



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

**DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE  
AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN  
CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA**

**Sergio Antonio Castellanos López**  
**Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero**

Guatemala, mayo 2012



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE  
AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN  
CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SERGIO ANTONIO CASTELLANOS LÓPEZ**

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2012

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Antonio Arreaga Solares
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
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:

### **DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA**

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

  
Sergio Antonio Castellanos López

# *Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero*

Ingeniería Civil, Sanitaria y Ambiental. Avalúos

Colegiado 2548

06 de marzo de 2012

Ingeniero

*Pedro Aguilar Polanco*

*Jefe del Departamento de Hidráulica*

*Facultad de Ingeniería*

*Universidad de San Carlos de Guatemala*

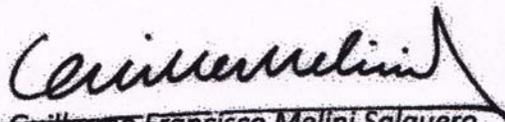
*Presente*

*Ingeniero Aguilar:*

*Después de analizar y revisar el trabajo de graduación titulado "DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA", presentado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil, SERGIO ANTONIO CASTELLANOS LÓPEZ, tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado conforme a los requisitos establecidos.*

*Por lo anterior en mi calidad de Asesor, me permito solicitar se proceda con los trámites respectivos para su aprobación.*

*Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente,*



*Ing. Civil, Guillermo Francisco Melini Salguero*  
Asesor

**Guillermo Francisco Melini Salguero**  
**INGENIERO CIVIL**  
Col. 2548



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



Guatemala,  
2 de marzo de 2012

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

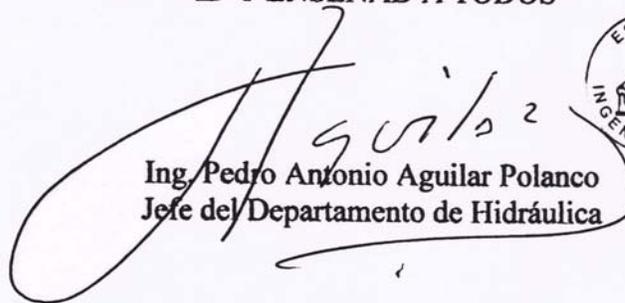
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Sergio Antonio Castellanos López, quien contó con la asesoría del Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.

Considero este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para el área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero y del Jefe del Departamento de Hidráulica Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Sergio Antonio Castellanos López, titulado DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2012

/bbdeb.



DTG. 182.2011

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: **DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y DE RETORNO DE AGUA EN DOS CONDOMINIOS UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Antonio Castellanos López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 2 de mayo de 2012

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Ruth Noemí López Revolorio y Sergio Alberto Castellanos Flores.

Mamá a ti por tu incansable sacrificio, tu dedicación y amor.

Papá a ti por tu apoyo.

### **Mis abuelos**

Victorino López Palacios (q.e.p.d.) y Amparo Revolorio de López.

Porque sus consejos y sabias palabras quedarán en mi corazón por siempre.

### **Mis hermanas**

Nancy Elizabeth Castellanos y Gloria Lisbeth Castellanos.

Porque este logro es el primero de muchos que conseguiremos juntos.

### **Mis tíos**

Por mostrarme que con trabajo y dedicación los sueños se pueden alcanzar.

### **Mis primos**

Para que este logro sirva de inspiración en su vida profesional. En especial a Tannia, Rocío, Nery Esteban y José Luis.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser el motor de mi existencia y la razón de mi vida.
<b>Ing. Luis Roberto López</b>	Por depositar toda su confianza en mí y mostrarme el camino que me llevará al éxito. Por todas sus enseñanzas y por permitirme seguir sus pasos.
<b>Nery Esteban López</b>	Por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo.
<b>Inga. Ileana Pierri</b>	Por su paciencia, dedicación y apoyo en la elaboración de este documento.
<b>Mis amigos</b>	Por hacer de este camino algo extraordinario y único. En especial a Natalia Rodas, Abraham Ramírez, Byron García y Marielos González.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero. Por su apoyo en este trabajo de graduación.
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por prepararme académicamente.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Gloriosa y tricentenaria casa de estudios que me inspiró a finalizar esta carrera.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Historia de la zona de estudio.....	1
1.2.1. Ubicación geográfica.....	2
1.2.2. Colindancias.....	3
1.2.3. Vías de acceso y comunicación .....	3
1.2.4. Clima .....	4
1.2.5. Suelo.....	5
1.2.6. Datación de agua potable .....	5
1.3. Características de la población.....	6
1.3.1. Situación socioeconómica .....	6
1.3.2. Educación.....	7
2. FACTORES DE CONSUMO DE AGUA POTABLE Y FACTORES DE RETORNO DE AGUAS RESIDUALES .....	9
2.1. Factor de consumo de agua potable.....	9
2.1.1. Factores determinantes del consumo .....	9
2.1.1.1. Temperatura.....	9

	2.1.1.2.	Calidad del agua .....	9
	2.1.1.3.	Características socioeconómicas .....	10
	2.1.1.4.	Disponibilidad del servicio de alcantarillado .....	10
	2.1.1.5.	Presión en la red de distribución de agua .....	10
	2.1.1.6.	Administración.....	11
	2.1.1.7.	Medidores y tarifas .....	11
	2.1.2.	Clasificación del consumo de agua .....	11
	2.1.3.	Consumo futuro .....	13
	2.1.4.	Caudal de diseño.....	13
	2.1.4.1.	Caudal medio diario .....	13
	2.1.4.2.	Caudal máximo diario.....	14
	2.1.4.3.	Caudal máximo horario .....	14
2.2.		Factor de retorno de aguas residuales .....	15
	2.2.1.	Caudal de diseño.....	15
	2.2.2.	Factor de retorno .....	16
	2.2.3.	Densidad de población .....	16
	2.2.4.	Área de drenaje .....	16
	2.2.5.	Caudal medio diario de aguas residuales.....	17
	2.2.6.	Caudal medio horario de aguas residuales .....	17
	2.2.7.	Caudal de conexiones aguas ilícitas.....	18
	2.2.8.	Diámetro de diseño.....	18
	2.2.9.	Factores de consumo .....	19
	2.2.10.	Factores de retorno .....	19
2.3.		Métodos de medición de caudales.....	20
	2.3.1.	Tipos de caudalímetros .....	20
	2.3.1.1.	Medidores de desplazamiento positivo .....	20

2.3.1.2.	Medidores de tipo velocidad .....	20
2.3.1.3.	Medidores de restricción.....	21
2.3.1.4.	Medidores sin obstrucción .....	21
2.3.1.5.	Medidores proporcionales .....	21
2.3.1.6.	Medidores mecánicos visuales .....	22
2.3.1.7.	Medidores mecánicos de molino .....	22
2.3.1.8.	Medidores de pistón oscilante .....	22
2.3.1.9.	Medidor de Coriolis.....	23
2.3.2.	Cálculo de factor de retorno de aguas residuales.....	24
2.3.2.1.	Tipos de aforo.....	24
2.3.2.1.1.	Anemómetros (molinete) .....	24
2.3.2.1.2.	Vertederos.....	24
2.3.2.1.3.	Volumétrico.....	25
2.3.2.1.4.	Equipos electrónicos de aforo .....	25
2.3.2.2.	Tabla de valores de retorno .....	25
3.	DESARROLLO DE MEDICIONES .....	27
3.1.	Descripción de la forma de recolección de información.....	27
3.2.	Cálculo de factores de consumo.....	28
3.2.1.	Caudal medio diario.....	29
3.2.2.	Caudal máximo diario .....	30
3.2.3.	Caudal máximo horario.....	79
3.2.4.	Consumo futuro .....	105
3.3.	Cálculo de factores de retorno .....	105
3.3.1.	Caudal de retorno .....	105
3.3.2.	Comparación con valores de retorno.....	106

4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	109
4.1.	Comparación de caudales de consumo entre condominios ...	109
4.2.	Comparación de factores de retorno entre condominios .....	111
4.3.	Proyecciones a futuro .....	112
4.3.1.	Dotación .....	112
	CONCLUSIONES .....	115
	RECOMENDACIONES.....	117
	BIBLIOGRAFÍA.....	119
	APÉNDICE .....	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de los condominios .....	2
2.	Colindancias del sector A-3 .....	3
3.	Principales vías de acceso al sector A-3 .....	4
4.	Etapas de movimiento de un pistón oscilante .....	23
5.	Medidor doméstico instalado en vivienda .....	27
6.	Carátula de medidor.....	28
7.	Consumo por hora y promedio diario de casa 1 del condominio A .....	31
8.	Consumo por hora y promedio diario de casa 2 del condominio A .....	33
9.	Consumo por hora y promedio diario de casa 3 del condominio A .....	35
10.	Consumo por hora y promedio diario de casa 4 del condominio A .....	37
11.	Consumo por hora y promedio diario de casa 5 del condominio A .....	39
12.	Consumo por hora y promedio diario de casa 6 del condominio A .....	41
13.	Consumo por hora y promedio diario de casa 7 del condominio A .....	43
14.	Consumo por hora y promedio diario de casa 8 del condominio A .....	45
15.	Consumo por hora y promedio diario de casa 9 del condominio A .....	47
16.	Consumo por hora y promedio diario de casa 10 del condominio A ...	49
17.	Consumo por hora y promedio diario de casa 11 del condominio A ...	51
18.	Consumo por hora y promedio diario de casa 12 del condominio A ...	53
19.	Consumo por hora y promedio diario de casa 1 del condominio B .....	55
20.	Consumo por hora y promedio diario de casa 2 del condominio B .....	57
21.	Consumo por hora y promedio diario de casa 3 del condominio B .....	59
22.	Consumo por hora y promedio diario de casa 4 del condominio B .....	61
23.	Consumo por hora y promedio diario de casa 5 del condominio B .....	63

24.	Consumo por hora y promedio diario de casa 6 del condominio B .....	65
25.	Consumo por hora y promedio diario de casa 7 del condominio B .....	67
26.	Consumo por hora y promedio diario de casa 8 del condominio B .....	69
27.	Consumo por hora y promedio diario de casa 9 del condominio B .....	71
28.	Consumo por hora y promedio diario de casa 10 del condominio B ...	73
29.	Consumo por hora y promedio diario de casa 11 del condominio B ...	75
30.	Consumo por hora y promedio diario de casa 12 del condominio B ...	77
31.	Consumo por hora y promedio diario de casa 13 del condominio B ...	79
32.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 1 del condominio A .....	80
33.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 2 del condominio A .....	81
34.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 3 del condominio A .....	82
35.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 4 del condominio A .....	83
36.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 5 del condominio A .....	84
37.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 6 del condominio A .....	85
38.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 7 del condominio A .....	86
39.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 8 del condominio A .....	87
40.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 9 del condominio A .....	88
41.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 10 del condominio A .....	89

42.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 11 del condominio A .....	90
43.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 12 del condominio A .....	91
44.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 1 del condominio B .....	92
45.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 2 del condominio B .....	93
46.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 3 del condominio B .....	94
47.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 4 del condominio B .....	95
48.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 5 del condominio B .....	96
49.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 6 del condominio B .....	97
50.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 7 del condominio B .....	98
51.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 8 del condominio B .....	99
52.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 9 del condominio B .....	100
53.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 10 del condominio B .....	101
54.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 11 del condominio B .....	102
55.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 12 del condominio B .....	103

56.	Consumo por minuto y promedio horario de casa 13 del condominio B .....	104
57.	Consumo por hora y promedio diario del condominio A .....	109
58.	Consumo por hora y promedio diario del condominio B .....	110

## TABLAS

I.	Coordenadas geográficas de los condominios en estudio.....	2
II.	Datos anuales de temperatura promedio, máxima y mínima en grados Celsius .....	5
III.	Dotación resultante de la datación de agua por habitante en condominios A y B .....	6
IV.	Clasificación del consumo de agua en domicilios .....	12
V.	Relación máxima entre caudal y caudal inicial ( $Q/Q_0$ ) para la selección del diámetro .....	18
VI.	Valores de factores de retorno (R).....	26
VII.	Caudal medio diario real de cada condominio en metros cúbicos ...	29
VIII.	Consumo diario de casa 1 del condominio A en $m^3$ .....	30
IX.	Consumo diario de casa 2 del condominio A en $m^3$ .....	32
X.	Consumo diario de casa 3 del condominio A en $m^3$ .....	34
XI.	Consumo diario de casa 4 del condominio A en $m^3$ .....	36
XII.	Consumo diario de casa 5 del condominio A en $m^3$ .....	38
XIII.	Consumo diario de casa 6 del condominio A en $m^3$ .....	40
XIV.	Consumo diario de casa 7 del condominio A en $m^3$ .....	42
XV.	Consumo diario de casa 8 del condominio A en $m^3$ .....	44
XVI.	Consumo diario de casa 9 del condominio A en $m^3$ .....	46
XVII.	Consumo diario de casa 10 del condominio A en $m^3$ .....	48
XVIII.	Consumo diario de casa 11 del condominio A en $m^3$ .....	50

XIX.	Consumo diario de casa 12 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	52
XX.	Consumo diario de casa 1 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	54
XXI.	Consumo diario de casa 2 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	56
XXII.	Consumo diario de casa 3 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	58
XXIII.	Consumo diario de casa 4 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	60
XXIV.	Consumo diario de casa 5 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	62
XXV.	Consumo diario de casa 6 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	64
XXVI.	Consumo diario de casa 7 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	66
XXVII.	Consumo diario de casa 8 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	68
XXVIII.	Consumo diario de casa 9 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	70
XXIX.	Consumo diario de casa 10 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	72
XXX.	Consumo diario de casa 11 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	74
XXXI.	Consumo diario de casa 12 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	76
XXXII.	Consumo diario de casa 13 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	78
XXXIII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 1 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	80
XXXIV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 2 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	81
XXXV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 3 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	82
XXXVI.	Consumo en hora de mayor uso de casa 4 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	83
XXXVII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 5 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	84
XXXVIII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 6 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	86
XXXIX.	Consumo en hora de mayor uso de casa 7 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	86

XL.	Consumo en hora de mayor uso de casa 8 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	87
XLI.	Consumo en hora de mayor uso de casa 9 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	88
XLII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 10 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	89
XLIII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 11 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	90
XLIV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 12 del condominio A en m <sup>3</sup> .....	91
XLV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 1 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	92
XLVI.	Consumo en hora de mayor uso de casa 2 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	93
XLVII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 3 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	94
XLVIII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 4 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	95
XLIX.	Consumo en hora de mayor uso de casa 5 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	96
L.	Consumo en hora de mayor uso de casa 6 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	97
LI.	Consumo en hora de mayor uso de casa 7 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	98
LII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 8 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	99
LIII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 9 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	100

LIV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 10 de condominio B en m <sup>3</sup> .....	101
LV.	Consumo en hora de mayor uso de casa 11 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	102
LVI.	Consumo en hora de mayor uso de casa 12 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	103
LVII.	Consumo en hora de mayor uso de casa 13 del condominio B en m <sup>3</sup> .....	104
LVIII.	Consumo futuro en metros cúbicos por día .....	105
LIX.	Porcentaje que retorna de aguas residuales en cada condominio.....	106
LX.	Comparación de los factores de retorno teóricos y reales .....	107
LXI.	Comparación de valores de consumo por condominio .....	111
LXII.	Comparación de los factores de retorno por condominio .....	111
LXIII.	Proyección de dotación a futuro.....	113
LXIV.	Dotaciones reales en condominio .....	113



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>dom</sub></b>	Caudal domiciliar
<b>Q<sub>o</sub></b>	Caudal inicial
<b>Q<sub>máx</sub></b>	Caudal máximo
<b>Q<sub>md</sub></b>	Caudal medio
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>FHM</b>	Factor de hora máxima
<b>F.R.</b>	Factor de retorno
<b>P</b>	Población
<b>R</b>	Retorno de aguas servidas
<b>T</b>	Tiempo
<b>Vol</b>	Volumen



## GLOSARIO

<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Aguas negras o residuales</b>	Son las aguas retiradas de una vivienda o comercio, después de haber sido utilizadas.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua en la unidad de tiempo.
<b>Caudalímetro</b>	Instrumento para medir caudales de agua.
<b>Demanda</b>	Es la cantidad de agua asignada a cada usuario.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.



## RESUMEN

El presente trabajo contiene la información elemental sobre la determinación de caudales de consumo de agua potable y factores de retorno de aguas residuales, expuesto desde el punto de vista de sistemas en funcionamiento.

El primer capítulo, expone una breve monografía de la población objeto de estudio.

El segundo capítulo, describe las generalidades de los factores determinantes en el consumo de agua potable y factores de retorno de aguas residuales, sus métodos de cálculo, métodos de aforo y valores teóricos de diseño.

El tercer capítulo, presenta los datos obtenidos en las mediciones de campo, muestra los caudales de consumo diario por vivienda y en conjunto; los caudales de aguas residuales de cada condominio y un estimado de caudales futuros de consumo.

El cuarto capítulo, ofrece un análisis comparativo entre resultados obtenidos en la medición de campo y los posibles valores teóricos de diseño.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer información y registros obtenidos de mediciones para diseñar redes de distribución de agua potable y alcantarillados en condominios, mediante la comparación de un registro estadístico, obteniendo caudales de consumo y de retorno en dos condominios de similar situación poblacional, socioeconómica y climática.

### **Específicos**

1. Realizar mediciones de caudales por vivienda en ambos condominios para obtener valores de consumo máximo por día y consumo promedio, tanto individual como de conjunto.
2. Efectuar aforos de aguas negras en las líneas principales de descarga para obtener caudales residuales y factores de retorno.
3. Verificar si la dotación de agua potable es mayor o menor a la demanda de la población.



## INTRODUCCIÓN

El complemento para establecer el caudal de diseño de un acueducto es la determinación del consumo de agua. El consumo es el volumen de agua utilizado para sus actividades por una persona en un día y se expresa por lo general en litros por habitante por día.

La determinación del consumo debe hacerse en base a datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población (en el caso de que se disponga de esta información) o, si no, basándose en datos de otras poblaciones de condiciones socioeconómicas similares.

En Guatemala, la mayoría de regiones no cuentan con registros estadísticos que permitan, al momento de diseñar, tener la información fundamental sobre la región o población objetivo que facilitaría en gran manera el cálculo del caudal de diseño.

La determinación de estos factores no sólo contribuyen al diseño de obras de captación y distribución de agua potable, también influyen en el diseño de obras de alcantarillados sanitarios. Existen parámetros como el factor de retorno que es un valor porcentual del total de agua que se consume, este valor varía en función de la población, dotación y condiciones climáticas de la región.

Esta investigación busca presentar valores reales de factores de consumo de agua potable y retorno de aguas servidas para ciudad San Cristóbal, zona 8 de Mixco, Guatemala.



# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Generalidades**

Se incluyen en este estudio dos condominios ubicados en el sector A-3 de ciudad San Cristóbal, Mixco, Guatemala. Para efectos de este trabajo no se utilizarán los nombres reales de los condominios sino que serán identificados con las literales A y B.

El condominio A cuenta con doce viviendas y el condominio B con trece; construidas en 2003 y 2005 respectivamente. Cada domicilio cuenta con su respectivo medidor domestico instalado y con drenajes separados tanto para aguas servidas como para aguas pluviales.

Las casas del condominio A tienen 175 metros cuadrados de construcción y 10 de área verde; las casas del condominio B tienen 175 metros cuadrados de construcción y 10 de área verde; cada una cuenta con diecisiete conexiones de agua potable, trece drenajes de aguas negras y cinco drenajes de agua pluvial.

## **1.2. Historia de la zona de estudio**

Entre las características más importantes de la zona de estudio se presentan aspectos, geográficos, climatológicos y sociológicos entre otros.

### 1.2.1. Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de los condominios se encuentran representadas en la siguiente tabla:

Tabla I. **Coordenadas geográficas de los condominios en estudio**

<b>Condominio</b>	<b>Norte (N)</b>	<b>Este (W)</b>
A	14°36'27,80"	90°35'39,02"
B	14°36'28,20"	90°35'36,02"

Fuente: elaboración propia.

La ubicación geográfica de ambos condominios se representa en la figura siguiente:

Figura 1. **Ubicación geográfica de los condominios**

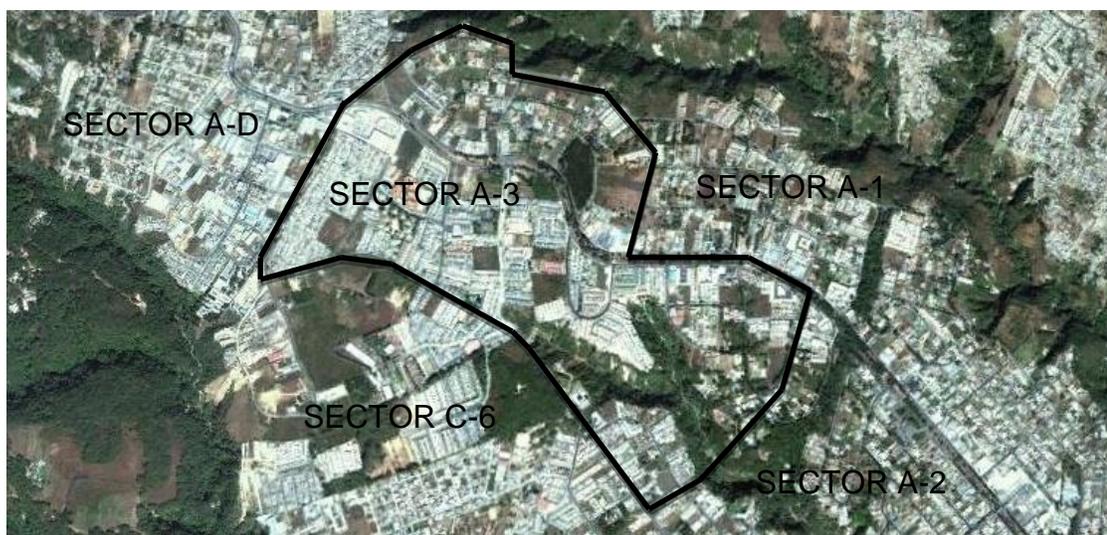


Fuente: DigitalGlobe, 2012: consultada el 18 de noviembre de 2011.

### 1.2.2. Colindancias

El área colinda al noreste con Sector A-1, al sur con Sector C-6, al sureste con Sector A-2 y al oeste con Sector A-D.

Figura 2. Colindancias del sector A-3



Fuente: DigitalGlobe, 2012: consultada el 18 de noviembre de 2011.

### 1.2.3. Vías de acceso y comunicación

La principal vía de acceso al sector A-3 es el bulevar San Cristóbal que conecta la carretera Interamericana y la 34 calle zona 11, rumbo a la calzada Raúl Aguilar Batres.

Figura 3. Principales vías de acceso al sector A-3



Fuente: DigitalGlobe, 2012: consultada el 18 de noviembre de 2011.

#### 1.2.4. Clima

La estación meteorológica más cercana se ubica en las instalaciones del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en la ciudad de Guatemala. Según datos de dicha institución la temperatura promedio en la zona varía desde diecinueve a veinticinco grados Celsius en los últimos cinco años.

Tabla II. **Datos anuales de temperatura promedio, máxima y mínima en grados Celsius**

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>
2006	19,9	25,5	15,3
2007	24,9	25,6	15,6
2008	24,7	25,2	15,3
2009	20,2	25,8	15,5
2010	25,9	25,3	15,9

Fuente: elaboración propia.

#### **1.2.5. Suelo**

Se realizó una evaluación de suelos por medio de inspección ocular. Se determinó que los suelos de esta región son de tipo arenoso, con una capa delgada de limo y arena pómez blanca en estratos inferiores. El valor soporte para este tipo de suelos puede estimarse en más de 25 toneladas por metro cuadrado.

#### **1.2.6. Datación de agua potable**

La institución encargada de regular la distribución de agua en el área es el Sistema de Agua de San Cristóbal Intervención Municipal (SASCIM); a cada propiedad se le despacha media paja de agua al día, esto equivale a mil litros diarios (1,00 metro cúbico).

Tabla III. **Dotación resultante de la datación de agua por habitante en condominios A y B**

<b>Número de habitantes</b>	<b>Dotación (l/hab./día)</b>
4	250,00
5	200,00
6	166,67
7	142,85
8	125,00

Fuente: elaboración propia.

### **1.3. Características de la población**

Al hacer una analogía entre los habitantes de ambos condominios, se establecen dos variables de conformidad entre ellos que se presentan a continuación:

#### **1.3.1. Situación socioeconómica**

Las familias residentes de ambos condominios comparten un nivel económico medio alto, los ingresos promedio mensuales superan los veinte mil quetzales y son producto de servicios profesionales y negocios propios. En algunos casos los ingresos son compartidos entre varios miembros de la familia.

### **1.3.2. Educación**

El cien por ciento de los habitantes encuestados cuentan con educación primaria aprobada como mínimo; no existe analfabetismo entre la población y un buen porcentaje cuenta con estudios de licenciatura y maestría.



## **2. FACTORES DE CONSUMO DE AGUA POTABLE Y FACTORES DE RETORNO DE AGUAS RESIDUALES**

### **2.1. Factor de consumo de agua potable**

La determinación de este factor se relaciona directamente con variables que afectan al ser humano y el ambiente en donde se desenvuelve, se expone únicamente lo relacionado con viviendas.

#### **2.1.1. Factores determinantes del consumo**

Existen siete factores identificados a lo largo del tiempo, que afectan directamente en el consumo humano de agua potable, estos se describen a continuación.

##### **2.1.1.1. Temperatura**

Siguiendo las condiciones propias de la actividad humana, a mayor temperatura, mayor será el consumo de agua. Se beberá más agua, el aseo personal es más frecuente, se utiliza más agua en el riego de jardines y sistemas de aire acondicionado.

##### **2.1.1.2. Calidad del agua**

Se refiere a las características físicas, químicas y bacteriológicas de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua de sustentar comunidades tanto humanas como vegetales.

Cuando una población aumenta su confianza en la calidad del agua automáticamente aumenta su consumo.

#### **2.1.1.3. Características socioeconómicas**

El consumo de agua se ve afectado en buena parte por el nivel de educación, salud e ingresos económicos de la población. La relación es muy sencilla, en ciudades y cabeceras departamentales, el consumo es mucho mayor que en pequeños poblados o caseríos.

#### **2.1.1.4. Disponibilidad del servicio de alcantarillado**

Al disponer de una red de alcantarillado incrementa el consumo de agua potable, en comparación con sistemas de evacuación de excretas primarios como letrinas, o donde no existe ningún sistema y la disposición se hace a la intemperie. En estos casos extremos el consumo puede variar desde trescientos litros por habitante por día, para grandes ciudades, hasta cuarenta litros por habitante por día, para poblaciones sin servicios de alcantarillado.

#### **2.1.1.5. Presión en la red de distribución de agua**

Cuando las presiones en la red son demasiado altas, se presenta mayor desperdicio en el consumo doméstico al abrir las llaves de lavamanos, regaderas y otros artefactos. Si la presión excede la capacidad de la tubería se pueden presentar un mayor número de rupturas en el domicilio o en la misma red de distribución, aumentando así el volumen de agua perdida.

#### **2.1.1.6. Administración**

Una buena administración ejerce un adecuado control del consumo sobre las redes de distribución, reduciendo las fugas y desperdicios, y vigilando las conexiones clandestinas. Para dicha labor se necesita equipo especializado como amplificadores de sonido electrónicos, los cuales son muy costosos y no están al alcance de todos los municipios o comunidades.

#### **2.1.1.7. Medidores y tarifas**

Al instalar un sistema nuevo de acueducto, puede ser que en un principio no se instalen medidores y tampoco se cobre el consumo del agua. Con el tiempo el mismo se incrementa y se instalan medidores, lo cual causa un impacto psicológico en los consumidores, por lo que éste disminuye. Posteriormente aumenta y es entonces necesaria la implantación de un sistema de tarifas para racionalizarlo. En Guatemala existen empresas públicas y privadas que rigen las tarifas aplicadas al usuario.

### **2.1.2. Clasificación del consumo de agua**

Tradicionalmente se ha clasificado el consumo como: 1) doméstico, 2) industrial y comercial, 3) público y 4) pérdidas y desperdicios. En la tabla siguiente se presentan, como guía, valores típicos estadísticos del consumo para el sector doméstico que es objeto de este estudio.

El consumo doméstico cubre las necesidades directamente relacionadas con el ser humano y con servicios del hogar. Los valores a continuación presentados son proporcionales a los factores determinantes del consumo antes mencionados.

Tabla IV. **Clasificación del consumo de agua en domicilios**

<b>CONSUMO</b>	<b>ÍTEM</b>	<b>CONSUMO (L/hab*d)</b>
Doméstico	Aseo personal	45,0
	Descarga de sanitarios	40,0 20,0
	Lavado de ropa	15,0
	Cocina	10,0
	Riego de jardines	5,0
	Lavado de pisos	
	Total de consumo	135,0
Pérdidas y desperdicios	% del subtotal anterior. Se puede adoptar un 17% *	22,95
Consumo de agua total para el caudal de diseño		157,95
<p>* El porcentaje de pérdidas y desperdicios depende en gran parte de la infraestructura del lugar. Puede ser de un 45% para poblaciones con poca capacidad técnica hasta un 5% en poblaciones con un alto grado de desarrollo técnico y administrativo.</p>		

Fuente: LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Diseño de acueductos y alcantarillados. Alfaomega, 2000. p.51.

### 2.1.3. Consumo futuro

El consumo estimado por cualquiera de los métodos es actual, pero éste se puede incrementar de acuerdo a la evolución de los factores que lo afectan. Un método para proyectar el consumo, en función de la población es:

$$\text{Consumo} = \frac{\log P - 1,8}{0,014} * \frac{P_{\text{futura}}}{1\ 000} \quad (\text{m}^3)$$

### 2.1.4. Caudal de diseño

La determinación de los caudales de diseño se realiza a partir de series históricas o de datos obtenidos en aforos. Cuando los datos son insuficientes o nulos se utilizan los criterios de diseño provistos por normas nacionales e internacionales.

#### 2.1.4.1. Caudal medio diario

Se define como la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros se puede calcular en función a la población futura y a la dotación, como se muestra a continuación:

$$Q_{\text{md}} = \frac{\text{dotación} * \text{población}}{86400} \quad (\text{L/s})$$

El caudal medio diario es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se hayan estimado para el final del período de diseño, dividido entre el número de segundos que tiene un día.

#### **2.1.4.2. Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario (conocido también como caudal de conducción) es el máximo caudal producido en un día durante un período de observación de un año. El factor a utilizar dependerá del tamaño de la población a servir.

$$Q_{\text{max. diario}} = \text{FDM} * Q_{\text{md}}$$

Es el resultado de multiplicar el consumo medio diario por el factor de día máximo.

Este incremento porcentual se utiliza cuando no se cuenta con datos de consumo máximo diario. UNEPAR –INFOM recomienda lo siguiente:

- Para poblaciones del área rural un FDM de 1,2 a 1,8
- Para poblaciones urbanas un FDM de 1,8 a 2,0
- Para el área metropolitana un FDM de 2,0 a 3,0

#### **2.1.4.3. Caudal máximo horario**

Es el máximo caudal producido durante una hora en un período de observación de un año, se utiliza para diseñar el sistema de distribución. Está ligado al factor de hora máximo (FHM), éste depende de la población que se esté estudiando y de sus costumbres. UNEPAR –INFOM recomienda lo siguiente.

- Para poblaciones del área rural un FHM de 1,8 a 2,0
- Para poblaciones urbanas un FHM de 2,0 a 3,0
- Para el área metropolitana un FHM de 3,0 a 4,0

La fórmula se expresa:

$$Q_{\text{max. horario}} = FHM * Q_{\text{md}}$$

## **2.2. Factor de retorno de aguas residuales**

Los factores determinantes para el retorno de las aguas residuales en el diseño de una red domiciliar se ven afectados por variables que se presentan de la siguiente manera:

### **2.2.1. Caudal de diseño**

El caudal de aguas residuales domesticas es el producto de las aguas desechadas por las viviendas debido a las distintas actividades domiciliarias (limpieza, cocción de alimentos, etc.). Depende principalmente de la dotación de agua potable asignada a la población a servir y viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{No. de habitantes} * \text{Dotación} * \text{F.R.}}{86400} \text{ (L/s)}$$

El factor de retorno (F.R.), se refiere a la cantidad de agua, que aunque es proporcionada a la población, será vertida al sistema del alcantarillado pues cierto líquido se pierde en riego, lavado de aceras, etc. El factor de retorno varía de 0,70 a 0,90. Cuando no se sabe con certeza la dotación asignada a la población a servir, se puede asumir un valor aproximado, tomando como referencia el tipo de clima, el tipo de comunidad, densidad de vivienda, nivel económico, etc.

### **2.2.2. Factor de retorno**

Este factor tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, por razón de sus múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se puede establecer, entonces, que solo un porcentaje del total del agua consumida es devuelta al alcantarillado. Éste es llamado “factor de retorno”, que estadísticamente fluctúa entre sesenta y cinco por ciento y ochenta y cinco por ciento.

### **2.2.3. Densidad de población**

La densidad de población se define como el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Un estudio de densidad de población debe reflejar su distribución de manera zonificada, la densidad actual y la máxima densidad esperada, valor este último con el cual se debe hacer la determinación del caudal.

La densidad varía según el estrato socioeconómico y según el tamaño de la población. Para poblaciones pequeñas, la densidad puede estimarse entre cien y doscientos habitantes por hectárea, mientras que para poblaciones mayores o ciudades, la densidad suele ser determinada por el estrato y los usos de la zona (residencial, industrial o comercial) y puede llegar al orden de cuatrocientos habitantes por hectárea o más.

### **2.2.4. Área de drenaje**

La determinación de las áreas de drenaje debe hacerse de acuerdo con el plano topográfico de la población y el trazado de la red de colectores. El área

de drenaje correspondiente a cada colector se obtiene trazando las diagonales o bisectrices sobre las manzanas de la población.

### **2.2.5. Caudal medio diario de aguas residuales**

El aporte medio diario al alcantarillado sanitario resulta de sumar los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales del lugar. En este trabajo se enfoca la parte doméstica.

### **2.2.6. Caudal medio horario de aguas residuales**

El caudal de diseño de la red de colectores debe corresponder al caudal máximo horario. Este caudal se determina a partir de factores aumentados del caudal medio diario obtenido anteriormente, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características propias de la población.

Para poblaciones pequeñas pueden emplearse los factores de Babbit o de Harmond. En las ecuaciones siguientes se plantea el caudal máximo horario en función de la población expresada en miles de habitantes.

- Babbit: para poblaciones menores de 1000 habitantes:

$$Q_{\text{máx horario}} = Q_{\text{md}} * \frac{5}{P^{0,2}}$$

- Harmond: para poblaciones mayores a los 1000 habitantes:

$$Q_{\text{máx horario}} = Q_{\text{md}} * \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

### 2.2.7. Caudal de conexiones de aguas ilícitas

Este aporte proviene principalmente de las conexiones que se hacen equivocadamente de las aguas pluviales domiciliarias y conexiones clandestinas. Se estiman en un veinte por ciento del caudal máximo horario o bien con el criterio de adoptar entre uno a tres litros por habitante diarios.

### 2.2.8. Diámetro de diseño

Suponiendo un flujo uniforme, para la selección de diámetro se utiliza la ecuación de Manning. Se debe asegurar un borde libre que permita la ventilación de la tubería debido a los gases peligrosos que en ella se forman.

El diámetro se selecciona tomando como máximo la relación entre el caudal de diseño y el caudal de la tubería a sección llena ( $Q/Q_0$ ), las que se presentan a continuación.

Tabla V. **Relación máxima entre caudal y caudal inicial ( $Q/Q_0$ ) para la selección de diámetro**

<b><math>Q/Q_0</math> *</b>	<b>Diámetro de la tubería</b>
0,60	8" a 21"
0,70	24" a 1,20 metros.
0,90	> 1,25 m.

\* Coeficiente de uso

Fuente: López Cualla, Ricardo Alfredo. Diseño de acueductos y alcantarillados. Alfaomega, 2000. p. 298.

### **2.2.9. Factores de consumo**

El consumo es el volumen de agua utilizado por una persona en un día y se expresa por lo general en litros por habitante por día. La determinación del consumo debe hacerse en base a datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población (en el caso de que se disponga de esta información) o, si no, basándose en estos mismos datos de otras poblaciones vecinas.

Cuando se realiza un estudio de consumo, la parte más difícil, es la obtención de información; ya que esto implica tener datos de medición de consumos de la población a servir, durante un lapso prudencial de tiempo.

Durante el día, el caudal dado por una red pública varía continuamente: en horas diurnas supera el valor medio, alcanzando valores máximos alrededor del mediodía y los valores mínimos en las primeras horas de la madrugada.

### **2.2.10. Factores de retorno**

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos. El porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado, depende de diversos factores, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua y las variaciones del consumo según las condiciones climáticas de la población. Es recomendable estimar este factor en base a información y estudios locales, sin embargo, si no se cuenta con ellos, se utilizan los valores plasmados en las normas de diseño locales.

## **2.3. Métodos de medición de caudales**

Existen diversas formas de medir un caudal de aguas residuales, éste estudio se enfoca en la obtención de datos mediante caudalímetros con componentes mecánicos no electrónicos.

### **2.3.1. Tipos de caudalímetros**

Dependiendo del mecanismo que emplean para medir el caudal de aguas residuales o agua potable, los tipos de caudalímetros se clasifican según su uso y forma de utilización, estos son:

#### **2.3.1.1. Medidores de desplazamiento positivo**

Son llamados también volumétricos, se diferencian de otros que en su mecanismo de medición, confina el volumen de agua conocido en una cámara en cada ciclo de operación. Los medidores más usados de este tipo son: a) medidores de disco de nutación y b) medidores de pistón oscilante. En estos medidores el elemento de medición está compuesto, ya sea por una cámara y un disco o una cámara y un pistón, que oscila dentro de ella.

#### **2.3.1.2. Medidores de tipo velocidad**

Son conocidos como inferenciales, denominación que incluye medidores de flujo que tienen un elemento móvil sensitivo a la velocidad del flujo, el cual gira a una velocidad angular proporcional al caudal a medir. Los medidores de tipo de velocidad incluyen: a) medidores de chorro único o chorro múltiple, b) medidores de turbo o turbina y c) medidores de irrigación.

### **2.3.1.3. Medidores de restricción**

Éstos están basados en los principios de conservación de energía de Bernoulli que estableció en términos matemáticos. Independientemente de la fricción, es decir, si no hay pérdidas de carga la energía total del fluido es igual a la suma de la energía de la velocidad de elevación o posición y de la presión; de lo que se deduce que: si una de esas formas cambia una de las otras o ambas deberán cambiar, para que el total de la energía se mantenga inalterable.

Otro concepto importante en la medición de un fluido es la continuidad del mismo, o sea, que la misma cantidad que entra es la que sale del dispositivo. El funcionamiento u operación de estos medidores está basado en la velocidad del fluido, en caso de existir una obstrucción en una tubería; es función de la diferencia de presiones a través de la restricción. Algunos tipos de medidores de restricción son: a) tubos de Venturi, b) placas con orificio, c) medidores de área y d) Canal Parshal, canaletas abiertas o vertederos.

### **2.3.1.4. Medidores sin obstrucción**

No poseen dentro del torrente del flujo ningún elemento mecánico dinámico, los más comunes y conocidos son:

- Ultrasónicos
- Magnéticos

### **2.3.1.5. Medidores proporcionales**

Son utilizados en tuberías de diámetros muy grandes, su funcionamiento, se basa en la colocación de una tubería y un medidor de menor diámetro

interconectado con la de diámetro mayor; la lectura obtenida de este medidor se relaciona con una proporción lineal para encontrar en función del diámetro el consumo en la tubería de mayor diámetro.

#### **2.3.1.6. Medidores mecánicos visuales**

Se trata de un cono transparente invertido con una esfera plástica en su base. El fluido al circular impulsa la misma hacia arriba, mientras mayor sea el caudal más sube la esfera. La gravedad la hace bajar al detenerse el flujo. El cono tiene unas marcas que indican el caudal.

Generalmente empleado para medir gases en lugares donde se requiere conocer el caudal con poca precisión.

#### **2.3.1.7. Medidores mecánicos de molino**

Consisten en un molino cuyas aspas están transversales a la circulación de fluido. El flujo hace girar el molino cuyo eje mueve un contador que acumula lecturas.

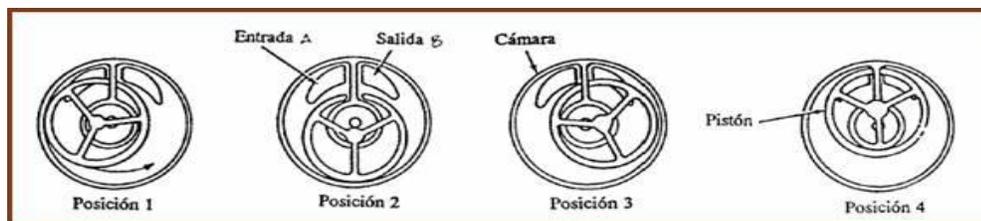
Un ejemplo de este uso son los contadores de agua de las viviendas o los antiguos contadores de gas natural.

#### **2.3.1.8. Medidores de pistón oscilante**

Consta de un pistón vacío montado excéntricamente dentro de un cilindro, ambos tienen la misma longitud, pero el émbolo, como se aprecia en la figura, tiene un diámetro más pequeño.

El pistón, cuando está funcionando, oscila alrededor de un puente divisor, que separa la entrada de la salida de líquido. Al comienzo de un ciclo el líquido entra al medidor a través de la puerta de entrada A, en la posición uno, forzándolo a moverse alrededor del cilindro en la dirección mostrada en la figura, hasta que el líquido delante del mismo es forzado a salir a través de la puerta de salida B, en la posición cuatro, quedando el dispositivo listo para comenzar un nuevo ciclo. Este sistema se utiliza en varios países, en Guatemala no se encontraron registros de su uso.

Figura 4. **Etapas de movimiento de un pistón oscilante**



Fuente: documentos de docencia, Departamento de Industria y Negocios, Universidad de Atacama, Chile, 2003. p. 103

### 2.3.1.9. Medidor de Coriolis

Los medidores de Coriolis se basan en el principio de las fuerzas inerciales que son generadas cuando una partícula en un cuerpo rotatorio se mueve con respecto al cuerpo, acercándose o alejándose del centro de rotación. Si una partícula de masa se mueve con velocidad constante en un tubo "T" que está rotando con una velocidad angular "w" con respecto a un punto fijo "P" adquiere 2 componentes de aceleración Coriolis.

## **2.3.2. Cálculo de factor de retorno de aguas residuales**

La medición del factor de retorno en aguas residuales debe realizarse por medio de aforos en las líneas de descarga de las mismas. Cuando se dificulta hacerlo en cada una, se afora en la línea principal de descarga.

### **2.3.2.1. Tipos de aforo**

Existen diversas formas de aforar aguas residuales, las más precisas utilizan métodos mecánicos con un costo elevado, otras con procedimientos manuales o mecanismos baratos son las que se utilizan con mayor frecuencia.

#### **2.3.2.1.1. Anemómetros (molinete)**

Este dispositivo es de gran utilidad para el aforo de conductos forzados de gran diámetro o en corrientes naturales. Del conocimiento de la distribución de velocidades en la sección se puede determinar la velocidad media, el caudal y algunos coeficientes de corrección.

#### **2.3.2.1.2. Vertederos**

Los vertederos pueden usarse en corrientes naturales de pequeña magnitud, en cuyo cauce pueda instalarse el mismo. En corrientes de mayor magnitud, éste puede ser una estructura hidráulica permanente para medición continua de caudales. Los vertederos deben calibrarse antes de utilizarlos.

### **2.3.2.1.3. Volumétrico**

Consiste en calcular el caudal mediante un recipiente de volumen conocido, tomando el tiempo que toma llenar dicho recipiente. La medición se debe hacer como mínimo 3 veces para tener un promedio real del tiempo y con ese dato calcular el caudal con la fórmula:

$$Q = \frac{\text{vol}}{t}$$

Se recomienda solo para caudales pequeños.

### **2.3.2.1.4. Equipos electrónicos de aforo**

Son aquellos que sirven para medir el caudal utilizando sensores electrónicos del tipo efecto Doppler para conductos parcialmente llenos, o sensores ultrasónicos de nivel en el caso de canales abiertos.

### **2.3.2.2. Tabla de valores de retorno**

Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o de mediciones de campo. Cuando esta información resulte inexistente o muy pobre, pueden utilizarse como guía los rangos de valores descritos en la siguiente tabla, justificando apropiadamente el valor finalmente adoptado.

Tabla VI. **Valores de factores de retorno (R)**

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Factor de retorno</b>
Bajo y medio	0,70 – 0,80
Medio alto y alto	0,80 – 0,85

Fuente: elaboración propia.

### 3. DESARROLLO DE MEDICIONES

#### 3.1. Descripción de la forma de recolección de información

Cada vivienda del condominio cuenta con un medidor chorro múltiple tipo “M” de la marca Arad, serie doméstica, con una entrada de tres cuartos de pulgada (3/4”) y una salida de media pulgada (1/2”), como se muestra en la figura.

Figura 5. Medidor doméstico instalado en vivienda



Fuente: condominio A, casa 12.

Las lecturas del medidor se toman en base a la información del contador numérico que señala la cantidad de metros cúbicos de agua, éste se lee en decenas de millar con una décima. Adicionalmente cuenta con tres relojes que marcan las centésimas, milésimas y diez milésimas.

Figura 6. **Carátula de medidor**



Carátula - M

Fuente: catalogo ARAD M(esp.) feb-2007

Las mediciones para el consumo máximo diario se realizaron cada hora en un lapso de 24 horas y el consumo horario  $m$  en un lapso de diez minutos por hora. El estudio se efectuó en el lapso de una semana para identificar el período de mayor consumo por vivienda.

### 3.2. **Cálculo de factores de consumo**

Los datos de consumo de agua potable se obtienen de las lecturas realizadas a los caudalímetros instalados en cada vivienda en un ciclo de tiempo previamente acordado.

### 3.2.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario, dispuesto para cada vivienda de ambos condominios, es un metro cúbico (1 000 litros). En la siguiente tabla se presentan los caudales reales de las mismas:

Tabla VII. **Caudal medio diario real de cada condominio en metros cúbicos**

<b>No. casa</b>	<b>Condominio A</b>	<b>Condominio B</b>
1	0,831	0,713
2	0,818	0,274
3	0,863	0,327
4	1,091	0,358
5	0,630	0,199
6	0,135	1,198
7	0,446	0,021
8	2,258	1,170
9	0,135	1,214
10	0,549	0,022
11	0,119	1,619
12	0,859	1,502
13	-.-	0,305
<b>Total diario</b>	<b>8,734</b>	<b>8,922</b>
<b>Promedio diario</b>	<b>0,728</b>	<b>0,686</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Caudal máximo diario

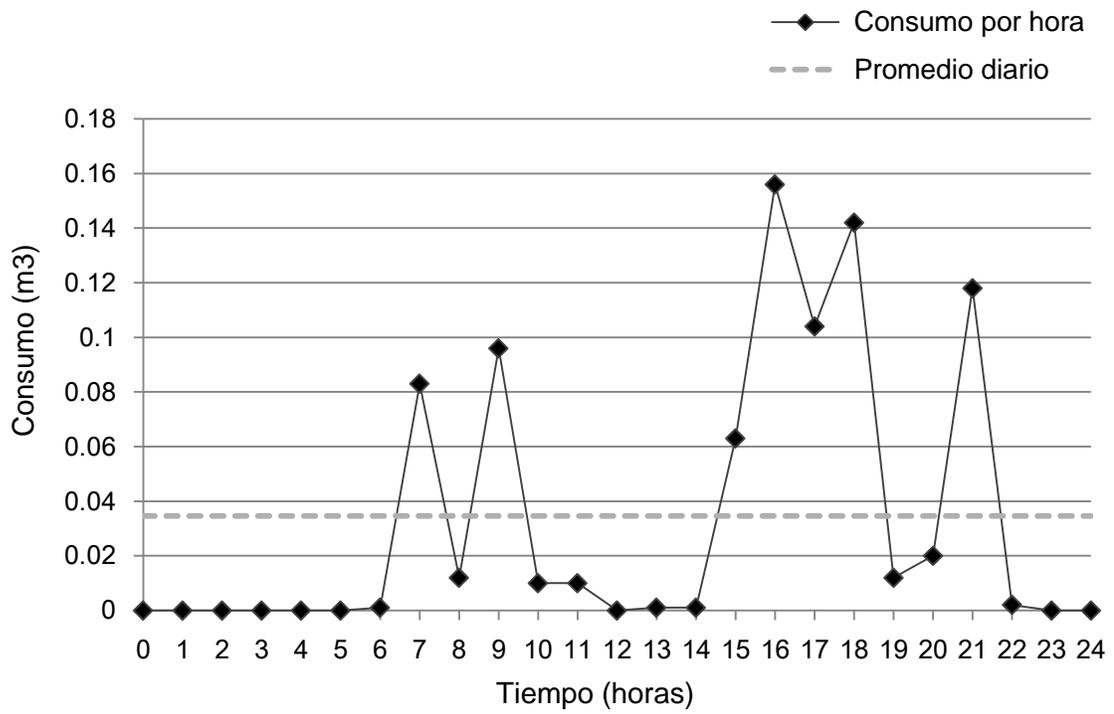
Se presentan a continuación los resultados de las mediciones efectuadas en ambos condominios. Los datos que se presentan son del día de mayor consumo en un período de una semana.

Tabla VIII. Consumo diario de casa 1 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 881,37	1 881,45	0,083
7	8	1 881,45	1 881,46	0,012
8	9	1 881,46	1 881,56	0,096
9	10	1 881,56	1 881,57	0,01
10	11	1 881,57	1 881,58	0,01
11	12	1 881,58	1 881,58	0
12	1	1 881,58	1 881,58	0,001
1	2	1 881,58	1 881,58	0,001
2	3	1 881,58	1 881,64	0,063
3	4	1 881,64	1 881,80	0,156
4	5	1 881,80	1 881,90	0,104
5	6	1 881,90	1 882,04	0,142
6	7	1 882,04	1 882,06	0,012
7	8	1 882,06	1 882,08	0,02
8	9	1 882,08	1 882,19	0,118
9	6	1 882,19	1 882,20	0,003
<b>Total</b>				<b>0,831</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,035</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Consumo por hora y promedio diario de casa 1 del condominio A



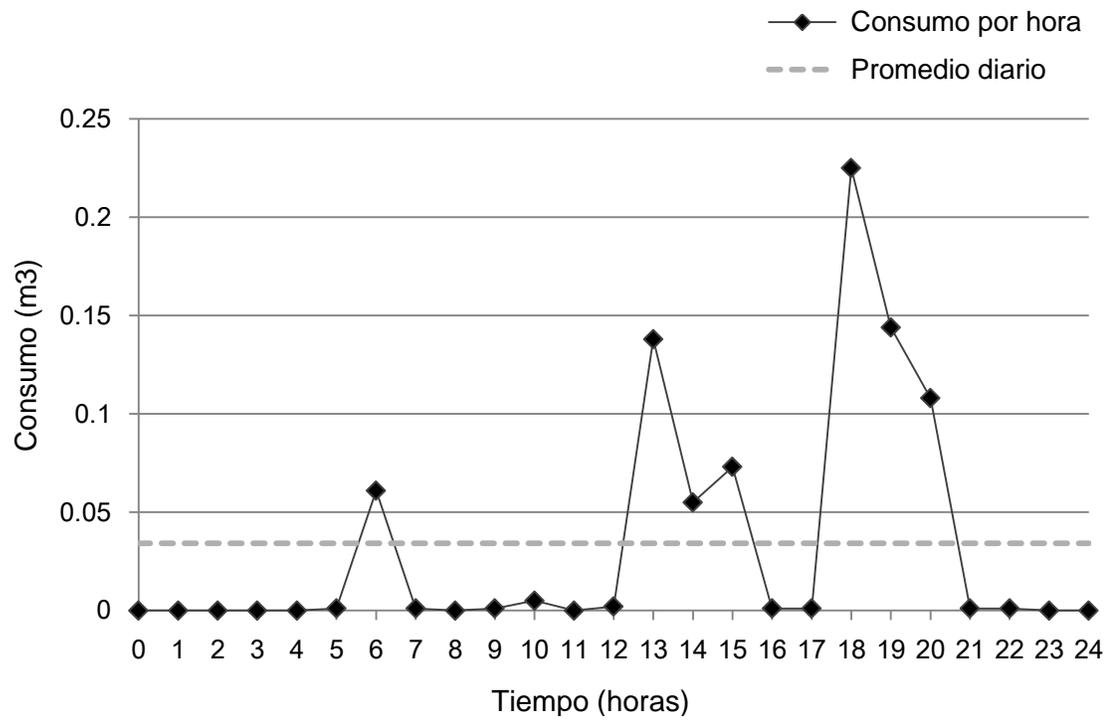
Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Consumo diario de casa 2 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	718,931	718,992	0,061
7	8	718,992	718,993	0,001
8	9	718,993	718,993	0
9	10	718,993	718,994	0,001
10	11	718,994	718,999	0,005
11	12	718,999	718,999	0
12	1	718,999	719,001	0,002
1	2	719,001	719,139	0,138
2	3	719,139	719,194	0,055
3	4	719,194	719,267	0,073
4	5	719,267	719,268	0,001
5	6	719,268	719,269	0,001
6	7	719,269	719,494	0,225
7	8	719,494	719,638	0,144
8	9	719,638	719,746	0,108
9	6	719,746	719,749	0,003
<b>Total</b>				<b>0,818</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,034</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Consumo por hora y promedio diario de casa 2 del condominio A



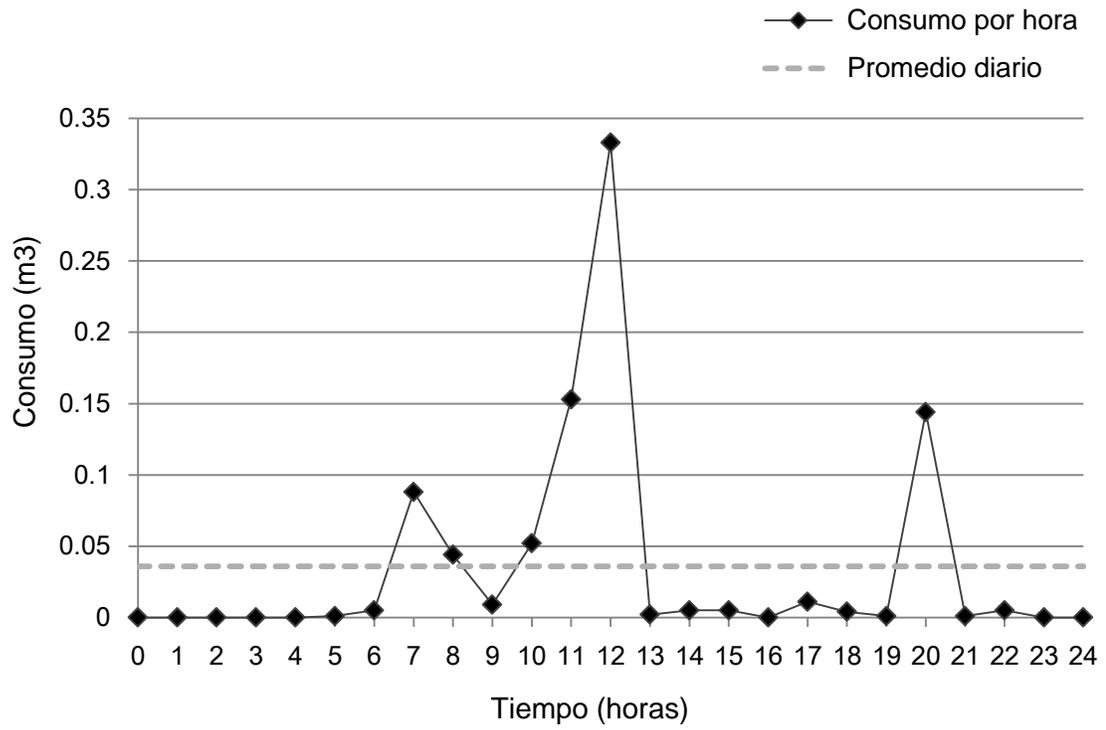
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Consumo diario de casa 3 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 966,032	1 966,120	0,088
7	8	1 966,120	1 966,164	0,044
8	9	1 966,164	1 966,173	0,009
9	10	1 966,173	1 966,225	0,052
10	11	1 966,225	1 966,378	0,153
11	12	1 966,378	1 966,711	0,333
12	1	1 966,711	1 966,713	0,002
1	2	1 966,713	1 966,718	0,005
2	3	1 966,718	1 966,723	0,005
3	4	1 966,723	1 966,723	0
4	5	1 966,723	1 966,734	0,011
5	6	1 966,734	1 966,738	0,004
6	7	1 966,738	1 966,739	0,001
7	8	1 966,739	1 966,883	0,144
8	9	1 966,883	1 966,884	0,001
9	6	1 966,884	1 966,891	0,007
<b>Total</b>				<b>0,863</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,036</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Consumo por hora y promedio diario de casa 3 del condominio A



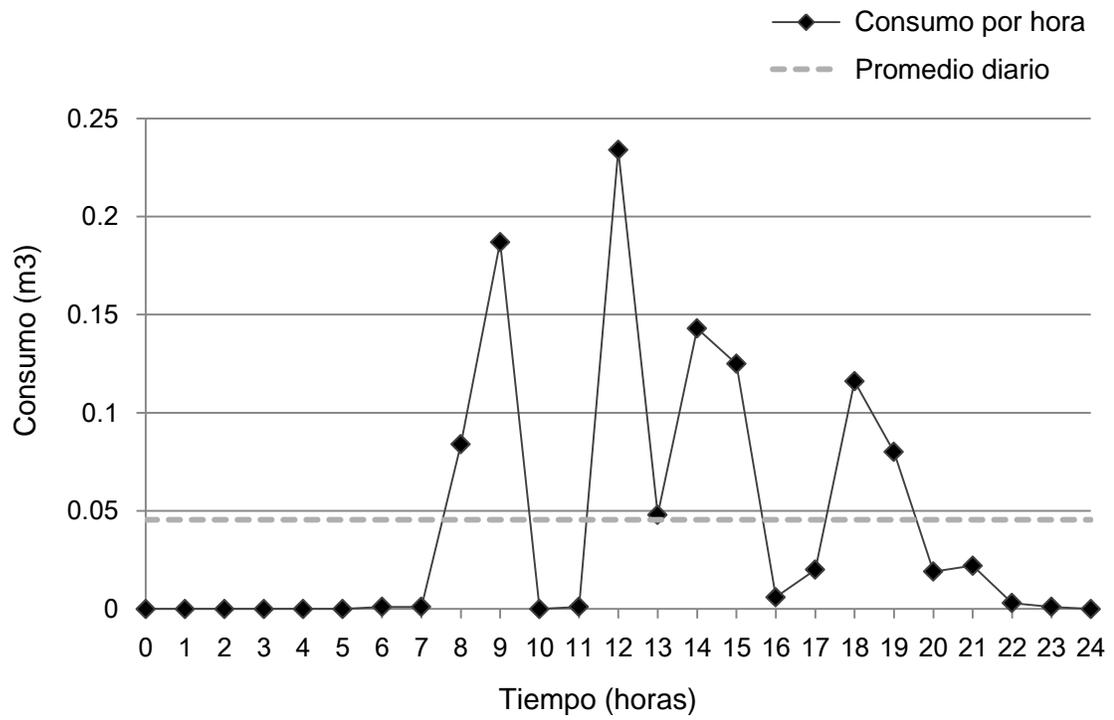
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Consumo diario de casa 4 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	908,173	908,173	0
7	8	908,173	908,257	0,084
8	9	908,257	908,444	0,187
9	10	908,444	908,444	0
10	11	908,444	908,445	0,001
11	12	908,445	908,679	0,234
12	1	908,679	908,727	0,048
1	2	908,727	908,870	0,143
2	3	908,870	908,995	0,125
3	4	908,995	909,001	0,006
4	5	909,001	909,021	0,02
5	6	909,021	909,137	0,116
6	7	909,137	909,217	0,08
7	8	909,217	909,236	0,019
8	9	909,236	909,258	0,022
9	6	909,258	909,261	0,003
<b>Total</b>				<b>1,088</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,045</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Consumo por hora y promedio diario de casa 4 del condominio A**



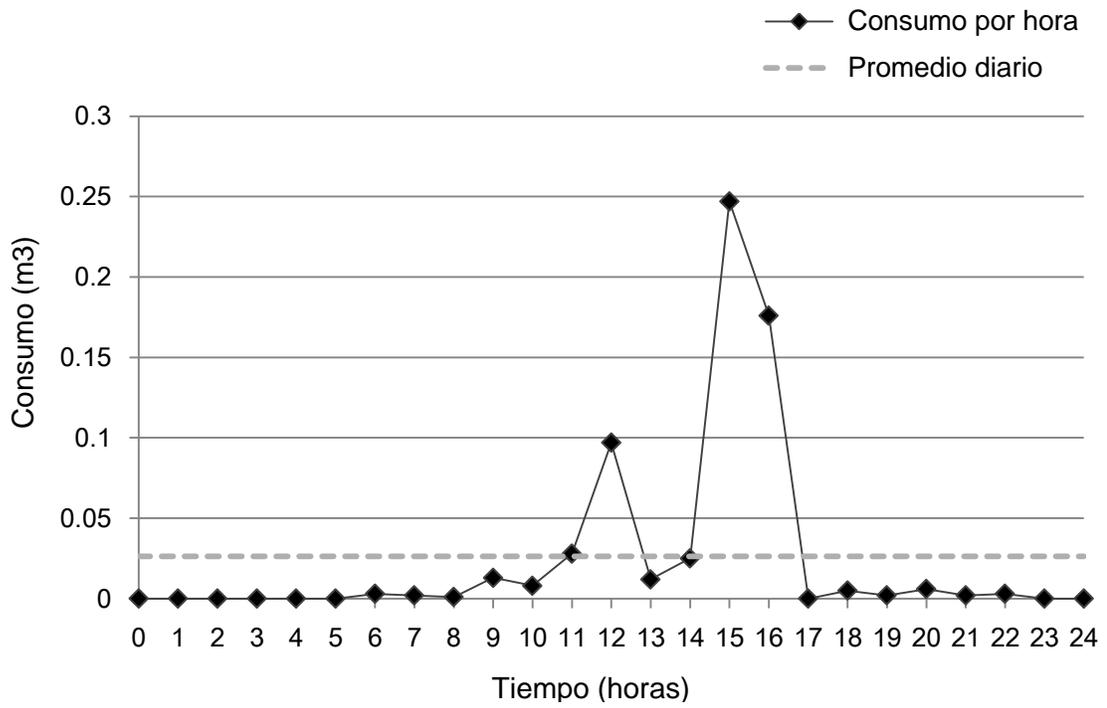
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Consumo diario de casa 5 del condominio A en m<sup>3</sup>**

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	50,011	50,011	0
7	8	50,011	50,012	0,001
8	9	50,012	50,025	0,013
9	10	50,025	50,033	0,008
10	11	50,033	50,061	0,028
11	12	50,061	50,158	0,097
12	1	50,158	50,170	0,012
1	2	50,170	50,195	0,025
2	3	50,195	50,442	0,247
3	4	50,442	50,618	0,176
4	5	50,618	50,618	0
5	6	50,618	50,623	0,005
6	7	50,623	50,625	0,002
7	8	50,625	50,631	0,006
8	9	50,631	50,633	0,002
9	6	50,633	50,639	0,006
<b>Total</b>				<b>1,088</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,045</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Consumo por hora y promedio diario de casa 5 del condominio A



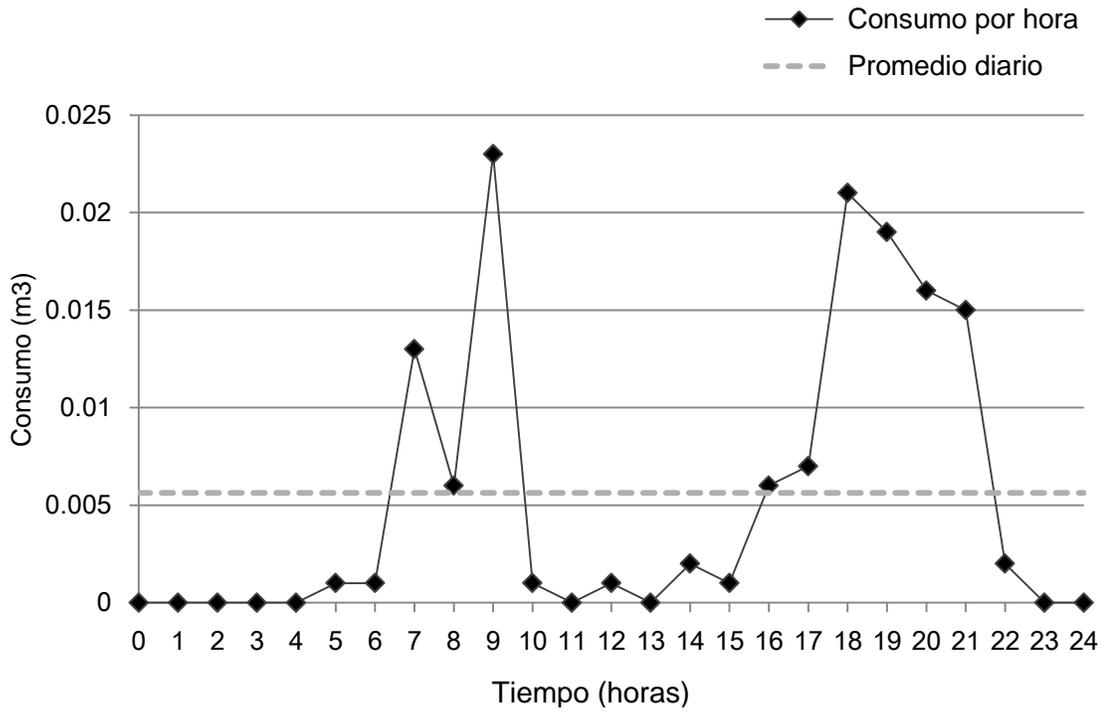
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Consumo diario de casa 6 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	418,594	418,607	0,013
7	8	418,607	418,613	0,006
8	9	418,613	418,636	0,023
9	10	418,636	418,637	0,001
10	11	418,637	418,637	0
11	12	418,637	418,638	0,001
12	1	418,638	418,638	0
1	2	418,638	418,640	0,002
2	3	418,640	418,641	0,001
3	4	418,641	418,647	0,006
4	5	418,647	418,654	0,007
5	6	418,654	418,675	0,021
6	7	418,675	418,694	0,019
7	8	418,694	418,710	0,016
8	9	418,710	418,725	0,015
9	6	418,725	418,729	0,004
<b>Total</b>				<b>0,135</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,005</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Consumo por hora y promedio diario de casa 6 del condominio A**



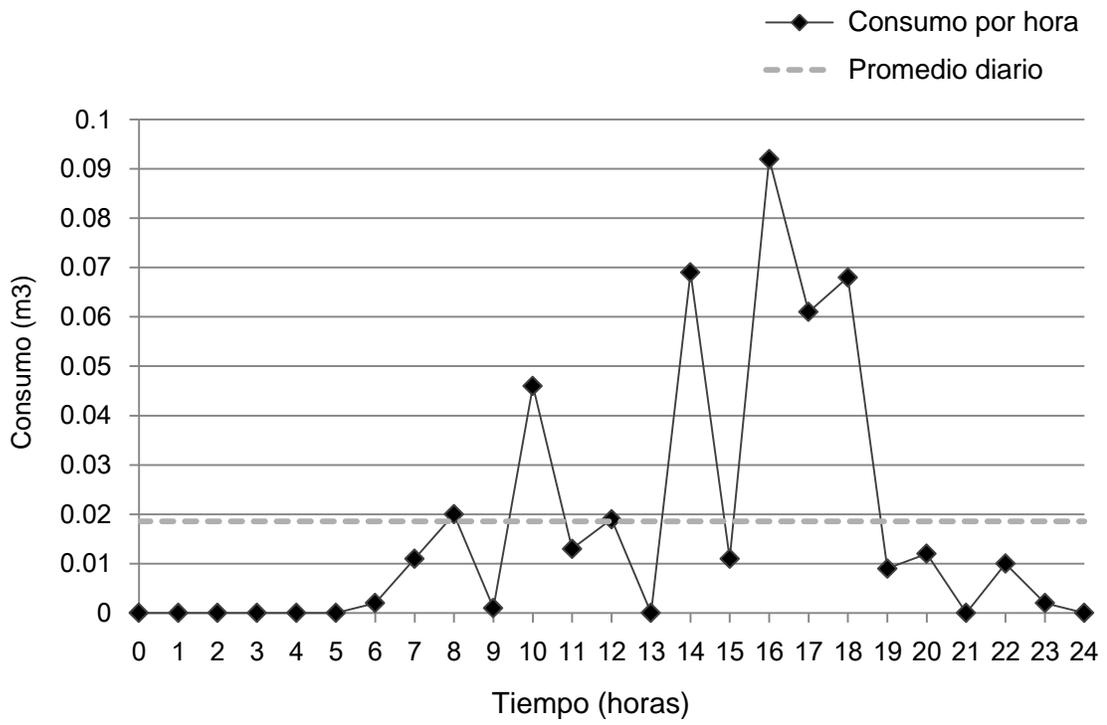
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Consumo diario de casa 7 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	271,967	271,978	0,011
7	8	271,978	271,998	0,02
8	9	271,998	271,999	0,001
9	10	271,999	272,045	0,046
10	11	272,045	272,058	0,013
11	12	272,058	272,077	0,019
12	1	272,077	272,077	0
1	2	272,077	272,146	0,069
2	3	272,146	272,157	0,011
3	4	272,157	272,249	0,092
4	5	272,249	272,310	0,061
5	6	272,310	272,378	0,068
6	7	272,378	272,387	0,009
7	8	272,387	272,399	0,012
8	9	272,399	272,399	0
9	6	272,399	272,413	0,014
<b>Total</b>				<b>0,446</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,018</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Consumo por hora y promedio diario de casa 7 del condominio A



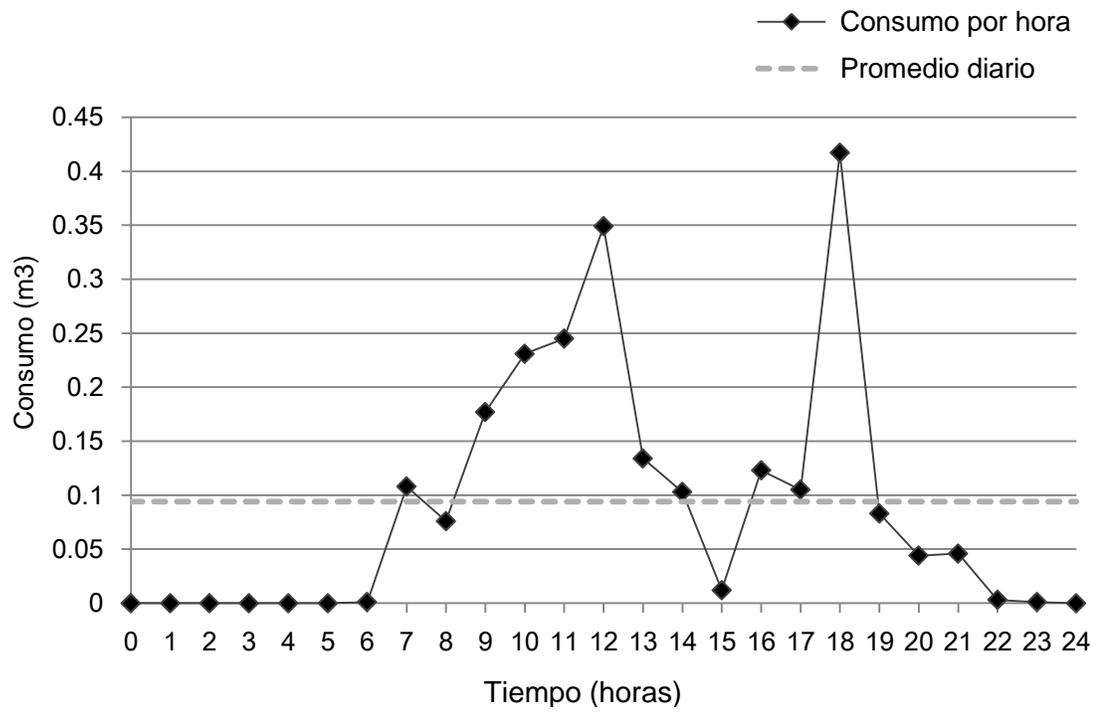
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Consumo diario de casa 8 del condominio A en m<sup>3</sup>**

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	940,706	940,814	0,108
7	8	940,814	940,890	0,076
8	9	940,890	941,067	0,177
9	10	941,067	941,298	0,231
10	11	941,298	941,543	0,245
11	12	941,543	941,892	0,349
12	1	941,892	942,026	0,134
1	2	942,026	942,129	0,103
2	3	942,129	942,141	0,012
3	4	942,141	942,264	0,123
4	5	942,264	942,369	0,105
5	6	942,369	942,786	0,417
6	7	942,786	942,869	0,083
7	8	942,869	942,913	0,044
8	9	942,913	942,959	0,046
9	6	942,959	942,964	0,005
<b>Total</b>				<b>2,258</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,094</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Consumo por hora y promedio diario de casa 8 del condominio A**



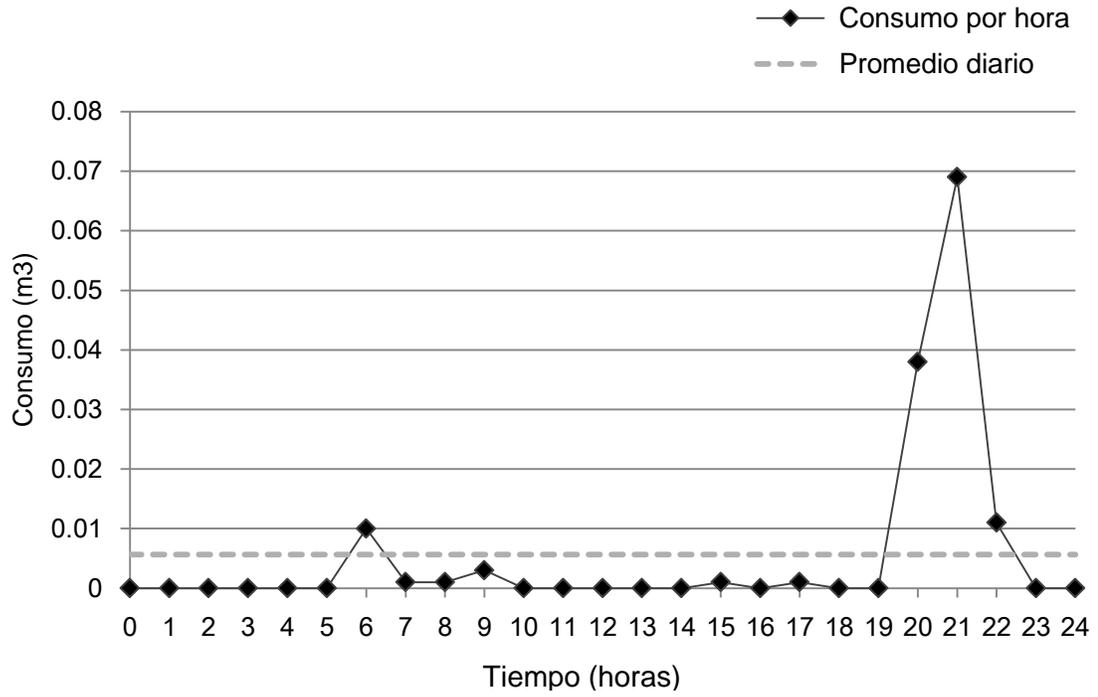
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Consumo diario de casa 9 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 245,548	1 245,549	0,001
7	8	1 245,549	1 245,550	0,001
8	9	1 245,550	1 245,553	0,003
9	10	1 245,553	1 245,553	0
10	11	1 245,553	1 245,553	0
11	12	1 245,553	1 245,553	0
12	1	1 245,553	1 245,553	0
1	2	1 245,553	1 245,553	0
2	3	1 245,553	1 245,554	0,001
3	4	1 245,554	1 245,554	0
4	5	1 245,554	1 245,555	0,001
5	6	1 245,555	1 245,555	0
6	7	1 245,555	1 245,555	0
7	8	1 245,555	1 245,593	0,038
8	9	1 245,593	1 245,662	0,069
9	6	1 245,548	1 245,549	0,001
<b>Total</b>				<b>0,135</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,005</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Consumo por hora y promedio diario de casa 9 del condominio A**



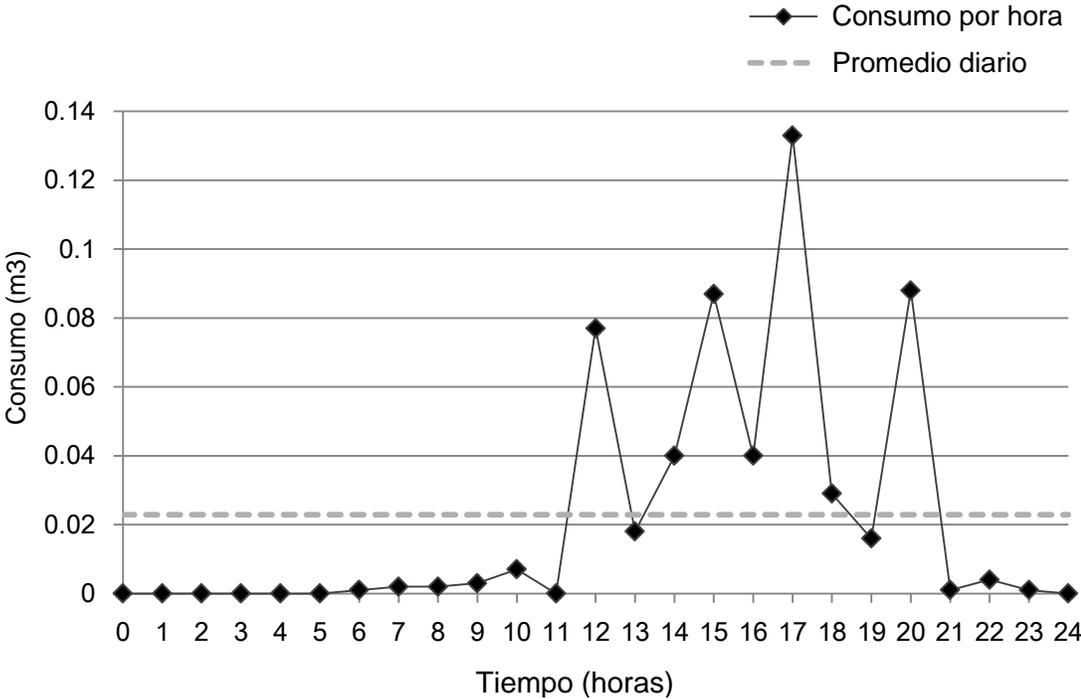
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Consumo diario de casa 10 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 569,125	1 569,127	0,002
7	8	1 569,127	1 569,129	0,002
8	9	1 569,129	1 569,132	0,003
9	10	1 569,132	1 569,139	0,007
10	11	1 569,139	1 569,139	0
11	12	1 569,139	1 569,216	0,077
12	1	1 569,216	1 569,234	0,018
1	2	1 569,234	1 569,274	0,04
2	3	1 569,274	1 569,361	0,087
3	4	1 569,361	1 569,401	0,04
4	5	1 569,401	1 569,534	0,133
5	6	1 569,534	1 569,563	0,029
6	7	1 569,563	1 569,579	0,016
7	8	1 569,579	1 569,667	0,088
8	9	1 569,667	1 569,668	0,001
9	6	1 569,668	1 569,674	0,006
<b>Total</b>				<b>0,549</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,023</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Consumo por hora y promedio diario de casa 10 del condominio A



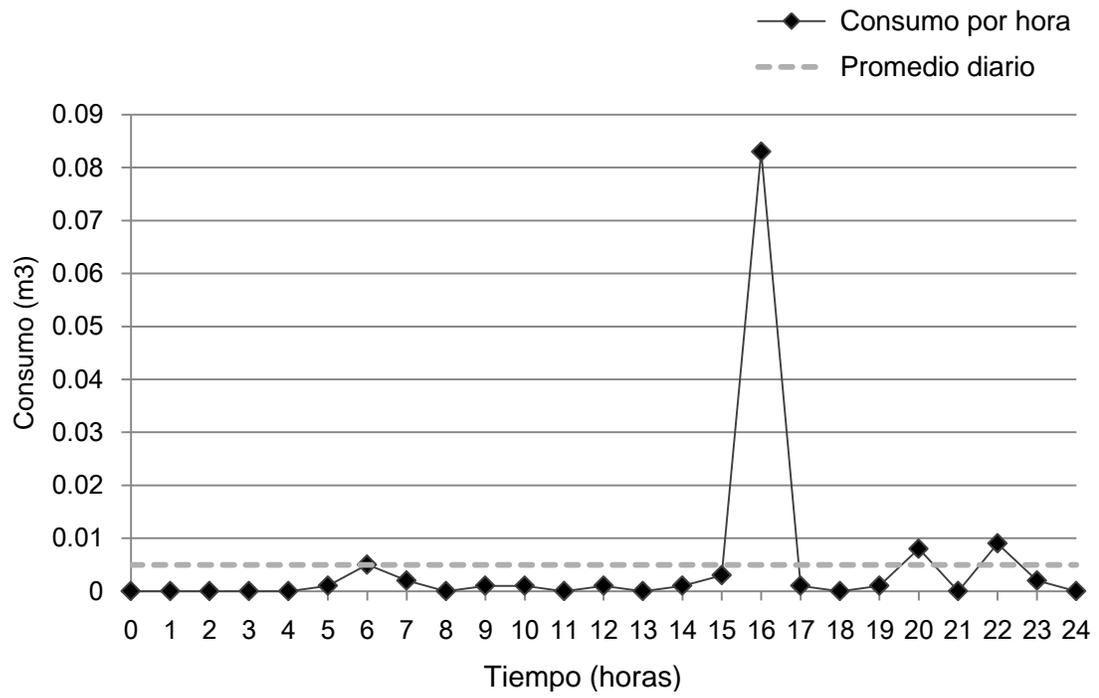
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Consumo diario de casa 11 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	2 080,477	2 080,479	0,002
7	8	2 080,479	2 080,479	0
8	9	2 080,479	2 080,480	0,001
9	10	2 080,480	2 080,481	0,001
10	11	2 080,481	2 080,481	0
11	12	2 080,481	2 080,482	0,001
12	1	2 080,482	2 080,482	0
1	2	2 080,482	2 080,483	0,001
2	3	2 080,483	2 080,486	0,003
3	4	2 080,486	2 080,569	0,083
4	5	2 080,569	2 080,570	0,001
5	6	2 080,570	2 080,570	0
6	7	2 080,570	2 080,571	0,001
7	8	2 080,571	2 080,579	0,008
8	9	2 080,579	2 080,579	0
9	6	2 080,579	2 080,596	0,017
<b>Total</b>				<b>0,119</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,005</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Consumo por hora y promedio diario de casa 11 del condominio A



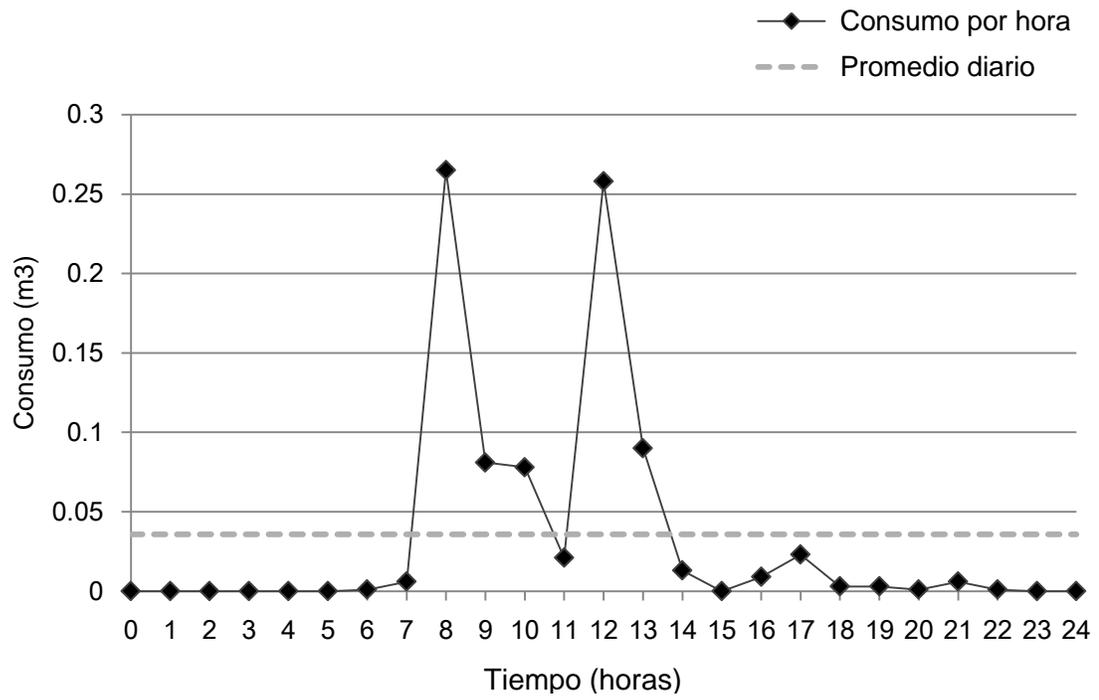
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Consumo diario de casa 12 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	937,312	937,318	0,006
7	8	937,318	937,583	0,265
8	9	937,583	937,664	0,081
9	10	937,664	937,742	0,078
10	11	937,742	937,763	0,021
11	12	937,763	938,021	0,258
12	1	938,021	938,111	0,09
1	2	938,111	938,124	0,013
2	3	938,124	938,124	0
3	4	938,124	938,133	0,009
4	5	938,133	938,156	0,023
5	6	938,156	938,159	0,003
6	7	938,159	938,162	0,003
7	8	938,162	938,163	0,001
8	9	938,163	938,169	0,006
9	6	938,169	938,171	0,002
<b>Total</b>				<b>0,859</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,036</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Consumo por hora y promedio diario de casa 12 del condominio A**



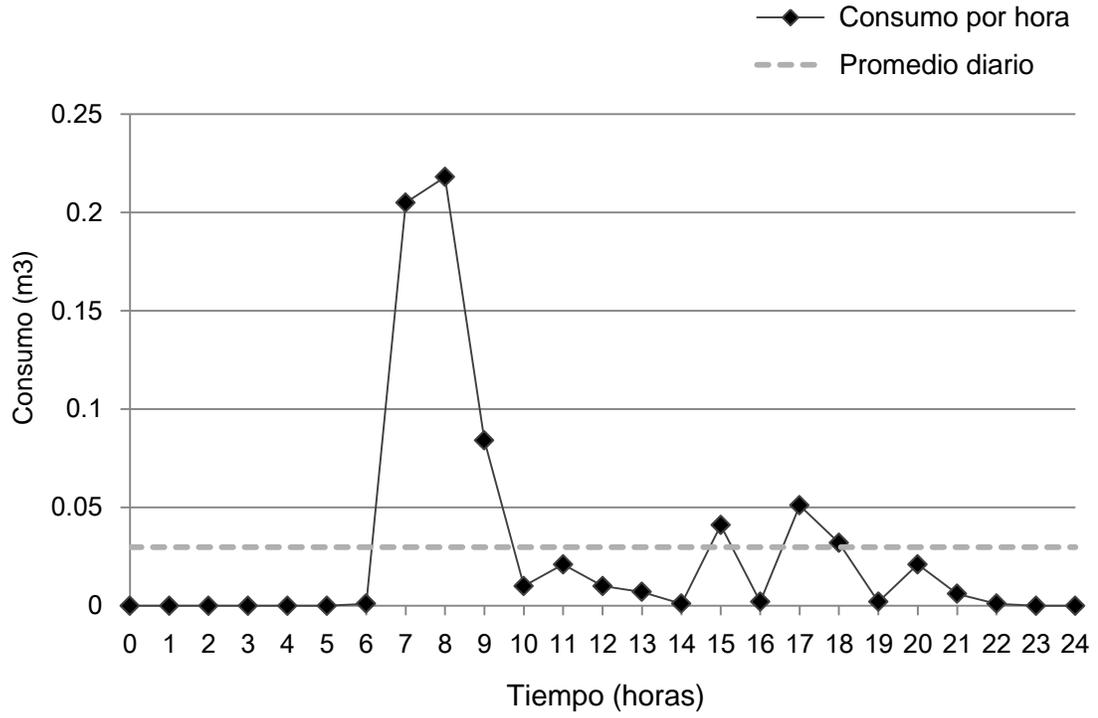
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Consumo diario de casa 1 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 354,363	1 354,568	0,205
7	8	1 354,568	1 354,786	0,218
8	9	1 354,786	1 354,870	0,084
9	10	1 354,870	1 354,880	0,01
10	11	1 354,880	1 354,901	0,021
11	12	1 354,901	1 354,911	0,01
12	1	1 354,911	1 354,918	0,007
1	2	1 354,918	1 354,919	0,001
2	3	1 354,919	1 354,960	0,041
3	4	1 354,960	1 354,962	0,002
4	5	1 354,962	1 355,013	0,051
5	6	1 355,013	1 355,045	0,032
6	7	1 355,045	1 355,047	0,002
7	8	1 355,047	1 355,068	0,021
8	9	1 355,068	1 355,074	0,006
9	6	1 355,074	1 355,076	0,002
<b>Total</b>				<b>0,713</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,030</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Consumo por hora y promedio diario de casa 1 del condominio B**



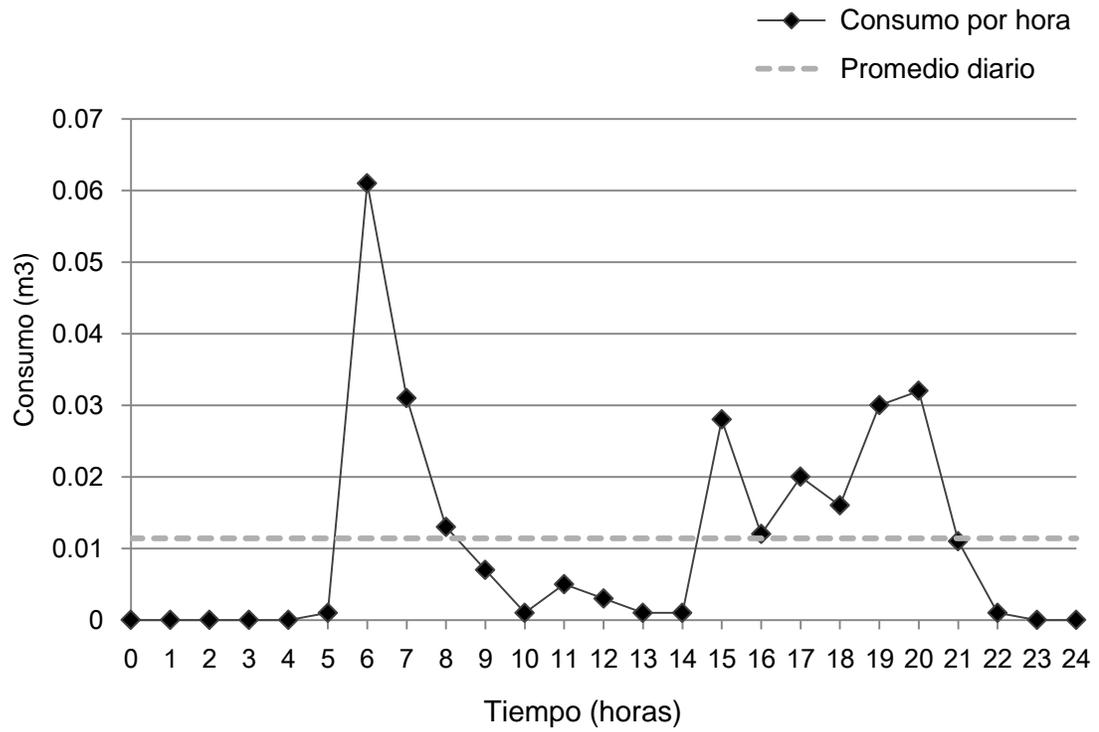
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Consumo diario de casa 2 del condominio B en m<sup>3</sup>

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	152,239	152,270	0,031
7	8	152,270	152,283	0,013
8	9	152,283	152,290	0,007
9	10	152,290	152,291	0,001
10	11	152,291	152,296	0,005
11	12	152,296	152,299	0,003
12	1	152,299	152,300	0,001
1	2	152,300	152,301	0,001
2	3	152,301	152,329	0,028
3	4	152,329	152,341	0,012
4	5	152,341	152,361	0,02
5	6	152,361	152,377	0,016
6	7	152,377	152,407	0,03
7	8	152,407	152,439	0,032
8	9	152,439	152,450	0,011
9	6	152,450	152,459	0,009
<b>Total</b>				<b>0,274</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,012</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Consumo por hora y promedio diario de casa 2 del condominio B**



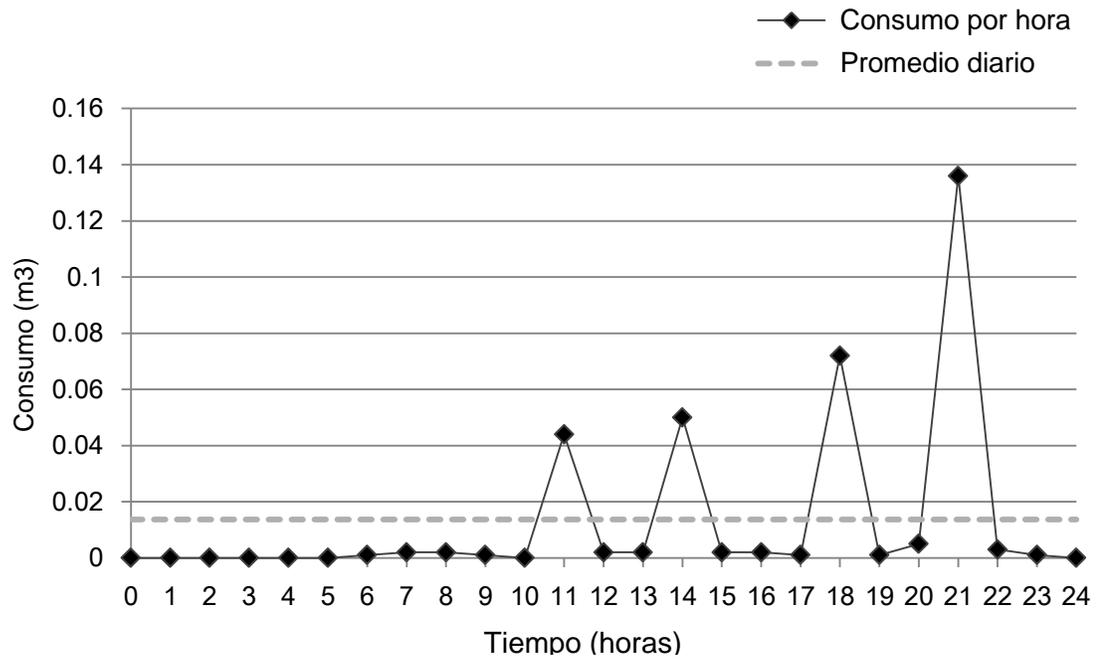
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Consumo diario de casa 3 del condominio B en m<sup>3</sup>

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	331,117	331,119	0,002
7	8	331,119	331,121	0,002
8	9	331,121	331,122	0,001
9	10	331,122	331,122	0,000
10	11	331,122	331,166	0,044
11	12	331,166	331,168	0,002
12	1	331,168	331,170	0,002
1	2	331,170	331,220	0,050
2	3	331,220	331,222	0,002
3	4	331,222	331,224	0,002
4	5	331,224	331,225	0,001
5	6	331,225	331,297	0,072
6	7	331,297	331,298	0,001
7	8	331,298	331,303	0,005
8	9	331,303	331,439	0,136
9	6	331,439	331,444	0,005
<b>Total</b>				<b>0,327</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,014</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Consumo por hora y promedio diario de casa 3 del condominio B**



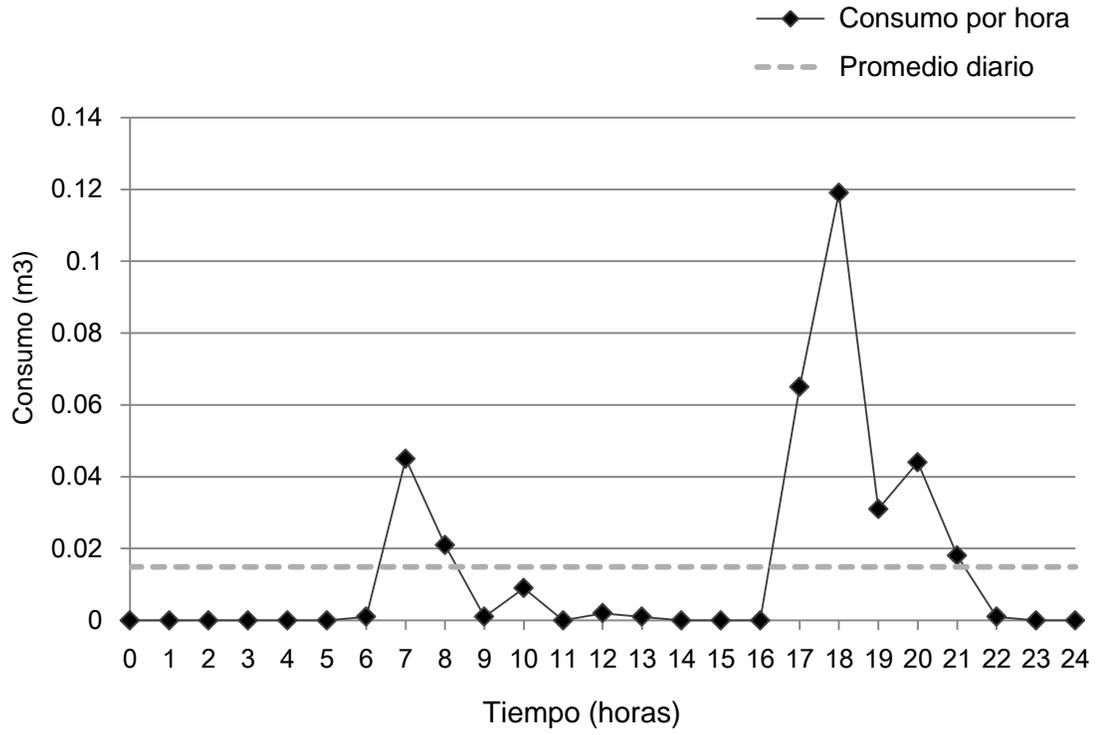
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Consumo diario de casa 4 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	268,068	268,113	0,045
7	8	268,113	268,134	0,021
8	9	268,134	268,135	0,001
9	10	268,135	268,144	0,009
10	11	268,144	268,144	0,000
11	12	268,144	268,146	0,002
12	1	268,146	268,147	0,001
1	2	268,147	268,147	0,000
2	3	268,147	268,147	0,000
3	4	268,147	268,147	0,000
4	5	268,147	268,212	0,065
5	6	268,212	268,331	0,119
6	7	268,331	268,362	0,031
7	8	268,362	268,406	0,044
8	9	268,406	268,424	0,018
9	6	268,424	268,426	0,002
<b>Total</b>				<b>0,358</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,015</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Consumo por hora y promedio diario de casa 4 del condominio B**



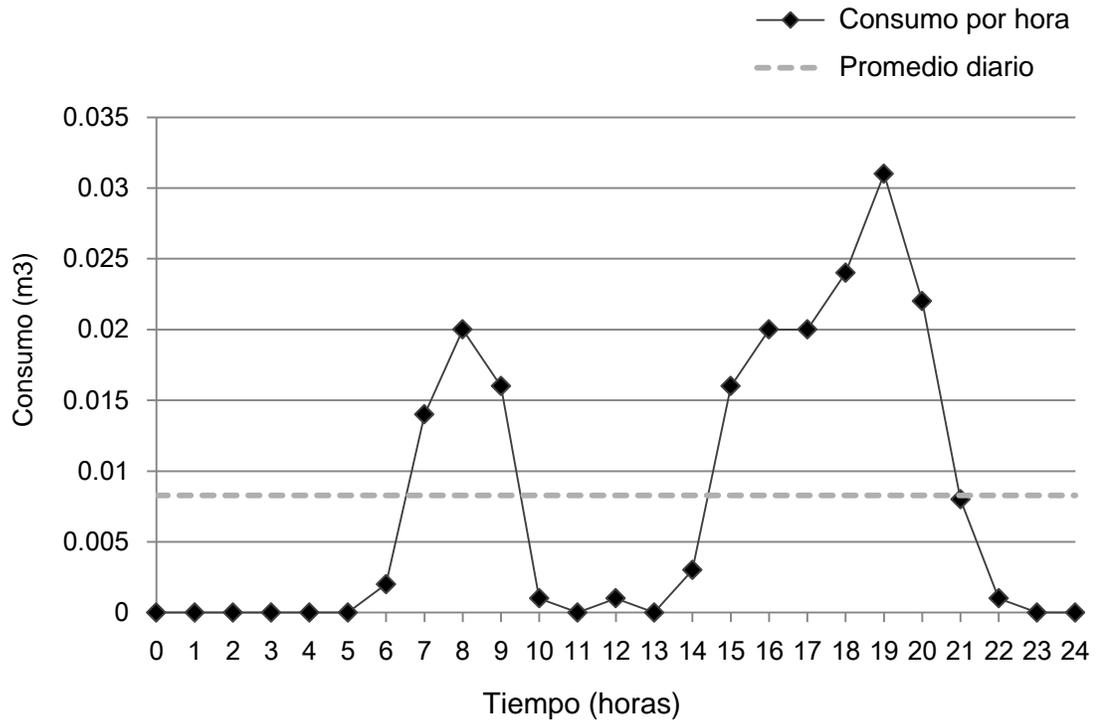
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Consumo diario de casa 5 del condominio B en m<sup>3</sup>

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	952,970	952,984	0,014
7	8	952,984	953,004	0,020
8	9	953,004	953,020	0,016
9	10	953,020	953,021	0,001
10	11	953,021	953,021	0,000
11	12	953,021	953,022	0,001
12	1	953,022	953,022	0,000
1	2	953,022	953,025	0,003
2	3	953,025	953,041	0,016
3	4	953,041	953,061	0,020
4	5	953,061	953,081	0,020
5	6	953,081	953,105	0,024
6	7	953,105	953,136	0,031
7	8	953,136	953,158	0,022
8	9	953,158	953,166	0,008
9	6	953,166	953,169	0,003
<b>Total</b>				<b>0,199</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,008</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Consumo por hora y promedio diario de casa 5 del condominio B**



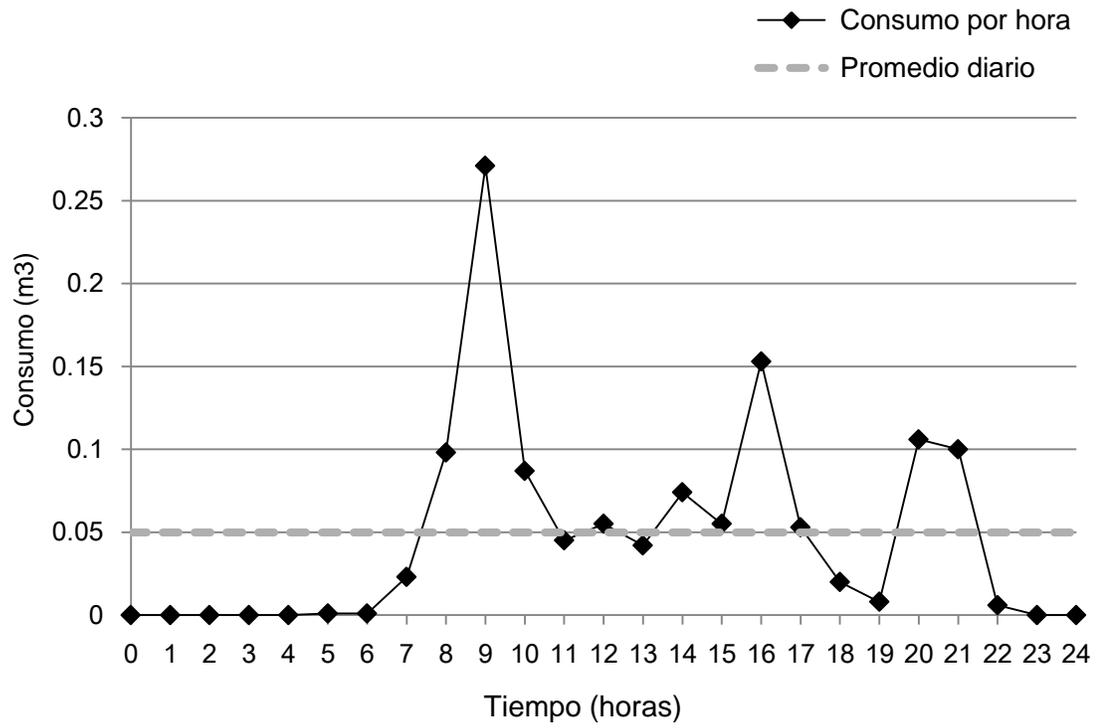
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Consumo diario de casa 6 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	796,585	796,608	0,023
7	8	796,608	796,706	0,098
8	9	796,706	796,977	0,271
9	10	796,977	797,064	0,087
10	11	797,064	797,109	0,045
11	12	797,109	797,164	0,055
12	1	797,164	797,206	0,042
1	2	797,206	797,280	0,074
2	3	797,280	797,335	0,055
3	4	797,335	797,488	0,153
4	5	797,488	797,541	0,053
5	6	797,541	797,561	0,020
6	7	797,561	797,569	0,008
7	8	797,569	797,675	0,106
8	9	797,675	797,775	0,100
9	6	797,775	797,783	0,008
<b>Total</b>				<b>1,198</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,050</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Consumo por hora y promedio diario de casa 6 del condominio B**



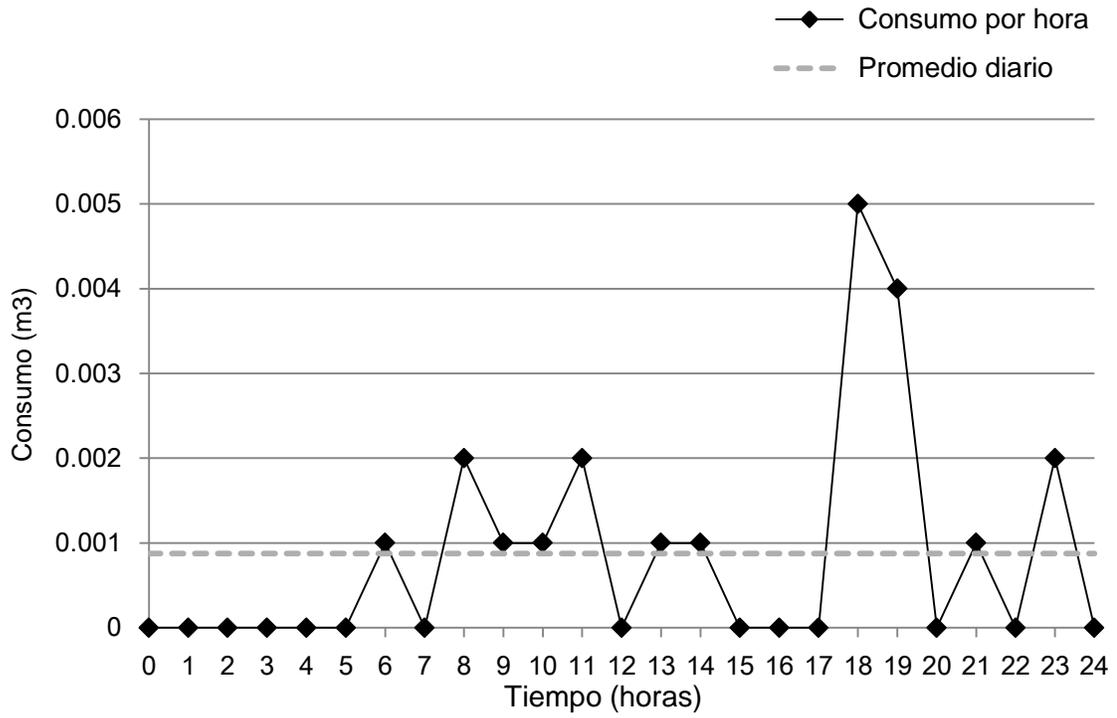
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Consumo diario de casa 7 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 995,525	1 995,525	0,000
7	8	1 995,525	1 995,527	0,002
8	9	1 995,527	1 995,528	0,001
9	10	1 995,528	1 995,529	0,001
10	11	1 995,529	1 995,531	0,002
11	12	1 995,531	1 995,531	0,000
12	1	1 995,531	1 995,532	0,001
1	2	1 995,532	1 995,533	0,001
2	3	1 995,533	1 995,533	0,000
3	4	1 995,533	1 995,533	0,000
4	5	1 995,533	1 995,533	0,000
5	6	1 995,533	1 995,538	0,005
6	7	1 995,538	1 995,542	0,004
7	8	1 995,542	1 995,542	0,000
8	9	1 995,542	1 995,543	0,001
9	6	1 995,543	1 995,543	0,000
<b>Total</b>				<b>0,021</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,001</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Consumo por hora y promedio diario de casa 7 del condominio B**



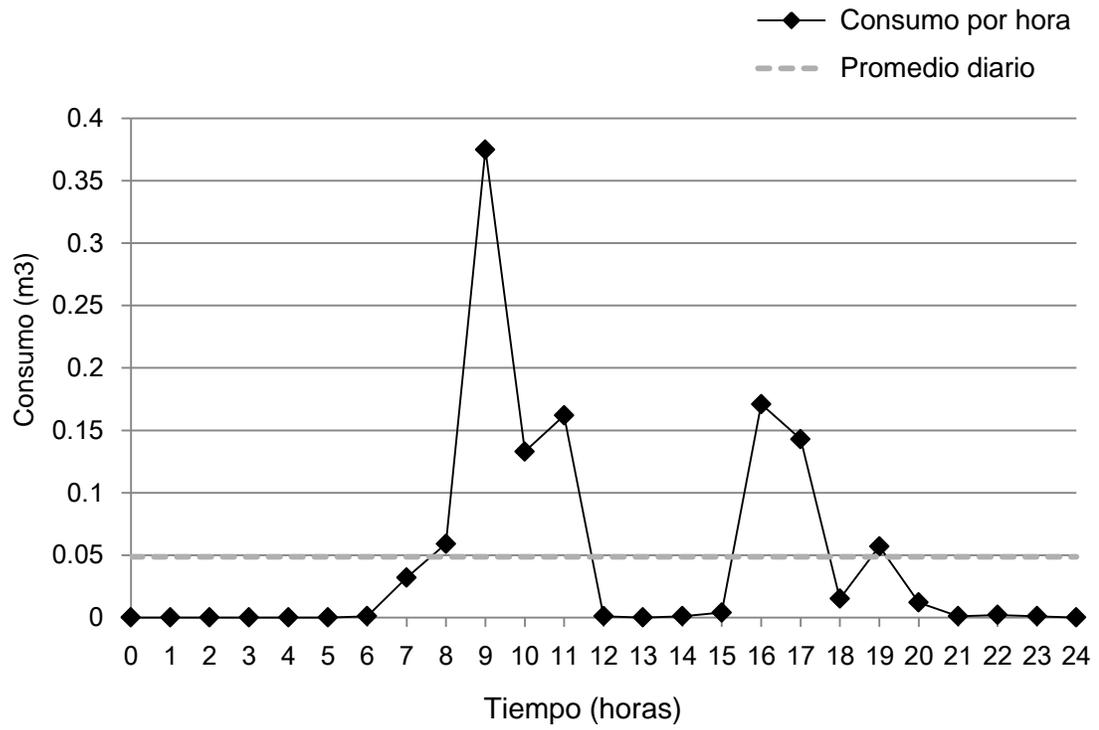
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Consumo diario de casa 8 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	2 216,176	2 216,208	0,032
7	8	2 216,208	2 216,267	0,059
8	9	2 216,267	2 216,642	0,375
9	10	2 216,642	2 216,775	0,133
10	11	2 216,775	2 216,937	0,162
11	12	2 216,937	2 216,938	0,001
12	1	2 216,938	2 216,938	0,000
1	2	2 216,938	2 216,939	0,001
2	3	2 216,939	2 216,943	0,004
3	4	2 216,943	2 217,114	0,171
4	5	2 217,114	2 217,257	0,143
5	6	2 217,257	2 217,272	0,015
6	7	2 217,272	2 217,329	0,057
7	8	2 217,329	2 217,341	0,012
8	9	2 217,341	2 217,342	0,001
9	6	2 217,342	2 217,346	0,004
<b>Total</b>				<b>1,170</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,048</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Consumo por hora y promedio diario de casa 8 del condominio B**



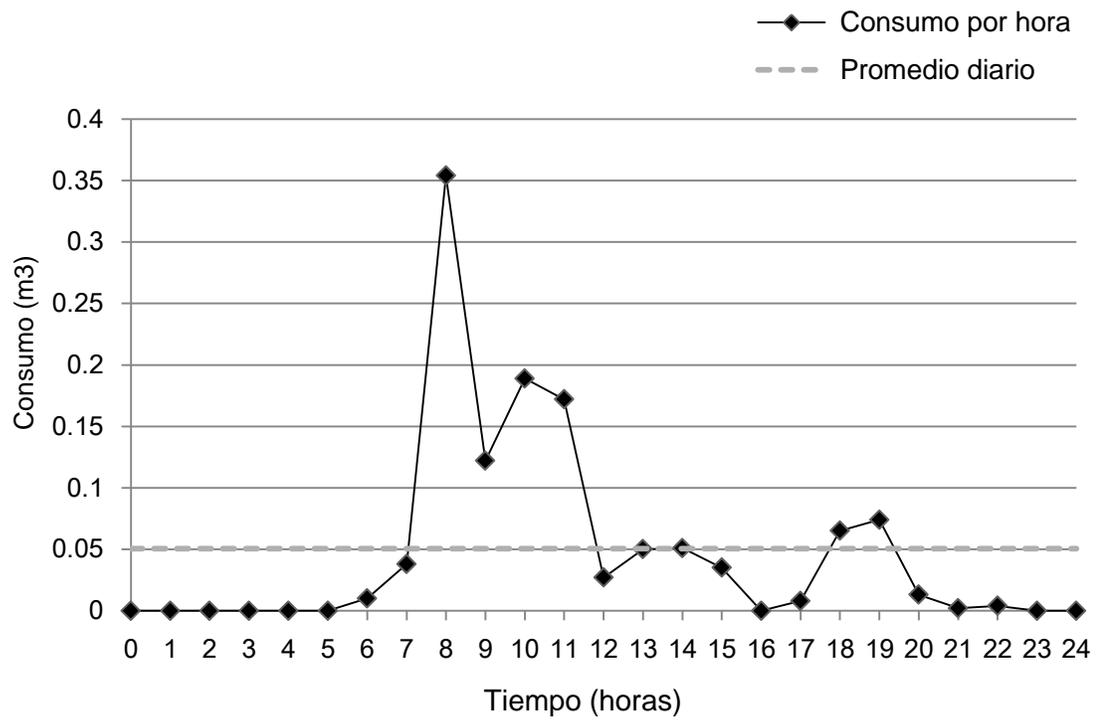
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Consumo diario de casa 9 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	7 867,615	7 867,653	0,038
7	8	7 867,653	7 868,007	0,354
8	9	7 868,007	7 868,129	0,122
9	10	7 868,129	7 868,318	0,189
10	11	7 868,318	7 868,490	0,172
11	12	7 868,490	7 868,517	0,027
12	1	7 868,517	7 868,567	0,050
1	2	7 868,567	7 868,618	0,051
2	3	7 868,618	7 868,653	0,035
3	4	7 868,653	7 868,653	0,000
4	5	7 868,653	7 868,661	0,008
5	6	7 868,661	7 868,726	0,065
6	7	7 868,726	7 868,800	0,074
7	8	7 868,800	7 868,813	0,013
8	9	7 868,813	7 868,815	0,002
9	6	7 868,815	7 868,820	0,005
<b>Total</b>				<b>1,214</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,050</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Consumo por hora y promedio diario de casa 9 del condominio B**



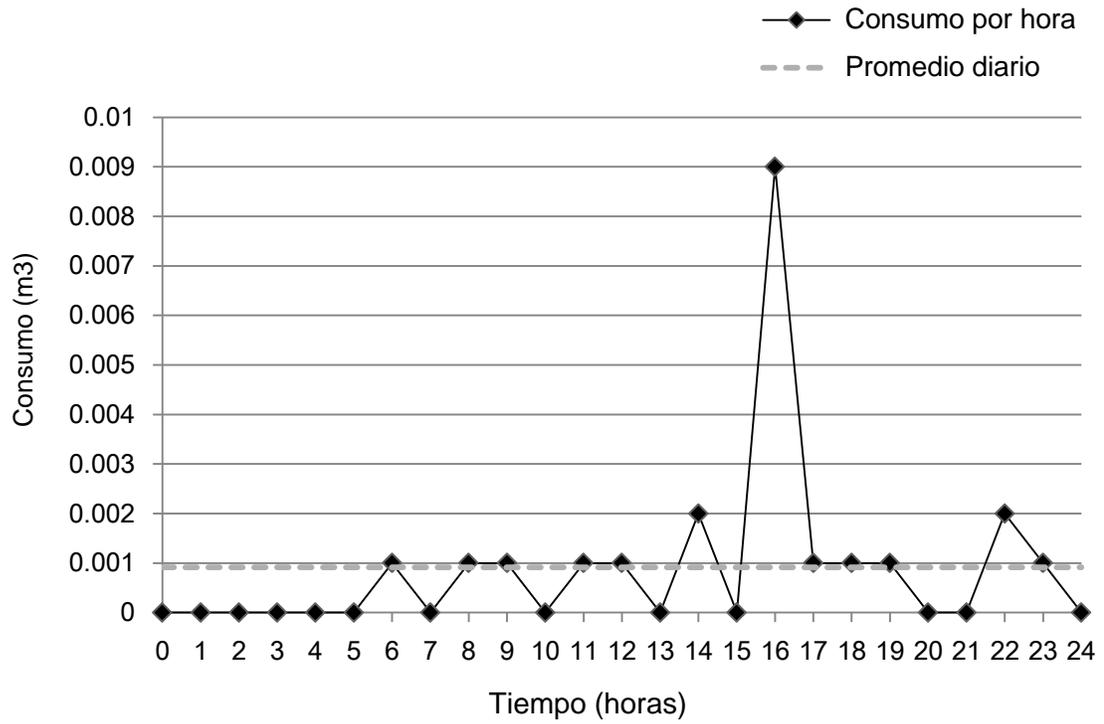
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Consumo diario de casa 10 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	1 921,771	1 921,771	0,000
7	8	1 921,771	1 921,772	0,001
8	9	1 921,772	1 921,773	0,001
9	10	1 921,773	1 921,773	0,000
10	11	1 921,773	1 921,774	0,001
11	12	1 921,774	1 921,775	0,001
12	1	1 921,775	1 921,775	0,000
1	2	1 921,775	1 921,777	0,002
2	3	1 921,777	1 921,777	0,000
3	4	1 921,777	1 921,786	0,009
4	5	1 921,786	1 921,787	0,001
5	6	1 921,787	1 921,788	0,001
6	7	1 921,788	1 921,789	0,001
7	8	1 921,789	1 921,789	0,000
8	9	1 921,789	1 921,789	0,000
9	6	1 921,789	1 921,793	0,004
<b>Total</b>				<b>0,022</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,001</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Consumo por hora y promedio diario de casa 10 del condominio B**



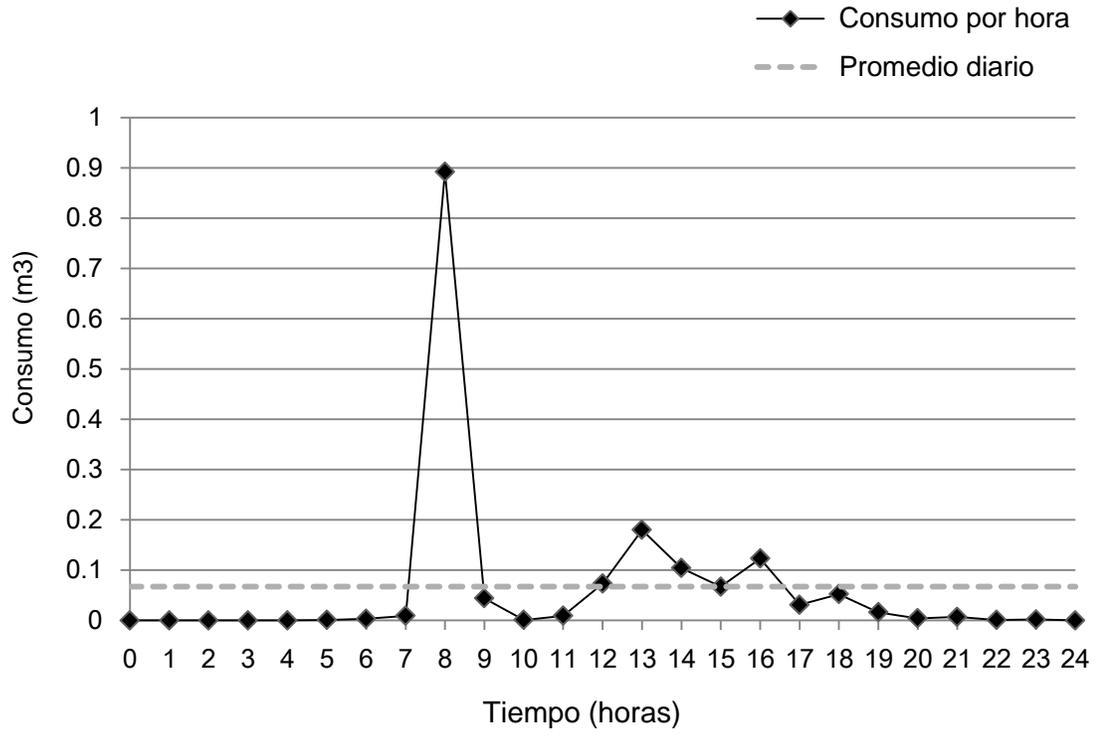
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Consumo diario de casa 11 del condominio B en m<sup>3</sup>

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	1 752,390	1 752,399	0,009
7	8	1 752,399	1 753,291	0,892
8	9	1 753,291	1 753,335	0,044
9	10	1 753,335	1 753,336	0,001
10	11	1 753,336	1 753,345	0,009
11	12	1 753,345	1 753,418	0,073
12	1	1 753,418	1 753,598	0,180
1	2	1 753,598	1 753,702	0,104
2	3	1 753,702	1 753,769	0,067
3	4	1 753,769	1 753,892	0,123
4	5	1 753,892	1 753,923	0,031
5	6	1 753,923	1 753,975	0,052
6	7	1 753,975	1 753,991	0,016
7	8	1 753,991	1 753,995	0,004
8	9	1 753,995	1 754,002	0,007
9	6	1 754,002	1 754,009	0,007
<b>Total</b>				<b>1,619</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,067</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Consumo por hora y promedio diario de casa 11 del condominio B



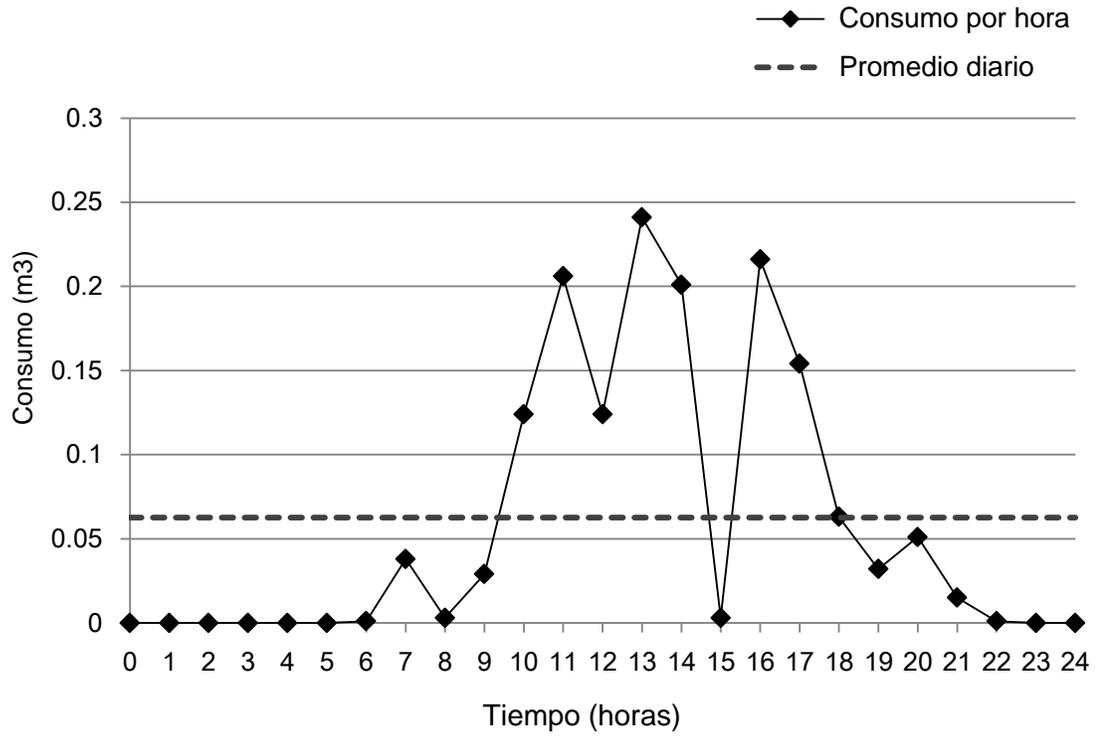
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Consumo diario de casa 12 del condominio B en m<sup>3</sup>

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
6	7	1 275,030	1 275,068	0,038
7	8	1 275,068	1 275,071	0,003
8	9	1 275,071	1 275,100	0,029
9	10	1 275,100	1 275,224	0,124
10	11	1 275,224	1 275,430	0,206
11	12	1 275,430	1 275,554	0,124
12	1	1 275,554	1 275,795	0,241
1	2	1 275,795	1 275,996	0,201
2	3	1 275,996	1 275,999	0,003
3	4	1 275,999	1 276,215	0,216
4	5	1 276,215	1 276,369	0,154
5	6	1 276,369	1 276,432	0,063
6	7	1 276,432	1 276,464	0,032
7	8	1 276,464	1 276,515	0,051
8	9	1 276,515	1 276,530	0,015
9	6	1 276,530	1 276,532	0,002
<b>Total</b>				<b>1,502</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,063</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Consumo por hora y promedio diario de casa 12 del condominio B**



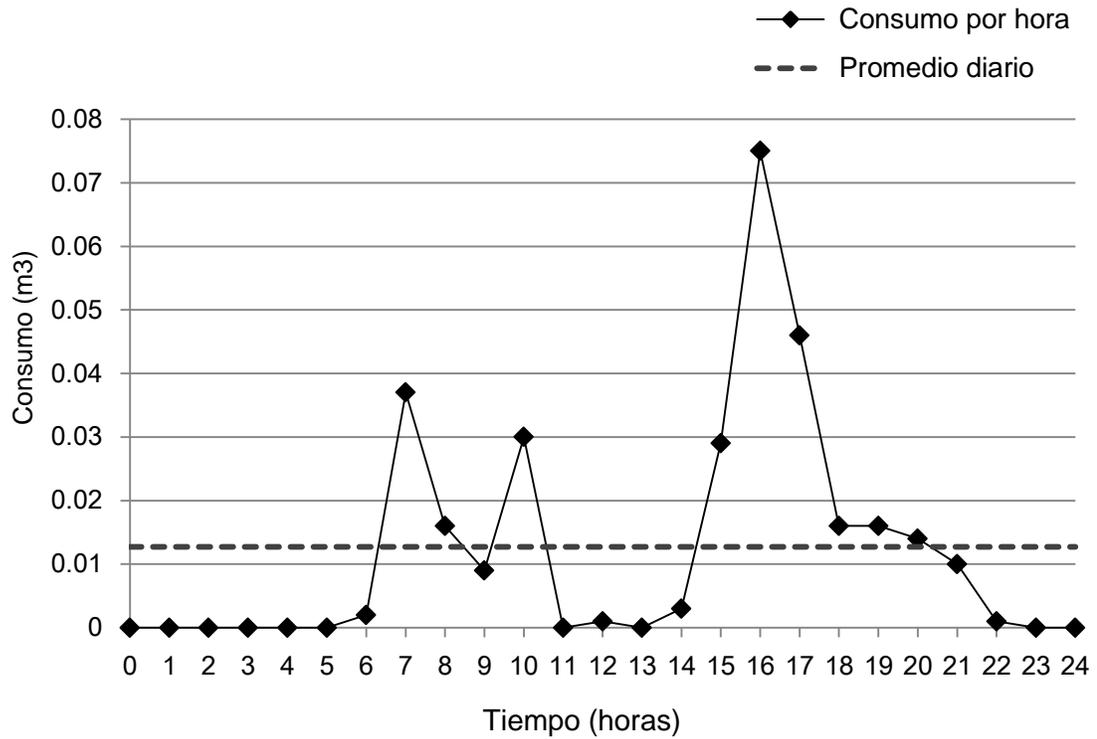
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Consumo diario de casa 13 del condominio B en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
6	7	946,296	946,333	0,037
7	8	946,333	946,349	0,016
8	9	946,349	946,358	0,009
9	10	946,358	946,388	0,030
10	11	946,388	946,388	0,000
11	12	946,388	946,389	0,001
12	1	946,389	946,389	0,000
1	2	946,389	946,392	0,003
2	3	946,392	946,421	0,029
3	4	946,421	946,496	0,075
4	5	946,496	946,542	0,046
5	6	946,542	946,558	0,016
6	7	946,558	946,574	0,016
7	8	946,574	946,588	0,014
8	9	946,588	946,598	0,010
9	6	946,598	946,601	0,003
<b>Total</b>				<b>0,305</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>0,013</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Consumo por hora y promedio diario de casa 13 del condominio B**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3. Caudal máximo horario

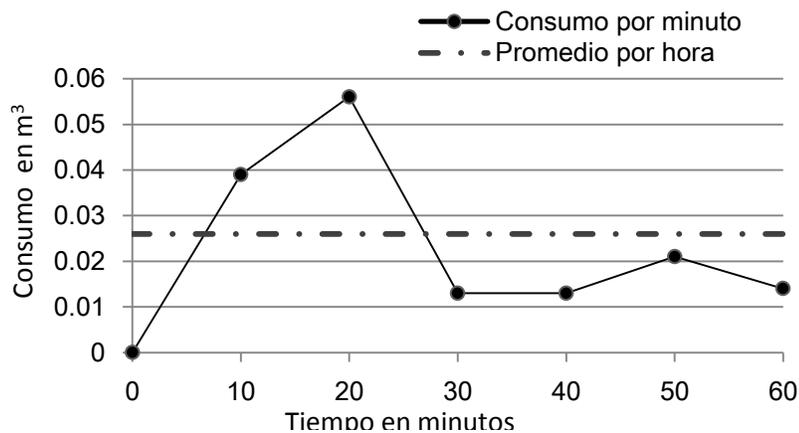
El caudal máximo horario se obtiene de la medición del caudal en la hora de mayor consumo de cada vivienda, estos datos se evalúan en el día de mayor utilización, los resultados por vivienda son:

Tabla XXXIII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 1 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 881,642	1 881,681	0,039
10	20	1 881,681	1 881,737	0,056
20	30	1 881,737	1 881,750	0,013
30	40	1 881,750	1 881,763	0,013
40	50	1 881,763	1 881,784	0,021
50	0	1 881,784	1 881,798	0,014
<b>Total</b>	<b>0,156</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,026</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 1 del condominio A**



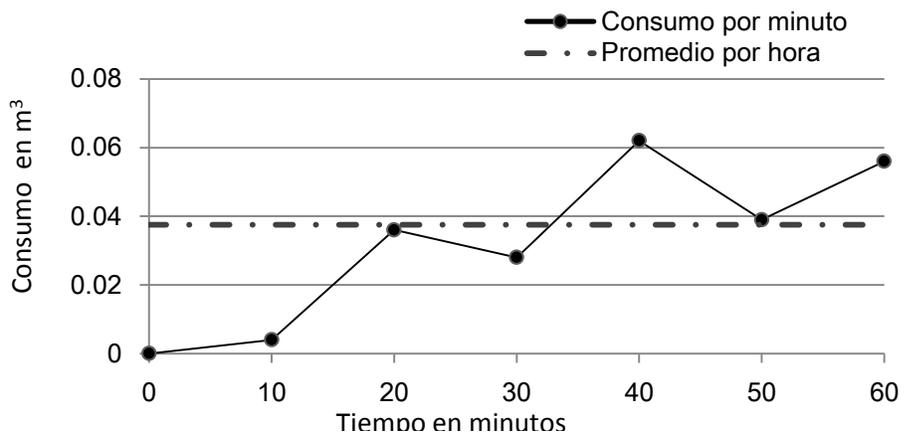
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 2 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	719,269	719,273	0,004
10	20	719,273	719,309	0,036
20	30	719,309	719,337	0,028
30	40	719,337	719,399	0,062
40	50	719,399	719,438	0,039
50	0	719,438	719,494	0,056
<b>Total</b>	<b>0,225</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,037</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 2 del condominio A**



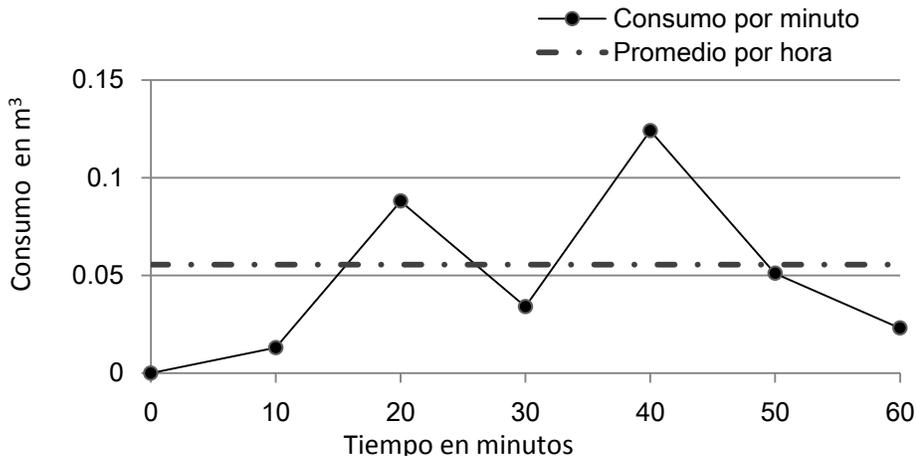
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 3 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 966,378	1 966,391	0,013
10	20	1 966,391	1 966,479	0,088
20	30	1 966,479	1 966,513	0,034
30	40	1 966,513	1 966,637	0,124
40	50	1 966,637	1 966,688	0,051
50	0	1 966,688	1 966,711	0,023
<b>Total</b>	<b>0,333</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,055</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 3 del condominio A**



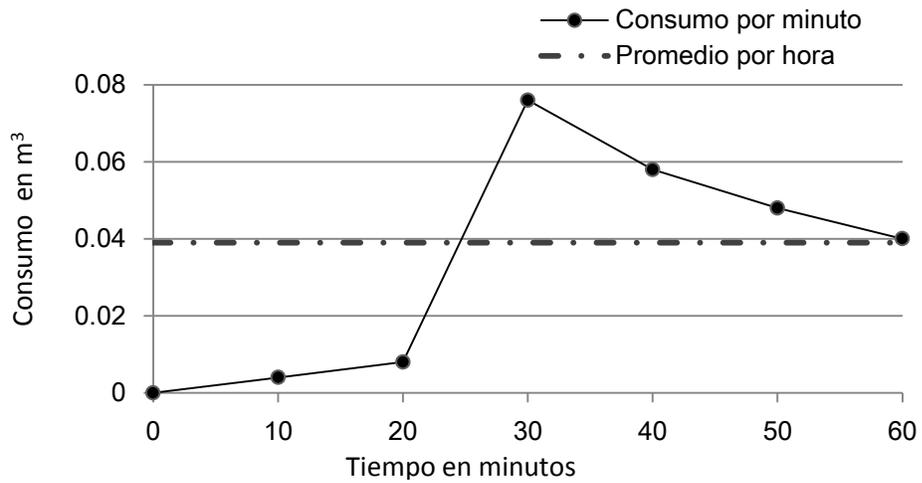
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Consumo en hora de mayor uso de casa 4 del condominio A en m<sup>3</sup>**

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
0	10	908,445	908,449	0,004
10	20	908,449	908,457	0,008
20	30	908,457	908,533	0,076
30	40	908,533	908,591	0,058
40	50	908,591	908,639	0,048
50	0	908,639	908,679	0,04
<b>Total</b>	<b>0,234</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,039</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 4 del condominio A**



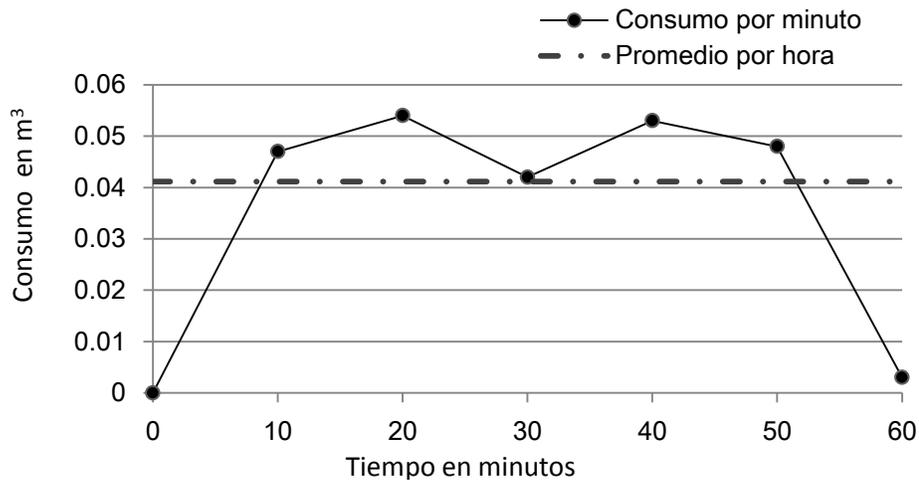
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 5 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	50,195	50,242	0,047
10	20	50,242	50,296	0,054
20	30	50,296	50,338	0,042
30	40	50,338	50,391	0,053
40	50	50,391	50,439	0,048
50	0	50,439	50,442	0,003
<b>Total</b>	<b>0,247</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,015</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 5 del condominio A**



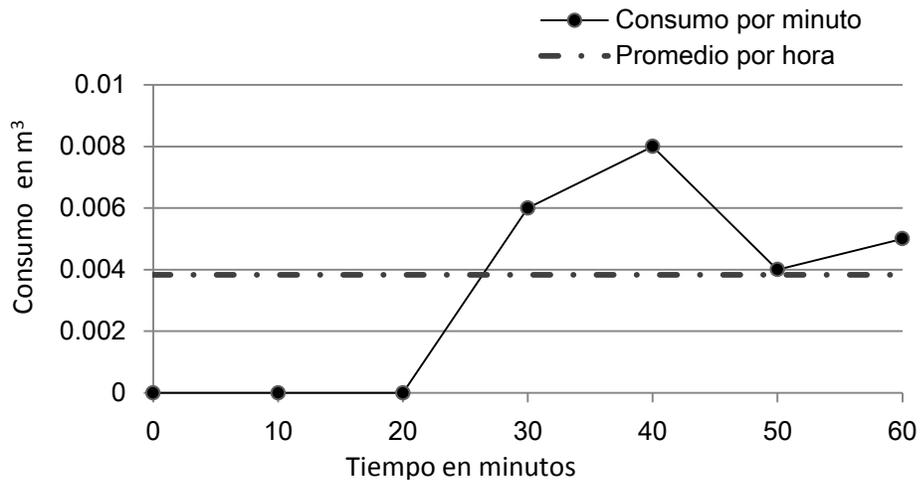
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 6 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	418,613	418,613	0
10	20	418,613	418,613	0
20	30	418,613	418,619	0,006
30	40	418,619	418,627	0,008
40	50	418,627	418,631	0,004
50	0	418,631	418,636	0,005
<b>Total</b>	<b>0,023</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,004</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 6 del condominio A**



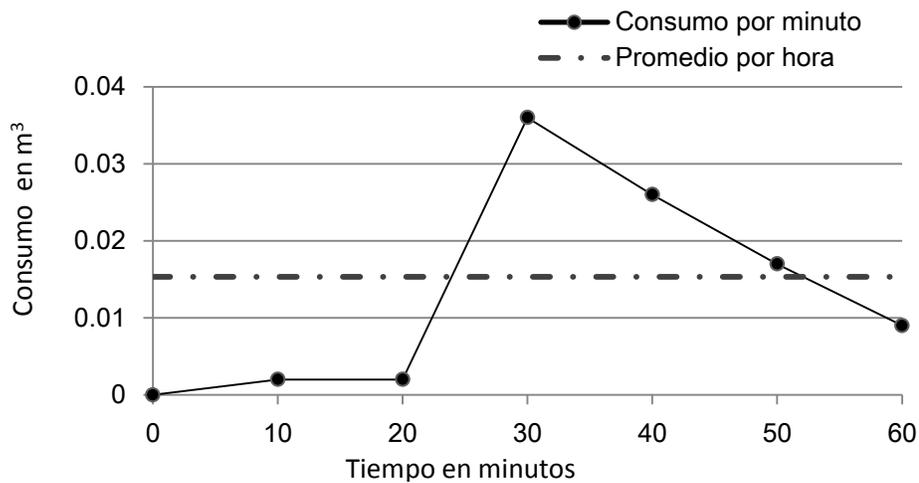
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Consumo en hora de mayor uso de casa 7 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	272,157	272,159	0,002
10	20	272,159	272,161	0,002
20	30	272,161	272,197	0,036
30	40	272,197	272,223	0,026
40	50	272,223	272,240	0,017
50	0	272,240	272,249	0,009
<b>Total</b>	<b>0,092</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,015</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 7 del condominio A**



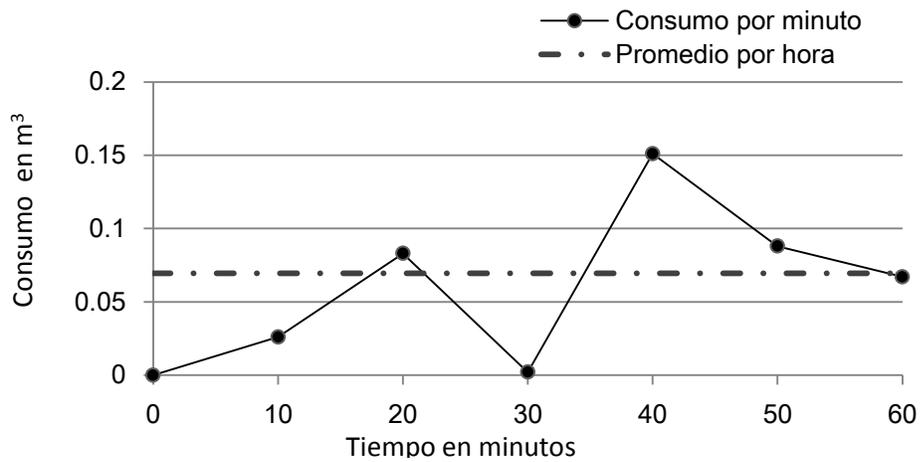
Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Consumo en hora de mayor uso de casa 8 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	942,369	942,395	0,026
10	20	942,395	942,478	0,083
20	30	942,478	942,480	0,002
30	40	942,480	942,631	0,151
40	50	942,631	942,719	0,088
50	0	942,719	942,786	0,067
<b>Total</b>	<b>0,417</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,069</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 8 del condominio A**



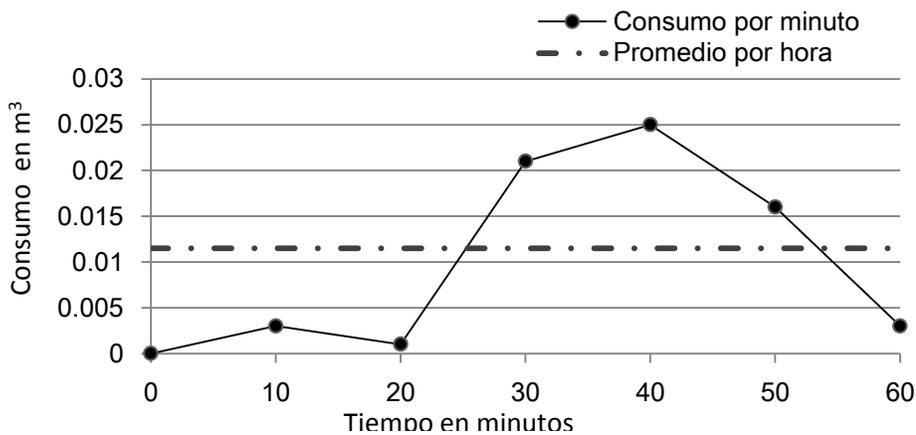
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Consumo en hora de mayor uso de casa 9 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 245,593	1 245,596	0,003
10	20	1 245,596	1 245,597	0,001
20	30	1 245,597	1 245,618	0,021
30	40	1 245,618	1 245,643	0,025
40	50	1 245,643	1 245,659	0,016
50	0	1 245,659	1 245,662	0,003
<b>Total</b>	<b>0,069</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,012</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 9 del condominio A**



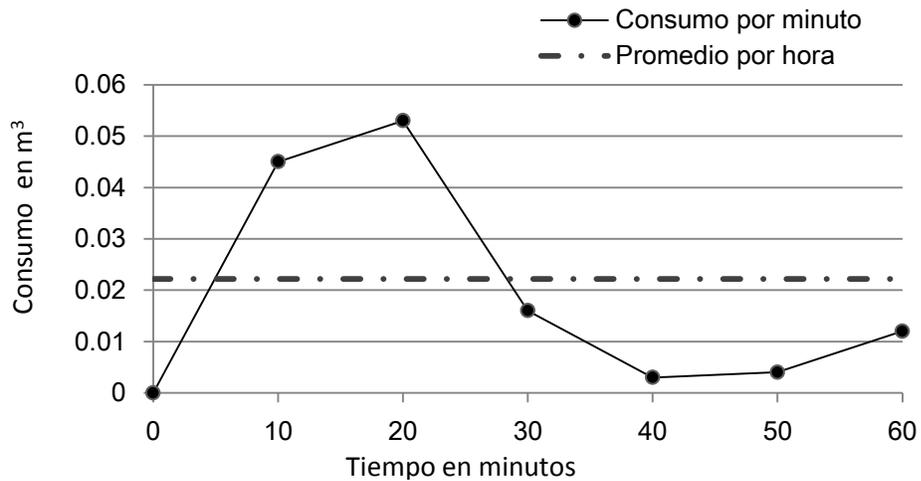
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 10 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 569,401	1 569,446	0,045
10	20	1 569,446	1 569,499	0,053
20	30	1 569,499	1 569,515	0,016
30	40	1 569,515	1 569,518	0,003
40	50	1 569,518	1 569,522	0,004
50	0	1 569,522	1 569,534	0,012
<b>Total</b>	<b>0,133</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,022</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 10 del condominio A**



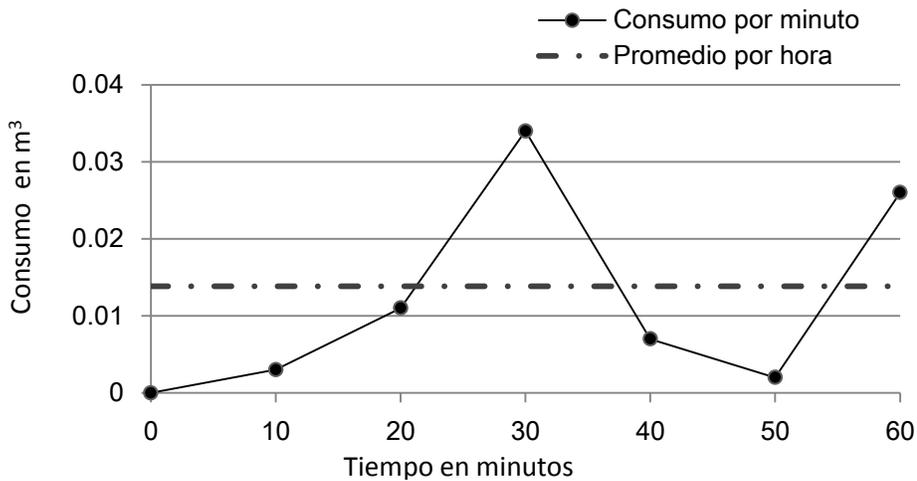
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Consumo en hora de mayor uso de casa 11 del condominio A en m<sup>3</sup>

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	2 080,486	2 080,489	0,003
10	20	2 080,489	2 080,500	0,011
20	30	2 080,500	2 080,534	0,034
30	40	2 080,534	2 080,541	0,007
40	50	2 080,541	2 080,543	0,002
50	0	2 080,543	2 080,569	0,026
<b>Total</b>	<b>0,083</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,014</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Consumo por minuto y promedio horario de casa 11 del condominio A



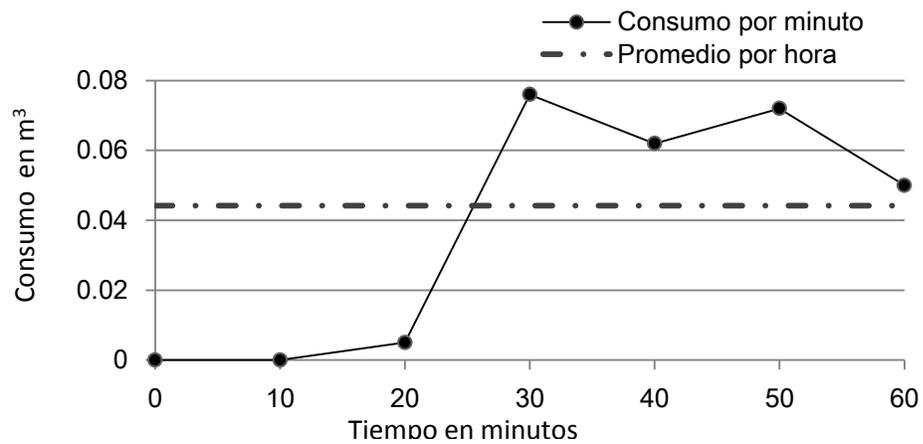
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 12 del condominio A en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	937,318	937,318	0
10	20	937,318	937,323	0,005
20	30	937,323	937,399	0,076
30	40	937,399	937,461	0,062
40	50	937,461	937,533	0,072
50	0	937,533	937,583	0,05
<b>Total</b>	<b>0,265</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,044</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 12 del condominio A**



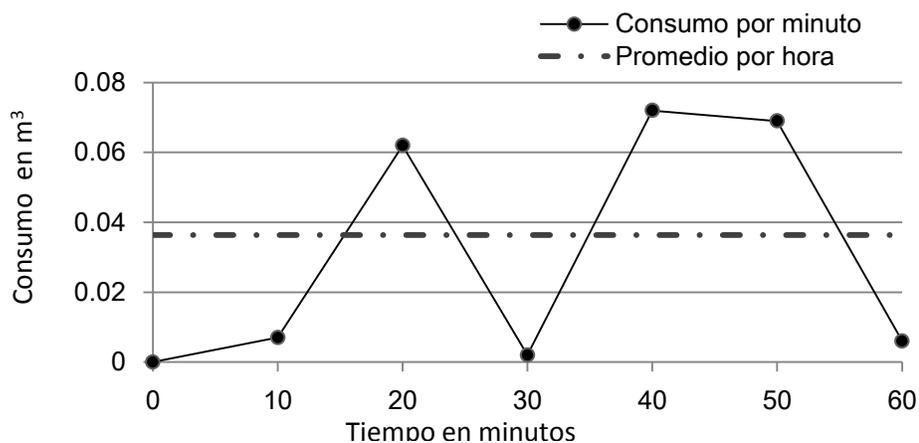
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 1 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 354,568	1 354,575	0,007
10	20	1 354,575	1 354,637	0,062
20	30	1 354,637	1 354,639	0,002
30	40	1 354,639	1 354,711	0,072
40	50	1 354,711	1 354,780	0,069
50	0	1 354,780	1 354,786	0,006
<b>Total</b>	<b>0,218</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,036</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 1 del condominio B**



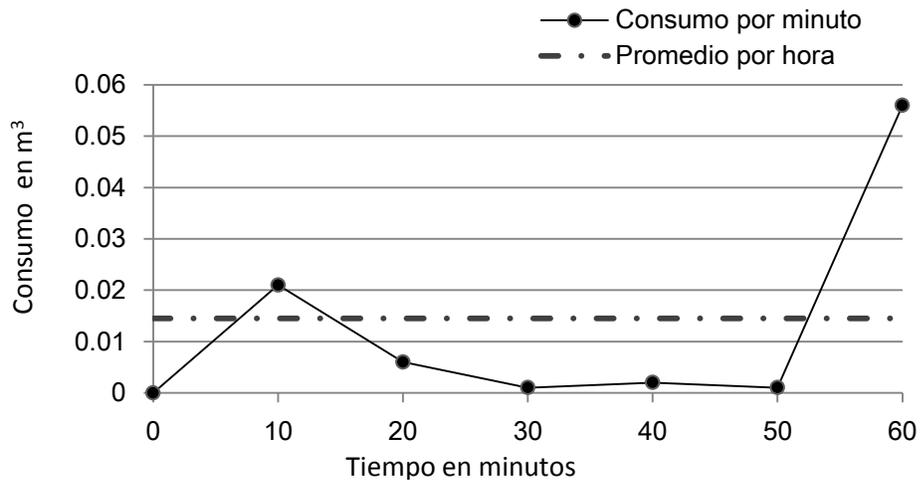
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Consumo en hora de mayor uso de casa 2 del condominio B en m<sup>3</sup>**

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
0	10	152,239	152,239	0
10	20	152,239	152,260	0,021
20	30	152,260	152,266	0,006
30	40	152,266	152,267	0,001
40	50	152,267	152,269	0,002
50	0	152,269	152,270	0,001
<b>Total</b>	<b>0,087</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,015</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 2 del condominio B**



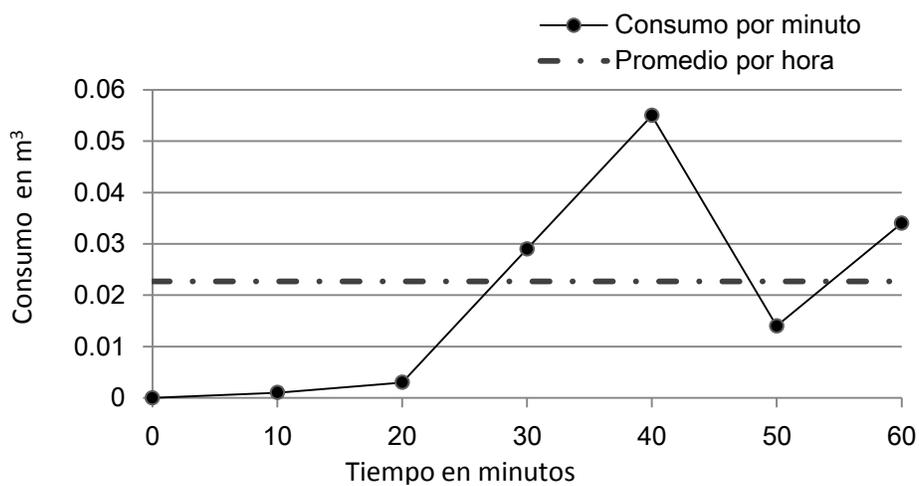
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 3 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	331,303	331,304	0,001
10	20	331,304	331,307	0,003
20	30	331,307	331,336	0,029
30	40	331,336	331,391	0,055
40	50	331,391	331,405	0,014
50	0	331,405	331,439	0,034
<b>Total</b>	<b>0,136</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,023</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 3 del condominio B**



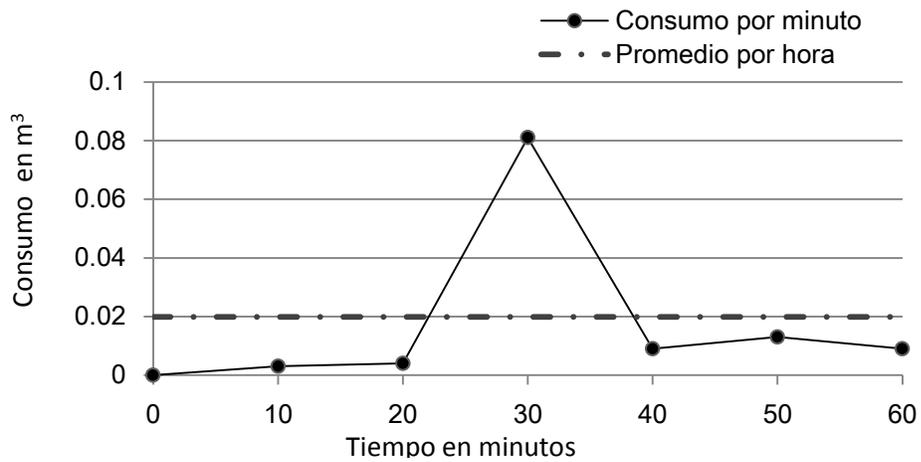
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 4 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	268,212	268,215	0,003
10	20	268,215	268,219	0,004
20	30	268,219	268,300	0,081
30	40	268,300	268,309	0,009
40	50	268,309	268,322	0,013
50	0	268,322	268,331	0,009
<b>Total</b>	<b>0,119</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,020</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 4 del condominio B**



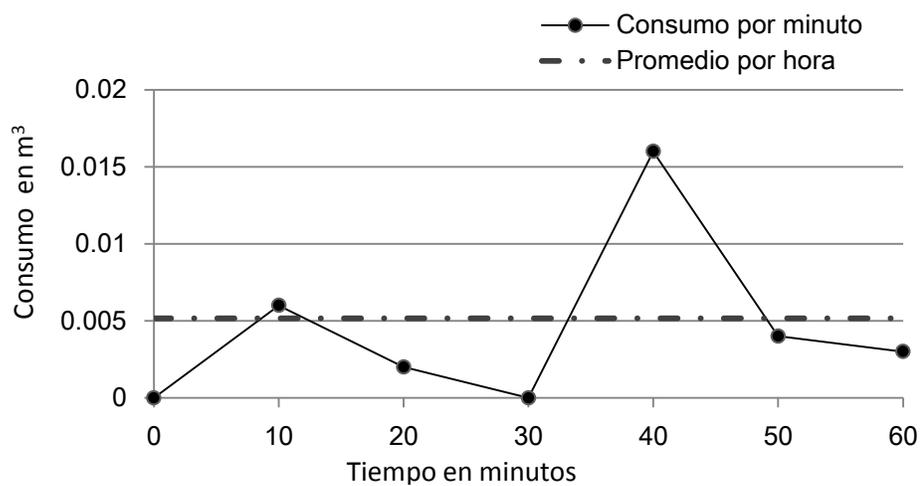
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Consumo en hora de mayor uso de casa 5 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	953,105	953,111	0,006
10	20	953,111	953,113	0,002
20	30	953,113	953,113	0
30	40	953,113	953,129	0,016
40	50	953,129	953,133	0,004
50	0	953,133	953,136	0,003
<b>Total</b>	<b>0,031</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,005</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 5 del condominio B**



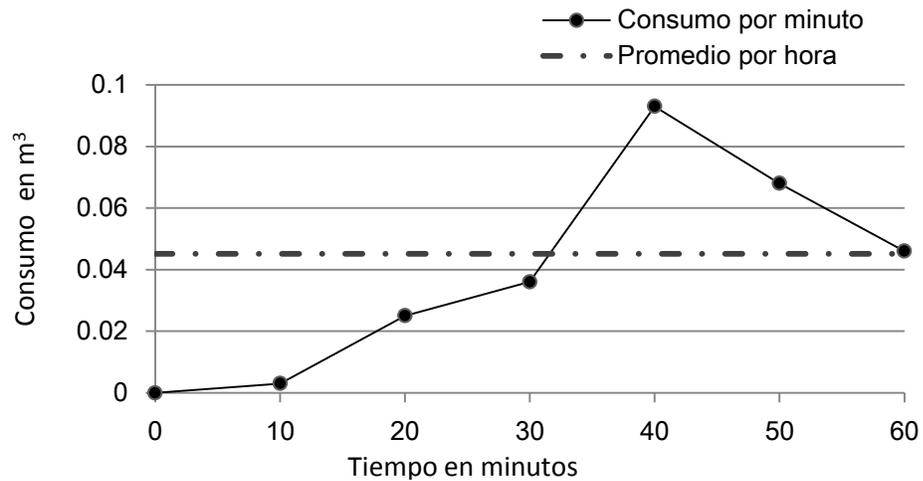
Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Consumo en hora de mayor uso de casa 6 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	796,706	796,709	0,003
10	20	796,709	796,734	0,025
20	30	796,734	796,770	0,036
30	40	796,770	796,863	0,093
40	50	796,863	796,931	0,068
50	0	796,931	796,977	0,046
<b>Total</b>	<b>0,271</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,045</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 49. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 6 del condominio B**



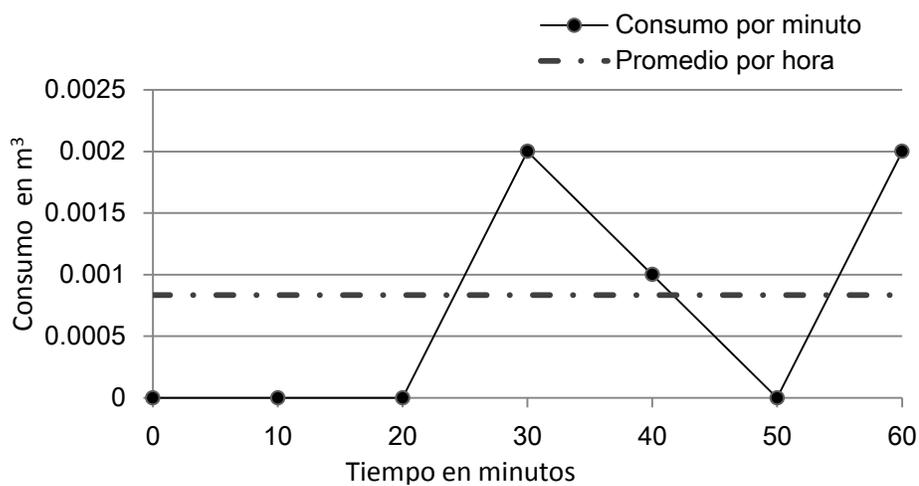
Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Consumo en hora de mayor uso de casa 7 del condominio B en m<sup>3</sup>**

<b>De Hora</b>	<b>A Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lectura final</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup>/hora</b>
0	10	1 995,533	1 995,533	0
10	20	1 995,533	1 995,533	0
20	30	1 995,533	1 995,535	0,002
30	40	1 995,535	1 995,536	0,001
40	50	1 995,536	1 995,536	0
50	0	1 995,536	1 995,538	0,002
<b>Total</b>	<b>0,005</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,001</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 7 del condominio B**



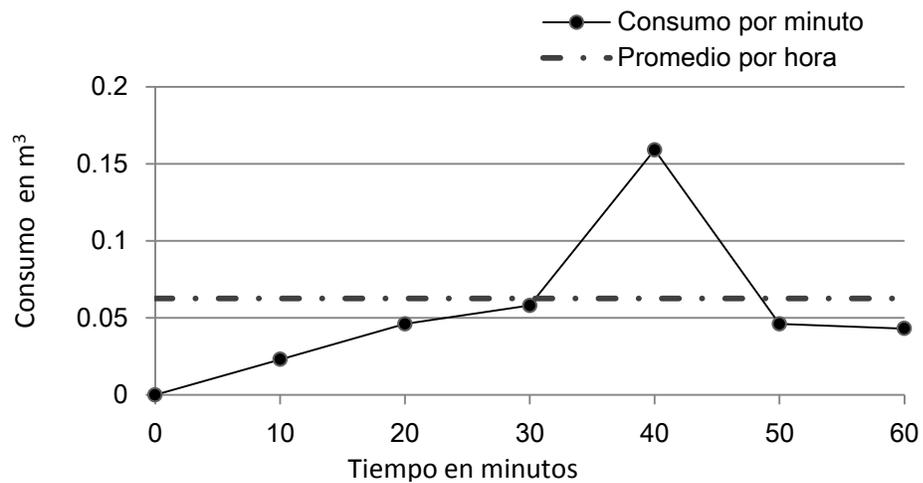
Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 8 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	2 216,267	2 216,290	0,023
10	20	2 216,290	2 216,336	0,046
20	30	2 216,336	2 216,394	0,058
30	40	2 216,394	2 216,553	0,159
40	50	2 216,553	2 216,599	0,046
50	0	2 216,599	2 216,642	0,043
<b>Total</b>	<b>0,375</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,062</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 8 del condominio B**



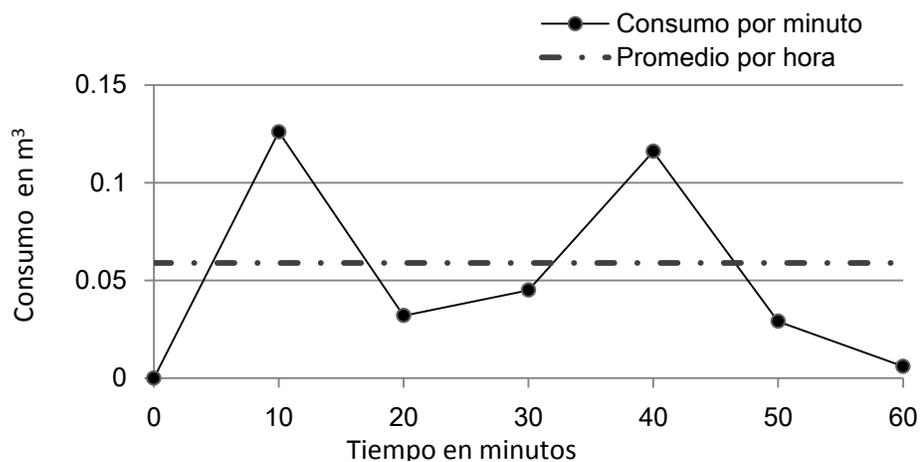
Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 9 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	7 867,653	7 867,779	0,126
10	20	7 867,779	7 867,811	0,032
20	30	7 867,811	7 867,856	0,045
30	40	7 867,856	7 867,972	0,116
40	50	7 867,972	7 868,001	0,029
50	0	7 868,001	7 868,007	0,006
<b>Total</b>	<b>0,354</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,059</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 9 del condominio B**



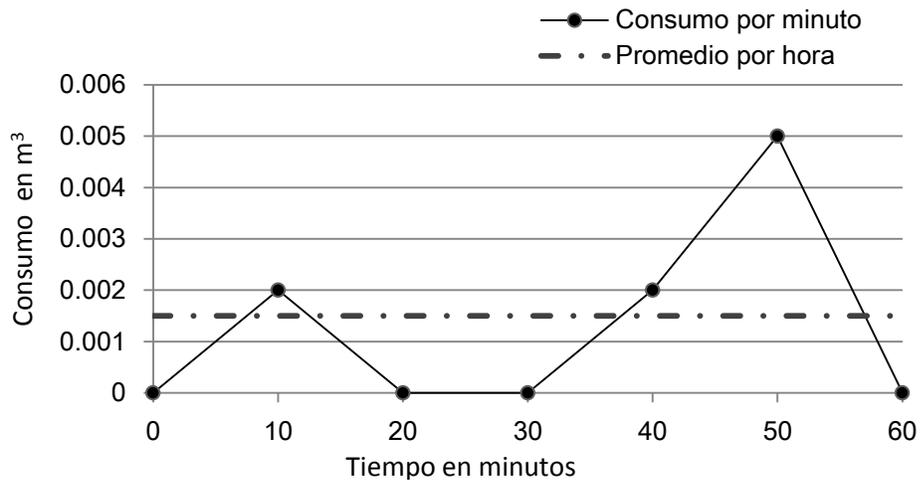
Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 10 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 921,777	1 921,779	0,002
10	20	1 921,779	1 921,779	0
20	30	1 921,779	1 921,779	0
30	40	1 921,779	1 921,781	0,002
40	50	1 921,781	1 921,786	0,005
50	0	1 921,786	1 921,786	0
<b>Total</b>	<b>0,009</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,001</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 10 del condominio B**



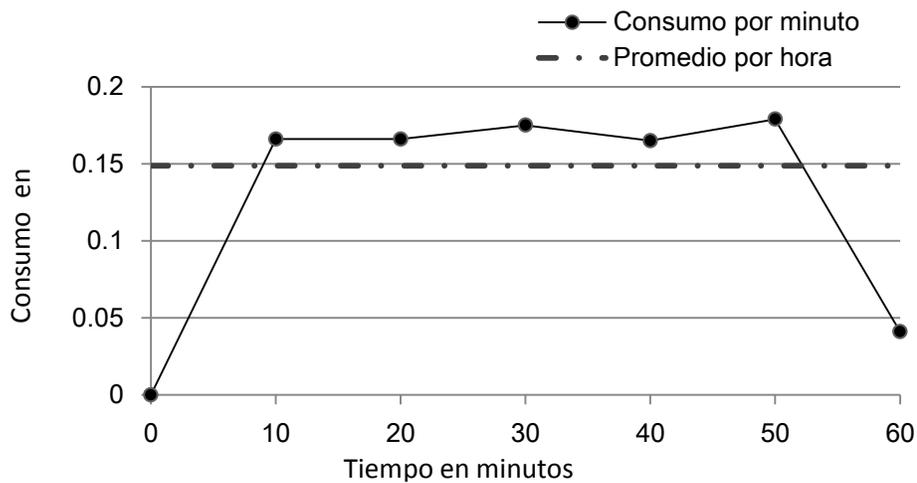
Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Consumo en hora de mayor uso de casa 11 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 752,399	1 752,565	0,166
10	20	1 752,565	1 752,731	0,166
20	30	1 752,731	1 752,906	0,175
30	40	1 752,906	1 753,071	0,165
40	50	1 753,071	1 753,250	0,179
50	0	1 753,250	1 753,291	0,041
<b>Total</b>	<b>0,892</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,148</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 11 del condominio B**



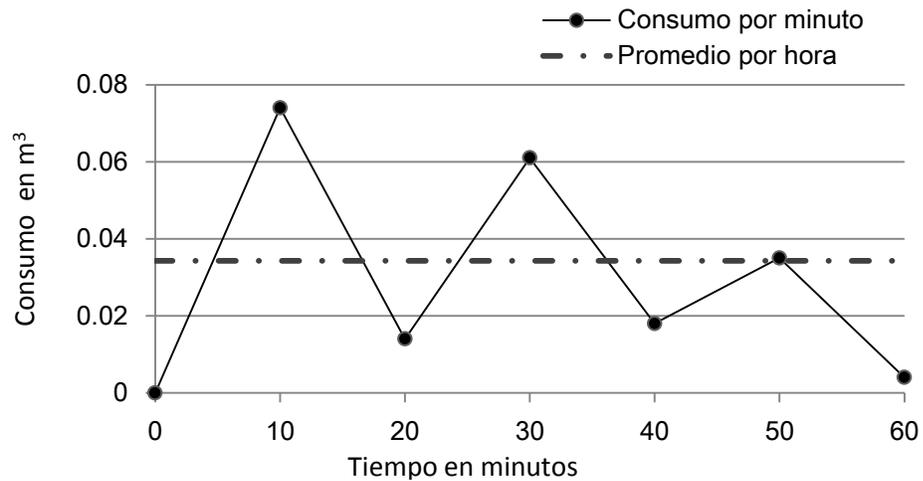
Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Consumo en hora de mayor uso de casa 12 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	1 275,224	1 275,298	0,074
10	20	1 275,298	1 275,312	0,014
20	30	1 275,312	1 275,373	0,061
30	40	1 275,373	1 275,391	0,018
40	50	1 275,391	1 275,426	0,035
50	0	1 275,426	1 275,430	0,004
<b>Total</b>	<b>0,206</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,034</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 12 del condominio B**



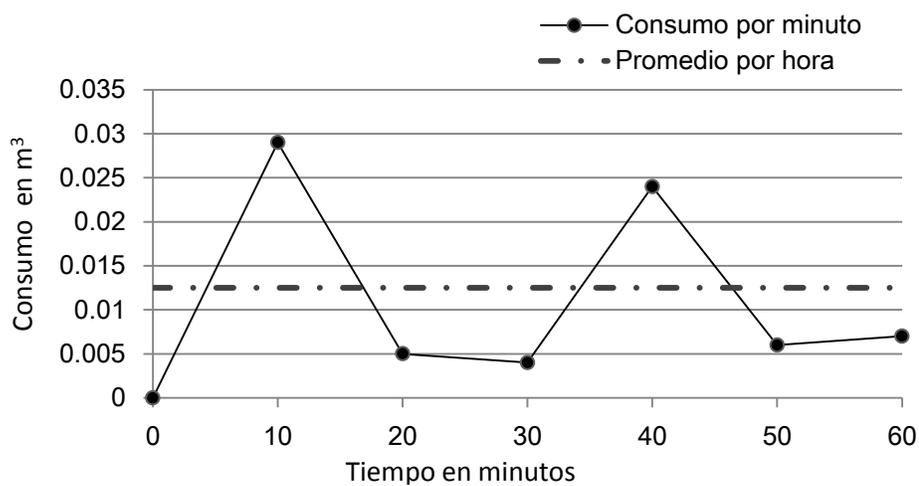
Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Consumo en hora de mayor uso de casa 13 del condominio B en m<sup>3</sup>**

De Hora	A Hora	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup> /hora
0	10	946,421	946,450	0,029
10	20	946,450	946,455	0,005
20	30	946,455	946,459	0,004
30	40	946,459	946,483	0,024
40	50	946,483	946,489	0,006
50	0	946,489	946,496	0,007
<b>Total</b>	<b>0,075</b>	<b>Promedio horario</b>		<b>0,012</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Consumo por minuto y promedio horario de casa 13 del condominio B**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Consumo futuro

Los datos de consumo futuro se obtienen en base a la ecuación presentada en el inciso 2.1.3. Los resultados del cálculo matemático se presentan en la siguiente tabla:

Tabla LVIII. Consumo futuro en metros cúbicos por día

<b>Condominio</b>	<b>Población futura (habitantes)</b>	<b>Consumo futuro (m<sup>3</sup>/día)</b>
A	67	10,783
B	77	12,489

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Cálculo de factores de retorno

Del aforo de aguas negras en la línea principal de descarga, se obtienen las lecturas que permiten el cálculo del factor de retorno por condominio tomando como parámetro de comparación el caudal de consumo por vivienda.

#### 3.3.1. Caudal de retorno

En el caso de las descargas de aguas negras la medición fue realizada utilizando el método de aforo volumen/tiempo, para las corrientes con una caída libre, caudales pequeños y de poca velocidad.

El cálculo del factor de retorno se realiza en base al caudal de consumo de cada condominio, el porcentaje de aguas servidas debe ser menor al de entrada.

Tabla LIX. **Porcentaje que retorna de aguas residuales en cada condominio**

<b>Condominio</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Retorno (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Factor de retorno</b>
A	8,734	100%	7,002	80,17	0,801
B	8,922	100%	6,932	77,69	0,776

Fuente: elaboración propia.

Se observa claramente que la cantidad de agua servida es menor a la que ingresa, el porcentaje faltante puede distribuirse en riego, almacenamiento y otras actividades propias del hogar.

### **3.3.2. Comparación con valores de retorno**

Siguiendo los parámetros de la tabla de valores R descrita en el capítulo anterior, ambos condominios cuentan con sistemas de nivel de complejidad media y ambos se encuentran dentro del rango establecido.

Tabla LX. **Comparación de los factores de retorno teóricos y reales**

<b>Condominio</b>	<b>Factor de consumo teórico</b>	<b>Factor de consumo real</b>
A	0,70 – 0,80	0,801
B	0,70 – 0,80	0,776

Fuente: elaboración propia.



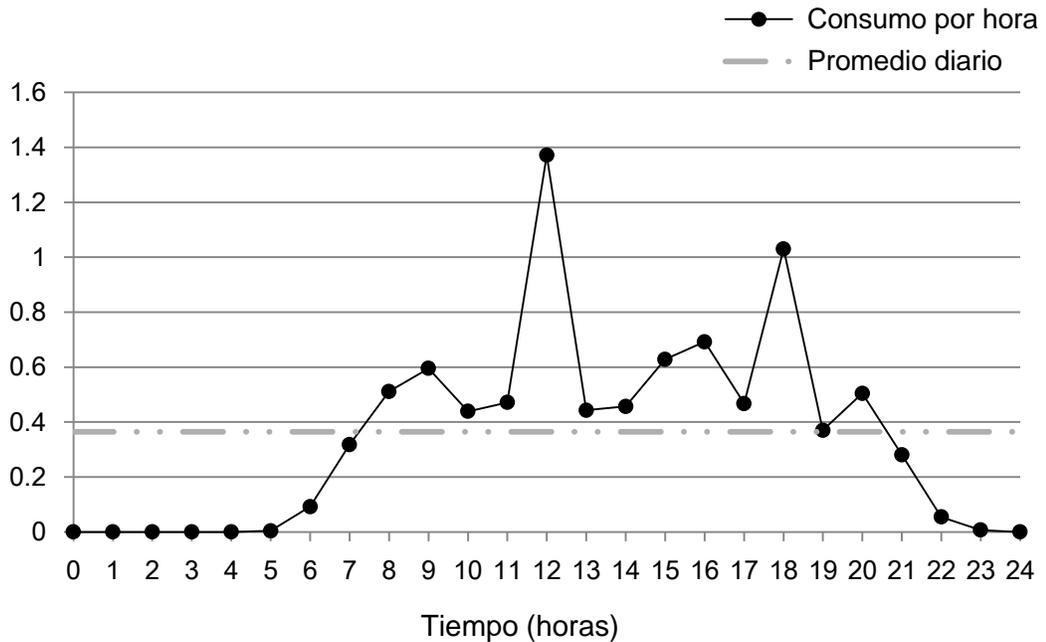
## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Comparación de caudales de consumo entre condominios

El consumo total de cada condominio se expresa como la sumatoria del consumo de cada vivienda, tomando como base que las características de temperatura, nivel socioeconómico, distribución y otros factores determinantes del consumo son similares en ambos condominios.

El consumo total del condominio A se muestra en la siguiente figura:

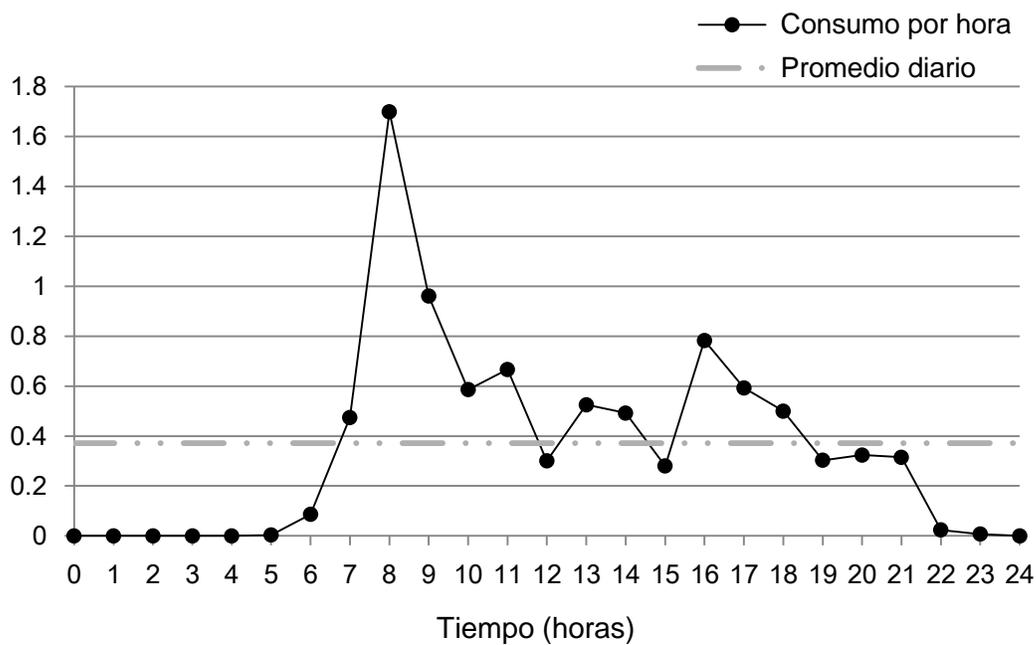
Figura 57. Consumo por hora y promedio diario del condominio A



Fuente: elaboración propia.

El condominio B de características similares muestra resultados diferentes como se observa en la figura:

Figura 58. Consumo por hora y promedio diario del condominio B



Fuente: elaboración propia.

Las gráficas muestran que los valores de consumo promedio en ambos condominios son similares, la diferencia son las horas en las cuales se realiza. Se debe tomar en cuenta que en el condominio A hay una vivienda menos en estudio.

Los valores de comparación se muestran en la tabla a continuación:

Tabla LXI. **Comparación de valores de consumo por condominio**

<b>Condominio</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Consumo total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo promedio (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Hora máxima de consumo</b>
A	64	12	8,734	0,364	11:00– 12:00
B	71	13	8,922	0,371	7:00– 8:00

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. **Comparación de factores de retorno entre condominios**

Las aguas servidas se encuentran separadas de las aguas pluviales, el sistema de drenaje de cada vivienda es recolectado por una línea principal que desemboca en una caja donde se realizaron las mediciones. El sistema de aguas pluviales incluye rejillas en las calles que reciben también el agua que se utiliza al lavar un automóvil o regar el jardín.

Tabla LXII. **Comparación de factores de retorno por condominio**

<b>Condominio</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Consumo total</b>	<b>Lectura de retorno</b>	<b>Factor de Retorno</b>
A	64	12	8,734	7,002	0,801
B	71	13	8,922	6,932	0,776

Fuente: elaboración propia.

El condominio B a pesar de contar con más habitantes muestra un factor de retorno menor al del condominio A, los usos alternos de agua predominantes en ambos condominios son: lavado de automóvil, riego de jardines, riegos varios, almacenamiento en cisterna y consumo humano mediante filtro.

La mayor parte del agua que llega al drenaje es utilizada en aseo personal, aseo de ropa, limpieza de alimentos, aseo de utensilios de cocina e implementos personales.

En la siguiente tabla se muestran los datos asociados al retorno de las aguas negras en ambos condominios:

#### **4.3. Proyecciones a futuro**

Cuando un sistema nuevo de distribución de agua potable o red de alcantarillado se diseña se debe calcular con una proyección no menor a los 20 años. Para redes existentes que no cuentan con datos de diseño, se puede calcular una proyección del comportamiento del sistema pero no será del todo preciso tomando en cuenta los años de funcionamiento del mismo.

##### **4.3.1. Dotación**

La dotación actual de cada condominio es de mil litros diarios por cada vivienda. Los datos obtenidos del consumo actual y la proyección a futuro permiten observar que la dotación seguirá siendo suficiente para abastecer las necesidades de ambos condominios.

Al multiplicar la dotación por el número de viviendas se obtiene el consumo por condominio, comparando con los datos reales de los mismos y posibles valores futuros, como se muestra a continuación:

Tabla LXIII. **Proyección de dotación a futuro**

Condominio	Dotación diaria por vivienda en m <sup>3</sup>	Número de viviendas	Dotación diaria por condominio en m <sup>3</sup>	Consumo Actual en m <sup>3</sup>	Consumo Futuro en m <sup>3</sup>
A	1,00	12	12,00	8,734	10,783
B	1,00	13	13,00	8,922	12,489

Fuente: elaboración propia.

Para obtener la dotación real por habitante, se divide el caudal de consumo actual dentro del número de personas por condominio.

Tabla LXIV. **Dotaciones reales en condominio**

Condominio	Número de habitantes	Consumo Actual en m <sup>3</sup>	Dotación diaria real por condominio en m <sup>3</sup> /hab/día	Dotación diaria por condominio en lt/hab/día
A	64	8,734	0,136	136,00
B	71	8,922	0,126	126,00

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Utilizando como herramienta los caudalímetros instalados en la conexión domiciliar, se obtuvieron lecturas de consumo que muestran valores reales del caudal utilizado en un día. Las lecturas realizadas cada hora, muestran una tendencia variable que depende de las necesidades propias de los habitantes.
2. Los datos de consumo diario muestran que los condominios, a pesar de tener condiciones socioeconómicas similares, no son iguales. Su hora de consumo máximo es diferente, el condominio A llega a su máximo al medio día y el condominio B en horas de la mañana.
3. El aforo de aguas residuales prueba que el porcentaje de agua potable que se consume es mayor del que regresa en la tubería de aguas servidas. De los caudales medidos se puede decir que el rango del factor de retorno para ambos condominios está entre 0,78 y 0,80.
4. La datación diaria de agua potable para cada vivienda en los condominios es de un metro cúbico, los resultados de las mediciones por día exponen que el consumo promedio diario es menor al caudal asignado.
5. A pesar de que las condiciones de los condominios son semejantes, los resultados de las mediciones no son iguales, por lo tanto se necesitan más registros estadísticos para establecer un rango de datos para este tipo de edificaciones.



## RECOMENDACIONES

1. Cuando una vivienda cuenta con una conexión domiciliar independiente, es importante que el dueño lleve un control de consumo mensual basado en las lecturas de su caudalímetro. El costo del exceso de consumo es alto y se atribuye generalmente a fugas de la red interna, al tener un registro del mismo se pueden identificar rápidamente estos problemas y darles pronta solución.
2. El aforo de aguas residuales se debe hacer preferentemente en la línea principal de descarga del condominio. Lo recomendable es hacer un aforo por vivienda y obtener valores individuales, pero regularmente las descargas no tienen un pozo de visita propio, más que el de la línea principal.
3. Cada usuario debe conocer la datación asignada a su domicilio, en algunos casos como el de los condominios participantes del estudio, es fija, pero aquellos usuarios que cuentan con el servicio de facturación por consumo es necesario que la conozcan para moderar el uso de su agua.
4. Se necesita una gran cantidad de información sobre lecturas de consumos para, en base a ellos, crear factores aplicables al país, las normas internacionales dan parámetros muy acertados pero se recomienda crear registros regionales para obtener una mayor precisión en los datos de diseño de nuevos sistemas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. *Diseño de acueductos y alcantarillados*. 2<sup>a</sup>. ed. Santa Fe de Bogotá: Alfaomega, 2000. p. 388.
2. MASKEW FAIR, Gordon; GEYER, Jonh Charles; OKUN, Daniel Alexander. *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales*. México: LIMUSA, 1993. V.1. p. 269.
3. MAYOL MALLORQUI, José María. *Tuberías: instalaciones de conducción, distribución y saneamiento: aplicaciones de cálculo por ordenador*. Barcelona: Editores técnicos y asociados, 1983. T2. p. 349.
4. MERRIT, Frederidck S. *Manual del Ingeniero Civil*. México: McGraw-Hill, 1987. T3. Sección 21. p. 134.
5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía para la preparación, construcción, y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento*. Guatemala: MSPAS, 1991. p. 159

6. *Medidores Volumétricos*. [en línea]. [ref. de 8 de noviembre de 2011].  
Disponible en  
Web:<http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/trabajos%202003/Sem%20Aut%20%20Caudal/web-final/Medidores%20Volumetricos.htm>

## **APÉNDICE**



## Encuesta de antecedentes socio-económicos



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
“DETERMINACIÓN DE FACTORES DE CONSUMO Y RETORNO DE AGUA EN TRES CONDOMINIOS  
UBICADOS EN SECTOR A-3, CIUDAD SAN CRISTÓBAL, ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA.”



### CUESTIONARIO DE ANTECEDENTES SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LOS CONDOMINIOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

Condominio: \_\_\_\_\_

No. de casa: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Vo.Bo. \_\_\_\_\_

1. ¿Cuántas personas habitan en su vivienda?
2. ¿En qué rangos de edades se encuentran?  
0-10      10-25      25-30      30-50      50-70      más de 70
3. Sus ingresos económicos mensuales son:  
Q100.00 – Q2000.00      Q.2001.00 – Q.5,000      más de Q.10,000.00
4. ¿Cuál es el grado de escolaridad más alto en su hogar?  
Primaria      Secundaria      Diversificado      Licenciatura      Maestría/Doctorado
5. ¿Cuál es el grado de escolaridad más bajo en su hogar?  
Primaria      Secundaria      Diversificado      Licenciatura      Maestría/Doctorado
6. ¿Cómo califica el grado de salud de su familia?  
Muy Bueno      Bueno      Regular      Malo      Muy Malo
7. En caso de enfermedad/emergencia usted visita:  
Hospital Público      Hospital Privado      Clínica Privado      Centro de Salud      IGSS
8. ¿Conoce usted su dotación de agua potable?  
Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Dotación: \_\_\_\_\_ m3
9. ¿Cuál es su tarifa de facturación mensual promedio?
10. ¿En qué rango horario utiliza más el servicio de agua potable?  
5 – 8 a.m.      8 a.m. – 12 p.m.      12 – 2 p.m.      2 – 6 p.m.      6 – 10 p.m.      10 p.m. – 5 a.m.

Sergio Antonio Castellanos López  
Carnet: 2005-11871  
Ingeniería Civil, USAC

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de recolección de datos por día

Casa No. \_\_\_\_\_ Condominio: \_\_\_\_\_

Fecha:     /     / 2011

DE	A	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	CONSUMO
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
10	11			
11	12			
12	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	6 (DÍA SIGUIENTE)			

Fecha:     /     / 2011

DE	A	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	CONSUMO
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
10	11			
11	12			
12	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	6 (DÍA SIGUIENTE)			

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de recolección de datos por hora

Casa No. \_\_\_\_\_ Condominio: \_\_\_\_\_

Fecha:     /     / 2011     Hora de medición: DE \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_

DE	A	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	CONSUMO
0:00	10:00			
10:00	20:00			
20:00	30:00			
30:00	40:00			
40:00	50:00			
50:00	0:00			

Casa No. \_\_\_\_\_ Condominio: \_\_\_\_\_

Fecha:     /     / 2011     Hora de medición: DE \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_

DE	A	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	CONSUMO
0:00	10:00			
10:00	20:00			
20:00	30:00			
30:00	40:00			
40:00	50:00			
50:00	0:00			

Casa No. \_\_\_\_\_ Condominio: \_\_\_\_\_

Fecha:     /     / 2011     Hora de medición: DE \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_

DE	A	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	CONSUMO
0:00	10:00			
10:00	20:00			
20:00	30:00			
30:00	40:00			
40:00	50:00			
50:00	0:00			

Fuente: elaboración propia.

