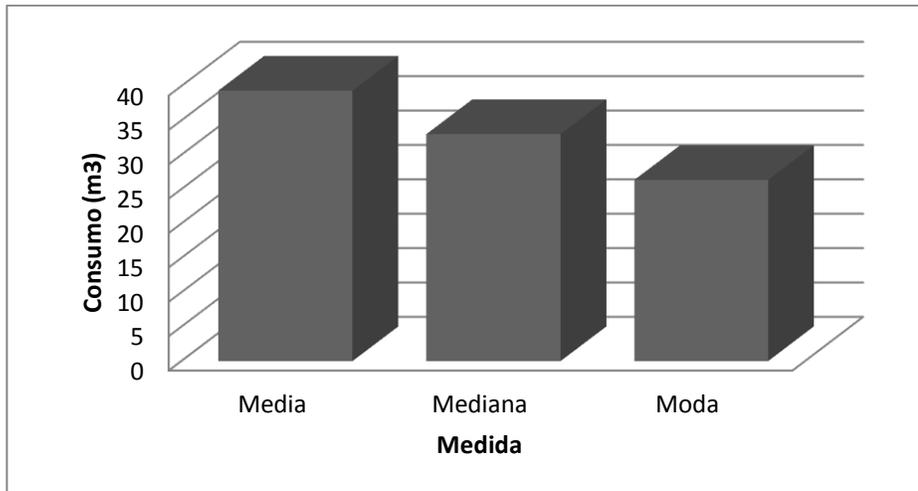
Fuente: elaboración propia.

## 6.2. Comercial

La figura 22 representa las medidas de tendencia central de consumo de agua potable para el sector comercial, según los datos de la tabla XXIX del capítulo 5.

El consumo medio mensual para este sector es de 39,33 metros cúbicos. La desviación estándar varía respecto a la media en un 40,00 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis es muy pequeño e indica que existe una baja concentración de datos. El 97,5 por ciento de los comercios consume 71,58 metros cúbicos ó menos y el 2,5 por ciento consume 21,48 metros cúbicos o menos.

Figura 22. **Medidas de tendencia central para servicio comercial**

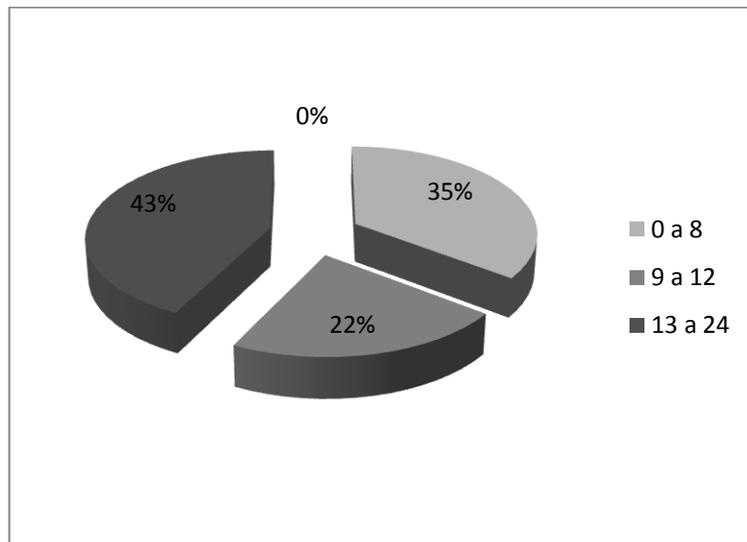


Fuente: elaboración propia.

Al igual que para los servicios domiciliarios, la mayoría de comercios posee una conexión de agua de (EMPAGUA). El promedio de servicio de agua diaria varía, según la tabla XVIII, la cual indica que el 94,11 por ciento recibe agua 4 días a la semana y el 5,89 por ciento recibe toda la semana. Según la tabla XXI el 44,65 por ciento abastece a comercios entre 1 y 5 personas, el 32,36 por ciento está entre 6 y 15 personas y el 25 por ciento está en un rango de 15 personas en adelante. Todos los comercios utilizan el alcantarillado municipal y para disposición final de los desechos sólidos el 89,71 por ciento utiliza el servicio municipal y el 10,29 por ciento el privado.

La figura 23 muestra el suministro del vital líquido el cual no es constante y este problema obliga a los comercios poseer una cisterna en su local.

Figura 23. **Horas de suministro al día para sector comercial**



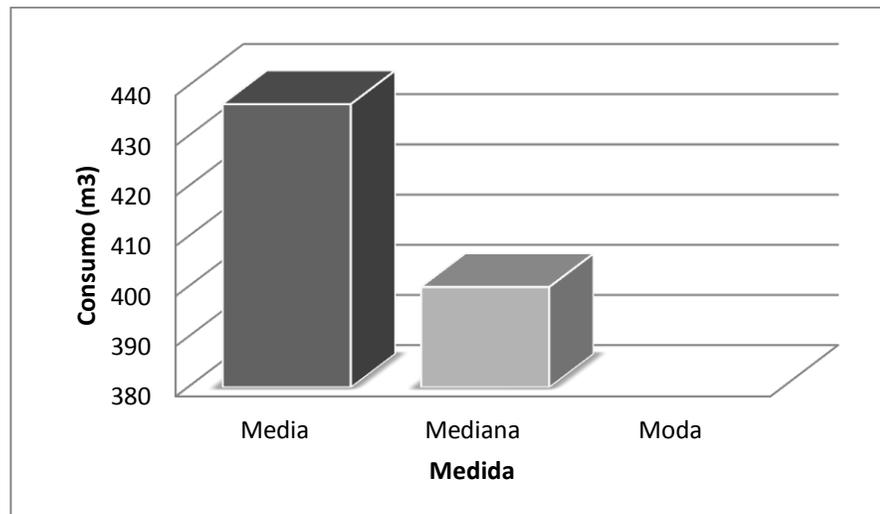
Fuente: elaboración propia.

### 6.3. Industrial

Con los datos que proporciona la tabla XXIX, específicamente las medidas de tendencia central, la cual se representa en la figura 24.

La desviación estándar varía respecto a la media en un 35,00 por ciento, el coeficiente de asimetría indica que es positivo y el coeficiente de curtosis indica que existe una gran concentración de datos. El 97,5 por ciento de las industrias consume 710,35 metros cúbicos ó menos y el 2,5 por ciento consume 283,50 metros cúbicos o menos.

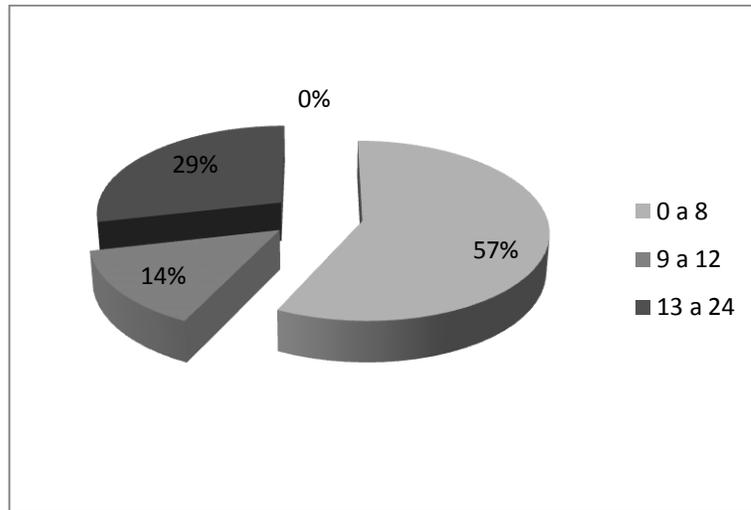
Figura 24. **Medidas de tendencia central para servicio industrial**



Fuente: elaboración propia.

A través de la encuesta se determinó que todo el sector industrial posee una conexión de agua de EMPAGUA. El promedio de servicio de agua diaria, según la tabla XVIII, indica que se recibe el vital líquido toda la semana. Todas las industrias utilizan el alcantarillado municipal y para disposición final de los desechos sólidos el 85,72 por ciento utiliza el servicio municipal y el 14,28 por ciento el privado. Debido a que el servicio de EMPAGUA es irregular todas las industrias poseen cisternas, para abastecerse de agua potable por otros medios. Ver figura 25.

Figura 25. **Horas de suministro al día para sector industrial**



Fuente: elaboración propia.

#### 6.4. **Discusión de resultados**

Las fuentes de agua que abastecen a la zona 8 son dos, una es de origen superficial y la otra subterránea. Los ríos Xaya y Pixcaya alimentan de agua a la planta de tratamiento Lo de Coy, la cual cubre el 39 por ciento del consumo de agua para la ciudad de Guatemala y Ojo de Agua-Diamante que es abastecida por un sistema de pozos y a la vez suministra el 22 por ciento del consumo.

Lo de Coy suministra agua a las zonas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11,19 y parcialmente a las zonas 4 y 18; dicha planta produce 140 000 metros cúbicos diarios, de este volumen la zona 8 utiliza el 1,23 por ciento; Ojo de Agua-Diamante tiene una producción promedio de 86 400 metros cúbicos por día y la zona 8 consume el 1,71 por ciento del volumen producido.

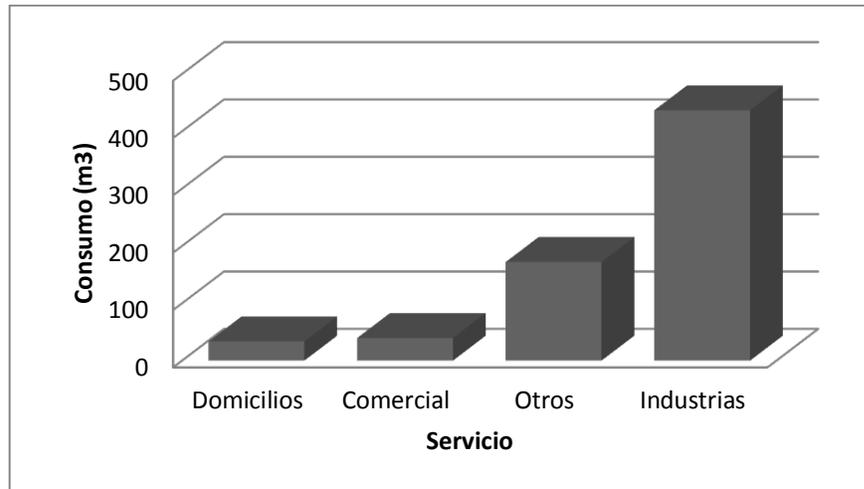
De acuerdo a las tablas VII y VIII del capítulo 4, la cual muestra el consumo de agua potable y el número de usuarios para 2007, de la información proporcionada por la empresa encargada del agua potable para la zona 8. El promedio de consumo mensual de agua potable para ese año fue de 87 693,50 metros cúbicos y el promedio de usuarios 2 954, lo cual da un consumo por usuario de 29,68 metros cúbicos.

De la misma forma se calculó el promedio por usuario para los siguientes años; en el 2008 fue de 29,98 metros cúbicos, 2009 fue de 29,97 metros cúbicos, 2010 fue de 30,20 metros cúbicos y para 2011 fue de 31,90 metros cúbicos. De 2007 al 2011 hay un aumento de 2,2 metros cúbicos por usuario (6,96 por ciento), y el aumento en consumo de agua potable fue 1 616,08 metros cúbicos (1,81 por ciento). La media del consumo de agua potable mensual de 2007 al 2011 por usuario según EMPAGUA fue de 30,35 metros cúbicos y dicho valor sirve para comparar con los datos obtenidos por la encuesta.

Con la información que proporciona el Instituto Nacional de Estadística (INE), la cual indica que la tasa de crecimiento poblacional para la zona 8 es de negativa de 1,4 por ciento y la de vivienda de también de 0,86 por ciento, estas tasas pronóstican un decrecimiento poblacional y en teoría la reducción del consumo del agua potable.

De acuerdo a la información proporcionada por la tabla XXIX, que muestra el consumo de agua potable mensual para los diferentes sectores mencionados en la encuesta. El consumo medio mensual para el sector domiciliar fue de 33,26 metros cúbicos, el comercial de 39,33 metros cúbicos, industrial de 436,4 metros cúbicos y consumidores especiales de 171,9 metros cúbicos. Ver figura 26.

Figura 26. **Consumo medio de agua por servicio (encuesta)**



Fuente: elaboración propia.

La media por usuario que da EMPAGUA es muy similar a la de encuesta para domicilios, con una variación de 2,91 metros cúbicos (8,76 por ciento), ahora con los comercios existe una variación de 8,98 metros cúbicos (22.84 por ciento), estos consumos son similares ya que la zona 8 está clasificada como una zona de comercios de mayor y menor de reparación de vehículos (50 por ciento) según DINEL.

Las industrias tienen un consumo medio mensual de 436,4 metros cúbicos por mes, y este volumen es suministrado por la Empresa Municipal de Agua, aparte de ello el 57 por ciento de las mismas posee pozo.

Con la comparación anterior queda claro que la zona 8 consume más agua, de la suministrada por EMPAGUA, dicha zona consume en promedio 102 882 metros cúbicos al mes, y los registros de EMPAGUA muestran que el promedio de consumo mensual fue de 87 877 metros cúbicos por mes. Es

evidente que existe un déficit en el consumo de agua potable, razón por la cual los usuarios se ven obligados en comprar agua de pipas u otros medios de abastecimiento.

## CONCLUSIONES

1. Las fuentes de agua que abastecen a la zona 8 de la ciudad de Guatemala son dos, una es de origen superficial a través de la captación de los ríos Xaya y Pixcaya en la planta Lo de Coy y la otra es subterránea, la cual extrae agua de un sistema de pozos ubicados en la planta Ojo de Agua-Diamante.
2. Las plantas de tratamiento que suministran el vital líquido a la zona 8 de la ciudad de Guatemala son las siguientes. Lo de Coy y Ojo de Agua-Diamante, cada una suministra el 50 por ciento del consumo mensual. De su producción total Lo de Coy suministra el 1,04 por ciento y Ojo de Agua-Diamante el 1,71 por ciento. El volumen de agua que dichas plantas suministran, es incapaz de cubrir la demanda de la zona 8.
3. De acuerdo a la encuesta se pudo establecer los usos que se le da al agua en la zona 8, dentro de ellos se encuentra el sector domiciliar, comercial, industrial y consumidores especiales.
4. La zona 8 consume agua para los sectores expuestos con anterioridad, y según la encuesta el consumo medio mensual para domicilios es de 33,26 m<sup>3</sup>, comercios 39,33 m<sup>3</sup>, industrias 436,4 m<sup>3</sup> y consumidores especiales 171,9 m<sup>3</sup>.

5. El consumo medio mensual por usuario de acuerdo a los registros proporcionados por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), es 30,35 metros cúbicos que contrasta con los obtenidos por la encuesta, esto quiere decir que existe un déficit en la demanda del agua potable.
6. Al hacer un análisis con los datos obtenidos de la Empresa Municipal de Agua del 2007-2011, se observa que el consumo promedio mensual para la zona 8 del período en estudio fue de 87 877 metros cúbicos, creciendo a una tasa anual de 0.5 por ciento.
7. Es importante hacer énfasis en los datos obtenidos mediante la encuesta, el 57 por ciento del sector industrial se abastece de agua subterránea, mediante pozos perforados, cuyo consumo de agua no se pudo establecer. La municipalidad no tiene control alguno del uso del agua subterránea, mucho menos el registro de pozos privados en la zona 8, lo que permite a diversos sectores hacer uso libre del agua subterránea que reciben sin costo alguno.
8. Según la encuesta el consumo medio mensual de agua para los diferentes sectores es mayor a los datos registrados por la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA en un 13,88 por ciento.

## RECOMENDACIONES

1. La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) debe de hacer énfasis en la implementación de un programa que le permita el cuidado de las fuentes de abastecimiento de agua, independientemente de su origen, porque de lo contrario se vislumbra un futuro de déficit en el servicio de agua potable.
2. Emplear medidas de restricción a través de normas o reglamentos de perforación de pozos mecánicos que permitan tener un mayor control del agua subterránea garantizando el uso adecuado de la misma y sobre todo cuidando la recarga hídrica que mantenga estable el nivel estático de los pozos.
3. Es necesario implementar campañas de educación sanitaria referentes al uso racional del agua, dado que no es solo importante el incremento en cobertura sino la concientización del uso adecuado del agua.
4. Se requiere la voluntad política, desarrollo de mecanismos de recopilación, encuestas, inventarios e investigación de campo para tener un panorama completo del consumo del agua potable en toda la ciudad de Guatemala.
5. Realizar este tipo de investigaciones a lo largo del territorio nacional que permita conocer los destinos y usos del agua determinando así el porcentaje de desperdicio de la misma, ubicar los lugares que no

cuentan con el vital servicio que se ven forzados a comprar agua sin potabilizarse por medio de toneles, pipas u otro servicio.

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

## BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. GRANADOS RODRÍGUEZ, Edwar Otoniel. *Diagnostico físico de las cuencas de los ríos Xayá Pixcayá*. Trabajo de graduación Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1983. 133 p.
3. GELLERET Guisela; PINTO SORIA, Julio Cesar. *Ciudad de Guatemala: dos estudios sobre la Evolución Urbana 1524-1950*. Guatemala: Editorial universitaria, USAC, 1990. 80 p.
4. Instituto Nacional de Estadística NE. 2004. *Proyecciones de Población con Base en XI Censo de Población y VI de Habitación 2002, Período 2000-2020*. Guatemala: -INE-, 2004. 1779 p.
5. LEE ALMENGOR, Jorge Luis. *Calidad del agua para consumo humano que suministra la empresa municipal de agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA): determinaciones análisis e índices de calidad*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 161 p.

6. MILIAN BALCARCEL, Nery Adelino. *Propuesta de transformación urbana sector zona 8 del área de influencia del proyecto de transmetro eje suroccidente del plan de desarrollo metropolitano Guatemala a 2020 conjunto habitacional sexta a octava avenida y treinta y siete a treinta y nueve calle B*. Trabajo de graduación de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2008. 228 p.
  
7. NAVE HERRERA, Oscar Federico. *Muestra y Diseño de Muestreo*. Guatemala: USAC. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Unidad de Informática.
  
8. PALACIOS VILLATORO, Rosa Amelia. *Uso y manejo del agua en Guatemala un enfoque ético y ambiental*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de humanidades, 2003. 98 p
  
9. VALLADARES VIELMAN, Luis Rafael; MORAN MERIDA, Juan Alberto. *El crecimiento de la ciudad de Guatemala 1944-2005*. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales, 2005. 168 p.

## **APÉNDICES**



Para tener una idea del comportamiento del consumo de agua potable en la zona 8 en los siguientes años, se hace una proyección para los datos de la encuesta y de (EMPAGUA).

A partir de la tabla IV, se calcula la tasa de crecimiento en viviendas para la zona 8, dicha tasa es negativa de 0,86 por ciento. Luego se calcula el porcentaje que representa cada sector, con la información de la encuesta. Para el servicio domiciliario se realizó un total de 29 boletas, que representa un 27.62 por ciento de la muestra, al tener estos datos se multiplica el consumo medio de agua por sector que aparece en la tabla, esto se repite para cada sector. Ver la siguiente tabla.

**Proyección de consumo de agua anual en m<sup>3</sup> por sectores (encuesta)**

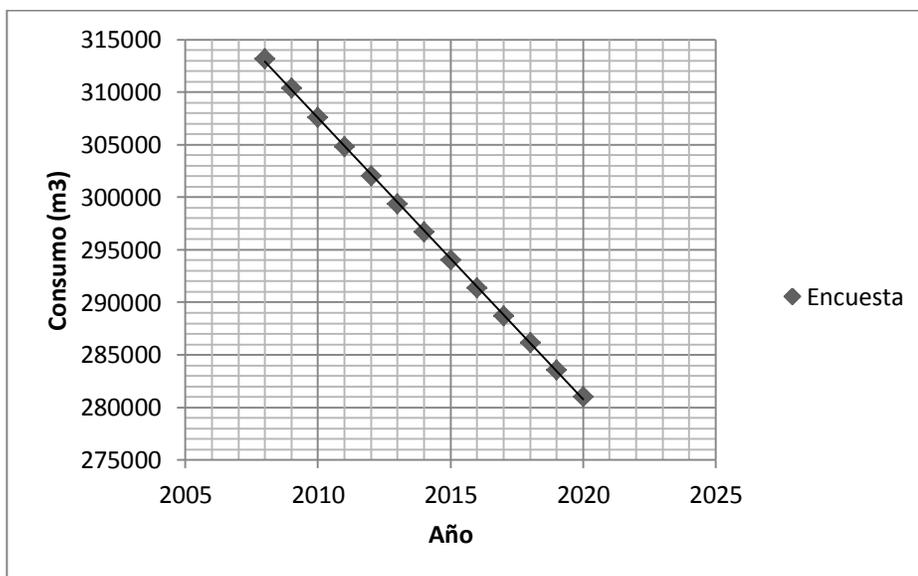
<b>Año</b>	<b>usuarios</b>	<b>Domiciliar</b>	<b>Comercial</b>	<b>Industrial</b>	<b>Total</b>
2 008	2 814	313 178,72	868 370,10	69 713,19	1 251 262,00
2 009	2,789	310 396,39	860 655,36	69 093,85	1 240 145,60
2 010	2,764	307 614,06	852 940,63	68 474,50	1 229 029,20
2 011	2,739	304 831,74	845 225,90	67 855,16	1 217 912,80
2 012	2 714	302 049,41	837 511,17	67 235,82	1 206 796,40
2 013	2 690	299 378,38	830 105,03	66 641,25	1 196 124,66
2 014	2 666	296 707,34	822 698,89	66 046,68	1 185 452,91
2 015	2 642	294 036 31	815 292,75	65 452,11	1 174 781,17
2 016	2 618	291 365,28	807 886,61	64 857,54	1 164 109,43
2 017	2 594	288 694,24	800 480,46	64 262,98	1 153 437,68
2 018	2 571	286 134,50	793 382,91	63 693,18	1 143 210,59
2 019	2 548	283 574,76	786 285,36	63 123,39	1 132 983,51
2 020	2 525	281 015,02	779 187,81	62 553,59	1 122 756,42

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que tanto el número de usuarios, como el consumo de agua potable van a experimentar un decrecimiento. El consumo de agua para 2020 estaría variando respecto al actual en 7 929,70 metros cúbicos (7,81 por

ciento) menos y el número de usuarios en un 10,71 por ciento inferior al actual, este comportamiento se debe a las tasas de crecimiento negativas, básicamente solo es una predicción no quiere decir que así se comporte, porque hay que pensar en el número de personas que llegan a la zona 8 a trabajar y realizar varias actividades, hay que hacer mención que este grupo de individuos aquí no se les ha dado mucha importancia, en teoría la zona 8 consumiría menos agua para el futuro, pero ya se dejó claro que esto no puede ser muy creíble.

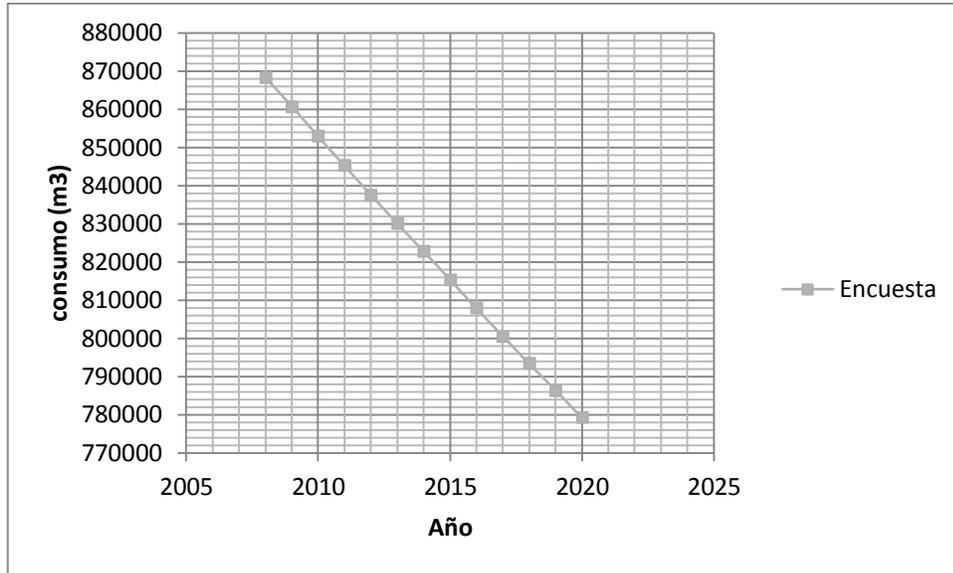
### Proyección de consumo de agua anual para servicio domiciliario



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior, muestra que el consumo de agua que disminuye a través del tiempo, debido a que las tasas de crecimiento para viviendas es de negativa de 0,86 por ciento y la de habitantes también es negativa de 1,4 por ciento según el último censo del (INE).

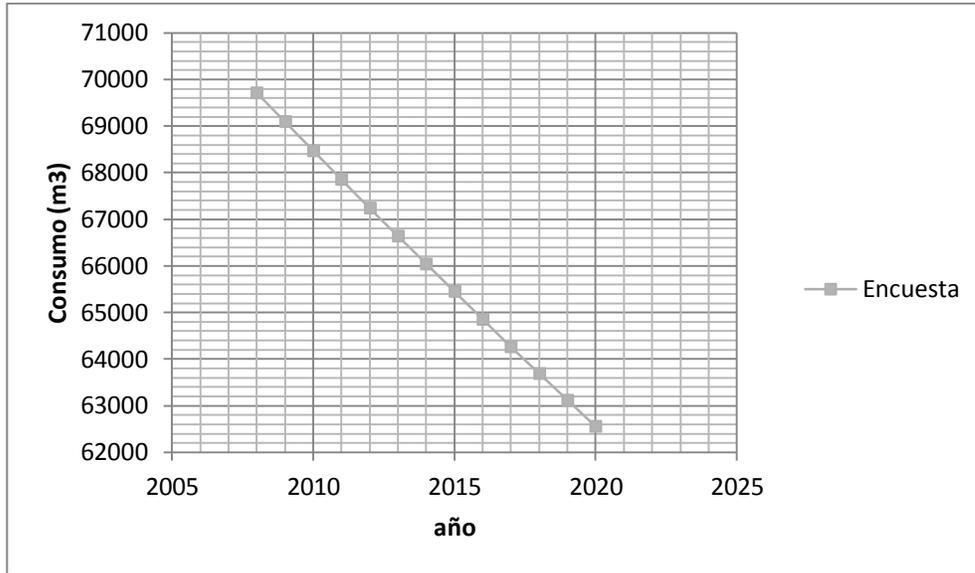
### Proyección de consumo de agua anual servicio comercial



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior muestra el consumo de agua potable para el sector comercial en los próximos años, la tendencia en el consumo se mantiene debido a las tasas de crecimiento explicadas anteriormente.

### Proyección de consumo de agua anual servicio industrial



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior muestra el consumo de agua para el sector industrial, en dicha zona únicamente existen 10 industrias caracterizadas como grandes, según el (DINEL), el consumo anual andará por los 5 431 metros cúbicos.

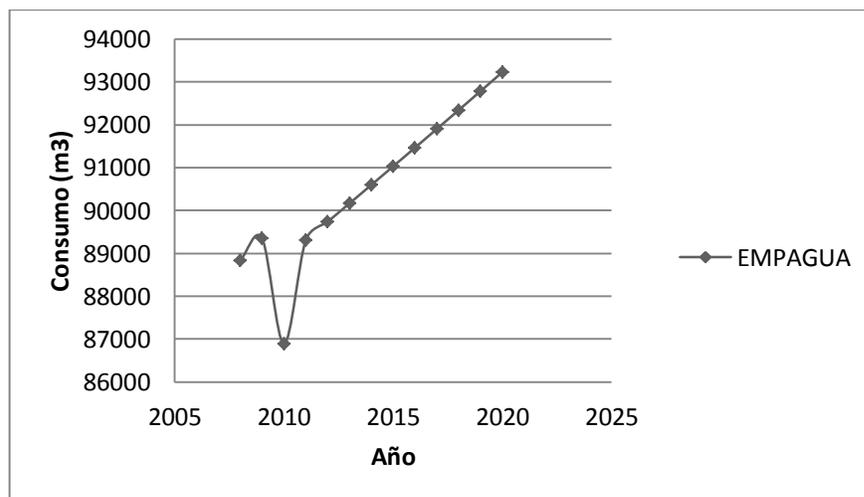
Para tener una proyección del consumo de agua potable para los próximos años, según la información proporcionada por EMPAGUA en las tablas VII, VIII, IX, X y XI, que aparece en el capítulo 4. Se calculó la tasa de crecimiento para el número de usuarios, el resultado fue negativo de 1,32 por ciento; seguidamente la de consumo de agua, que da como resultado 0,50 por ciento. Con estos datos se procede a calcular el número de usuarios por año y sucesivamente el consumo de agua. Ver La siguiente tabla.

### Proyección anual de consumo de agua en m<sup>3</sup> para EMPAGUA

Año	Usuarios	Consumo (m <sup>3</sup> )
2 008	2 964	88 837,08
2 009	2 981	89 345,33
2 010	2 878	86 894,17
2 011	2 800	89 309,58
2 012	2 763	89 736,58
2 013	2 726	90 165,62
2 014	2 690	90 596,71
2 015	2 655	91 029,86
2 016	2 620	91 465,08
2 017	2 585	91 902,38
2 018	2 551	92 341 77
2 019	2 517	92 783,26
2 020	2 484	93 226,87

Fuente: elaboración propia.

### Proyección de consumo de agua anual EMPAGUA

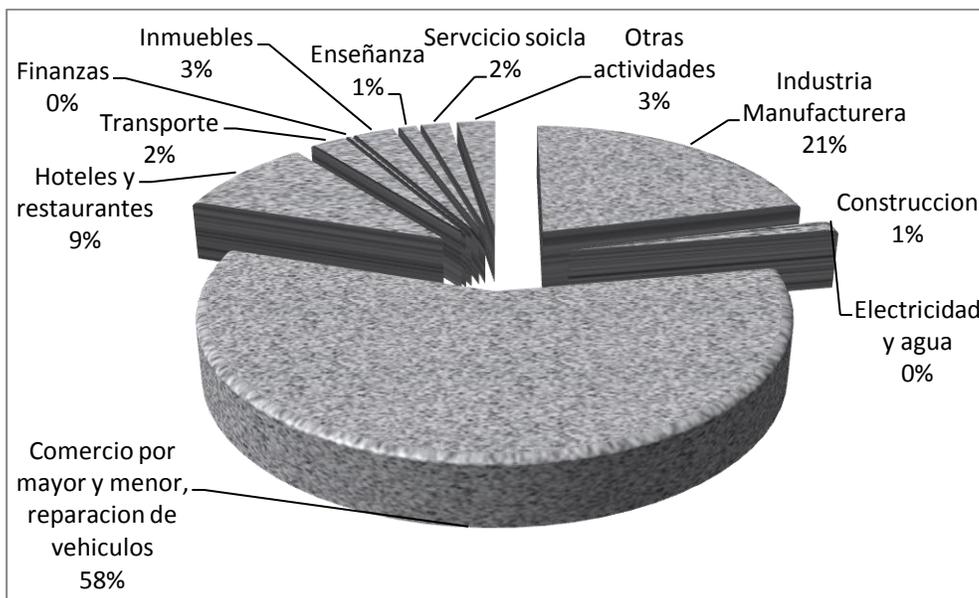


Fuente: elaboración propia.

Según las tablas VII, VII, IX, X Y XI el consumo de agua potable va a sufrir un aumento del 4,20 por ciento respecto del 2011 al 2020, esto se debe a que la tasa de crecimiento de consumo mensual es de 0,50 por ciento.

## **ANEXOS**

### Empresas de la zona 8 por sector



Fuente: Directorio Nacional de Empresas y sus locales.

### Empresas zona 8

Trabajadores	Cantidad	%
1--5	1 853	87,65
6--9	130	6,15
10--19	67	3,17
20--49	49	2,32
50--99	5	0,24
100 o mas	10	0,47
<b>Total</b>	<b>2 114</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2007.

### Clasificación de empresas de la zona 8

Clasificación de empresas	Cantidad	Trabajadores					
		1--5	6--9	10--19	20--49	50--99	100 o mas
Industrias manufactureras	468	394	42	13	12	2	5
Suministro de electricidad y agua	4	1	2	1	0	0	0
Construcción	18	10	3	1	2	2	0
Comercio por mayor y menor, reparación de vehículos y motocicletas	1 212	1 111	47	32	20	0	2
Hoteles y restaurantes	196	173	14	6	2	0	1
Almacenamiento y comunicaciones	47	35	5	5	1	0	
Intermediación financiera	4	1	3	0	0	0	0
Empresariales y de alquiler	57	42	5	4	4	1	1
Enseñanza	14	5	3	2	4	0	0
Servicios sociales y de salud	40	38	0	1	0	0	0
Servicios comunitarios, sociales y personales	54	43	6	1	4	0	
<b>TOTAL</b>	<b>2 114</b>	<b>1853</b>	<b>130</b>	<b>66</b>	<b>49</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

Fuente: Directorio Nacional de Empresas y sus locales.

### Volumen de almacenamiento de agua Planta lo de Coy

MES	2008		2009		2010	
	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol (m <sup>3</sup> )
Enero	1 205	3 227 472,00	1 316	3 524 774,40	1 220	3 267 648,00
Febrero	1 135	3 039 984,00	1 232	3 299 788,80	1 136	3 042 662,40
Marzo	1 065	2 852 496,00	1 035	2 772 144,00	1 056	2 828 390,40
Abril	1 062	2 844 460,80	1 108	2 967 667,20	1 097	2 938 204,80
Mayo	1 109	2 970 345,60	1 211	3 243 542,40	1 119	2 997 129,60
Junio	1 306	3 497 990,40	1 456	3 899 750,40	1 278	3,422,995.20
Julio	1 458	3 905 107,20	1 526	4 087 238,40	1 366	3 658 694,40
Agosto	1 584	4 242 585,60	1 587	4 250 620,80	1 427	3 822 076,80
Septiembre	1 616	4 328 294,40	1 532	4 103 308,80	1 496	4 006 886,40
Octubre	1 599	4 282 761,60	1 574	4 215 801,60	1 582	4 237 228,80
Noviembre	1 365	3 656 016,00	1 538	4 119 379,20	1 603	4 293 475,20
Diciembre	1 181	3 163 190,40	1 326	3 551 558,40	1 608	4 306 867,20

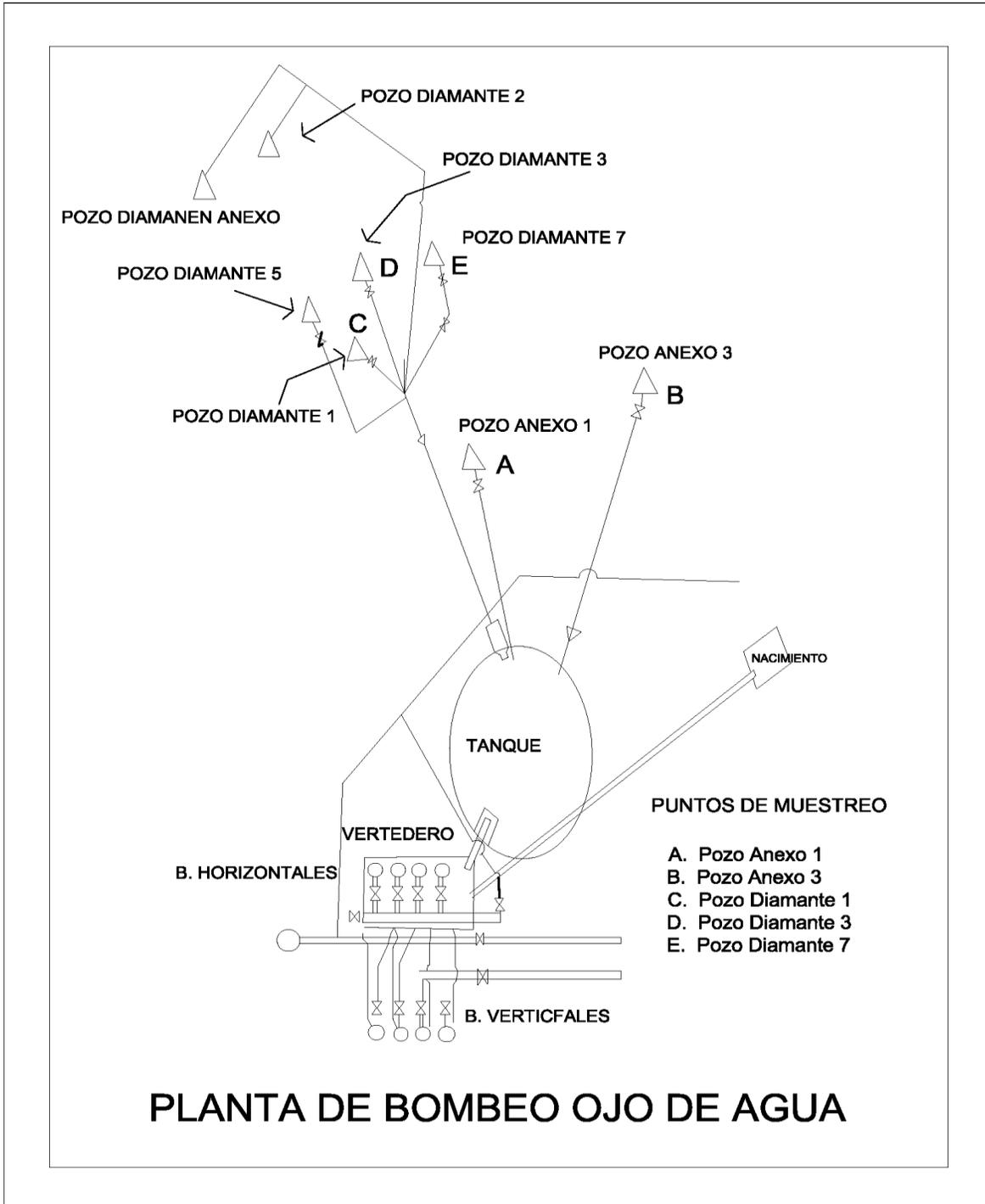
Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.

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

MES	2008		2009		2010	
	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)	Vol (m <sup>3</sup> )
Enero	954	2 555 193,60	994	2 662 329,60	1 017	2 723 932,80
Febrero	1 005	2 691 792,00	1 001	2 681 078,40	1 013	2 713 219,20
Marzo	1 007	2 697 148,80	981	2 627 510,40	1 011	2 707 862,40
Abril	1 011	2 707 862,40	1 014	2 715 897,60	1 021	2 734 646,40
Mayo	1 010	2 705 184,00	1 014	2 715 897,60	995	2 665 008,00
Junio	997	2 670 364,80	1 025	2 745 360,00	999	2 675 721,60
Julio	1 013	2 713 219,20	1 035	2 772 144,00	974	2 608 761,60
Agosto	761	2 038 262,40	865	2 316 816,00	1 001	2 681 078,40
Septiembre	796	2 132 006,40	807	2 161 468,80	963	2 579 299,20
Octubre	821	2 198 966,40	805	2 156 112,00	985	2 638 224,00
Noviembre	887	2 375 740,80	811	2 172 282,40	984	2 635 545,60
Diciembre	984	2 635 545,60	993	2 659 651,20	999	2 675 721,60

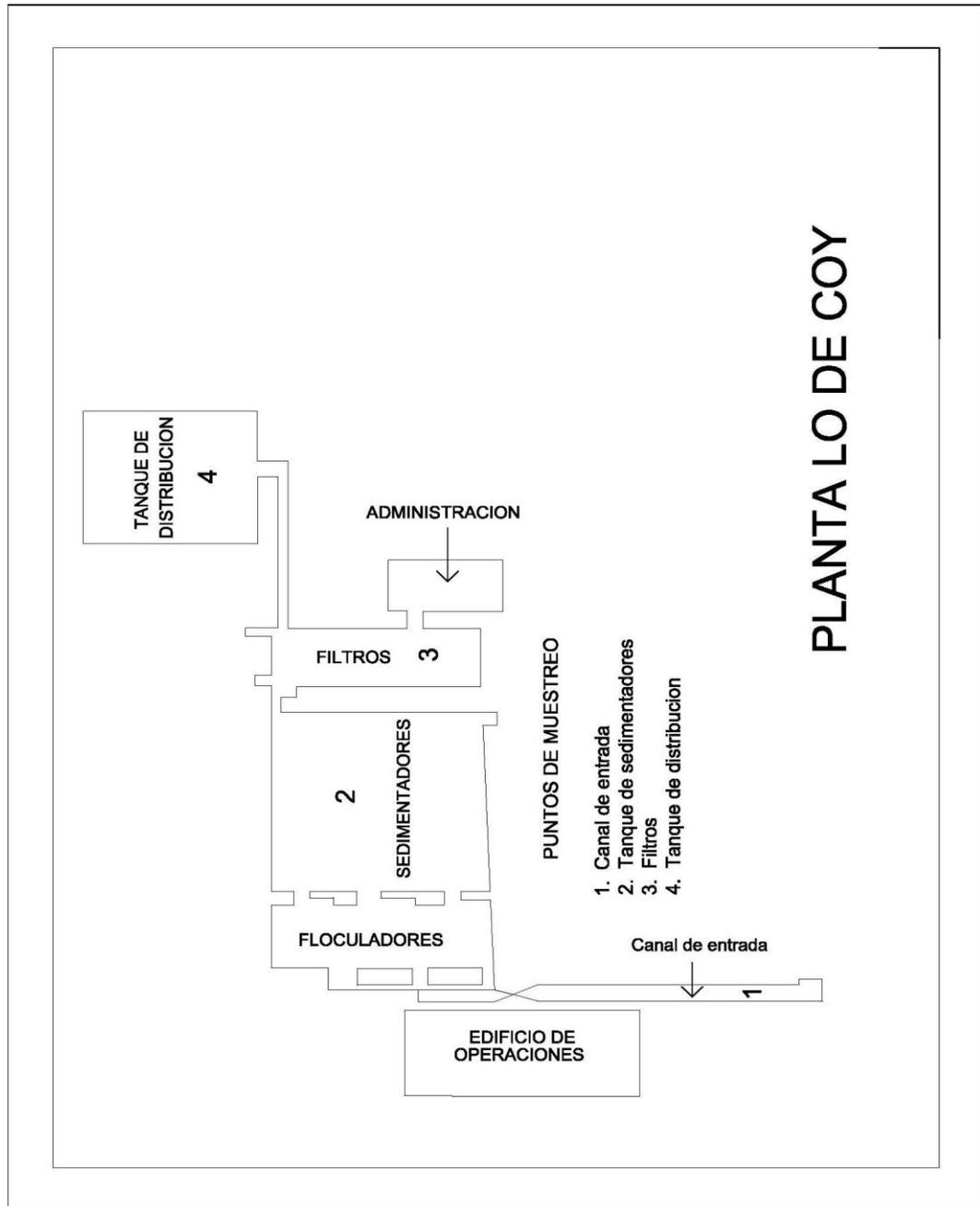
Fuente: Empagua, Dirección de Fuentes de Producción de Agua

## Planta de bombeo Ojo de Agua – Diamante



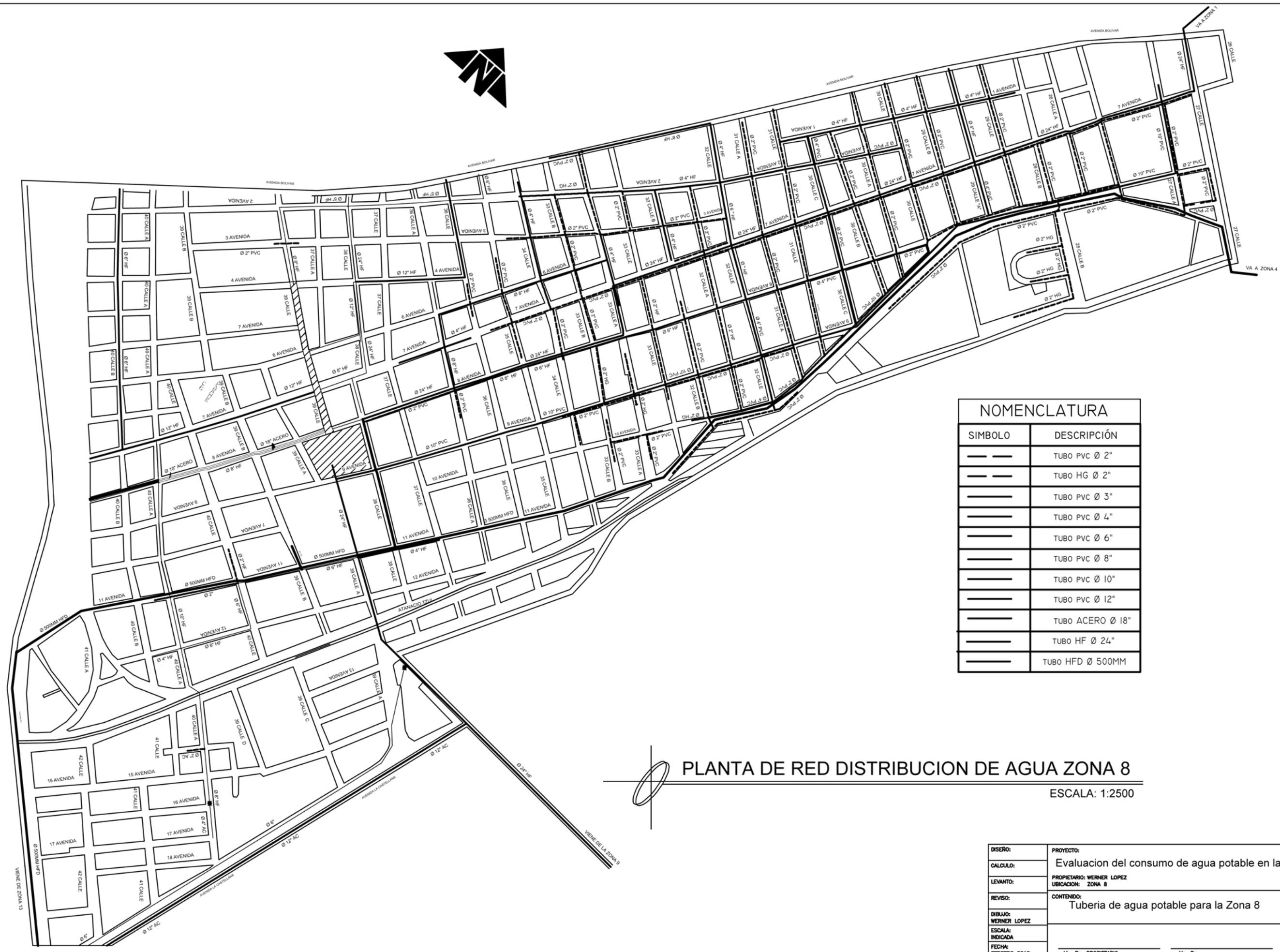
Fuente: EMPAGUA, Dirección de Fuentes de Producción de Agua.

## Planta Lo de Coy



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

- Red de distribución de agua potable zona 8



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBO PVC Ø 2"
	TUBO HG Ø 2"
	TUBO PVC Ø 3"
	TUBO PVC Ø 4"
	TUBO PVC Ø 6"
	TUBO PVC Ø 8"
	TUBO PVC Ø 10"
	TUBO PVC Ø 12"
	TUBO ACERO Ø 18"
	TUBO HF Ø 24"
	TUBO HFD Ø 500MM

**PLANTA DE RED DISTRIBUCION DE AGUA ZONA 8**

ESCALA: 1:2500

DISEÑO: CALCULO: LEVANTO: REVISO: DIBUJO: ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO 2012	PROYECTO: Evaluacion del consumo de agua potable en la Zona 8 PROPIETARIO: WERNER LOPEZ UBICACION: ZONA 8 CONTENIDO: Tuberia de agua potable para la Zona 8	HOJA: 1 2
--	--	-----------------