

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor patrocinante:

Ing. Sergio Quijada Vera.

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE
AGUA POTABLE DOMICILIARIA EN FUNCIÓN DE LA
PRESIÓN PARA LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN”**

**Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil**

CRISTIAN GIOVANNI RIVERA IBAÑEZ

Concepción, Enero del 2015

*Dedicado a mi familia por darme
el apoyo y las fuerzas cada día para
seguir adelante en la vida.*

Agradecimientos

Antes de todo agradezco a Dios, por darme cada día la salud y la vida. A mis padres Jorge Rivera y Brisa Ibáñez, por su preocupación y apoyo en todo momento para la realización de esta etapa de mi vida. A mi hermano mayor por su traspaso de experiencia y sabias palabras para poder enfrentar los primeros años de la vida universitaria lejos de la familia. A mis tíos, abuela y conocidos en general que indirectamente confiaron en mí y pidieron a Dios que me ayudara en cada obstáculo de mi vida y por supuesto a Valeska Aburto por darme su amor y apoyo para poder avanzar en esta etapa de la vida.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo general	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
2 MARCO TRABAJO	12
2.1 Redes Públicas de Distribución de Agua Potable	12
2.2 Componentes de una Red de Distribución.....	12
2.3 Parámetros que Influyen en la Demanda de Agua en Función del Tiempo.....	12
2.4 Antecedentes de Clientes de Essbio.....	12
2.4.1 Segmentación inicial de clientes.....	13
2.4.2 Clientes de la ciudad de Concepción.....	14
3 METODOLOGÍA.....	16
3.1 Definición de los Sectores de Estudio y Puntos de Medición	16
3.2 Determinación del Universo de Clientes	16
3.3 Medición de presiones	17
3.4 Determinación de los Consumos de Agua de los Clientes de Essbio	18
3.5 Construcción de Curvas Consumo Versus Presión.....	19
3.5.1 Presiones Representativas de un Sector	19
3.5.2 Presión Utilizada en la Construcción de las Curvas.....	19
3.5.3 Consumo Utilizado en la Construcción de las Curvas	19
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	20
4.1 Definición de Zonas de Estudio y Puntos de Medición.....	20
4.2 Verificación de la Cantidad de Clientes a Estudiar	21

4.3	Medición de Presiones	22
4.3.1	Medición de presiones	22
4.3.2	Resultados de las mediciones	23
4.3.3	Datos Representativo de Presión	28
4.4	Análisis de los Consumos de Agua.....	29
4.4.1	Encuestas	29
4.4.2	Dato representativo de consumo	30
4.5	Determinación de Curvas Empíricas	30
4.5.1	Curvas de comportamiento de consumo en función de la presión	31
4.5.2	Análisis de Linealidad Inicial de las Curvas de Consumo de Agua Potable	34
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporciones de tipos de clientes	13
Figura 2. Equipo DLMP puesto en terreno	18
Figura 3. Concepción y los sectores estudiados	21
Figura 4. Medición de presión en el sector Pedro de Valdivia Bajo	24
Figura 5. Medición de presión en el sector Los Fresnos	25
Figura 6. Medición de presión en el sector Collao	26
Figura 7. Medición de presión en el sector Valle Noble	27
Figura 8. Medición de presión en el sector Colón 9000.....	28
Figura 9. Curva de comportamiento de clientes de segmento S4.....	31
Figura 10. Tendencias de comportamiento de consumo versus presión por individuo de cada segmento de clientes Essbio	32
Figura 11. Zonas de comportamiento uno y dos	34
Figura B 1. Puntos medidos sector Pedro de Valdivia Bajo.....	42
Figura B 2. Puntos medidos sector Los Fresnos.....	43
Figura B 3. Puntos medidos sector Valle noble.....	44
Figura B 4. Puntos medidos Sector Collao.....	45
Figura B 5. Puntos medidos sector Colón 9000	46
Figura E 1. Curva de comportamiento de clientes de segmento S1	59
Figura E 2. Curva de comportamiento de clientes de segmento S2	59
Figura E 3. Curva de comportamiento de clientes de segmento S3	60
Figura E 4. Curva de comportamiento de clientes de segmento S4	60

Figura E 5. Curva de comportamiento de clientes de segmento S5	61
Figura E 6. Curva de comportamiento de clientes de segmento S6	61
Figura E 7. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S1.....	62
Figura E 8. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S2.....	63
Figura E 9. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S3.....	63
Figura E 10. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S4.....	64
Figura E 11. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S5.....	64
Figura E 12. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S6.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información General sobre los Tipos de Cliente de Essbio.	14
Tabla 2. Tipos y Cantidades de Cantidad de Clientes de la Ciudad de Concepción	15
Tabla 3. Cantidad de Clientes Asignados por Equipos DLMP	23
Tabla 4. Resumen de los Datos de Presión Representativos de Sectores y Subsectores.....	29
Tabla 5. Resumen de los Datos de Consumos de Los Clientes Segmentados.	30
Tabla 6. Resumen de los Datos Obtenidos del Análisis de Linealidad	35
Tabla 7. Presión Lineal Máxima de un Sector.....	36
Tabla A 1. Parámetros que influyen en la Demanda de Agua Potable en función del Tiempo	40
Tabla C 1. Datos de consumo de los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014 de los clientes del sector Colón 9000.....	48
Tabla D 1. Determinación de la cantidad de encuestas a realizar por sector.....	53
Tabla D 2. Encuestas realizadas para el sector Colón 9000	53
Tabla D 3. Encuestas Hechas en Campo para la Determinación de Residentes por Inmuebles	57

Estudio del Comportamiento del Consumo de Agua Potable Domiciliaria en Función de la
Presión para la Ciudad de Concepción

Autor: Cristian Giovanni Rivera Ibáñez

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo electrónico: crriver@alumnos.ubiobio.cl

Profesor patrocinante: Sergio Quijada

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo electrónico: squijada@ubiobio.cl

RESUMEN

Essbio, empresa sanitaria que opera en localidades de la sexta, séptima y octava región, desea conocer el comportamiento del consumo domiciliario de sus clientes en función de la presión en sus redes de distribución de agua potable.

En este proyecto, se realizó un estudio en base a la segmentación de clientes que dicha sanitaria posee, en total son seis y estos están distribuidos en la población de manera aleatoria. El estudio contó con la medición de las presiones en tuberías de agua potable de cinco sectores de Concepción, abarcando en total a 2040 clientes, correspondientes a seis segmentos. A estos se les cuantificaron sus consumos de agua durante el período de medición.

Realizados los análisis de las presiones de trabajo con los volúmenes de agua consumidos se determinaron curvas empíricas de comportamiento para los seis segmentos de clientes.

En general, las curvas de comportamiento de los seis segmentos tuvieron una forma asintótica. De estas curvas, al principio de ellas, se observó un comportamiento directamente proporcional. El punto más alto, de este comportamiento, en cuanto la presión, se le llamó presión lineal máxima. El valor de la presión lineal máxima calculado de forma general para los clientes segmentados de Essbio para Concepción fue de 32 (m.c.a.).

Palabras clave: Presión, consumo de agua, redes.

Número de Palabras: 9265.

Behavioral Study of Household Water Consumption as a Function of Pressure for the City of
Concepción

Author: Cristian Giovanni Rivera Ibáñez

Department Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

E-mail: crriver@alumnos.ubiobio.cl

Sponsoring teacher: Sergio Quijada

Department Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

E-mail: squijada@ubiobio.cl

ABSTRACT

Essbio, water company that operates in towns in the sixth, seventh and eighth region, wants to know the behavior of household consumption of its customers based on the pressure in their distribution networks of drinking water.

In this project, a study was conducted based on customer segmentation that such water company possesses. There are six in total and these are distributed in the population at random. The study involved measuring the pressure in drinking water pipes in five sectors of Concepción, covering a total of 2040 customers corresponding to six segments. These were quantified in their consumption of water during the measurement period.

Once the analysis of work pressures with the volumes of water consumed were performed empirical curves of performance for the six customer segments were determined.

Generally, the performance curves of the six segments had an asymptotic form. From these curves, at the beginning, directly proportional behavior was observed. The highest point of this behavior in terms of pressure, was called maximum linear pressure. The value of the maximum line pressure calculated in general for the Essbio segmented customers for Concepcion was 32 (mca).

1 INTRODUCCIÓN

Se cree, de parte de las empresas sanitarias del país, en particular, Essbio, que para maximizar la facturación de agua potable de sus clientes, es necesario dotar a las tuberías de la red de distribución, la máxima presión de trabajo; también se piensa que al existir una alta presión en los ductos de agua potable aumenta el riesgo de roturas y fugas. Por este motivo se hace importante conocer el comportamiento del consumo de agua en función de la presión, de manera de poder encontrar una presión adecuada al sistema de distribución de agua potable. La poca certeza que se tiene sobre el comportamiento del consumo de agua en función de la presión de la red, ha llevado a la discrepancia de los profesionales del área al momento de tomar la decisión de ajustar la presión de trabajo en las redes de agua potable. En este contexto, surge la necesidad de estudiar el comportamiento del consumo en función de la presión y así tomar mejores decisiones.

El presente estudio consiste en encontrar curvas empíricas que relacionen el consumo de los clientes de tipo de consumo doméstico en función de la presión de trabajo de la red de distribución de agua potable.

Para llevar a cabo este estudio, se medirán presiones de trabajo en distintos sectores de Concepción y se trabajará con información proveniente de la base datos de clientes de la sanitaria.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo general*

Determinar la relación entre el consumo y la presión en el sistema de distribución de agua potable de Concepción.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Definir la población de estudio y medir presiones.
- Analizar las presiones registradas.
- Analizar los consumos de agua de los clientes.
- Construir curvas empíricas que relacionen las presiones de trabajo con los consumos de agua potable.

2 MARCO TRABAJO

En este capítulo se detallan conceptos, variables e información recopilada desde la base de datos de la sanitaria Essbio.

2.1 Redes Públicas de Distribución de Agua Potable

Son aquellas instalaciones exigidas por la urbanización conforme a la ley, inclusive los arranques de agua potable, operadas y administradas por el prestador del servicio público de distribución, a las que se conectan con las instalaciones domiciliarias de agua potable (RIIDA, 2009).

2.2 Componentes de una Red de Distribución

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de (DALYD, 2010):

- Tuberías
- Piezas especiales
- Válvulas
- Tanques de distribución
- Rebombeos
- Cajas rompedoras de presión

2.3 Parámetros que Influyen en la Demanda de Agua en Función del Tiempo

Los parámetros que influyen en el consumo de agua son el clima, tipo de población, infraestructura sanitaria, situación socioeconómica, actividades y misceláneos (ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES DE DEMANDA DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE, UNIVERSIDAD DE CHILE, 2002). En la Tabla A 1 (ubicada en el ANEXO A) se muestran en detalles los factores influyentes en el consumo de agua.

2.4 Antecedentes de Clientes de Essbio

Los clientes de tipo “boleta”, representa al consumidor final del producto, por ejemplo, una casa familiar, departamento, etc., el tipo “factura”, representa a empresas, locales comerciales, etc.

La sanitaria Essbio posee aproximadamente 906.884 clientes, de ellos 877.444 son clientes de facturación tipo “boleta”, los cuales representan un 96,8% y 29.440 son de tipo “factura”, los cuales representan un 3,2%.

2.4.1 Segmentación inicial de clientes

Essbio a través de su departamento de marketing, formuló el año 2013 un estudio con el objetivo de identificar las principales características de sus clientes, entre otros: su nivel socioeconómico, tipos de vivienda, hábitos de consumo, etc. Figura 1 muestra de forma gráfica las proporciones de los tipos de clientes del total que posee.

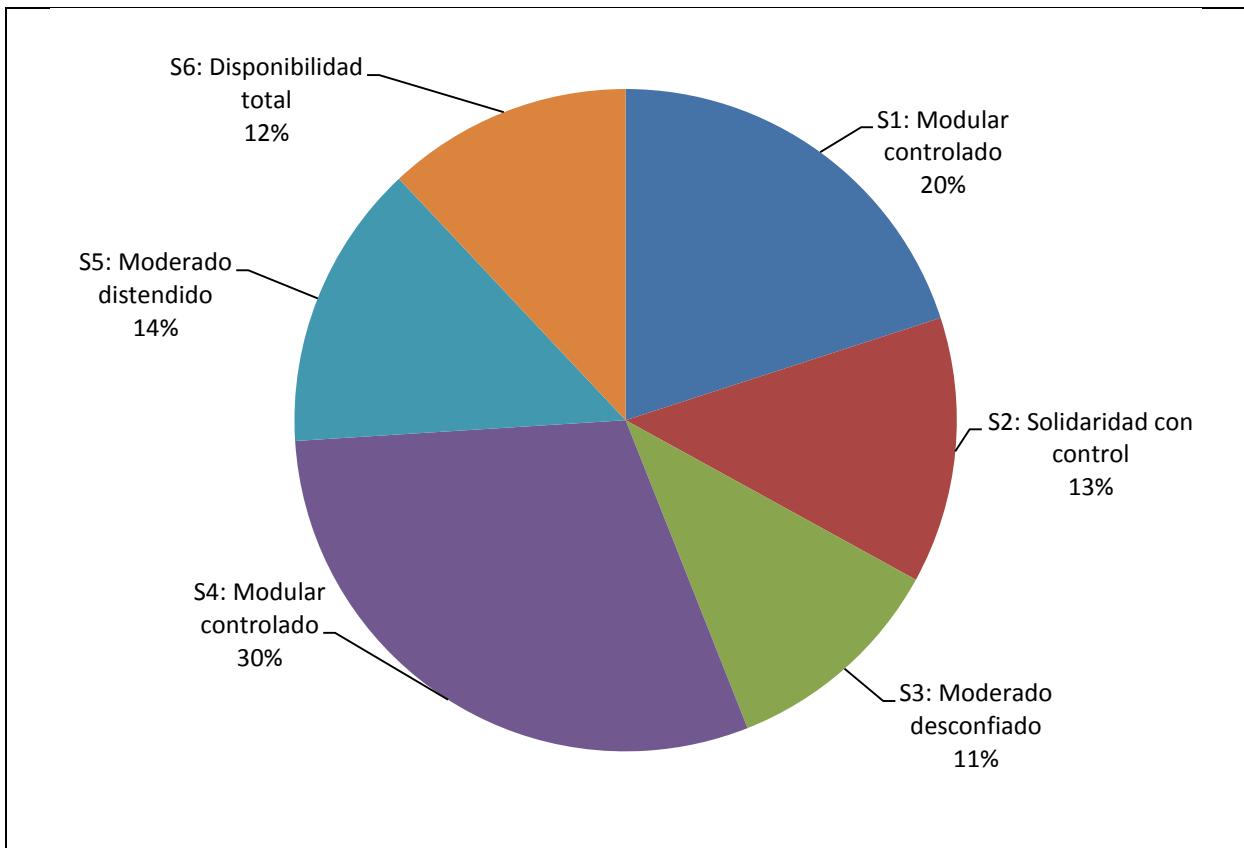


Figura 1. Proporciones de tipos de clientes

(Fuente: Elaboración propia)

La Tabla 1 muestra características generales de los clientes tipo “boleta” clasificados del segmento S1 al S6.

Tabla 1. Información General sobre los Tipos de Cliente de Essbio.

Nombre del segmento	Características
S1: Modular controlado	Con subsidio, consumo estable y pagan su cuenta atrasada. Clase económica muy baja. En promedio terminan pagando \$951/m ³ .
S2: Solidaridad con Control	Alto consumo, con subsidio y paga su cuenta al día. Clase económica medio-bajo. En promedio terminan pagando \$736/m ³ .
S3: Moderado desconfiado	Cliente aspiracional de alto consumo, paga su cuenta atrasada y con intereses. Clase económica media-media. En promedio terminan pagando \$1.910/m ³ .
S4: Modular controlado	Con subsidio y un bajo consumo, paga a tiempo su cuenta. Clase económica baja. En promedio terminan pagando \$975/m ³
S5: Moderado distendido	Consumo normal, paga su cuenta atrasado, paga interés y gastos de cobranza. Clase económica medio-alto. En promedio terminan pagando \$1.465/m ³ .
S6: Disponibilidad total	Alto consumo, clientes sin deuda, pero con pago de intereses. Clase económica Alto. En promedio terminan pagando \$1.309/m ³ .

(Fuente: Presentación para capacitación Essbio, 2013)

2.4.2 Clientes de la ciudad de Concepción

En la ciudad de Concepción existen alrededor de 48.000 clientes, de ellos, aproximadamente 35.045 su tipo de consumo es de uso doméstico, el cual representa un 73%. La Tabla 2 nos muestra las cantidades de clientes por tipo de segmento.

Tabla 2. Tipos y Cantidades de Cantidad de Clientes de la Ciudad de Concepción

Segmento	Nombre	Cantidad	Porcentaje
S1	Nuclear controlado	8.193	24%
S2	Solidaridad con control	8.037	23%
S3	Moderado desconfiado	2.206	6%
S4	Nuclear controlado	7.176	20%
S5	Moderado distendido	3.229	9%
S6	Disponibilidad Total	6.204	18%
Total		35.045	100%

(Fuente: Base de datos de la sanitaria Essbio, 2014)

3 METODOLOGÍA

Para establecer el comportamiento del consumo de agua potable domiciliar en función de la presión por parte de los clientes de Essbio de la ciudad de Concepción, se debió realizar lo siguiente:

- Definir las zonas de estudio y los puntos de medición
- Determinar el universo de clientes
- Medir presiones
- Determinar el consumo de agua de los clientes
- Construir las curvas de consumo versus presión

3.1 Definición de los Sectores de Estudio y Puntos de Medición

Para la definición de los sectores de estudio se utilizaron los siguientes criterios: topografía plana, área de influencia de estanque y sector residencial sin edificios de altura, de modo que la diferencia de presiones entre un cliente y otro sea poco significativa y para que los tipos de clientes ubicados en las zonas respectivas, sean principalmente clientes de tipo “boleta”. Los puntos de medición quedaron determinados por la cantidad de equipos disponibles y por la factibilidad del lugar físico de medición, el cual dependió básicamente de la seguridad y del espacio disponible para instalar el equipo electrónico. Cada punto de medición se identificó con el número de este último.

3.2 Determinación del Universo de Clientes

El número de clientes considerado en este estudio quedó determinado a partir de un área de influencia de los puntos de medición de las presiones. Dichas áreas quedaron definidas por un radio de 200 metros tomando como centro el punto de medición; se consideró, en principio, que 200 metros era una distancia adecuada ya representaba un compromiso entre una cantidad mínima aceptable de clientes y un efecto topográfico poco significativo en el nivel de las presiones. Los clientes incluidos en estas áreas fueron identificados por medio del software computacional ArcGis (sistema de información geográfico); de éstos, sólo fueron considerados en el estudio los clientes que cumplieran con los siguientes requisitos: i) su consumo fuera de tipo “boleta”, ii) un consumo distinto de cero iii) el inmueble en el cual reside no fuese un edificio de altura, y iv)

pertenecer al área interior producida por la intersección entre el círculo formado por el barrido de los 200 m y el perímetro del sector correspondiente.

Una vez obtenido el total de clientes, se procedió a verificar que dicha cantidad cumpla con un n mínimo establecido para este tipo de estudio, el cual está dado por (Morales Vallejo, 2012):

$$n = \frac{N}{1 + e^2 * \frac{N-1}{z^2 * p * q}} \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

z : nivel de confianza

$p * q$ ó σ^2 : varianza de la población

N : tamaño de la población

e : error muestral

En general, se considera que es suficiente un nivel de confianza de $\alpha = 0,05$, (que equivale a $z = 1,96$) y un error no superior al 5% ($e = 0,05$). Para la varianza se recomienda utilizar un valor igual a 0,25.

3.3 Medición de presiones

Las presiones fueron medidas con un equipo electrónico DLMP (data logger medidor de presión), el cual permite programar el período de registro de datos; posee una batería de larga duración y memoria limitada de tipo buffer circular. El procedimiento para la instalación del equipo es el siguiente: se identificaron los puntos en donde instalar los aparatos; luego, se procede a verificar que la cámara de válvula de red (CVR) no esté inundada de agua; enseguida, se instalan las piezas que hacen posible la conexión de la manguera con la tubería de agua potable, éstas son: el collarín y la llave de bola; posteriormente se conecta un extremo de la manguera a la llave de paso y el otro extremo se conecta al equipo, tal como muestra la Figura 2. Finalmente, el equipo se enciende para capturar los datos de presión.

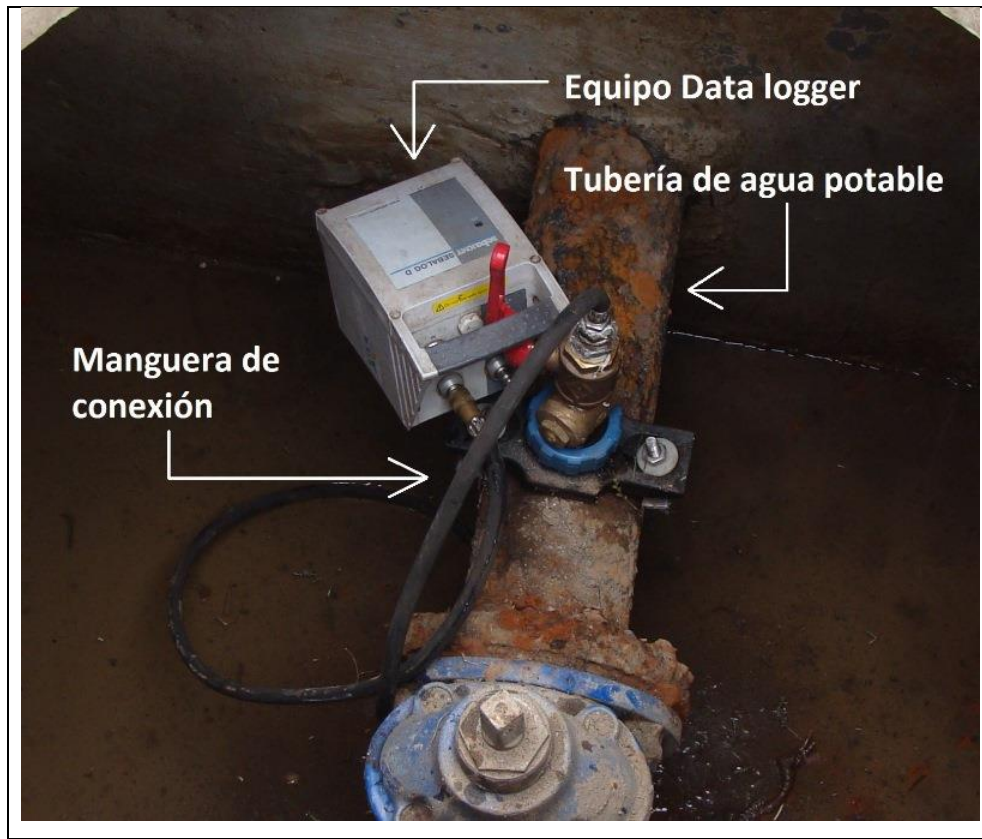


Figura 2. Equipo DLMP puesto en terreno
(Fuente: Elaboración propia)

3.4 Determinación de los Consumos de Agua de los Clientes de Essbio

Para la determinación de los consumos de agua de los clientes de Essbio, se recurrió a la base de datos de la sanitaria, correspondientes a los consumos producidos en los meses de diciembre del año 2013 y enero del 2014. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del REF_Ref407124144 \r \h ANEXO C, por ejemplo, se presentan los consumos mensuales de los clientes del sector Colón 9000. Con esta información, y para cada uno de los sectores de Concepción seleccionados, se procedió a la determinación de un promedio de consumo de ambos meses para cada cliente involucrado en el estudio.

3.5 Construcción de Curvas Consumo Versus Presión

3.5.1 Presiones Representativas de un Sector

Todos los sectores seleccionados para este estudio presentaron más de un punto de medición de presiones. A partir de los datos de presión generados por los equipos DLMP, se estableció para cada sector una “curva promedio de presiones” (CPP). Cuando los datos de presión de cada equipo DLMP varió por sobre o debajo de la CPP con un valor menor a 2 (*m. c. a.*), se consideró como presiones representativas del sector la CPP; por otro lado, si los datos de presión de un equipo sobrepasaba a la CPP en 2 (*m. c. a.*), dicha información se consideraba de manera independiente. Con el fin de ordenar los comportamientos semejantes y variables de los sectores analizados, se procedió a agrupar las mediciones de presión con letras, por ejemplo, en el sector Collao los equipos DLMP números 1850; 1714 y 1543 mostraron resultados semejantes, por lo tanto a la CPP respectiva, junto a todos los clientes involucrados se agruparon con la letra “e” y al equipo DLMP número 1826 con la letra “f”.

3.5.2 Presión Utilizada en la Construcción de las Curvas

Para la confección de las curvas de comportamiento del consumo en función de la presión, fue necesario llevar todos los datos presión a uno solo, ya sea para una CPP o para presiones de un determinado equipo de medición. La presión utilizada en la construcción de las curvas fue una presión media en horario de alto consumo, para ello se determinó el valor de la presión más baja del día y se calculó el promedio de las presiones contenidas en una vecindad de media hora, los cuales, a su vez, fueron promediados para los días considerados en este estudio.

3.5.3 Consumo Utilizado en la Construcción de las Curvas

El consumo utilizado para la construcción de las curvas de comportamiento, fue el generado por persona. Para la determinación de la cantidad de estas, se elaboró una encuesta a nivel de sector para conocer cuántas personas viven por inmueble y a que segmento de clientes esbio pertenecen. La cantidad de encuestas a realizar se muestra en la Tabla D 1 (ubicada en el ANEXO D). En base a las encuestas se procede a dividir los consumos de los clientes por la

cantidad de personas que residen en sus inmuebles. El valor de estos consumos se expresó en litros consumidos por día y por cada habitante del domicilio $\left(\frac{\text{litros}}{\text{hab día}}\right)$.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados y los análisis obtenidos del estudio.

4.1 Definición de Zonas de Estudio y Puntos de Medición

Las zonas de estudio en el cual se realizaron las mediciones de presión fueron:

- Pedro de Valdivia Bajo: ubicado a 2,5 kilómetros al sur del centro de la ciudad de Concepción; sector residencial, existe presencia de almacenes, panaderías, escuelas, iglesias y fábricas; posee una topografía en general uniformemente plana.
- Los Fresnos: ubicado a 3,5 kilómetros en dirección este sureste del centro de la ciudad de Concepción; sector residencial, existe presencia de almacenes y panaderías; posee una topografía en general uniformemente plana.
- Valle Noble: ubicado a 4,2 kilómetros con dirección este noreste del centro de la ciudad de Concepción; sector residencial, existe presencia de almacenes; posee una topografía en general uniformemente plana.
- Collao: ubicado a 3 kilómetros al este noreste del centro de la ciudad de Concepción; sector residencial, existe presencia de edificios de altura; posee una topografía en general uniformemente plana.
- Colón 9000: ubicado a 4 kilómetros con dirección noroeste del centro de la ciudad de Concepción; sector residencia, existe presencia de almacenes y panaderías; posee una topografía en general uniformemente plana.

A continuación, en la Figura 3 se muestra la ubicación de los sectores en Concepción.

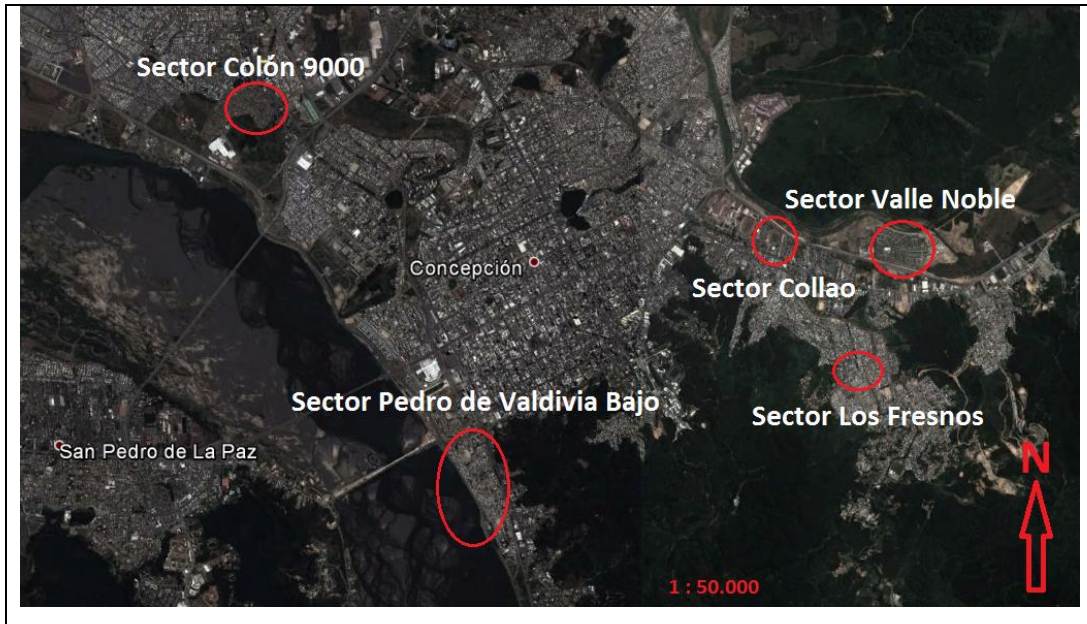


Figura 3. Concepción y los sectores estudiados

(Fuente: Google Earth, 2014)

4.2 Verificación de la Cantidad de Clientes a Estudiar

La cantidad de cantidad de clientes que involucró el estudio se verificó con la Ecuación 1, a continuación se muestra el resultado calculado para esta situación. Las variables correspondientes a "z; p * q y e" se reemplazaron por los valores "1,96; 0,25 y 0,03" respectivamente, los cuales son recomendados por el autor. La cantidad total de individuos es de 35.045, los cuales corresponden aproximadamente al total de clientes domiciliarios de Concepción.

Reemplazando los valores de las variables se tiene:

$$n = \frac{35.045}{1 + 0,03^2 * \frac{35.045-1}{1,96^2 * 0,25}} = 1.036$$

Por lo tanto, se necesitaron a lo menos 1.036 clientes de Concepción para tener un nivel de confianza de un 95%.

4.3 Medición de Presiones

A continuación se muestran los puntos en los cuales se midieron presiones, los resultados arrojados y los análisis de éstas. Desde la Figura B 1 a la Figura B 5 (ubicadas en el ANEXO B) se muestra la distribución de los equipos electrónicos puestos en campo.

4.3.1 Medición de presiones

El estudio contó con la disposición de 17 equipos DLMP, el lugar físico en el cual se instalaron fueron CVR ubicadas dentro de los sectores. La instalación se llevó a cabo utilizando al principio la cantidad de 4 equipos, estos se instalaron el día 5 de diciembre del 2013 en el sector Colón 9000, los 13 equipos restantes se instalaron el día 18 de diciembre del 2013. La totalidad de estos fueron retirados de terreno el día 7 de enero del 2014. El período de tiempo en que los equipos registran cada dato de presión se definió en cinco minutos, esto se hizo tomando en cuenta la duración de la memoria interna del aparato electrónico. La Tabla 3 nos muestra la cantidad de clientes que abordó cada equipo DLMP puesto en terreno, el sector en el cual se instaló y la numeración propia de cada equipo DLMP. La sumatoria total de los clientes involucrados en los equipos es de 2.040.

Tabla 3. Cantidad de Clientes Asignados por Equipos DLMP

N° identificador de equipo DLMP	Sector	Cantidad de clientes de tipo “boleta”
1709	Pedro de Valdivia Bajo	426
1705		268
1721		29
1637	Los Fresnos	279
1707		187
286	Valle Noble	54
290		57
1802		60
1805		66
1850	Collao	49
1714		53
1543		21
1826		64
272	Colón 9000	112
277		109
278		88
293		118
	Total de clientes:	2.040

(Fuente: Elaboración propia)

4.3.2 Resultados de las mediciones

Aproximadamente fueron 93.000 datos de presión registrados en el total de los equipos. A continuación se muestran las gráficas asociadas a las mediciones en campo de cada sector:

- Sector Pedro de Valdivia Bajo

La Figura 4, muestra los comportamientos de las presiones medidas por los tres equipos DLMP durante el tiempo de medición.

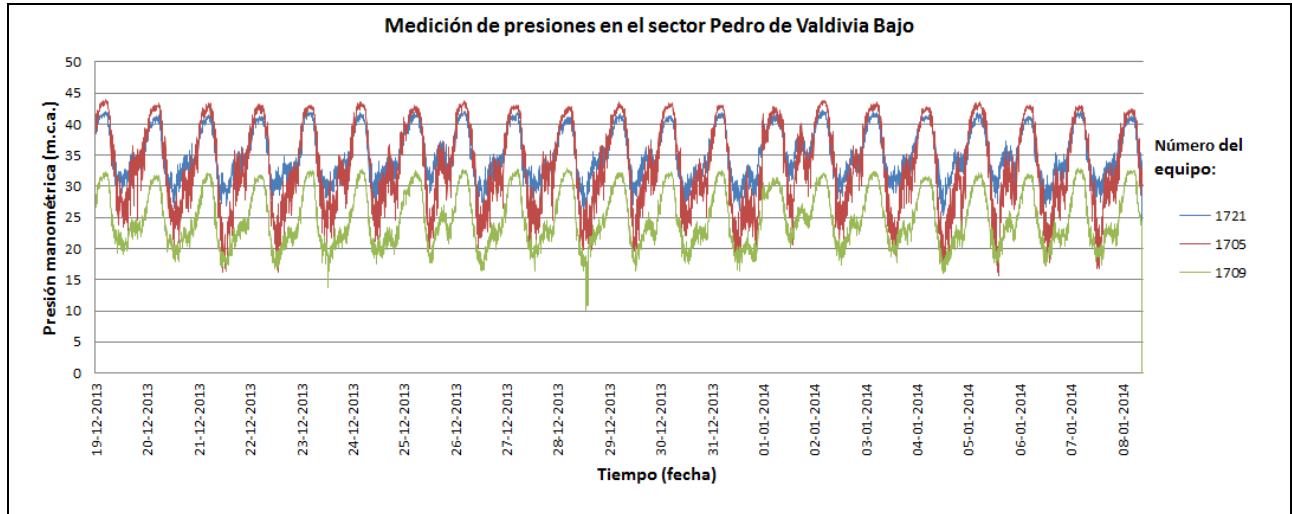


Figura 4. Medición de presión en el sector Pedro de Valdivia Bajo

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados de la medición de presión de los equipos DLMP 1721; 1705 y 1709 presentaron una desviación estándar con respecto a la curva promedio de 2,79; 2,00 y 4.47 (m. c. a.), respectivamente. Estas desviaciones igualan o sobrepasan los 2 (m. c. a.), por lo tanto, las curvas de presiones de los equipos DLMP se analizaron de forma independiente entre ellos. La razón de la diferencia entre los comportamientos medidos por cada uno de los equipos se puede deber a la diferencia de cota que existente en el sector, lo cual hizo variar la presión manométrica entre un punto de medición y el próximo.

- Sector Los Fresnos

La Figura 5 muestra los comportamientos de las presiones medidas por los dos equipos DLMP durante el tiempo de medición.

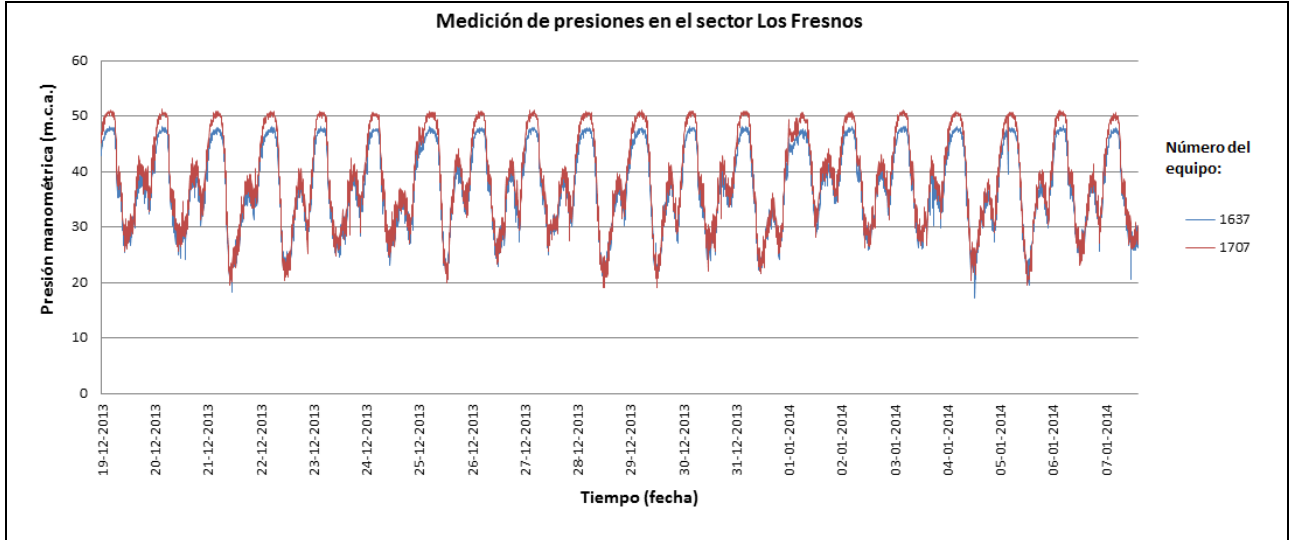


Figura 5. Medición de presión en el sector Los Fresnos
(Fuente: Elaboración propia)

Ambos equipos DLMP 1637 y 1707 presentaron una desviación estándar con respecto a la curva promedio de 0,651 (*m. c. a.*). Esta desviación es inferior a 2 (*m. c. a.*), por lo tanto, las curvas de presiones de los equipos DLMP del sector, se analizaron tomando como referencia la curva promedio de presiones.

- Sector Collao

La Figura 6 muestra los comportamientos de las presiones medidas por los cuatro equipos DLMP, durante el tiempo de medición.

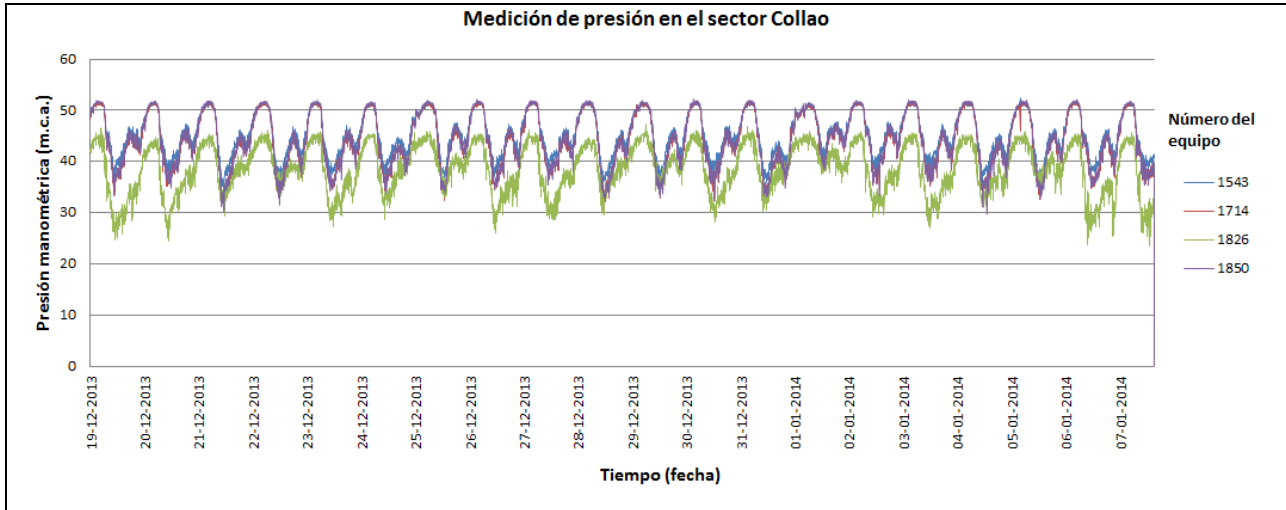


Figura 6. Medición de presión en el sector Collao

(Fuente: Elaboración propia)

El equipo DLMP 1826 se encuentra afecto a una fuente de presión proveniente de un estanque de abastecimiento distinto del resto de los equipos. Por lo tanto, dicha curva será estudiada de manera independiente.

Los equipos DLMP número 1543; 1714 y 1850 presentaron una desviación estándar con respecto a la curva promedio de 0,55; 0,36 y 0,26 (m. c. a) respectivamente. Estas desviaciones son inferiores a 2 [m. c. a.], por lo tanto, las curvas de presiones de los equipos DLMP número 1543; 1714 y 1850, se analizaron tomando como referencia la curva promedio de presiones de estos tres equipos.

- Sector Valle Noble

La Figura 7 muestra los comportamientos de las presiones medidas por los cuatro equipos DLMP durante el tiempo de medición.

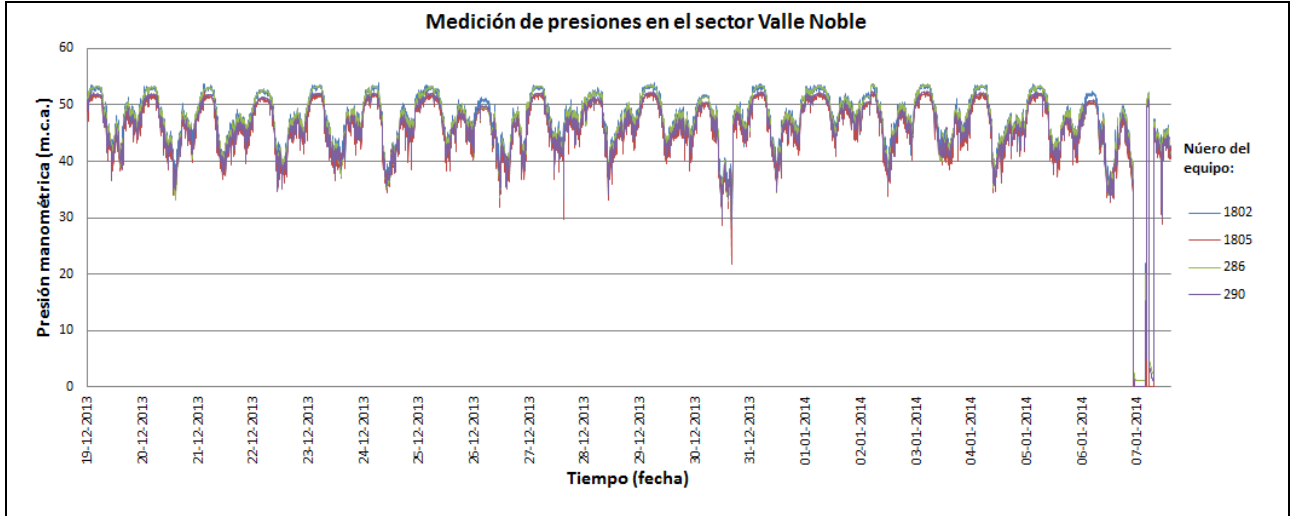


Figura 7. Medición de presión en el sector Valle Noble

(Fuente: Elaboración propia)

Los equipos DLMP 1802; 1805; 286 y 290 presentaron una desviación estándar con respecto a la curva promedio de 0,5; 0,61; 0,48 y 0,3 (*m.c.a.*), respectivamente. Estas desviaciones son inferiores a 2 (*m.c.a.*), por lo tanto, las curvas de presiones de los equipos DLMP del sector, se analizaron tomando como referencia la curva promedio de presiones.

- Sector Colón 9000

La Figura 8 muestra los comportamientos de las presiones medidas por los cuatro equipos DLMP durante el tiempo de medición.

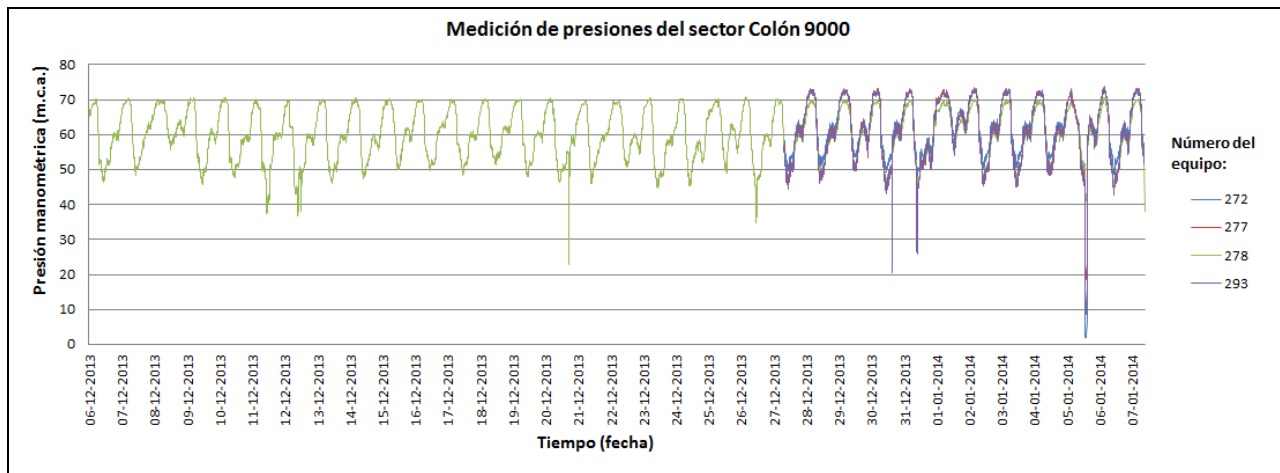


Figura 8. Medición de presión en el sector Colón 9000
(Fuente: Elaboración propia)

Los equipos DLMP números 272; 277; 278 y 293 registraron datos de presiones desde el día 5 de diciembre del 2013 en adelante, sin embargo, los equipos 272; 277 y 293 al poseer una memoria limitada, sólo almacenaron datos de presiones registrados desde el día 27 de diciembre del 2013 en adelante. Aun así, se puede apreciar que el comportamiento de las presiones tanto antes del 27 de diciembre como después, sigue una forma cíclica.

Los equipos DLMP 272; 277; 278 y 293 durante el período comprendido entre el 27 de diciembre de 2013 al 7 de enero de 2014, presentaron una desviación estándar con respecto a la curva promedio de 1,08; 0,51; 1,06 y 0,58 (m. c. a.) respectivamente. Estas desviaciones son inferiores a 2 [m. c. a.], por lo tanto, las curvas de presiones de los equipos DLMP del sector, se analizaron tomando como referencia la curva promedio de presiones.

4.3.3 Datos Representativo de Presión

La Tabla 4 presenta la información asociada a la agrupación de los comportamientos semejantes y variables de las presiones por sector, junto con la cantidad de clientes asociados, el promedio de

las presiones en horario de alto consumo y la desviación estándar de estas durante el período de medición.

Tabla 4. Resumen de los Datos de Presión Representativos de Sectores y Subsectores.

Sector estudiado	Equipo DLMP	(A)	(B)	(C)	(D)
Pedro de Valdivia Bajo	1709	a	426	18,6	1,9
	1705	b	268	22,9	2,3
	1721	c	29	29,7	1,4
Los Fresnos	1637 y 1707	d	466	25,6	3
Collao	1850; 1714 y 1543	e	123	36,8	1,6
	1826	f	64	31,9	3,5
Valle Noble	1802; 1805; 286 y 290	g	237	39,5	2,8
Colón 9000	272; 277; 278 y 293	h	427	48,7	3,7

Nota: (A): nombre del grupo al cual pertenecen los clientes afectos al comportamiento de la curva de presión; (B): cantidad de clientes pertenecientes por grupo; (C): promedio de la presión en horario de alto consumo durante el tiempo de medición (*m. c. a.*); (D): desviación estandar de la presión en horario de alto consumo durante el tiempo de medición (*m. c. a.*)

(Fuente: Elaboración propia)

4.4 Análisis de los Consumos de Agua

4.4.1 Encuestas

En la **Tabla D 2** (ubicada en el ANEXO D), por ejemplo, se muestra la información proveniente de la encuesta realizada en el sector Colón 9000 y en la Tabla D 3 (ubicada en el ANEXO D) se muestra la información resumida acerca de las cantidades promedios de habitantes por inmueble, sector y segmento de clientes.

4.4.2 Dato representativo de consumo

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ubicada en el ANEXO C), por ejemplo, se muestra la información ordenada sólo del sector Colón 9000, en donde se aprecia el consumo de cada tipo de cliente para ambos meses.

A partir de la información de los consumos obtenidos desde la base de datos de Essbio y en conjunto con la información obtenida a través de las encuestas, se elaboró la Tabla 5, la cual muestra información sobre los consumos por persona a nivel de grupo de clientes por curva de comportamiento de la presión para cada segmento de clientes.

Tabla 5. Resumen de los Datos de Consumos de Los Clientes Segmentados.

Sector estudiado	Grupo de clientes por curva de comportamiento de la presión	Promedio del consumo por personas en $\left(\frac{\text{litros}}{\text{hab.*día}}\right)$ para los meses diciembre del 2013 y enero del 2014.					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Pedro de Valdivia Bajo	a	56,1	104	79,8	45,5	123,5	128,2
	b	74,5	130,6	75,6	64,4	152,5	141,8
	c						
Los Fresnos	d	118,3	176,6	125,8	102,5	204,1	189,9
Collao	e		189,1	161,6	112,5		229,1
	f	139,9	198,3		140,8	227,4	239,9
Valle noble	g	152,4	224,9	158,3	128,3	216,6	238,2
Colón 9000	h	499,5	231,3	173,7	149,3	247,5	265,6

Nota: los espacios vacíos, ocurren por la baja cantidad de personas existentes por grupo, lo que originó una escasa información acerca de los consumos de estos.

(Fuente: Elaboración propia)

4.5 Determinación de Curvas Empíricas

En base a la información de las presiones medidas como de los consumos obtenidos, se confeccionaron las curvas de comportamiento del consumo en función de la presión para cada segmento de clientes de Essbio. El eje vertical de cada curva muestra el consumo por persona y el eje horizontal, la presión determinada en horario de alto consumo.

4.5.1 *Curvas de comportamiento de consumo en función de la presión*

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 9 la curva de tendencia determinada a través de los puntos encontrados para los clientes tipo “S4”, las curvas de tendencias de todos los segmentos se muestran desde la Figura E 1 a la Figura E 6 (ubicadas en el ANEXO E).

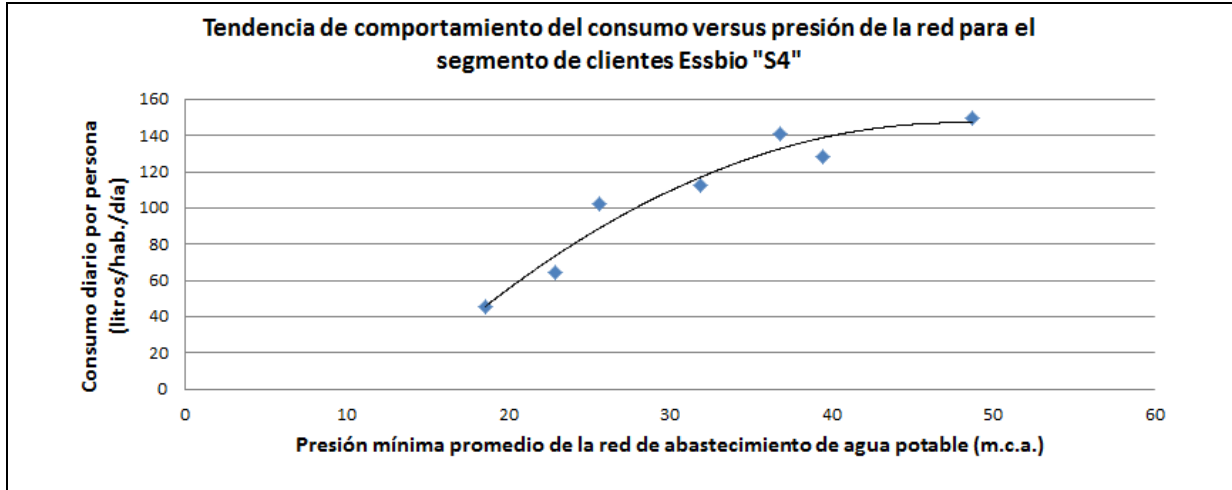


Figura 9. Curva de comportamiento de clientes de segmento S4
(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 10 se presenta un gráfico con todas las curvas de tendencias determinadas para los seis segmentos de clientes Essbio.

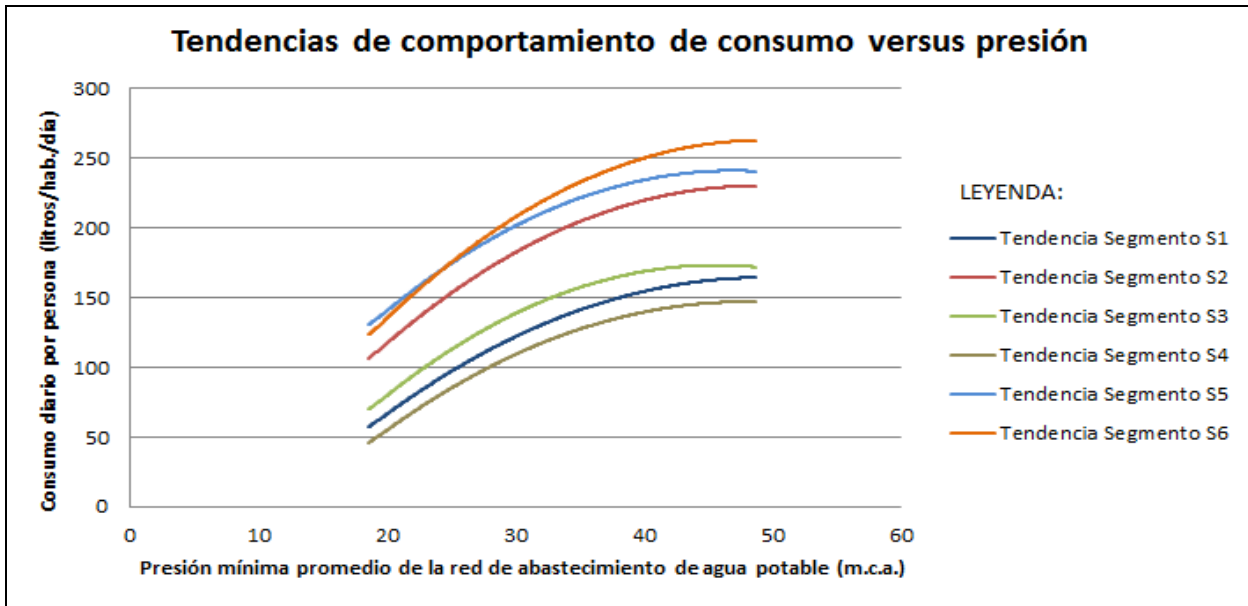


Figura 10. Tendencias de comportamiento de consumo versus presión por individuo de cada segmento de clientes Essbio
(Fuente: Elaboración propia)

Las curvas de tendencias de todos los segmentos de clientes Essbio mantuvieron una forma semejante y sólo tuvieron una variación en el nivel de consumo que experimenta un tipo de cliente respecto al otro. Los coeficientes de correlación (R^2) obtenidos luego de ajustar una curva de tendencia para los segmentos S1, S2, S3, S4, S5 y S6 fueron de 0,95; 0,95; 0,88; 0,95; 0,9 y 0,96 respectivamente. Las expresiones matemáticas de estas se muestran en la Tabla E 1 (ubicada en el ANEXO E).

De las curvas se pueden observar dos zonas, una en la cual el consumo crece de forma lineal a medida que aumenta la presión y otra zona en la cual su consumo crece de forma asintótica.

En cuanto a las tendencias de comportamiento de consumo en función de la presión, se observan dos grupos de curvas, uno de alto y otro de bajo consumo. La diferencia de consumo entre ambos grupos es de 100 (litros/(habitantes * día)) en promedio.

A continuación se muestran los análisis realizados para cada segmento de clientes Essbio.

- Segmento “S1”

De acuerdo a los antecedentes de estos tipos de clientes, el consumo de estos tipos de clientes es bajo, estable y son de limitados recursos, por ende, se justifica que la curva de consumo se sitúe en la zona inferior del gráfico.

- Segmento “S2”

Estos clientes mantienen un alto consumo y su boleta mensual es absorbida en parte por medio de subsidios, sumado a que no pagan intereses por sobrecargo debido a que cancelan su cuenta al día, estos usuarios terminan cancelando un bajo valor por el uso del líquido ($\$736/m^3$). Sin embargo, el nivel de su consumo se sitúa en medio de la gráfica, esto se origina debido al bajo valor que se cancela por el uso del líquido.

- Segmento “S3”

Se observó un comportamiento del consumo situado en un sector medio respecto a las tendencias de los otros segmentos de clientes. Por antecedente se sabe que estos clientes mantienen un alto consumo y aspiran a consumir aún más, producto de pagos atrasados y cobro de intereses, estos usuarios terminan cancelando por consumo de agua: ($\$1.910/m^3$). El alto valor, sumado a que su nivel socioeconómico es solvente, produce que los clientes en el tiempo evolucionen a consumir aún más agua de la que actualmente se consumió.

- Segmento “S4”

Las personas pertenecientes a este segmento, se les atribuyen un bajo consumo, además pagan a tiempo sus cuentas y poseen subsidio, en su boleta terminan cancelando por el consumo de agua: ($\$975/m^3$). Su bajo consumo se explica debido tanto a su nivel socioeconómico y al buen uso del líquido.

- Segmento “S5”

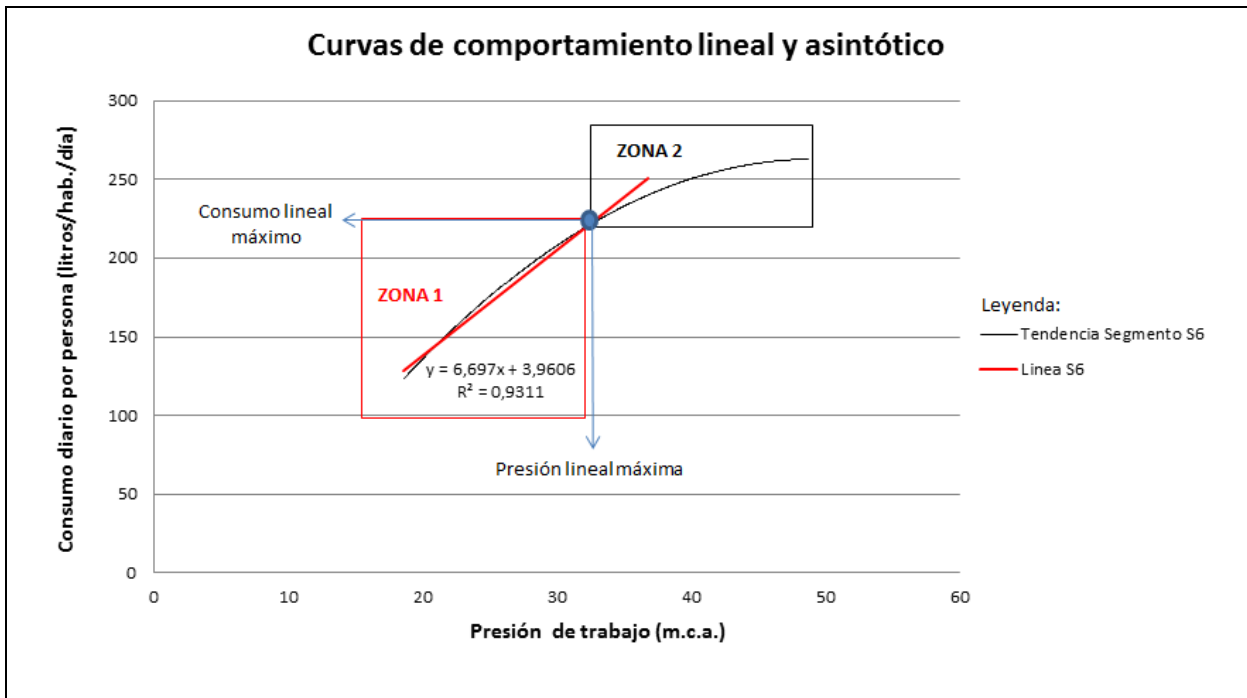
La curva de comportamiento asociada se encuentra en el grupo de alto consumo. Esto se explica debido a su nivel socioeconómico, el comportamiento de estos clientes es parecido a los del segmento S3, también terminan cancelando un alto valor por metro cúbico consumido, debido a cargos de intereses, sólo, que estos consumen más agua debido al uso originado al exterior de la vivienda.

- Segmento “S6”

Las personas situadas en este segmento se les atribuyen tener un estatus social alto y su consumo puede variar al alza debido a que su disponibilidad de consumo es total. Esto explica que la curva de comportamiento de consumo sea la mayor de todas.

4.5.2 Análisis de Linealidad Inicial de las Curvas de Consumo de Agua Potable

Se realizó para los seis comportamientos un análisis de linealidad de la curva, para esto se trazó una línea recta en la “zona uno” de manera de alcanzar un alto valor como factor de correlación. El punto entre la línea recta proyectada y la curva de comportamiento tuvo un nombre en la coordenada horizontal llamada: presión lineal máxima, y a la coordenada vertical: consumo lineal máximo. En la Figura 11 se muestra el análisis de linealidad del comportamiento del segmento “S6”.



**Figura 11. Zonas de comportamiento uno y dos
 (Fuente: Elaboración propia)**

En la Tabla 6 se presentan las expresiones matemáticas que describen las curvas lineales de los seis segmentos junto a su coeficiente de correlación. Además se muestra el valor de las presiones lineales máximas y consumos lineales máximos de los seis segmentos de clientes Essbio. Desde la Figura E 7 a la Figura E 12 (ubicadas en el ANEXO E).

Tabla 6. Resumen de los Datos Obtenidos del Análisis de Linealidad

Segmento	Expresión matemática de la recta	(R^2)	Presión lineal máxima (m. c. a.)	Consumo lineal máximo ($\frac{\text{Litros}}{\text{hab.*día}}$)
S1	$y = 4,570 * x - 21,49$	0,84	37	148
S2	$y = 6,674 * x - 15,08$	0,88	28	172
S3	$y = 6,798 * x - 58,03$	0,86	26	119
S4	$y = 5,099 * x - 45,33$	0,93	31	113
S5	$y = 5,554 * x + 32,64$	0,83	32	210
S6	$y = 6,697 * x + 3,96$	0,93	32	218

(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 7, se muestra un ejemplo para un cálculo de la presión lineal máxima para un sector de 1.000 clientes de tipo “boleta”, se asumen clientes conformados por cuatro personas y las cantidades de clientes por sector fueron elegidas en base a los porcentajes que la sanitaria maneja para cada segmento de clientes (mostrados en la Figura 1, del capítulo 2).

Tabla 7. Presión Lineal Máxima de un Sector

Segmento	(A)	(B)	(C)	(B * C)	(A) * (B * C)
S1	37	200	17,76	3.552	131.424
S2	28	130	20,64	2.683,2	75.129,6
S3	26	110	14,28	1.570,8	40.840,8
S4	31	300	13,56	4.068	126.108
S5	32	140	25,2	3.528	112.896
S6	32	120	26,16	3.139,2	100.454,4
Sumatorias de columnas:				18.541,2	586.852,8
Presión Lineal máxima para el sector $(\frac{\sum((A)*(B*C))}{\sum(B*C)})$ en (m. c. a.).					32
Nota: (A): Presión lineal máxima del segmento (m. c. a.) (B): Cantidad de clientes por sector (C): Consumo lineal máximo por cliente m ³ /mes (B * C): Coeficiente de importancia					

(Fuente: Elaboración propia)

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La población elegida para este estudio fue Concepción, la cual fue favorable debido a que cuenta con la infraestructura adecuada para la toma de mediciones, con una amplia cantidad de sectores residenciales que cumplen con los criterios impuestos referidos a una topografía plana y nula presencia de edificios de altura. Por lo anterior se pudo analizar el comportamiento del consumo de agua en función de la presión.

La cantidad de clientes de Essbio elegidos para este estudio fueron 2.040, este valor superó en un 80% al valor calculado por la expresión matemática (1.036), esto se pudo llevar a cabo gracias a la utilización de la tecnología, tanto de los equipos de medir presión como de los programas computacionales, los cuales fueron indispensables para el éxito del estudio debido a que se pudieron obtener y analizar una gran cantidad de datos de forma rápida y sencilla.

Teniendo una visión general de las mediciones de presiones, se pudo observar que estas son similares y uniformes dentro de un mismo sector, es decir, el realizar mediciones de presiones entre dos puntos con una proximidad de 200 metros no varía considerablemente. Sin embargo en el sector Collao, hubo un perfil que se diferenció del resto debido a que el estanque de agua era distinto al de los otros tres puntos de medición y en el sector Pedro de Valdivia Bajo, a pesar de que se consideró un sector con topografía plana, se tuvo una disparidad de los tres perfiles debido a que los puntos de medición estaban a distintas cotas.

En el consumo de agua registrado en los meses en que se realizaron las mediciones de presión, se corroboraron con el nivel socioeconómico del cliente y se llegó a conclusión de que la cantidad de agua consumida va en proporción directa al estrato social de este. Sin embargo, se observó a un segmento que consumió una alta cantidad de agua, pese a ser de un nivel social bajo, esto ocurrió debido a que su boleta mensual es subsidiada y por ende terminan pagando menos por metro cúbico de agua consumido.

De las curvas de comportamiento de consumo versus presión, se pudo observar que no existe una presión que haga máximo el consumo de agua, ya que este varía de forma asintótica a partir de la presión lineal máxima. El comportamiento asintótico que se presenta en la zona dos, se puede

deber a distintas explicaciones: el cliente autorregula la presión ajustando la llave de corte rápido existente en el medidor de la vivienda. A mayor presión en la red, se tiene una alta velocidad del agua en los puntos de consumo, lo cual genera un flujo molesto para el cliente y por lo tanto éste ajusta el caudal con la llave, de manera de consumir cómodamente el agua.

Para un estudio similar se recomienda utilizar los mismos criterios y condiciones para la definición de los sectores, pero distribuyendo la cantidad de equipos de medir presión en una mayor cantidad de zonas. De esta manera se pueden generar curvas de tendencias en base a una mayor cantidad de puntos.

Se recomienda a la sanitaria Essbio, en el caso de aumentar la presión de un determinado sector, usar el valor de 32 (*m. c. a*) como presión de trabajo para el horario de máximo consumo diario, debido a que se observaron dos tramos en las curvas, uno de estos tramos es lineal (zona uno) y el otro, asintótico al eje horizontal (presión, llamado zona dos). En el cual se observa que el punto crítico, donde cambia la curva (de lineal a asintótico) adopta un valor de 32 (*m. c. a*). Por ejemplo, se observó que al aumentar la presión en 10 (*m. c. a*) en la zona uno, se logra un aumento del 51 % en el consumo, mientras que en la zona dos, al aumentar la presión en 10 (*m. c. a*) se logra un aumento del consumo en un 10 % como promedio de los seis segmentos de clientes Essbio. Por ende no se recomienda adoptar un valor de la presión superior a los 32 (*m. c. a*) para los horarios de máximo consumo diario debido a que el aumento de presión no genera un aumento significativo en el consumo.

Se recomienda realizar un estudio similar para el período de invierno, en que se tienen bajos consumos, y cuyo comportamiento de presión puede variar respecto al período estival.

ANEXO A. **PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA LA DEMANDA DE AGUA**

Se muestra la Tabla A 1 con los parámetros que influyen en la demanda de agua potable en función del tiempo

Tabla A 1. Parámetros que influyen en la Demanda de Agua Potable en función del Tiempo

Parámetro	Factores
Climáticos	Verano (altas temperaturas)
Población	Flotante
	Urbana
	Rural
	Tamaño de la población
Infraestructura sanitaria	Calidad del agua
	Existencia de alcantarillado
	Presión en la red
	Disponibilidad de agua
Situación socioeconómica	Nivel de ingresos
	Precio del agua
Actividades	Procesos industriales
Misceláneos	Existencias de áreas verdes
	Llenado de piscinas
	Lavado de automóviles

(Fuente: estimación de coeficientes de demanda de sistemas de agua potable, Universidad de Chile, 2002)

ANEXO B. PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

A continuación se mostrarán los puntos de medición de cada sector a estudiar. Cada punto de medición será nombrado con el número de designación que cada equipo DLMP posee.

1. Medición Sector Pedro de Valdivia Bajo

En el sector Pedro de Valdivia Bajo, como lo indica la

Figura B 1, se muestran los puntos en que se instalaron los equipos DLMP, los tres equipos fueron instalados el día 18 de diciembre de 2013.



Figura B 1. Puntos medidos sector Pedro de Valdivia Bajo
(Fuente: Elaboración propia)

Las direcciones de los puntos medidos son:

- Logger 1709: Esquina calle Errázuriz Sur con calle Alonso de Ercilla
- Logger 1721: Esquina calle Arrau Méndez con pasaje Juan Calvino
- Logger 1705: Esquina calle Sargento Aldea con pasaje Las Delicias

2. Medición Sector Los Fresnos

En el sector Los Fresnos, como lo indica la

Figura B 2, se muestran los puntos en que se instalaron los equipos DLMP, los dos equipos fueron instalados el día 18 de diciembre de 2013.



Figura B 2. Puntos medidos sector Los Fresnos

(Fuente: Elaboración propia)

Las direcciones de los puntos medidos son:

- Logger 1837: Esquina calle Cinco con pasaje Uno
- Logger 1707: Esquina calle Quinta Agrícola con calle Del Molino

3. Mediciones Sector Valle Noble

En el sector Valle Noble, como lo indica la

Figura B 3, se muestran los puntos en que se instalaron los equipos DLMP, los cuatro equipos fueron instalados el día 18 de diciembre.



Figura B 3. Puntos medidos sector Valle noble
(Fuente: Elaboración propia)

Las direcciones de los puntos medidos son:

- Logger 1802: Esquina calle Aucante con pasaje Jean.
- Logger 1805: Esquina Avenida Valle Noble con calle Aucante.
- Logger 290: Esquina calle Taragona con calle Salamanca.
- Logger 286: Esquina Avenida Valle Noble con pasaje Madrid.

4. Medición Sector Collao

En el sector Collao, como lo indica la

Figura B 4, se muestran los puntos en que se instalaron los equipos DLMP, los cuatro equipos fueron instalados el día 18 de diciembre de 2013.



Figura B 4. Puntos medidos Sector Collao

(Fuente: Elaboración propia)

Las direcciones de los puntos medidos son:

- Logger 1826: Esquina Avenida Collao con calle Paulina Von Mallinckrodt.
- Logger 1543: Esquina Avenida Collao con pasaje Inés de Suarez.
- Logger 1714: Esquina Avenida Collao con Calle Coronel José Seguel.
- Logger 1850: Esquina Avenida Collao con calle Nueva Uno.

5. Medición Sector Colón 9000

El sector Colón 9000, como lo indica la

Figura B 5, se muestran los puntos en que se instalaron los equipos DLMP, los cuatro equipos fueron instalados el día 5 de diciembre de 2013.



Figura B 5. Puntos medidos sector Colón 9000

(Fuente: Elaboración propia)

Las direcciones de los puntos medidos son:

- Logger 293: Esquina pasaje Huascapi con calle Puerto Dominguez.
- Logger 272: Esquina Calle Isabel la Católica con calle Puerto de Palos.
- Logger 278: Esquina pasaje Marín con calle Puerto Saavedra.
- Logger 277: Esquina calle Puerto Dominguez con calle Puerto Saavedra.

ANEXO C. DATOS DE CONSUMO

En la Tabla C 1 se muestran los datos de consumo de los clientes del sector Colón 9000:

Tabla C 1. Datos de consumo de los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014 de los clientes del sector Colón 9000

Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)
S1	24	27	S1	21	20	S2	23	21
S1	5	7	S1	20	16	S2	21	25
S1	17	18	S1	4	15	S2	37	42
S1	9	14	S1	16	22	S2	32	32
S1	9	13	S1	5	6	S2	17	17
S1	14	15	S1	19	24	S2	15	21
S1	28	25	S1	10	16	S2	19	15
S1	11	11	S1	18	19	S2	27	27
S1	53	44	S1	13	16	S2	19	19
S1	18	16	S1	11	7	S2	26	28
S1	18	8	S1	18	17	S2	20	24
S1	0	0	S1	18	20	S2	18	20
S1	2	1	S1	20	22	S2	17	22
S1	8	12	S1	12	23	S2	0	7
S1	17	20	S1	10	10	S2	25	26
S1	11	11	S1	16	14	S2	21	22
S1	15	7	S1	13	15	S2	19	20
S1	18	15	S1	16	15	S2	13	13
S1	18	20	S1	28	25	S2	24	35
S1	9	4	S1	42	24	S2	20	23
S1	11	10	S1	10	13	S2	26	28
S1	15	17	S1	17	15	S2	30	30
S1	15	16	S1	7	6	S2	51	45
S1	23	21	S1	11	9	S2	18	20
S1	28	20	S2	24	25	S2	20	19
S1	18	7	S2	21	23	S2	34	32
S1	25	22	S2	16	13	S2	19	20
S1	11	11	S2	29	34	S2	30	28
S1	9	10	S2	33	35	S2	40	36
S1	16	15	S2	40	36	S2	32	25
S1	13	16	S2	31	27	S2	22	23
S1	7	10	S2	12	15	S2	100	30
S1	8	7	S2	32	0	S2	21	22
S1	14	14	S2	11	10	S2	21	23

Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)
S1	19	17	S2	13	14	S2	24	32
S1	5	3	S2	31	26	S2	17	19
S2	23	21	S2	39	27	S3	22	33
S2	13	11	S2	11	13	S3	14	13
S2	28	31	S2	20	22	S3	13	10
S2	24	24	S2	20	20	S3	17	16
S2	22	21	S2	22	20	S3	17	13
S2	15	19	S2	13	14	S3	10	6
S2	24	25	S2	23	17	S3	33	44
S2	14	14	S2	23	25	S3	8	13
S2	19	19	S2	22	25	S3	16	22
S2	22	24	S2	22	19	S3	9	8
S2	43	64	S2	21	21	S3	20	13
S2	9	14	S2	22	20	S3	10	10
S2	23	21	S2	24	24	S3	14	14
S2	12	11	S2	24	22	S3	0	0
S2	17	16	S2	66	56	S3	4	5
S2	25	25	S2	21	48	S4	16	18
S2	24	23	S2	17	17	S4	18	12
S2	21	23	S2	24	34	S4	4	4
S2	35	23	S2	4	25	S4	23	19
S2	18	18	S2	34	35	S4	16	10
S2	30	30	S2	31	28	S4	11	8
S2	10	7	S2	26	22	S4	1	0
S2	12	13	S2	22	20	S4	5	3
S2	24	29	S2	26	26	S4	21	18
S2	41	32	S2	26	22	S4	15	18
S2	23	21	S2	22	20	S4	10	7
S2	9	13	S2	26	26	S4	41	28
S2	19	15	S3	29	14	S4	5	5
S2	16	15	S3	30	28	S4	2	3
S2	21	17	S3	11	9	S4	12	8
S2	20	28	S3	23	26	S4	12	15
S2	36	39	S3	9	18	S4	3	3
S2	25	24	S3	17	26	S4	19	3
S2	24	21	S3	6	4	S4	18	21
S2	9	11	S3	15	12	S4	11	10
S2	36	39	S3	15	15	S4	8	7
S2	26	23	S3	20	23	S4	7	6
S2	15	21	S3	12	11	S4	4	8

Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)
S2	30	26	S3	8	7	S4	25	25
S4	4	9	S5	40	36	S6	20	18
S5	20	25	S5	11	13	S6	9	15
S5	33	31	S5	28	29	S6	19	30
S5	27	23	S5	45	51	S6	21	25
S5	16	18	S5	29	27	S6	39	35
S5	25	28	S5	26	26	S6	32	34
S5	27	26	S5	36	28	S6	35	32
S5	18	17	S5	15	13	S6	33	33
S5	25	23	S5	15	24	S6	13	11
S5	33	26	S5	23	22	S6	32	36
S5	21	21	S5	18	14	S6	21	23
S5	33	35	S5	18	30	S6	16	17
S5	36	37	S5	15	10	S6	25	26
S5	28	25	S5	13	15	S6	32	31
S5	35	30	S5	19	19	S6	33	31
S5	26	26	S5	18	20	S6	30	26
S5	19	15	S5	11	13	S6	17	21
S5	23	22	S5	18	26	S6	19	20
S5	18	19	S5	31	27	S6	12	11
S5	34	32	S5	15	12	S6	35	38
S5	53	59	S5	14	12	S6	25	27
S5	19	21	S5	25	30	S6	27	35
S5	22	22	S5	39	35	S6	31	25
S5	21	20	S5	24	22	S6	36	35
S5	39	35	S5	49	48	S6	36	33
S5	26	23	S5	9	7	S6	19	23
S5	19	16	S6	25	29	S6	11	15
S5	18	22	S6	8	8	S6	37	34
S5	21	24	S6	17	20	S6	6	14
S5	21	21	S6	22	25	S6	24	18
S5	23	23	S6	31	21	S6	24	25
S5	55	30	S6	35	28	S6	20	21
S5	31	30	S6	30	29	S6	8	47
S5	18	12	S6	18	21	S6	21	13
S5	21	18	S6	16	14	S6	41	46
S5	12	12	S6	32	27	S6	11	9
S5	30	18	S6	41	34	S6	24	32
S5	12	31	S6	16	16	S6	23	25
S5	33	27	S6	38	46	S6	28	26

Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)	Tipo de cliente	dic-13 (m ³)	ene-14 (m ³)
S6	12	14	S6	27	27
S6	30	25	S6	26	21
S6	32	27	S6	26	29
S6	48	41	S6	14	14
S6	16	17	S6	25	28
S6	9	8	S6	35	36
S6	30	32	S6	39	36
S6	20	19	S6	21	23
S6	24	19	S6	22	29
S6	15	14	S6	14	19
S6	29	26	S6	21	23
S6	30	32	S6	40	36
S6	26	24	S6	16	21
S6	42	41	S6	31	26
S6	22	26	S6	17	23
S6	22	21	S6	31	32
S6	29	34	S6	27	27
S6	25	27	S6	8	11
S6	31	24	S6	17	24
S6	35	37	S6	12	12
S6	22	14	S6	97	169
S6	21	24	S6	36	13
S6	37	35	S6	25	24
S6	15	12	S6	29	27
S6	27	29	S6	40	38
S6	22	22	S6	18	21
S6	23	28	S6	49	39
S6	54	44	S6	27	29
S6	48	48	S6	24	20
S6	35	41	S6	25	23
S6	34	34	S6	45	45
S6	51	43	S6	15	19
S6	12	12	S6	30	22
S6	6	11			
S6	44	43			
S6	18	16			
S6	38	37			
S6	38	62			

(Fuente: Elaboración propia)

ANEXO D. **ENCUESTAS**

La Tabla D 1 muestra las cantidades mínimas de encuestas a realizar por sector.

Sector	Cantidad clientes	Error muestral	Varianza	Z	Número de encuestas
Pedro de Valdivia bajo	723	5%	0,25	1,96	251
Los Fresnos	466	5%	0,25	1,96	211
Collao	237	5%	0,25	1,96	147
Valle noble	237	5%	0,25	1,96	126
Colón 9000	427	5%	0,25	1,96	202

Tabla D 1. Determinación de la cantidad de encuestas a realizar por sector (Fuente: elaboración propia)

En la Tabla D 2 se muestran los datos obtenidos en terreno producto de las encuestas realizadas en el sector Colón 9000:

Tabla D 2. Encuestas realizadas para el sector Colón 9000

Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas
S1		S1		S1	3	S1	
S1		S1		S1		S2	
S1	5	S1		S1		S2	
S1		S1		S1		S2	
S1		S1		S1		S2	
S1	3	S1	3	S1		S2	
S1		S1	4	S1		S2	2
S1		S1		S1		S2	4
S1		S1		S1		S2	
S1	2	S1		S1		S2	4
S1	2	S1		S1		S2	4
S1	4	S1		S1	3	S2	4
S1	4	S1		S1	2	S2	5
S1	2	S1	4	S1		S2	6
S1		S1	2	S1		S2	5
S1		S1		S1		S2	
S1		S1		S1		S2	
S1	3	S1		S1		S2	
S1	2	S1		S1		S2	2

Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas
S5		S5		S6		S6	
S5		S5		S6		S6	
S5		S5		S6		S6	6
S5		S5		S6		S6	2
S5		S5		S6		S6	4
S5		S5		S6		S6	3
S5		S5		S6		S6	
S5		S5	3	S6		S6	
S5		S5		S6		S6	
S5	3	S5		S6	2	S6	
S5	3	S5		S6		S6	
S5	3	S5		S6		S6	
S5	3	S5		S6		S6	
S5		S5		S6	5	S6	
S5		S6		S6		S6	
S5		S6		S6	2	S6	
S5		S6		S6	4	S6	
S5	3	S6	4	S6		S6	
S5	3	S6	3	S6		S6	
S5	2	S6	3	S6		S6	
S5	3	S6	1	S6		S6	
S5	2	S6	4	S6		S6	
S5		S6	4	S6		S6	
S5		S6		S6	2	S6	
S5	5	S6		S6	4	S6	
S5		S6		S6	5	S6	
S5	3	S6		S6		S6	
S5		S6		S6	4	S6	
S5		S6		S6		S6	
S5		S6		S6		S6	
S5	5	S6	4	S6		S6	
S5	5	S6		S6		S6	
S5	6	S6		S6		S6	
S5	2	S6	2	S6	4	S6	
S5	3	S6	4	S6	2	S6	3
S5	4	S6	3	S6	4	S6	4
S5	2	S6	2	S6	4	S6	4
S5		S6	4	S6		S6	3
S5		S6		S6		S6	
S5		S6		S6		S6	
S5		S6		S6		S6	

Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas	Segmento cliente	Número de personas
S6		S6		S6		S6	4
S6		S6		S6	2	S6	
S6		S6		S6		S6	
S6		S6		S6		S6	
S6		S6		S6	4	Total	205

(Fuente: elaboración propia)

Se muestra en la Tabla D 3 los datos detallados obtenidos de las encuestas realizadas en los sectores estudiados.

Tabla D 3. Encuestas Hechas en Campo para la Determinación de Residentes por Inmuebles

Sector	N° de clientes	Encuestas realizadas	Promedio de personas que residen por inmueble según encuesta hecha en campo.					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
Pedro de Valdivia	729	251	5,639	5,639	5,643	5,640	5,636	5,636
Los Fresnos	466	210	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Valle Noble	237	147	4,156	3,857	3,500	3,667	3,900	4,080
Collao	187	126	4,000	4,037	4,000	4,095	4,000	4,000
Colón 9000	427	202	3,020	3,390	2,830	2,530	3,330	3,400

Nota: en los sectores Pedro de Valdivia Bajo, Los Fresnos, Collao y Valle Noble sólo se obtuvo una estimación general debido a que no se contó con la información de segmentación de clientes en el momento de la realización de las encuestas, y a cada segmento de clientes de dichos sectores se les asignó el mismo resultado.

(Fuente: Elaboración propia)

ANEXO E. **CURVAS DE TENDENCIAS INDIVIDUALES**

De la Figura E 1 hasta la Figura E 6 se muestran las tendencias de consumo en función de la presión para clientes de todos los segmentos Essbio.

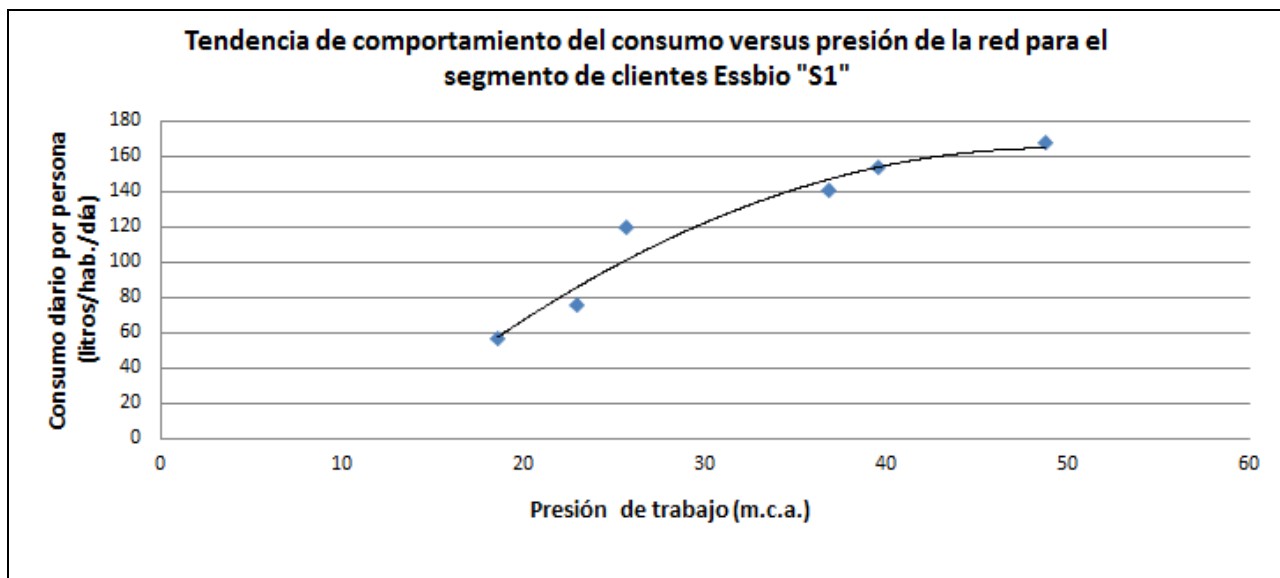


Figura E 1. Curva de comportamiento de clientes de segmento S1
(Fuente: Elaboración propia)

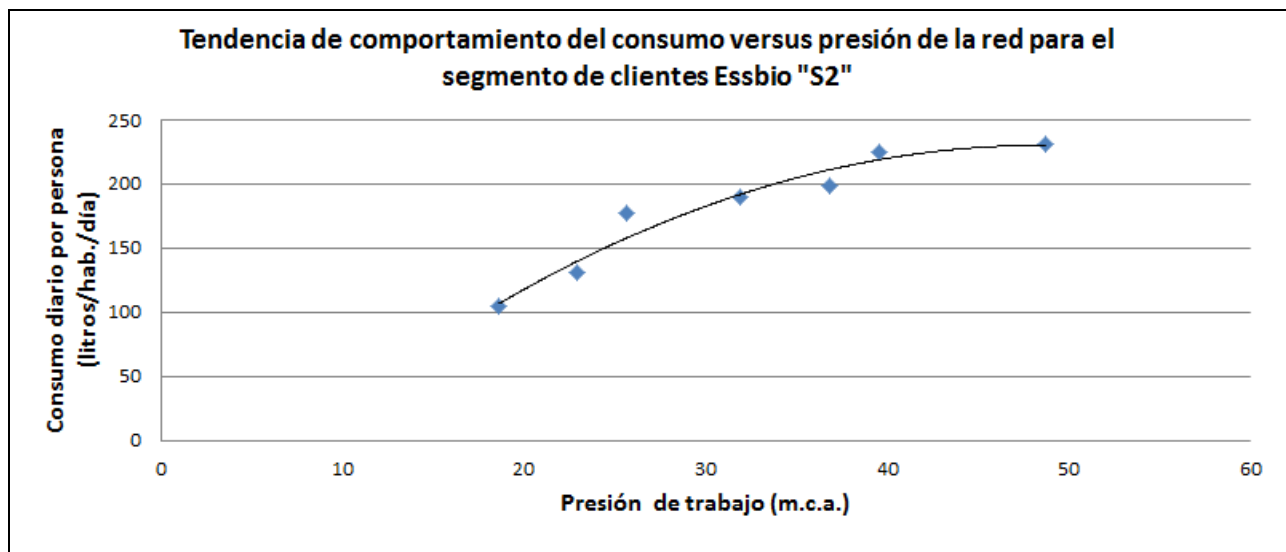


Figura E 2. Curva de comportamiento de clientes de segmento S2
(Fuente: Elaboración propia)

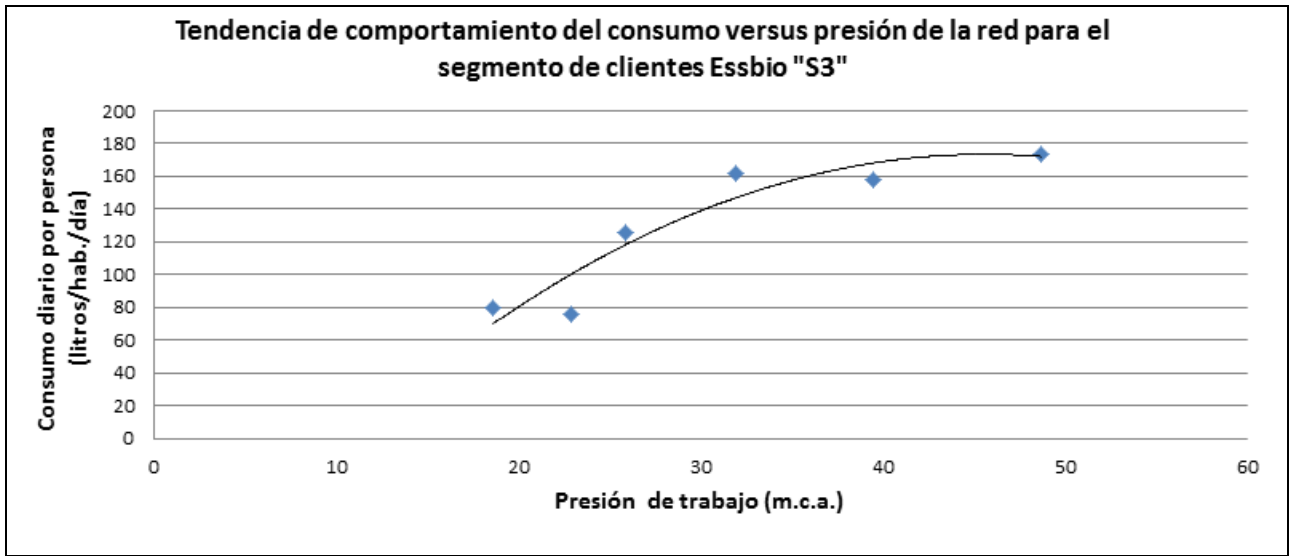


Figura E 3. Curva de comportamiento de clientes de segmento S3
(Fuente: Elaboración propia)

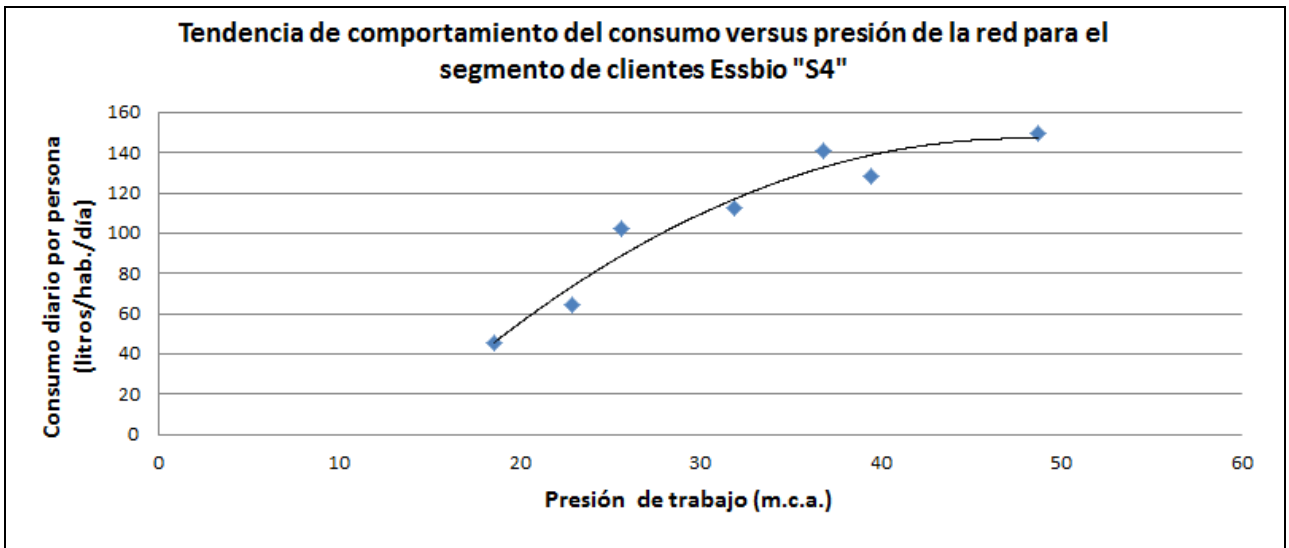


Figura E 4. Curva de comportamiento de clientes de segmento S4
(Fuente: Elaboración propia)

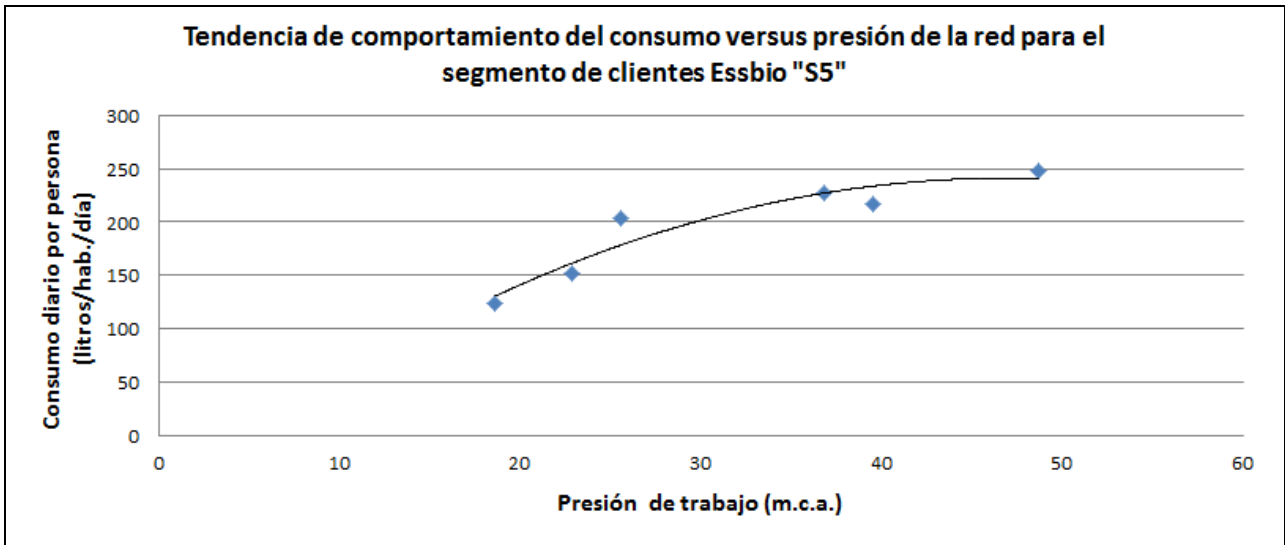


Figura E 5. Curva de comportamiento de clientes de segmento S5
(Fuente: Elaboración propia)

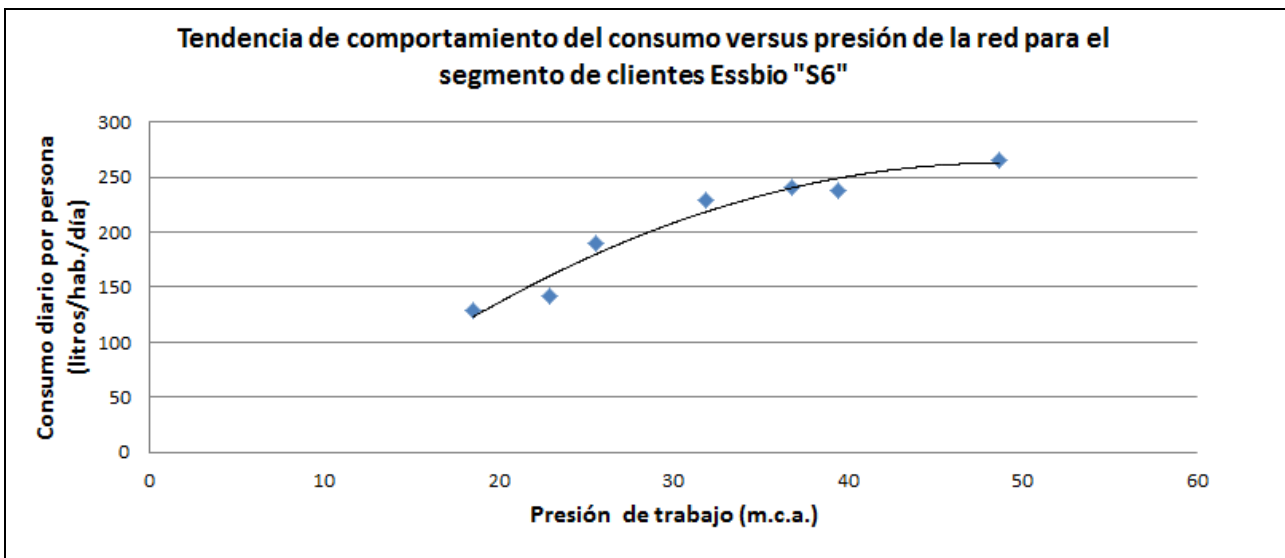


Figura E 6. Curva de comportamiento de clientes de segmento S6
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla E 1. Resumen de las Expresiones Matemáticas y Coeficientes de Correlación Extraídas de Curvas de Tendencia de Comportamiento

Segmento de clientes Essbio	Expresión matemática	R^2
S1	$Y = -0,1134 * x^2 + 11,189 * x - 111,43$	0,95
S2	$Y = -0,1371 * x^2 + 13,327 * x - 93,866$	0,95
S3	$Y = -0,1421 * x^2 + 12,959 * x - 122,02$	0,88
S4	$Y = -0,1182 * x^2 + 11,313 * x - 123,57$	0,95
S5	$Y = -0,1381 * x^2 + 12,957 * x - 62,718$	0,90
S6	$Y = -0,1494 * x^2 + 14,689 * x - 98,196$	0,96

(Fuente: Elaboración propia)

De la Figura E 7 hasta la Figura E 12 se presentan los gráficos correspondientes a las superposiciones de las curvas lineales sobre la tendencia de los consumos en función de la presión de los seis segmentos de clientes de Essbio.

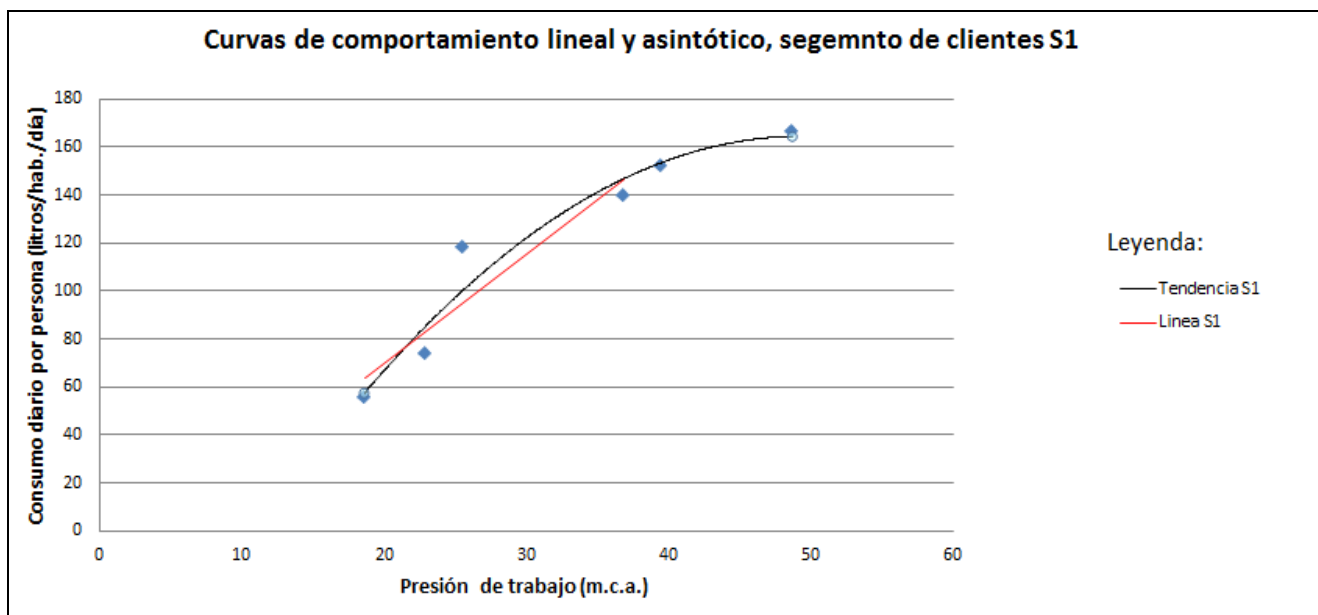


Figura E 7. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S1

(Fuente: Elaboración propia)

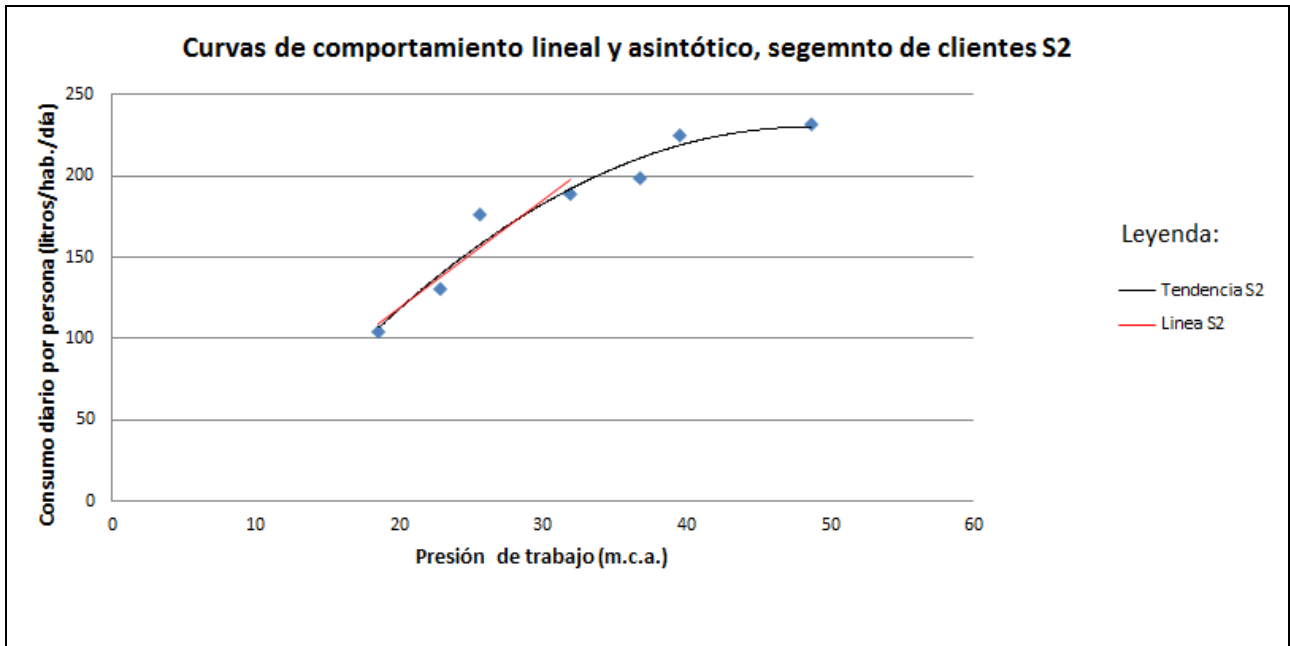


Figura E 8. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S2

(Fuente: Elaboración propia)

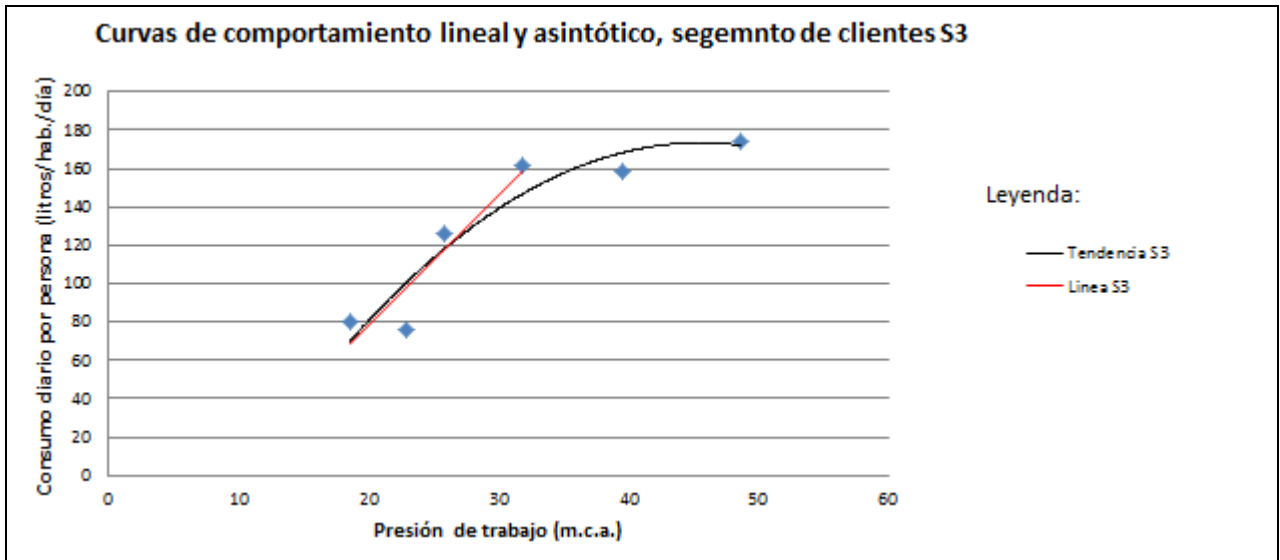


Figura E 9. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S3

(Fuente: Elaboración propia)

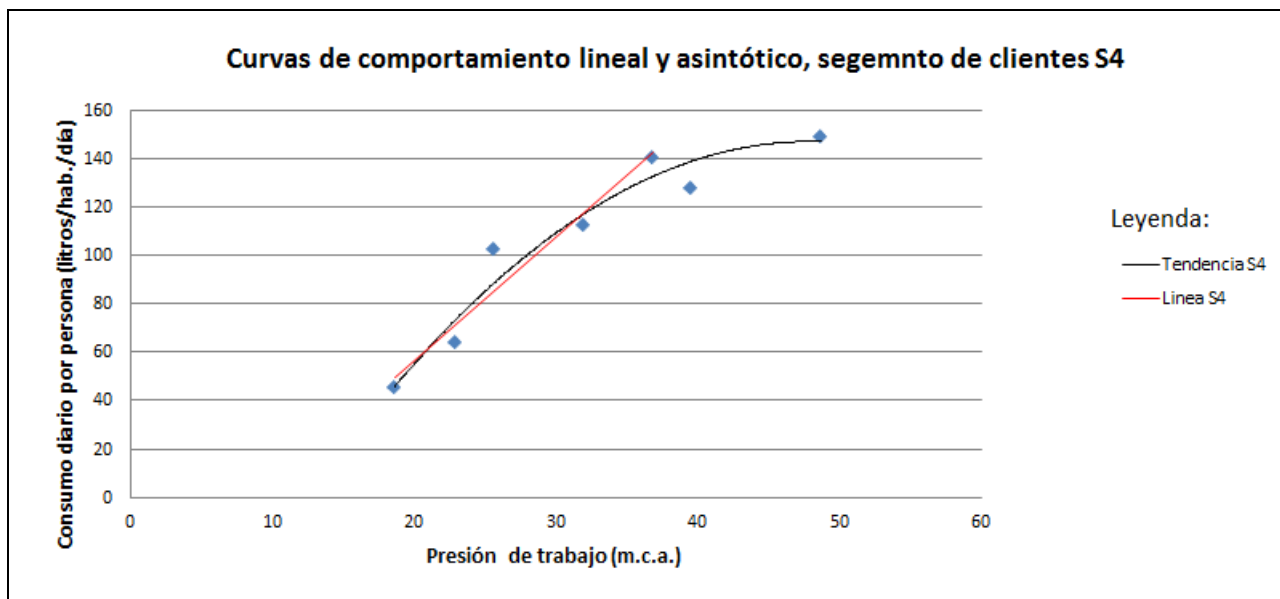


Figura E 10. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S4
(Fuente: Elaboración propia)

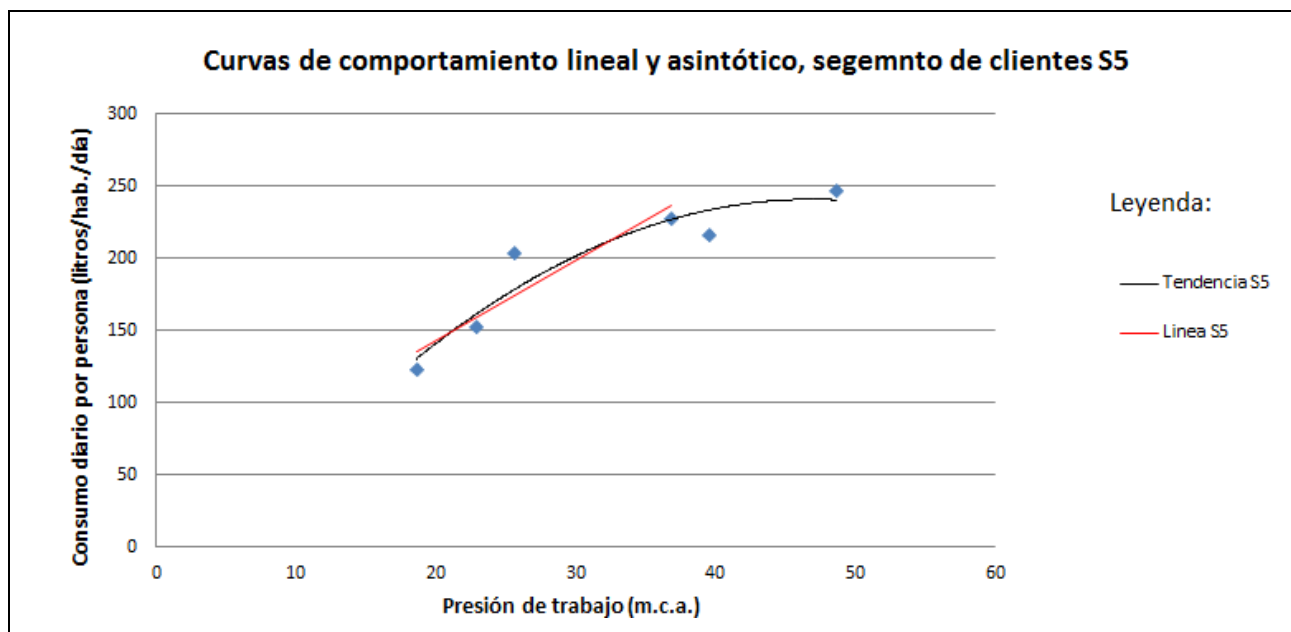


Figura E 11. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S5
(Fuente: elaboración propia)

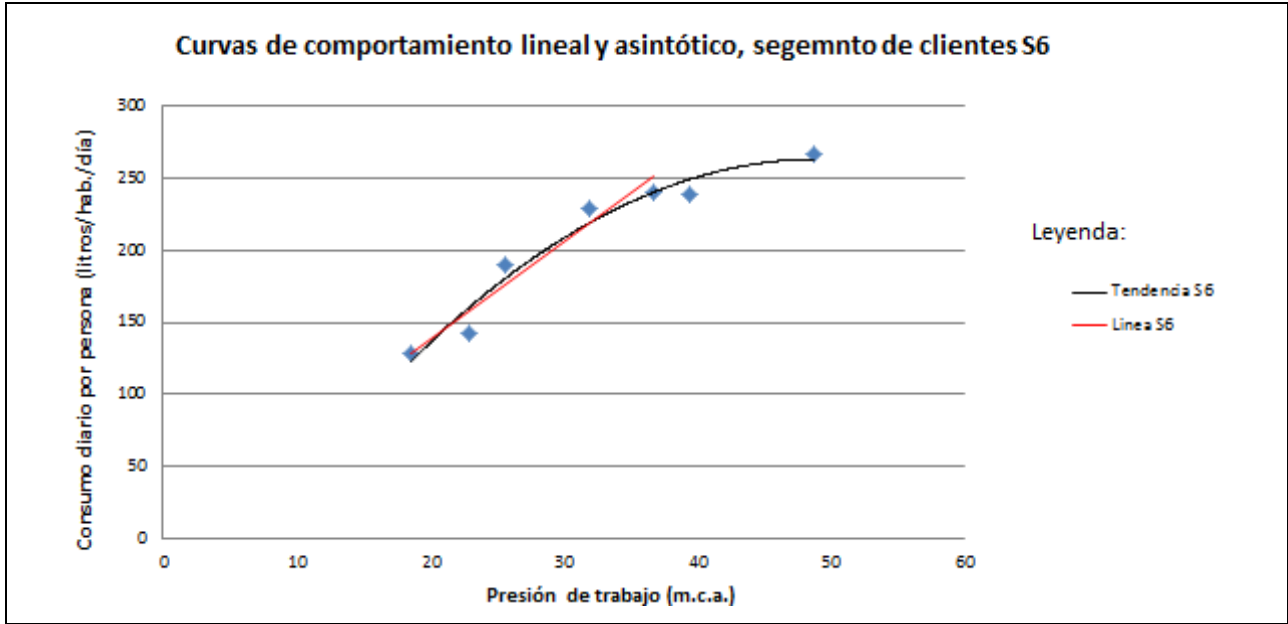


Figura E 12. Curva de comportamiento lineal y asintótico, segmento de clientes S6
(Fuente: Elaboración propia)

BIBLIOGRAFÍA

- DALYD 2009, Hidráulica De Tuberías.
- Ahumada, Hernandez (2002) "ESTIMACION DE COEFICIENTES DE DEMANDA DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE" congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental, Mexico.
- RIIDA 2009. Reglamento De Instalaciones De Agua Potable Y Alcantarillado.
- Morales Vallejo, 2012. Estadística Aplicada A Las Ciencias Sociales.
- Nch691, 1998. Agua Potable – Conducción, Regulación Y Distribución.
- Nch2485, 2000. Instalaciones Domiciliarias De Agua Potable – Diseño, Cálculo Y Requisitos De Las Redes Interiores.
- Moot 2006. Mecánica De Fluidos Aplicada.
- SISS 2009. Informe Del Nivel De Consumo De Agua En El País Año 2007-2008.
- Martínez-Espiñeira, R. 2002. Residential Water Demand In The North-West Of Spain. *Environmental And Resource Economics*.
- Salazar-Pineda, 2010. Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México.