

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



## FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

### TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

## RELACIÓN ENTRE LAS FUGAS DE AGUA Y CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR RESIDENCIAL

**Autor(es):**

Santos Daniel Eras Guerrero

Tutor: Ing. Mgs. Javier Palacios

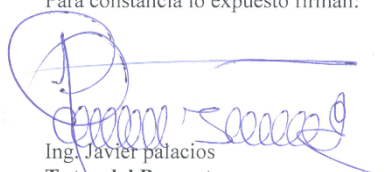
**Riobamba - Ecuador**

**2019**


**VEREDICTO DE LA INVESTIGACIÓN**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“RELACIÓN ENTRE LAS FUGAS DE AGUA Y CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR RESIDENCIAL”**, presentado por: Santos Daniel Eras Guerrero y dirigida por: Ing. Javier Palacios. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso de custodia en la biblioteca de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia lo expuesto firman:



Ing. Javier palacios  
**Tutor del Proyecto**



Ing. Alfonso Arellano  
**Miembro de Tribunal**

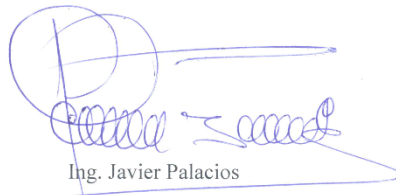


Ing. Carlos Montalvo  
**Miembro de Tribunal**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. Javier Palacios, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: **“RELACIÓN ENTRE LAS FUGAS DE AGUA Y CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR RESIDENCIAL”**, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Santos Daniel Eras Guerrero, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente



Ing. Javier Palacios

**Tutor de tesis**

**AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente a: Santos Daniel Eras Guerrero e Ing. Javier Palacios; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”



Santos Daniel Eras Guerrero

C.I. 210059734-9

## **AGRADECIMINETO**

Agradezco primero a Dios por brindarme sabiduría y entendimiento, a mis padres quienes fueron mi principal motivación para culminar la carrera, por apoyarme de forma constante y pilar fundamental en esta fase de mi vida, generando siempre buenos valores, además al Ing. Javier palacios y al Ing. Alfonso Arellano que estuvieron en todo momento ayudar y colaborar en el desarrollo de la investigación, a mis amigos y compañeros de clases por todas las experiencias ganadas a lo largo de esta trayectoria. Muchas gracias.

Santos Daniel Eras Guerrero

**DEDICATORIA**

Dedico este gran logro de mi vida a mi padre que siempre con su apoyo, esfuerzo y buenos mensajes de superación, a mi madre que siempre me inculco valores y siempre estar junto a mí, cada mañana y noche para que pueda alcanzar todo lo que me propongo.

Santos Daniel Eras Guerrero

## INDICE GENERAL

<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS: .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Objetivo general .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>2</b>
<b>3. ESTADO DE ARTE .....</b>	<b>3</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Porcentajes de viviendas con fugas y las ciudades en función de cada estrato</b>	<b>12</b>
<b>5.2 Porcentajes de viviendas con fugas y el número de aparatos sanitarios. ....</b>	<b>22</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1 Conclusión .....</b>	<b>32</b>
<b>6.2 Recomendaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>34</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>37</b>
<b>8.1 Anexo 1. Poblaciones agrupadas según rangos demográficos.....</b>	<b>37</b>
<b>8.2 Anexo. 2. Porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato .....</b>	<b>37</b>
<b>8.3 Anexo 3. Consumos semestrales de agua potable para todas las ciudades.....</b>	<b>39</b>
<b>8.4 Anexo 4. Porcentajes semestrales de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias para todas las ciudades.....</b>	<b>40</b>
<b>8.5 Anexo 5. Número de aparatos sanitarios per cápita.....</b>	<b>41</b>
<b>8.6 Anexo 6. Número total de aparatos sanitarios per cápita.....</b>	<b>42</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Información Primaria .....	4
Tabla 2.- Rango de clasificación del método de caracterización urbanístico y socioeconómico. ....	5
Tabla 3.- Parámetros Procesados por (Bayas, 2018).....	6
Tabla 4.- Parámetros Socioeconómicos desarrollados por (Bravo & Merino, 2018.....	7
Tabla 5.- Parámetros procesados de la investigación. ....	7
Tabla 6.- Poblaciones y estratos de las ciudades estudiadas. ....	9
Tabla 7.- Rango de relaciones según Evan      Rango de relaciones según Evans.....	11
Tabla 8.- Consumos semestrales de agua potable para todas las ciudades.....	15
Tabla 9.- Porcentajes semestrales de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias para todas las ciudades .....	15
Tabla 10.- Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s.....	16
Tabla 11.- Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades grandes.....	17
Tabla 12.- Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades medianas .....	18
Tabla 13.- Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades pequeñas. ....	18
Tabla 14.- Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de % de viviendas con fugas de agua.....	21
Tabla 15.- Promedio de VFI/est.s y los promedios de A.S.p.est. ....	24
Tabla 16.- Análisis Promedio de VFI/est.s vs Promedio de A.S.p.est. Para todas las ciudades. ....	25
Tabla 17.- Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades grandes.....	26
Tabla 18.- Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades medianas. ....	27
Tabla 19.- Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades pequeñas. ....	27
Tabla 20.- Análisis de Promedio de % de viviendas con fugas intradomiciliarias y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato.....	30



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Esquema de metodología de la investigación. ....	8
Figura 2.- porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato. ....	12
Figura 3.-Consumo semestral en cada estrato vs porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato. ....	13
Figura 4.- CPC/est.s vs VFI/est.s.....	14
Figura 5.- Prom.CPC/est.s vs Prom.VFI/est.s. ....	16
Figura 6 .- Promedio CPC/est.s vs Promedio VFI/est.s para ciudades grandes. ....	20
Figura 7.- Promedio CPC/est.s vs VFI/ est.s para ciudades medianas. ....	20
Figura 8.- Promedio CPC/est.s vs Promedio de VFI/est.s para ciudades pequeñas. ....	20
Figura 9.- CPC/est.s vs VFI/est.s.....	20
Figura 10.- VFI/est.s vs A.S p.est. Por estratos. ....	22
Figura 11.- VFI/ est.s vs A.S.p.est.....	23
Figura 12.- Prom.VFI/est.s vs Prom.A.S p.est. ....	25
Figura 13.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades grandes. ....	29
Figura 14.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades medianas. ....	29
Figura 15.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades pequeñas. ....	29
Figura 16.- VFI/est.s vs A.S. p.est.Por estrato.....	29

## RESUMEN

El trabajo básico de las entidades que abastecen agua consiste en proveer el líquido en cantidad y calidad necesaria para compensar las necesidades de los consumidores. Por ello para maximizar la eficiencia física de los sistemas es minimizando las pérdidas de agua que se dan por fugas que se puede dar dentro del sector residencial. Conocer cómo influyen las fugas en el consumo de agua potable y en los aparatos sanitarios nos ayudará a encontrar los problemas presentes y también permitirá plantear estrategias para disminuir las fugas que se pueden dar dentro de la misma. El objetivo principal de esta investigación fue determinar la relación entre las fugas de agua y consumos de agua potable en el sector residencial. Apoyados en el método de caracterización urbanística y socioeconómica y determinación de 4 rangos poblacionales se analizaron varias variables como porcentajes de fugas intradomiciliarias, consumo per cápita y el número total de aparatos por estratos. Dentro del procedimiento realizado usamos, tendencias lineales, coeficiente de determinación (R) y p-valor, apoyados en una estadística descriptiva. Los resultados de esta investigación confirmaron que las fugas intradomiciliarias si incide en el consumo de agua para ciudades grandes y pequeñas. Además, que las fugas intradomiciliarias se genera por el número total de aparatos sanitarios en ciudades grandes.

**Palabras Claves:** Consumo de agua, fugas de agua, aparatos sanitarios, dotación

## Abstract

The basic work of the entities that supply water consists of providing the liquid in quantity and quality necessary to compensate the needs of consumers. Therefore, to maximize the physical efficiency of the systems, it is minimizing water losses due to leaks that can occur in residential areas. Knowing how leaks influence the consumption of drinking water and sanitary appliances will help us find the current problems and it will also allow us to propose strategies to reduce the leaks that can occur within it. The main objective of this research was to determine the relationship between water leaks and consumption of drinking water in residential areas. Supported by the method of urban and socioeconomic characterization and determination of 4 population ranges, several variables were analyzed, such as percentages of intra-household leakage, per capita consumption and the total number of appliances by strata. Within the procedure carried out we used, linear trends, coefficient of determination (R) and p-value, supported by descriptive statistics. The results of this investigation confirmed that the leaks inside houses really affect the consumption of water for large and small cities. In addition, the leakage inside houses is generated by the total number of sanitary devices in large cities.

**Keywords:** Water consumption, water leaks, sanitary devices, endowment.



Reviewed by: Armas, Geovanny

Linguistic Competences Professo



## 1. INTRODUCCIÓN

Morote (2016) afirma: “Que en el sector residencial ha tenido grandes dificultades con las fugas intradomiciliarias que afecta de forma directa a las personas. Esta manera, se ha demostrado una menor cantidad de agua para utilizar en sector urbano-turístico en los últimos años” (p 133).

En México se han concluido que, en los sistemas de distribución de agua potable, las fugas ocurren entre un 80% y 90% en las conexiones domiciliarias por mala calidad de los materiales y la mala construcción, empezando con fugas pequeñas, pero que crecen con el tiempo. De tal manera una de las formas efectivas para conservar el agua y ahorrar dinero es reducir las pérdidas de agua potable, a través de la reparación de fugas (Ochoa & Bourguett, 2001).

Morote (2017) afirma: “Sus indagaciones conoció varios problemas principales que intervienen en el consumo de agua.” (p 258). Se interpretó lo que pueda tener semejanza entre algunos parámetros meteorológicos como por ejemplo precipitación, humedad y temperatura) en función del consumo de agua potable y el tamaño de población (Bayas, 2018). Determinaron la relación que existe entre el consumo de agua potable y aparatos sanitarios (Bravo & Merino, 2018). Se han establecido modelos lineales que han sido validados estadísticamente entre número de aparatos sanitarios, inflación acumulada, pago per-cápita y el consumo de agua potable (Bravo & Merino, 2018). La cantidad de agua potable suministrada y que son afectadas por las fugas intradomiciliarias, podrían ser estimadas manejando las dotaciones residenciales en estratos socio económicos semejantes. Se manejó los datos obtenidos de las 11 tesis de la carrera de ingeniería civil de la UNACH (Barreno, 2015; Cáceres & Rubio, 2015; Carrillo & Quintero, 2013; Montenegro & Tapia, 2014; Morillo & Luna, 2013; Patiño & Pino, 2014; Sagñay &

Carguachi, 2015; Samaniego & Muela, 2015) entre el 2013 y el 2015. Uno de los inicios para obtener datos y la determinación de los rangos poblaciones en tres tamaños: pequeñas, medianas y grandes fue por (Bayas, 2018). Además obtuvimos relaciones entre dos variables, como agua potable y equipamiento sanitario, para cada tamaño de población por (Bravo & Merino, 2018).

Mediante una revisión bibliográfica no se obtuvo investigaciones, de la probable existencia de caudales debido a las fugas intradomiciliarias dentro del sector residencial, mucho menos de su posible afectación en el gasto del agua potable. Las fugas de agua en las redes hidrosanitarias residenciales podrían ser considerables y la causa para desabastecer de agua a algunos sectores de las redes de distribución. En relación a lo discutido anteriormente nos planteamos nuestra siguiente interrogación ¿La relación entre las fugas de agua y consumos de agua potable, incide en el sector residencial?

Para esto se analizarán las siguientes variables: 1) consumos per cápita de agua potable; 2) porcentaje de casa que reportan fugas; y, 3) equipamiento sanitario, en el sector residencial.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1. Objetivo general**

- Determinar la relación entre las fugas de agua y consumos de agua potable en el sector residencial.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Agrupar los porcentajes de casas que reportan fugas de acuerdo a los tamaños poblacionales y a los estratos socio-económicos.
- establecer relaciones graficas entre las variables
- Realizar un análisis estadístico para encontrar correlaciones causales entre las variables.

### 3. ESTADO DE ARTE

Amorós (2007) refiere que las pérdidas reales (fugas, roturas y averías) se estimaron en 678 horas por m<sup>3</sup> (un 15,7% del agua suministrada), mientras que las pérdidas aparentes (errores de medida, fraudes etc.) se situaron en 435 horas por m<sup>3</sup>. Son valores altos pero que a finales de los noventa fueron disminuyendo.

Blokker, Vreeburg & Dijk (2009) aseguran mediante una encuesta residencial sobre el uso del agua en 2007, que en los países bajos aproximadamente el 5 % de los hogares tienen grifos de goteo, el 2 % tiene inodoros con fugas y menos del 1 % tiene tuberías con fugas. Piensa que se podría incorporar otros tipos de uso del agua, grifos de goteo u otros tipos de fugas que podrían formar parte sustancial de la demanda de agua (Blokker et al., 2009).

García (1977) pudo evidenciar que entre las 10 de la noche y 7 de la mañana el gasto de agua sufre una enorme disminución, debido que el consumo doméstico es nulo y la industria se detiene casi plenamente su actividad, pero hay un hecho que hace aumentar el consumo doméstico más de lo debido, ya que, al disminuir el gasto normal, aumenta la presión de la red. Esto trae como consecuencia que las fugas de agua se hacen más intensas, llegando a disminuir ligeramente las variaciones de consumo entre el día y la noche (García, 1977).

Mayer & DeOreo (1999) Siguiendo un patrón consistente con los usos finales en interiores, la cantidad de fugas se relacionó positivamente con el número de personas en un hogar, pero se relacionó negativamente con el número de personas que trabajan a tiempo completo fuera del hogar. Demostrando también que la cantidad de fugas aumenta con la cantidad de inodoros en el hogar (Mayer & DeOreo, 1999).

Arellano, Gonzáles & Gavilanes (2012) se procedió a la información de las indagaciones que se empleó mediante la caracterización urbanística y socio económica

en ciudades hasta 150.000 habitantes. En esta investigación se utilizará los promedios los consumos mensuales de agua potable, del número de aparatos sanitarios y porcentajes de fugas (Arellano et al., 2012).

Tabla 1.-

*Información Primaria*

<b>No</b>	<b>PARAMETRO INVESTIGADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>DURACION</b>	<b>FUENTE</b>
1	Consumo de agua potable	m <sup>3</sup> /medidor/mes	mensual	6 meses	Población
2	Porcentaje de casas que reportan fugas	%	una vez	única	Población
3	Inodoros	unidades/familia	una vez	única	Población
4	Lavabos	unidades/familia	una vez	única	Población
5	Lavadoras	unidades/familia	una vez	única	Población
6	Duchas	unidades/familia	una vez	única	Población
7	Porcentaje de casa con jardines	%	una vez	única	Población
8	Uso de bidones de agua	bidón	mensual	6 meses	Población
9	Tipo de almacenamiento de agua	unidades/familia	una vez	única	Población
10	Número de veces que cocinan en casa	unidad	una vez	única	Población
11	Número de personas por familia	personas	una vez	única	Población
12	Costo del agua	\$/m <sup>3</sup>	una vez	única	Población
13	Calidad de agua: 6 parámetros INGECAP	varias	mensual	6 meses	Municipio
14	Inflación acumulada	%	mensual	6 meses	Banco Central
15	Precipitación	mm	una vez	única	INAMHI
16	Humedad	%	una vez	única	INAMHI
17	Temperatura	grados centígrados	una vez	única	INAMHI
18	Tamaño de la población	habitantes	una vez	única	INEC

Información recolectada por primera vez sin procesar (Arellano et al., 2012)

La investigación ha sido valorada de forma que establece un rango de puntos clasificada en 4 estratos socios económicos en que se le asigna las categorías A, B, C, D. donde el estrato A corresponde al de mayor capacidad económica y se le llama Alto y el Estrato D corresponde al de menor capacidad económica y se le llama bajo (Arellano et al., 2012). De esta manera en la tabla 2 se estableció a que estrato pertenece a cada familia (Arellano et al., 2012).

Tabla 2.-

*Rango de clasificación del método de caracterización urbanístico y socioeconómico.*

<b>Calificación</b>	<b>Categoría</b>	<b>Estrato Socio Economico</b>
100-81	A	Alto
80-61	B	Medio Alto
60-31	C	Medio Bajo
30-0	D	Bajo

Método de caracterización urbanística y socioeconómica (Arellano et al., 2012).

En las investigaciones que tiene datos mensuales y semestrales de cada uno de los estratos y que además contiene los promedios ponderados que ayudarán como información para las indagaciones iniciales obtenidas de (Bayas, 2018; Bravo & Merino, 2018). Se realizó la obtención de proceso de información que la llamaremos datos secundarios, que relacionaron la relación entre el consumo de agua potable y los parámetros indicados en la tabla 3-4 (Bayas, 2018; Bravo & Merino, 2018).



Tabla 3.-  
*Parámetros Procesados por (Bayas, 2018)*

<b>Parámetro Procesado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo de Información</b>
<b>Precipitación</b>	mm	Información Primaria
<b>Humedad atmosférica máxima</b>	%	Información Primaria
<b>Temperatura máxima</b>	°C	Información Primaria
<b>Tamaño de población</b>	Habitantes	Información Primaria
<b>Consumo ponderado mensual “CPC/p.m.”</b>	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
<b>Consumo promedio semestral en cada estrato “CPC/est.s.”</b>	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
<b>Consumo promedio semestral ponderado “CPC/p.s.”</b>	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
<b>Viviendas que reportan fugas intradomiciliarias, ponderado mensual “VFI/p.m.”</b>	%	Procesada por primera vez
<b>Porcentaje de casas con jardín en cada estrato</b>	%	Procesada por primera vez
<b>Tipo de almacenamiento de agua en cada estrato</b>	%	Procesada por primera vez

Información procesada, parámetros meteorológicos (Bayas, 2018)

Tabla 4.-

*Parámetros Socioeconómicos desarrollados por (Bravo & Merino, 2018)*

No	Parámetro Procesado	Unidad	Tipo de Información
12	Costo del agua per cápita	\$/m <sup>3</sup>	Información Primaria
14	Inflación acumulada	%	Información Primaria
18	Tamaño de la población	Habitantes	Información Primaria
19	Consumo de agua potable	Lt/hab-día	Información Primaria
24	Inodoros	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
25	Lavabos	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
26	Lavadoras		
27	Duchas	Unidades/ per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
28	Lavandines	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
		Unidades/ per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D

Información procesada, parámetros socio económicos (Bravo & Merino, 2018)

Procediendo con la obtención de nuevos datos para establecer medidas de cuantificación en esta investigación se analizó el promedio de consumo semestral en cada estrato, los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato y el promedio de número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato, ver tabla 5.

Tabla 5.-

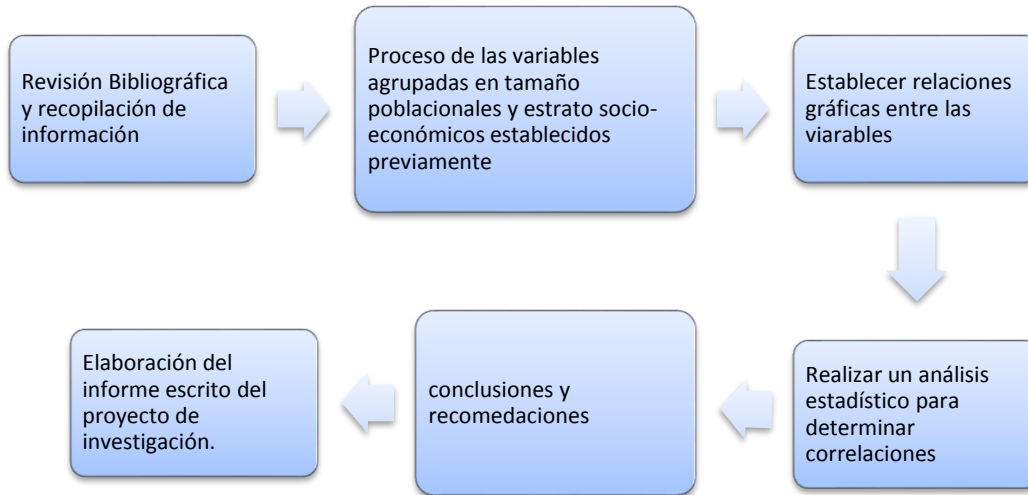
*Parámetros procesados de la investigación.*

Parámetro Procesado	Unidad	Tipo de Información
<b>Promedio de consumo semestral en cada estrato “Prom.CPC/est.s.”</b>	lt/hab*día	Procesada por primera vez
<b>Promedio que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato “Prom.VFI/est.s.”</b>	%	Procesada por primera vez
<b>Promedio de número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato “Prom.A.S p.est.</b>	Unidades	Procesada por primera vez

Información procesada de la investigación.

#### 4. METODOLOGÍA

El proceso que se continuó para el avance de la investigación, se demuestra mediante un esquema gráfico que se presenta de una forma detallada el desarrollo de la misma.



*Figura 1.- Esquema de metodología de la investigación.*

Se manejó mediante exploraciones para obtener bibliografía que ayuden con la investigación mediante páginas de búsqueda tales como: World Wide Science, Google académico, ProQuest, Cengage Learning, e-libro. Que ayuden a encontrar averiguaciones a los inconvenientes que existen por tener fugas intradomiciliarias que incida en el consumo de agua potable en el sector residencial para poblaciones menores a 150.000 habitante. Obteniendo una información segura, nueva e idónea por la entidad científica. Obtuvimos los datos de 9 tesis realizadas en la Universidad Nacional de Chimborazo entre los años 2013 a 2015, de 11 lugares inferiores a 150.000 habitantes, de la región oriente: Macas, La Joya de los Sachas, región sierra: Riobamba, Guaranda, Guano, Quimiag, Chambo, Guamote, Columbe, Cubijíes y de la región costa: Ventanas, en Ecuador ver Anexo 1. Se pudo comprobar los datos del número de personas de cada una de las ciudades con los valores de las poblaciones procedente de la plataforma del censo

poblacional y vivienda elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo en el año 2010 INEC (2010). Cada ciudad fue clasificada en cuatro estratos socioeconómicos según el método de acuerdo a la tabla 6 caracterización urbanística y socioeconómica (Arellano et al., 2012).

Se concentró cada una de las ciudades mediante lo que formuló Arellano, Gonzáles & Gavilanes (2012) creando tres rangos demográficos (0 a 8.000, 8.000 a 30.000 y 30.000 a 150.000 habitantes), y analizar mediante la relación que existe con el número porcentajes de fugas de agua. Ver Anexo 1.

Tabla 6.-

*Poblaciones y estratos de las ciudades estudiadas.*

<b>Región</b>	<b>Nombre de la Población</b>	<b>Población Tesis (habitantes)</b>	<b>Población corregida (habitantes)</b>	<b>Estratos Socioeconómicos</b>
Sierra	Riobamba	146.324	146.324	A, B, C, D
Costa	Ventanas	38.168	38.168	A, B, C, D
Sierra	Guaranda	91.877	23.874	A, B, C,
Oriente	Macas	22.000	18.984	A, B, C, D
Oriente	La joya de los Sachas	11.480	11.480	B, C, D
Sierra	Guano	7.758	7.758	B, C, D
Sierra	Quimiag	2.879	5.257	B, C, D
Sierra	Chambo	4.873	4.459	B, C, D
Sierra	Guamote	3.762	2.648	B, C, D
Sierra	Cubijies	588	588	B, C, D
Sierra	Columbe	526	526	B, C, D

Las ciudades están ordenadas de acuerdo con el tamaño de población. Elaborada por (Bayas, 2018). Modificada por (Bravo & Merino, 2018; Lindao, 2018).

Se elaboró en esta investigación una hoja electrónica, en donde se realizó gráficas de dispersión. Al inicio se equiparó visualmente si se ajustaba un modelo lineal entre el porcentaje que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato. Ver anexo 2. Y cada variable en estudio. Ver anexo 3 y 6.

Mediante la utilización del software estadístico R, se calculó la relación lineal entre el consumo per cápita de agua potable semestral. Ver Anexo 3. El porcentaje que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato. Ver Anexo 4. Y el número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato. Ver anexo 6. Utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, se analizó las ciudades grandes, medianas y pequeñas.

Posteriormente se calculó la relación lineal entre el promedio del porcentaje que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato, el promedio del consumo per cápita de agua potable semestral y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato.

Lindao (2018) Para considerar si una correlación es válida o no y estadísticamente significativa o no, en todos los parámetros analizados anteriormente, se consideró que el  $R^2$  llamado coeficiente de determinación, refleja la bondad del reajuste de un modelo a la variable que pretende explicar. Es trascendente conocer que el resultado del R oscila entre 0 y 1. Mientras más cerca de uno se encuentre su valor mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar (Lindao, 2018). De forma contraria, cuanto más se acerca al cero, menos ajustado estará al modelo y por lo tanto, menos fiable será (Lindao, 2018).

Debido a los pocos datos existentes en los análisis realizados se prefirió usar una estadística descriptiva, con el apoyo de la determinación de las tendencias lineales que ayudan a crear una línea recta de ajuste perfecto para conjuntos de datos lineales simples. Los datos son lineales si el patrón en sus puntos de datos es similar a una línea (Lindao, 2018). Una línea de tendencia lineal frecuentemente muestra que hay algo que aumenta o disminuye a un ritmo constante. Una línea de tendencia lineal usa esta ecuación para calcular el ajuste de mínimos cuadrados para una línea como lo realizó (Lindao, 2018).

Un modelo de tendencia lineal usa esta ecuación:

$$y = mx + b + \varepsilon$$

Al tener calculado el valor de  $R^2$  se procede a determinar la raíz cuadrada del  $R^2$  para establecer el valor de  $R$ , todos estos valores calculados deberán ser mayor a 0, 50 para que lo podamos considerar, ver tabla 7. De la misma manera se procede a calcular el p-valor para afirmar si es estadísticamente significativa y deberá ser menor al 5 %. Obtenido cada uno de los resultados se escogió como legítimo al modelo lineal que representa entra cada una de las variables.

Tabla 7.-  
*Rango de relaciones según Evans*

<b>Rango R</b>	<b>Relación</b>
<b>0.00</b>	No existe correlación
<b>0.00 a 0.10</b>	Correlación débil
<b>0.10 a 0.50</b>	Correlación media
<b>0.50 a 0.75</b>	Correlación considerable
<b>0.75 a 0.90</b>	Correlación muy fuerte
<b>0.90 a 1</b>	Correlación perfecta

Interpretación relación entre variables (Hernández Sampieri y Fernández Collado, 1998)

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentajes de viviendas con fugas y las ciudades en función de cada estrato

Se realizó un gráfico del porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (VFI/est.s.) Anexo 2. Para las 11 ciudades de investigación, ver figura 2.

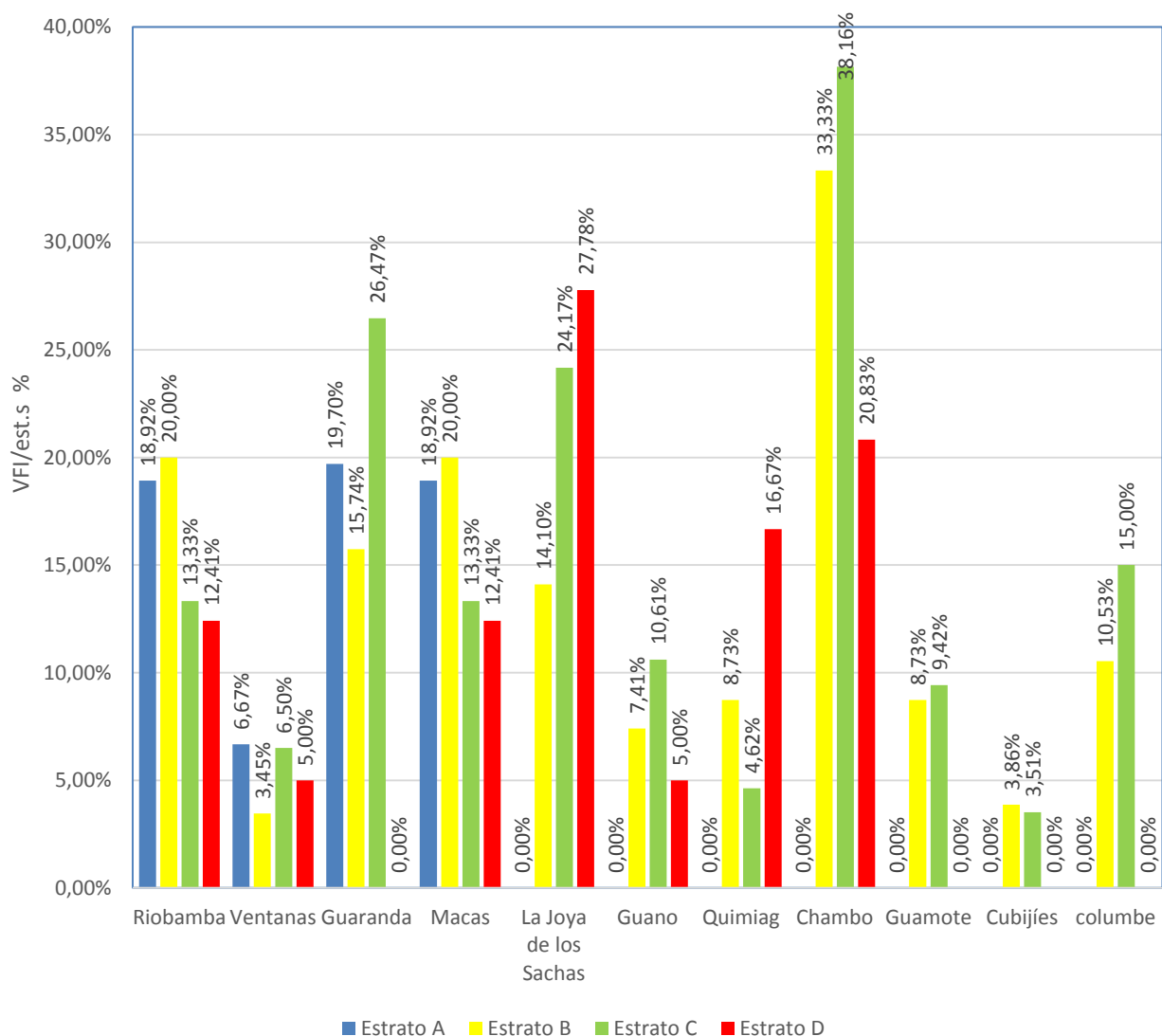


Figura 2.- porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato.

Observamos la variación que existe entre cada estrato de una misma ciudad y entre las ciudades. Además las ciudades de: Guaranda, La joya de los Sachas y Chambo tienen un porcentaje de fuga alto en comparación con las demás ciudades.

A continuación, se presenta una gráfica entre el consumo semestral en cada estrato (CPC/est.s) respecto al porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (VFI/est.s.). Ver tabla 3, de las 11 poblaciones investigadas para establecer una relación entre ambas variables. Anexo 3 y 4.

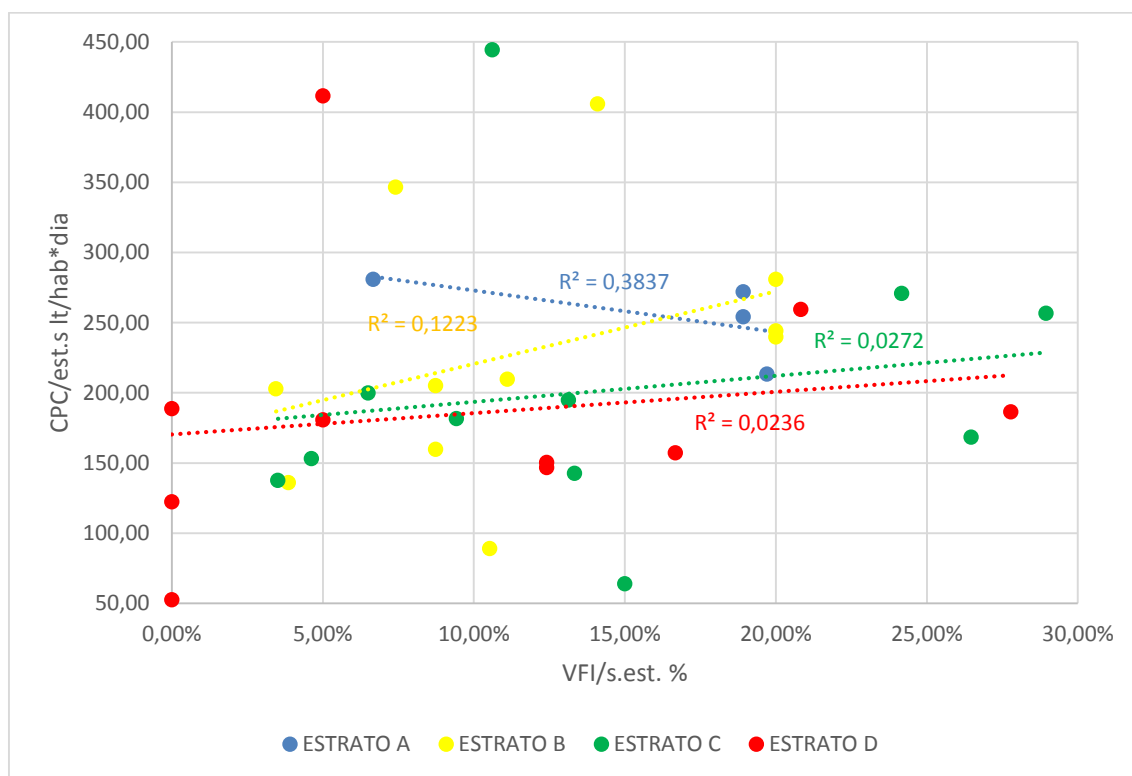


Figura 3.-Consumo semestral en cada estrato vs porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato.

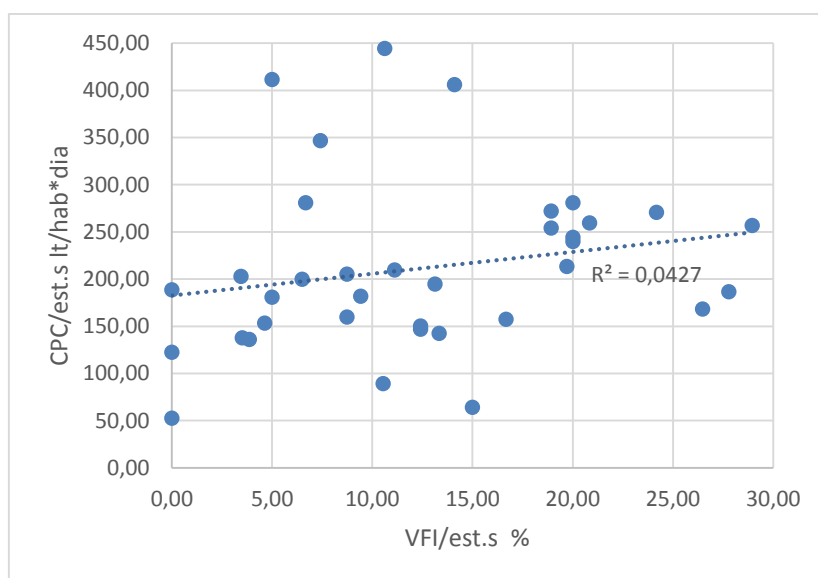
En la figura 3 las tendencias de las relaciones entre el consumo semestral en cada estrato socio económico, respecto al porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias difieren entre los estratos. Estrato A,  $R=0.6194$ ; Estrato B,  $R= 0.1649$ ; Estrato C,  $R= 0.3497$ ; Estrato D,  $R=0.1536$  de cada estrato son muy bajos por lo que se interpreta que esas líneas de tendencia no se ajustan a los puntos de los datos. Además los valores de p-valor para: (Estrato A,  $p=0,3806$ ; Estrato B,  $p=0.2917$ ; Estrato C,  $p=0.6279$ ; Estrato D,  $p= 0.6715$ ) de cada estrato son muy altos superando el 5%.

Se puede afirmar que no existe una correlación entre el consumo semestral (CPC/est.s) respecto al porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias, en cada estrato



(VFI/est.s), cuando se consideran todas las ciudades juntas: grandes, medianas y pequeñas.

En la siguiente figura se dibujó los mismos parámetros anteriores, para los promedios ponderados del consumo de agua y de viviendas con fugas, de cada ciudad. Obteniendo un valor de  $R=0.2066$  realmente despreciable y un  $p\text{-valor}=0.2269$  que es poco significativo estadísticamente.



*Figura 4.- CPC/est.s vs VFI/est.s*

Figura 4. No existe una correlación entre el consumo semestral de cada estrato socio económico y las viviendas que reportan fugas intradomiciliarias, cuando se analizan todas las ciudades juntas.

Para realizar la siguiente gráfica se promedió el consumo semestral en cada estrato (Prom.CPC/est.s) socios económicos individualmente, para todas las ciudades y los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (Prom.VFI/est.s) ver tabla 8 y 9. Por ejemplo del estrato A de todas las ciudades se hizo un promedio tanto para consumo de agua y fugas. Asimismo para los estratos B, C y D. Logrando un valor de  $R=0.7126$  y un  $p\text{-valor}=0.2873$ .

Tabla 8.-

Consumos semestrales de agua potable para todas las ciudades

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato B</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato C</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato D</b> (lt/hab*día)
30.000 a 150.000	Riobamba	271.86	244.11	142.53	146.65
	Ventanas	280.81	202.88	199.80	180.72
8.000 a 30.000	Guaranda	213.40	209.68	168.28	
	Macas	254.11	239.66	194.78	150.28
	Joya de los Sachas		405.95	270.72	186.42
0 a 8.000	Guano		346.58	444.47	411.49
	Quimiag		159.62	153.09	157.23
	Chambo		280.76	256.70	259.30
	Guamote		205.05	181.61	188.57
	Cubijíes		135.89	137.54	122.37
	Columbe		89.05	63.99	52.40
<b>Prom.CPC/est.s</b> <b>(lt/hab*día)</b>		<b>255.04</b>	<b>229.02</b>	<b>201.23</b>	<b>185.54</b>

Tabla 9.-

Porcentajes semestrales de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias para todas las ciudades

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s. Estrato A</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato B</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato C</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato D</b> (%)
30.000 a 150.000	Riobamba	18.92	20.00	13.33	12.41
	Ventanas	6.67	3.45	6.50	5.00
8.000 a 30.000	Guaranda	19.70	11.11	26.47	
	Macas	18.92	20.00	13.13	12.41
	Joya de los Sachas		14.10	24.17	27.78
0 a 8.000	Guano		7.41	10.61	5.00
	Quimiag		8.73	4.62	16.67
	Chambo		20.00	28.95	20.83

	Guamote	8.73	9.42	0.00
	Cubijés	3.86	3.51	0.00
	Columbe	10.53	15.00	0.00
<b>Prom.VFI/est.s</b> <b>(lt/hab*día)</b>		<b>16.05</b>	<b>11.63</b>	<b>14.16</b>
			<b>14.16</b>	<b>10.01</b>

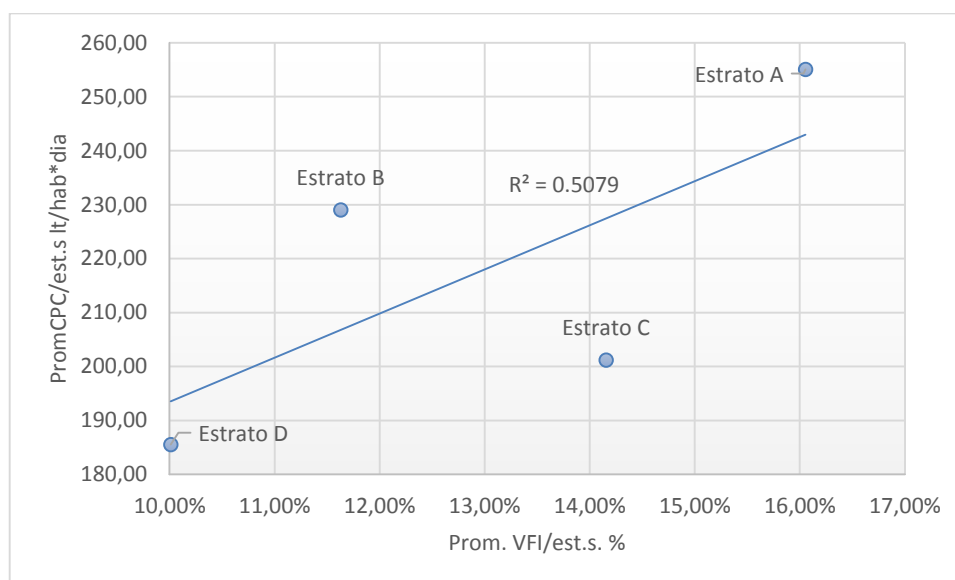


Figura 5.- Prom.CPC/est.s vs Prom.VFI/est.s.

En esta figura N°5 Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente resultados. Ver tabla 10.-

Tabla 10.-

Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s

<b>Promedio al porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato</b>						
	<b>fugas intradomiciliarias</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>	
Estrato A,B,C,D		0.5079	0.7126	Considerable	0.2873	

Entre el promedio del consumo semestral en cada estrato (Prom.CPC/est.s) de los estratos socios económicos A, B, C, D, individualmente, para todas las ciudades y los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato

(Prom.VFI/est.s)Tienen una relación lineal considerable pero no es estadísticamente significativa.

Se escogió el promedio del consumo semestral en cada estrato (Prom.CPC/est.s) y los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (Prom.VFI/est.s) en función del tamaño de población. Grande (30.000 a150.000) ver tabla 11, medianas (8.000 a 30.000) ver tabla 12 y pequeñas (0 a 8000) ver tabla 13.Por ejemplo en las ciudades grandes se promedió el estrato A, de (Riobamba y Ventanas) para consumos per cápita y porcentajes de fugas. Y así sucesivamente para el estrato B, C y D.

Se detalla en el gráfico 9 los datos utilizados entre del consumo semestral en cada estrato (CPC/est.s) y las viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (VFI/est.s). Por ejemplo en ciudades grandes (30.000 a 150.000) como Riobamba y ventanas se graficó todos los puntos de los estratos A, B, C, D, posteriormente para ciudades medianas (8.000 a 30.000) y pequeñas (0 a 8000).

*Tabla 11.-  
Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades grandes.*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A (lt/hab*día)</b>	<b>CPC/est.s. Estrato B (lt/hab*día)</b>	<b>CPC/est.s. Estrato C (lt/hab*día)</b>	<b>CPC/est.s. Estrato D (lt/hab*día)</b>
30.000 a	Riobamba	271.86	244.11	142.53	146.65
150.000	Ventanas	280.81	202.88	199.80	180.72
<b>Prom.CPC/est.s (lt/hab*día)</b>		<b>276.34</b>	<b>223.49</b>	<b>171.16</b>	<b>163.69</b>
<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s. Estrato A (%)</b>	<b>VFI/est.s. Estrato B (%)</b>	<b>VFI/est.s. Estrato C (%)</b>	<b>VFI/est.s. Estrato D (%)</b>
30.000 a	Riobamba	18.92	20.00	13.33	12.41
150.000	Ventanas	6.67	3.45	6.50	5.00

<b>Prom.VFI/est.s</b> (%)	<b>12.80</b>	<b>11.73</b>	<b>9.92</b>	<b>8.71</b>
------------------------------	--------------	--------------	-------------	-------------

Tabla 12.-

*Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades medianas.*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato B</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato C</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato D</b> (lt/hab*día)
8.000 a 30.000	Guaranda	213.40	209.68	168.28	
	Macas	254.11	239.66	194.78	150.28
	Joya de los Sachas		405.95	270.72	186.42
<b>Prom.CPC/est.s</b> (lt/hab*día)		233.75	285.10	211.26	168.35
<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s. Estrato A</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato B</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato C</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato D</b> (%)
8.000 a 30.000	Guaranda	19.70	11.11	26.47	-
	Macas	18.92	20.00	13.13	12.41
	Joya de los Sachas	-	14.10	24.17	27.78
<b>Prom.VFI/est.s</b> (%)		<b>19.31</b>	<b>15.07</b>	<b>21.26</b>	<b>20.10</b>

Tabla 13.-

*Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de VFI/Est.s para ciudades pequeñas.*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato B</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato C</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato D</b> (lt/hab*día)
0 a 8.000	Guano	-	346.58	444.47	411.49
	Quimiag	-	159.62	153.09	157.23
	Chambo	-	280.76	256.70	259.30
	Guamote	-	205.05	181.61	188.57
	Cubijés	-	135.89	137.54	122.37
	Columbe	-	89.05	63.99	52.40

<b>Prom. VFI/est.s</b>		-	<b>202.82</b>	<b>206.23</b>	<b>198.56</b>
<b>(lt/hab*día)</b>					
<b>Rango</b>	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>
<b>demográfico</b>		<b>Estrato A</b>	<b>Estrato B</b>	<b>Estrato C</b>	<b>Estrato D</b>
<b>(habitantes)</b>		<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
0 a 8.000	Guano	-	7.41	10.61	5.00
	Quimiag	-	8.73	4.62	16.67
	Chambo	-	20.00	28.95	20.83
	Guamote	-	8.73	9.42	0.00
	Cubijés	-	3.86	3.51	0.00
	Columbe	-	10.53	15.00	0.00
<b>Prom. VFI/est.s</b>		-	<b>9.88</b>	<b>12.02</b>	<b>7.08</b>
<b>(%)</b>					

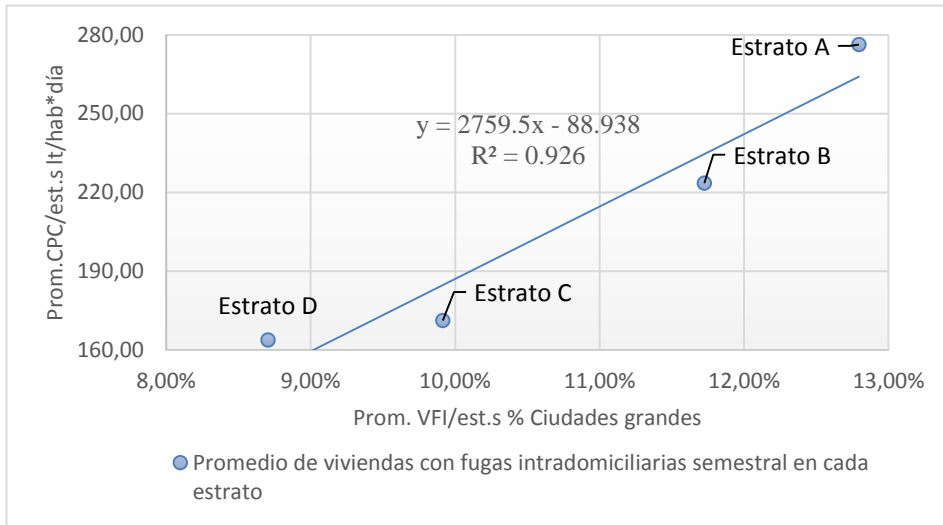


Figura 6.- Promedio CPC/est.s vs Promedio VFI/est.s para ciudades grandes.

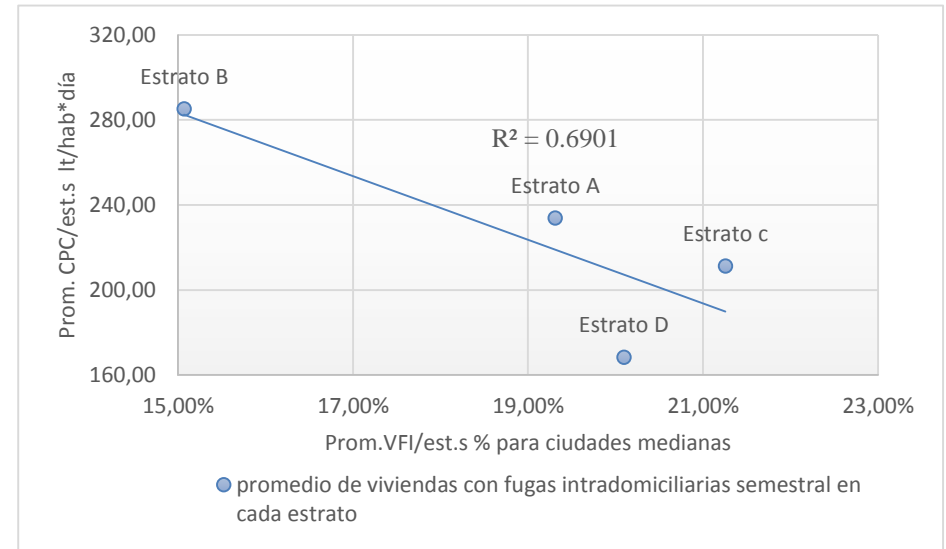


Figura 7.- Promedio CPC/est.s vs VFI/est.s para ciudades medianas.

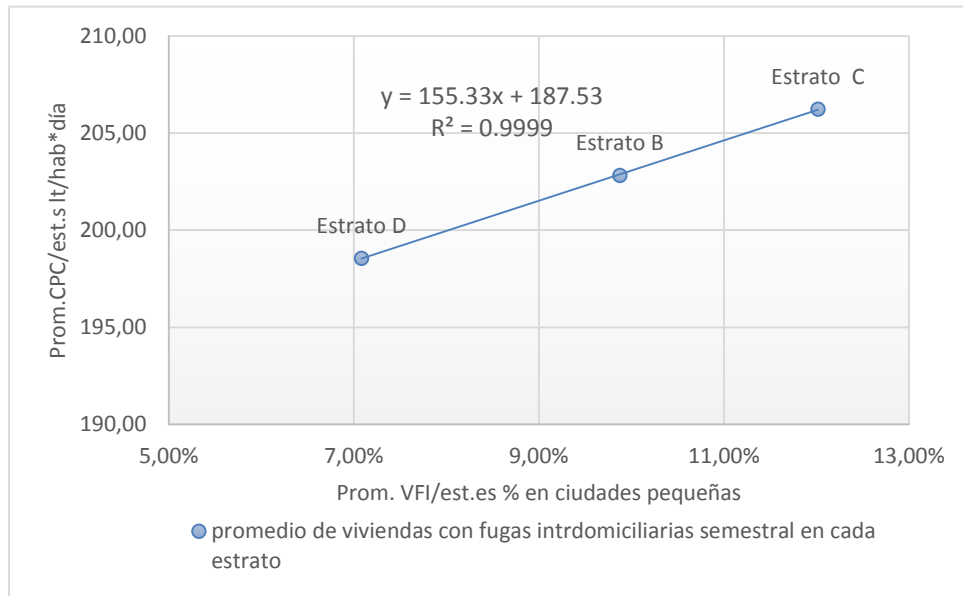


Figura 8.- Promedio CPC/est.s vs Promedio de VFI/est.s para ciudades pequeñas.

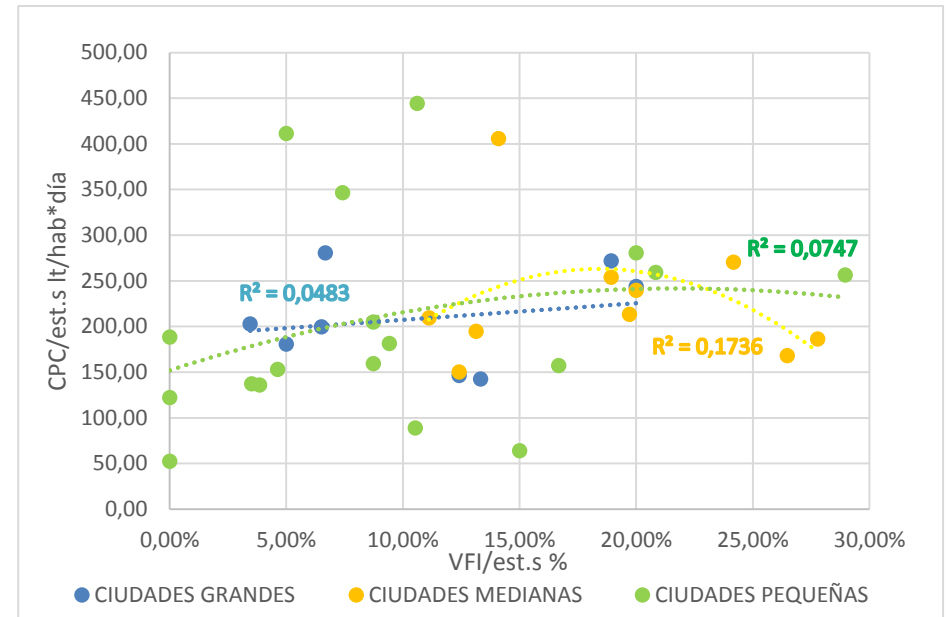


Figura 9.- CPC/est.s vs VFI/est.s.

Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente. Ver tabla 14.-

Tabla 14.-

*Análisis de Promedio de CPC/est.s y el promedio de % de viviendas con fugas de agua*

<b>Promedio de porcentajes de viviendas con fugas de agua</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>
Ciudades grandes	0.9260	0.9622	Perfecta	0.038
Ciudades medianas	0.6901	0.8307	Muy Fuerte	0.169
Ciudades pequeñas	0.9999	0.9999	Perfecta	0.008

Valores de análisis para poblaciones de 0 a 150000 habitantes.

Las ciudades Grandes y pequeñas tienen una correlación perfecta entre los promedios de consumo semestral en cada estrato (Prom.CPC/est.s) y el promedio de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (Prom.VFI/est.s), estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) y aún más en las ciudades pequeñas. Las ciudades medianas tienen una relación muy fuerte pero estadísticamente no son significantes.

Lo que ratifica para las ciudades grandes y pequeñas, que la demanda de consumo de agua se podrían incrementar sustancialmente, si los porcentajes de fugas también tienden a aumentar dentro del sector residencial como lo predijo agua (Blokker et al., 2009).

La correlación lineal para las ciudades grandes es mencionada mediante la ecuación a continuación.

$$y = 2759.5x - 88.938$$

La correlación lineal para las ciudades pequeñas es expresada a través de la siguiente ecuación.

$$y = 155.33x + 187.53$$

Donde:

y: Promedios de consumo semestral en cada estrato

x: promedio de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato.



El promedio de consumo de agua en ciudades medianas no es estadísticamente significativo ( $p=0,1693$ )

En la figura N° 9 se observa que no existe correlación entre el consumo per cápita de agua potable semestral y el porcentaje de viviendas con fugas de agua, cuando se analizan todas las ciudades juntas sin agruparlas por sus tamaños.

## 5.2 Porcentajes de viviendas con fugas y el número de aparatos sanitarios.

En la figura 10 se colocó el porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (VFI/est.s), y se calculó el número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato (A.S.p.est). Realizando una sumatoria total de los números de aparatos sanitarios per cápita por estrato de (Bravo & Merino, 2018b) Anexo 5 y 6. Recalcando que los aparatos sanitarios de las ciudades de Guaranda y Chambo se encuentran fuera del recorrido intercuartílico y fuera del valor mínimo y máximo de los datos llamados Bigotes, no son considerados en el análisis. (Bravo & Merino, 2018b).

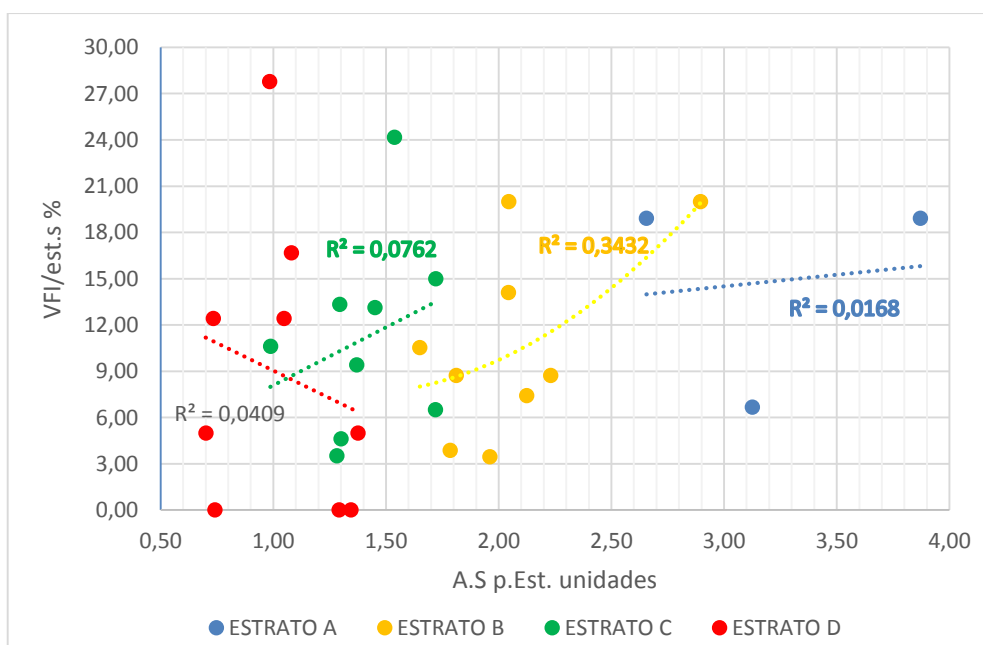
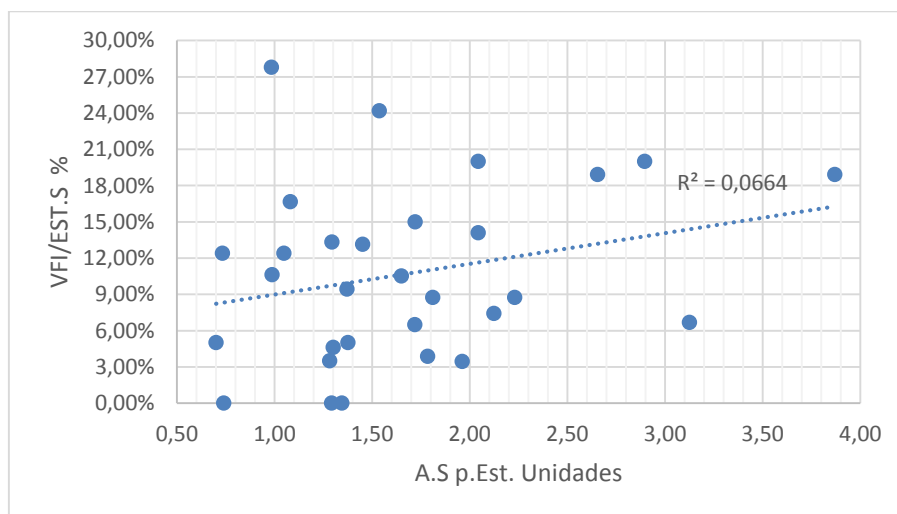


Figura 10.- VFI/est.s vs A.S p.est. Por estratos.

Las tendencias de las relaciones entre los porcentajes de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral y el número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato, difieren entre los estratos socio-económicos. Estrato A tienen un valor de  $R=0,1296$ . El Estrato B tiene un  $R=0.5858$ . El Estrato C tiene un  $R=0.2760$  y el estrato D tiene un  $R= 0.2022$  que son muy bajos a excepción del estrato B que tiene una correlación considerable. Pero por lo que se interpreta las líneas de tendencia no se ajustan a los puntos de los datos. Además los valores de p-valor (para el Estrato A,  $p=0,9172$ ; Estrato B,  $p=0.1076$ ; Estrato C,  $p=0.4722$ ; y, Estrato D,  $p= 0.6018$ ) de cada estrato son muy altos superando el 5 %.

No existe una correlación entre los porcentajes de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato y el número total de aparatos sanitarios per cápita de los estratos socios económicos.

En la figura 11 se ubicó los porcentajes de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato y el número total de aparatos sanitarios per cápita de las 11 ciudades. Obteniendo un valor de  $R=0.2576$  realmente despreciable. Y un  $p\text{-valor}=0.1692$



*Figura 11.- VFI/ est.s vs A.S.p.est.*

No existe una correlación entre los de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato y el número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato. Se planteó en la figura N°12, los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato (Prom.VFI/est.s) y el promedio de número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato (Prom.A.S.p.est), de los estratos socio económicos A, B, C, D, individualmente para todas las ciudades, tabla 15 .Por ejemplo del estrato A de todas las ciudades se hizo un promedio tanto para porcentajes de fugas y aparatos sanitarios. Asimismo para los estratos B, C Y D. . Logrando un valor de  $R = 0.9400$  realmente alto. Explicando que existe un grado de asociación lineal entre estas dos variables. Y un p-valor = 0.0599.

Tabla 15.-  
*Promedio de VFI/est.s y los promedios de A.S.p.est.*

<b>TODAS LAS CIUDADES</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>	<b>VFI/est.s.</b>
	<b>Estrato A</b>	<b>Estrato B</b>	<b>Estrato C</b>	<b>Estrato D</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>Prom.VFI/est.s</b> <b>(%)</b>	14.84	10.76	11.14	8.81
<b>TOTAS LAS CIUDADES</b>	<b>A.S p.est.</b>	<b>A.S p.est.</b>	<b>A.S p.est.</b>	<b>A.S p.est.</b>
	<b>Estrato A</b>	<b>Estrato B</b>	<b>Estrato C</b>	<b>Estrato D</b>
	<b>(Unidades)</b>	<b>(Unidades)</b>	<b>(Unidades)</b>	<b>(Unidades)</b>
<b>Prom.A.S p.est</b> <b>(Unidades)</b>	3.22	2.06	1.41	1.03

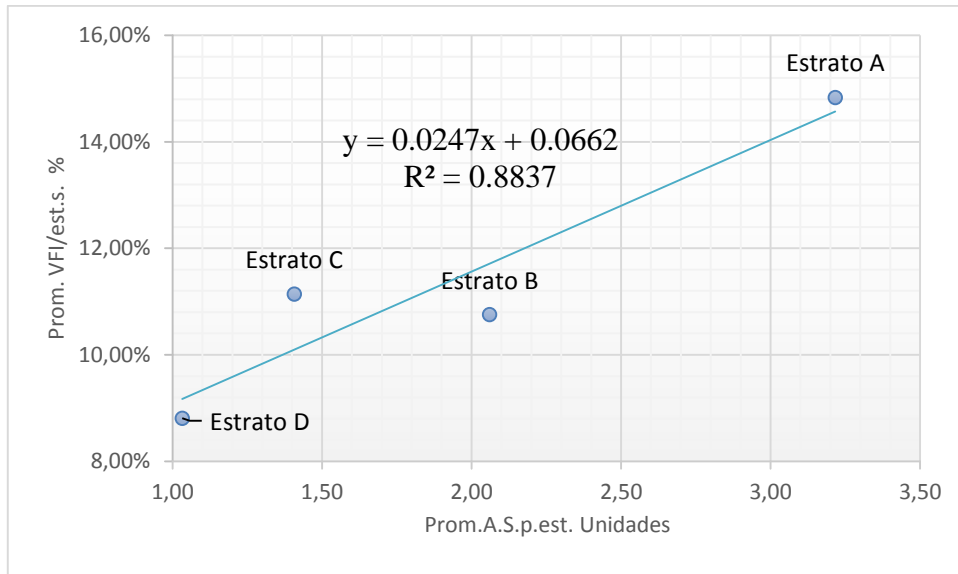


Figura 12.- Prom.VFI/est.s vs Prom.A.S p.est.

En esta figura N°12 Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente resultados. Ver tabla 16.-

Tabla 16.-

*Análisis Promedio de VFI/est.s vs Promedio de A.S.p.est. Para todas las ciudades.*

<b>Promedio de porcentajes de viviendas con fugas de agua</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>
Estrato A,B,C,D	0.8837	0.9400	Perfecta	0.0599

En los estratos A, B, C, D, los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato tienen una relación lineal perfecta. Estadísticamente es significativa

La correlación lineal considerable para los estratos A, B, C, D de las 11 ciudades estudiadas es expresada a través de la siguiente ecuación.

$$y = 0.0247x + 0.0662$$

Donde:

y: Promedio de porcentaje de viviendas con fugas intradomiciliarias.

x: Promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato

Los promedios de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato es directamente proporcional al promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato A, B, C, D de las 11 ciudades.

Una vez obtenido estos resultados se escogió los promedios de los porcentajes de viviendas con fugas de agua (Prom. % de fugas/Est.s) y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato (Prom. A.S p(Est)).En función del tamaño de población: grande (30.000 a150.000) tabla 17, medianas (8.000 a 30.000) tabla 18 y pequeñas (0 a 8000) tabla 19.Significa que para cada tipo de tamaño de población se promedió cada estrato. Por ejemplo en las ciudades grandes se promedió el estrato A, de las dos ciudades (Riobamba y Ventanas) y porcentajes de fugas y aparatos sanitarios. Y así sucesivamente para el estrato B, C Y D.

Consiguiendo un valor de  $R= 0.9622$  para ciudades grandes, un  $R= 0.8307$  para ciudades medianas y un  $R= 0.9999$  para ciudades pequeñas. Además los resultados de p-valor ( $p=0.029$  para ciudades grandes,  $p=0.4751$  para ciudades medianas y  $p= 0.5597$ ).

Tabla 17.-

*Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades grandes.*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato A</b> (%)	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato B</b> (%)	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato C</b> (%)	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato D</b> (%)
30.000 a	Riobamba	18.92	20.00	13.33	12.41
150.000	Ventanas	6.67	3.45	6.50	5.00
<b>Prom.VFI/est.s</b> (%)		<b>12.80</b>	<b>11.73</b>	<b>9.92</b>	<b>8.71</b>
<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato A</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato B</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato C</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato D</b> <b>(Unidades)</b>
30.000 a	Riobamba	3.87	2.89	1.29	1.05
150.000	Ventanas	3.13	1.96	1.72	1.38

<b>Prom.A.S p.est.</b> <b>(Unidades)</b>	<b>3.50</b>	<b>2.43</b>	<b>1.51</b>	<b>1.21</b>
---	-------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 18.-

*Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades medianas.*

<b>Rango demográfico</b> <b>(habitantes)</b>	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato A</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato B</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato C</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato D</b> <b>(%)</b>
8.000 a 30.000	Macas	18.92	20.00	13.33	12.41
	Joya de los Sachas		14.10	24.17	27.78
<b>Prom.VFI/est.s</b> <b>(%)</b>		<b>18.92</b>	<b>17.05</b>	<b>18.65</b>	<b>20.10</b>
<b>Rango demográfico</b> <b>(habitantes)</b>	<b>Ciudad</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato A</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato B</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato C</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato D</b> <b>(Unidades)</b>
8.000 a 30.000	Macas	2.66	2.04	1.45	0.73
	Joya de los Sachas		2.04	1.54	0.98
<b>Prom.A.S.p.est.</b> <b>(Unidades)</b>		<b>2.66</b>	<b>2.04</b>	<b>1.49</b>	<b>0.86</b>

Tabla 19.-

*Análisis del promedio de VFI/est.s vs el promedio de A.S.p.est. Para ciudades pequeñas.*

<b>Rango demográfico</b> <b>(habitantes)</b>	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato A</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato B</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato C</b> <b>(%)</b>	<b>VFI/est.s.</b> <b>Estrato D</b> <b>(%)</b>
0 a 8.000	Guano		7.41	10.61	5.00
	Quimiag		8.73	4.62	16.67
	Guamote		8.73	9.42	0.00
	Cubijíes		3.86	3.51	0.00
	Columbe		10.53	15.00	0.00
<b>Prom.VFI/est.s</b> <b>(%)</b>		<b>-</b>	<b>7.85</b>	<b>8.63</b>	<b>4.33</b>

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato A</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato B</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato C</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato D</b> <b>(Unidades)</b>
0 a 8.000	Guano	-	2.12	0.99	0.70
	Quimiag	-	2.23	1.30	1.08
	Guamote	-	1.81	1.37	0.74
	Cubijíes	-	1.78	1.28	1.29
	Columbe	-	1.65	1.72	1.34
<b>Prom.A.S p.est</b> <b>(Unidades)</b>		-	<b>1.92</b>	<b>1.33</b>	<b>1.03</b>

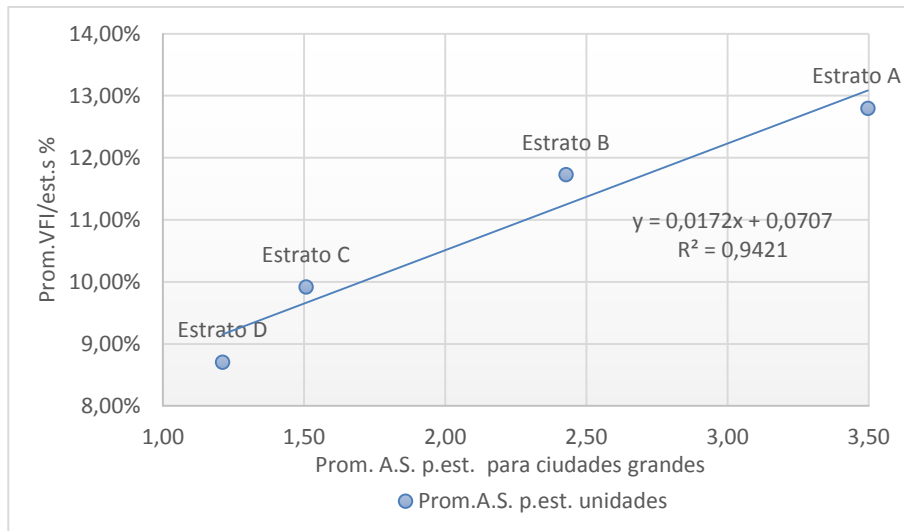


Figura 13.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades grandes.

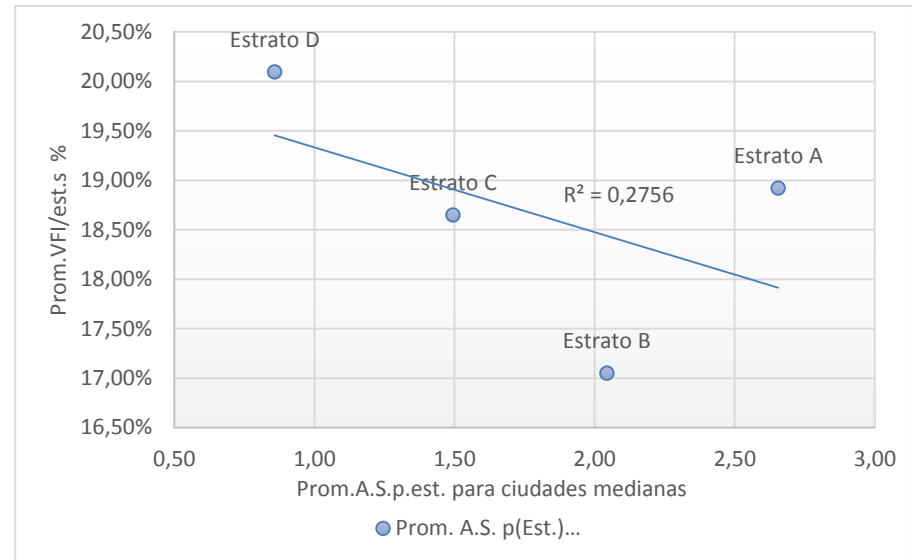


Figura 14.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades medianas.

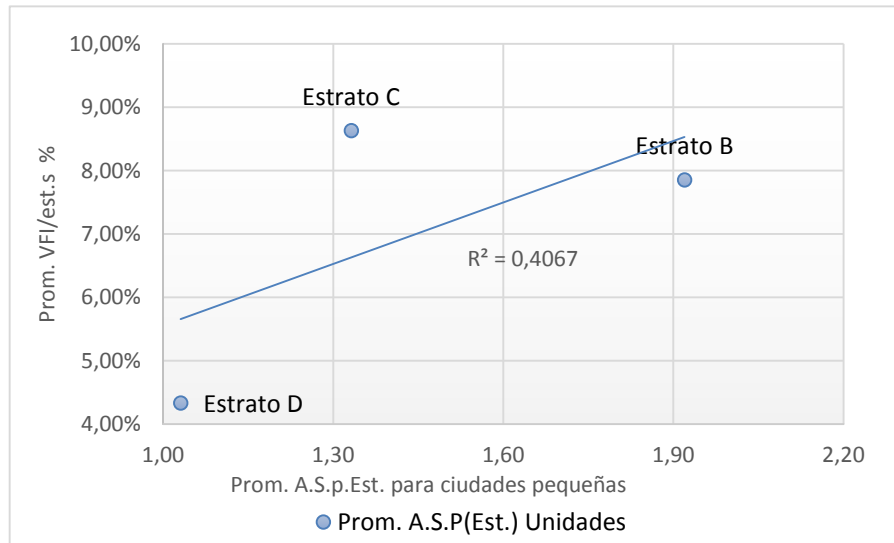


Figura 15.- Promedios de VFI/est.s vs el promedio A.S. p.est. Para ciudades pequeñas.

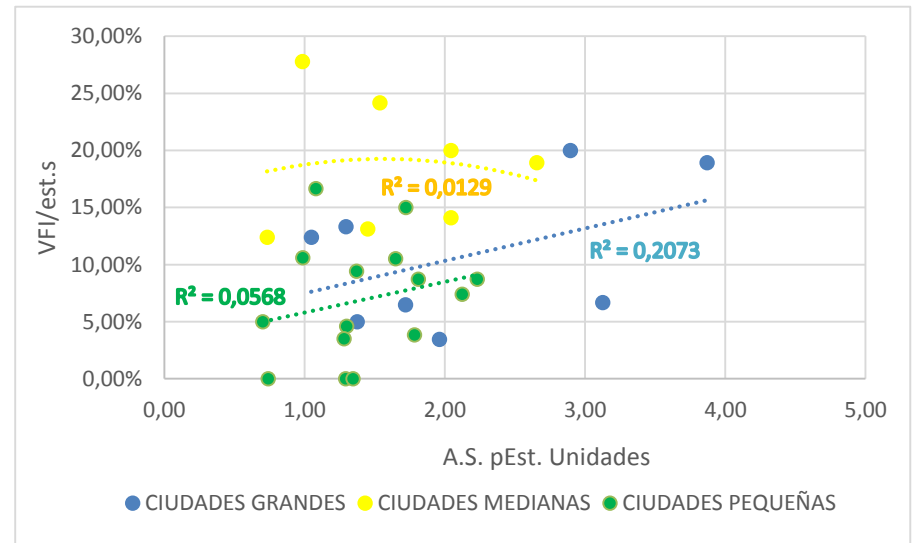


Figura 16.- VFI/est.s vs A.S. p.est. Por estrato.



Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente. Ver tabla 20.-

Tabla 20.-

*Análisis de Promedio de % de viviendas con fugas intradomiciliarias y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato.*

<b>Promedio de porcentajes de viviendas con fugas de agua</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>
Ciudades grandes	0.9421	0.9706	Perfecta	0.0293
Ciudades medianas	0.2756	0.5249	Considerable	0.4751
Ciudades pequeñas	0.4067	0.6377	Considerable	0.5597

Valores de análisis para poblaciones de 0 a 150000 habitantes.

Las ciudades Grandes tienen una relación perfecta entre los promedios de los porcentajes de viviendas con fugas de agua y el promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato, de los estratos socio económicos A, B, C, D, individualmente. Las ciudades medianas y pequeñas tienen una relación considerable. Cabe recalcar que en las ciudades pequeñas la correlación es negativa. Y estadísticamente no son significativas estos dos tamaños de población.

La correlación lineal para las ciudades grandes es expresada a través de la siguiente ecuación.

$$y = 0.0172x + 0.0707$$

Donde:

y: Promedio de porcentaje de viviendas con fugas intradomiciliarias para ciudades grandes.

x: Promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato para ciudades grandes.

El promedio de los porcentajes de viviendas con fugas de agua es directamente proporcional al promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato para ciudades grandes.

El promedio de los porcentajes de viviendas con fugas de agua no es directamente proporcional al promedio del número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato para ciudades medianas y pequeñas.

En la figura N° 16 se observa que no tiene una correlación entre los porcentajes de viviendas con fugas de agua y número total de aparatos sanitarios per cápita por estrato. Se juntó todos los estratos socioeconómicos. Se consideró las 11 ciudades, agrupándolos por rangos demográficos de grandes medianas y pequeñas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusión

De la investigación realizada podemos concluir:

- Se confirma la importancia de analizar los datos por rangos poblacionales ya que si se analizan todas las ciudades juntas no se visibilizan relaciones. Al agrupar por tamaños de ciudades entre grandes, medianas y pequeñas, los datos arrojan relaciones con validez estadística, entre los mismos parámetros que antes no arrojaron nada. Se ratifica que entre los consumos de agua y fugas intradomiciliarias en las ciudades grandes (30.000 a 150.000 habitantes) y en las ciudades pequeñas (0-8000 habitantes) son directamente proporcional entre ambas variables. Cuando aumenta la cantidad de fugas intradomiciliarias también aumenta el consumo per cápita de agua potable. La estratificación socio económica es importante directa o indirectamente en el consumo de agua y en los parámetros como existencia de fugas. Se presume que en las ciudades grandes los usuarios no arreglan los daños para evitar fugas de agua inmediatamente. En comparación con los usuarios de las ciudades pequeñas que prefieren cerrar las llaves de paso de los medidores para no desperdiciar el agua y evitar pagos innecesarios. En las ciudades medianas (8000 a 30.000 habitantes) tenemos una correlación negativa muy fuerte, pero que realmente no incide entre el consumo de agua y las fugas intradomiciliarias.
- la relación entre las fugas intradomiciliarias y el número total de aparatos sanitarios afectó directamente a las ciudades grandes (30.000 a 150.000 habitantes).testificando que al aumentar los aparatos sanitarios también aumentan las fugas. Se puede presumir que al existir una fuga en la conexión de los aparatos sanitarios se lo desprecia. En las ciudades medianas y pequeñas estas variables no

inciden. Se cree que en estas dos ciudades al existir una fuga dentro de la vivienda realizan el cierre total mediante la llave de paso.

- Al obtener las gráficas entre las variables de consumo de agua, fugas intradomiciliarias y número total de aparatos sanitarios, separados por estratos socio económicos pudimos demostrar que no existe ninguna correlación entre estas variables. Teniendo que realizarse por rangos poblacionales para obtener tendencias lineales considerables.

## **6.2 Recomendaciones**

- Con las deducciones encontradas, las empresas que reparten agua, podrían desarrollar o comprar equipos de mediciones de fugas para proveer de mejor manera tanto en cantidad y calidad a los consumidores, minimizando así las pérdidas de agua que se dan por fugas que se puede dar dentro del sector residencial.
- En el proceso de las indagaciones futuras se pueda formar preguntas de motivos preocupantes debido a los elevados porcentajes de viviendas con fugas intradomiciliarias y poder una manera más profunda conocer en las poblaciones medianas y pequeñas cuales son los verdaderos problemas para que se genere altos consumos de agua potable.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Arellano, A., Gonzáles, J., & Gavilanes, A. (2012). *Método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Barreno, K. (2015). *Determinar la influencia de la situación socio económica, algunos factores meteorológicos y la calidad del agua, en el consumo de agua potable de la parroquia urbana del Cantón La Joya de los Sachas perteneciente a la provincia de Orellana*. Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado a partir de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/570/1/UNACH-EC-IC-2015-0007.pdf>
- Bayas, A. (2018). *Propuesta de dotaciones de agua potable para poblaciones menores a 150000 del Ecuador, basada en las características meteorológicas y socio económicas*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado a partir de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4759/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2018-0008.pdf>
- Blokker, E, J .Vreeburg, J. van D. (2009). Simulating residential water demand with a stochastic end-use model. *Journal of Water ...*, 137(February), 19-26.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000146](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000146).
- Bravo, C., & Merino, A. (2018). *Incidencia de los factores socio económicos en el consumo de agua potable, en poblaciones menores a 150000 habitantes en el Ecuador*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado a partir de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5083>
- Cáceres, E., & Rubio, V. (2015). *Efectos de los factores Socioeconómicos, climatológicos y de calidad del agua, que inciden en el consumo de agua potable, caso de estudio parroquias urbanas La Matriz y el Rosario del cantón Guano*. Universidad Nacional de Chimborazo.

- Carrillo, A., & Quintero, H. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Garcia, J. M. (1977). El Abastecimiento De Agua En Zaragoza.
- Lindao, V. (2018). *INCIDENCIA DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE EN EL CONSUMO DIARIO RESIDENCIAL EN POBLACIONES MENORES A 150.000 HABITANTES*. Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado a partir de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5097>
- Mayer, P. W., DeOreo, W. B.,(1999). Residential end uses of water. Recuperado a partir de [www.aquacraft.com](http://www.aquacraft.com)
- Montenegro, D., & Tapia, Y. (2014). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Macas*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Morillo, P., & Luna, M. (2013). *Determinación de indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Ventanas*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Morote Seguido, Á. F. (2016). Revista de estudios regionales, 2000-2013.
- Morote Seguido, Á. F. (2017). Factores que inciden en el consumo de agua doméstico. Estudio a partir de un análisis bibliométrico. *Estudios Geográficos*, 78(282), 257. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201709>.
- Ochoa, L., & Bourguett, V. (2001). Reducción integral de pérdidas de agua potable. *Coordinación de tecnología Hidraulica, 1*. Recuperado a partir de [http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1101/IMTA\\_057.pdf?sequence=1](http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1101/IMTA_057.pdf?sequence=1)
- Patiño, J., & Pino, F. (2014). *Estudio del consumo de agua potable y de los principales factores que afectan la utilización del agua en el cantón Guaranda, para optimizar el uso del recurso*. Universidad Nacional de Chimborazo.

- Rico Amorós, A. M. (2007). Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Geográficas*, 42, 15-24. <https://doi.org/1989-9890>
- Sagñay, L., & Carguachi, E. (2015). *Análisis comparativo entre las características socioeconómicas, climatológicas y el gasto de agua potable de las parroquias Guamote y Columbe*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Samaniego, J., & Muela, R. (2015). *Análisis comparativo entre las características socioeconómicas, climatológicas y el gasto de agua potable de las parroquias de Cubijés y Quimiag*. Universidad Nacional de Chimborazo.

## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1. Poblaciones agrupadas según rangos demográficos.

*Poblaciones agrupadas según rangos demográficos*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Nombre de la Población</b>
30.000 – 150.000	Riobamba
	Ventanas
0	Guaranda
	Macas
	Joya de los Sachas
	Guano
0 – 8.000	Quimiag
	Chambo
	Guamote
	Cubijies
	Columbe

Estos rangos se mantienen en toda la investigación (Arellano et al., 2012).

### 8.2 Anexo 2. Porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato

*Porcentaje de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias semestral en cada estrato*

<b>Rango Poblacional</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>Estrato</b>	<b>VFI/est.s</b> %.
30.000 – 150.000	Riobamba	A	18.92
		B	20.00
		C	13.33
		D	12.41
	Ventanas	A	6.67
		B	3.45
		C	6.50
		D	5.00



8.000 a 30.000	Guaranda	A	19.70	
		B	11.11	
		C	26.47	
	Macas	A	18.92	
		B	20.00	
		C	13.13	
		D	12.41	
	Joya de los Sachas	B	14.10	
		C	24.17	
		D	27.78	
	0 a 8.000	Guano	B	7.41
			C	10.61
D			5.00	
Quimiag		B	8.73	
		C	4.62	
		D	16.67	
Chambo		B	20.00	
		C	28.95	
		D	20.83	
Guamote		B	8.73	
		C	9.42	
		D	0.00	
Cubijés		B	3.86	
		C	3.51	
		D	0.00	
Columbe		B	10.53	
		C	15.00	
		D	0.00	

Estos valores representan a los de cada estrato de la población.

### 8.3 Anexo 3. Consumos semestrales de agua potable para todas las ciudades

*Consumos semestrales de agua potable para todas las ciudades*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato B</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato C</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato D</b> (lt/hab*día)
30.000 a 150.000	Riobamba	271.86	244.11	142.53	146.65
	Ventanas	280.81	202.88	199.80	180.72
8.000 a 30.000	Guaranda	213.40	209.68	168.28	
	Macas	254.11	239.66	194.78	150.28
	Joya de los Sachas		405.95	270.72	186.42
0 a 8.000	Guano		346.58	444.47	411.49
	Quimiag		159.62	153.09	157.23
	Chambo		280.76	256.70	259.30
	Guamote		205.05	181.61	188.57
	Cubijíes		135.89	137.54	122.37
	Columbe		89.05	63.99	52.40
<b>Prom.CPC/est.s</b> (lt/hab*día)		<b>255.04</b>	<b>229.02</b>	<b>201.23</b>	<b>185.54</b>

**8.4 Anexo 4. Porcentajes semestrales de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias para todas las ciudades**

*Porcentajes semestrales de viviendas que reportan fugas intradomiciliarias para todas las ciudades*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>VFI/est.s. Estrato A</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato B</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato C</b> (%)	<b>VFI/est.s. Estrato D</b> (%)
30.000 a 150.000	Riobamba	18.92	20.00	13.33	12.41
	Ventanas	6.67	3.45	6.50	5.00
	Macas	18.92	20.00	13.33	12.41
8.000 a 30.000	Joya de los Sachas		14.10	24.17	27.78
	Guano		7.41	10.61	5.00
	Quimiag		8.73	4.62	16.67
0 a 8.000	Guamote		8.73	9.42	0.00
	Cubijíes		3.86	3.51	0.00
	Columbe		10.53	15.00	0.00
<b>Prom. VFI/est.s</b> (%)		14.84	10.76	11.14	8.81

## 8.5 Anexo 5. Número de aparatos sanitarios per cápita

*Número de aparatos sanitarios per cápita*

RANGO POLACIONAL	Ciudad	Estrato	Inodoros	Lavabos	Duchas	Lavandines	Lavadoras
30.000-150.000	Riobamba	A	1.16	1.15	0.87	0.37	0.31
		B	0.85	0.85	0.65	0.31	0.22
		C	0.39	0.38	0.26	0.23	0.03
		D	0.30	0.30	0.26	0.18	0.00
	Ventanas	A	0.94	0.94	0.69	0.27	0.29
		B	0.58	0.58	0.46	0.21	0.15
		C	0.55	0.46	0.37	0.24	0.09
		D	0.41	0.38	0.34	0.19	0.05
8.000-30.000	Macas	A	0.75	0.75	0.61	0.28	0.26
		B	0.51	0.51	0.43	0.37	0.22
		C	0.38	0.38	0.34	0.21	0.15
		D	0.22	0.22	0.22	0.06	0.01
	La Joya de los Sachas	B	0.53	0.53	0.45	0.28	0.25
		C	0.39	0.39	0.36	0.23	0.17
		D	0.30	0.27	0.19	0.16	0.06
		0.00-8.000	Guano	B	0.56	0.56	0.48
C	0.28			0.27	0.23	0.21	0.00
D	0.20			0.20	0.19	0.12	0.00
Quimiag	B		0.49	0.56	0.49	0.45	0.24
	C		0.34	0.33	0.35	0.23	0.05
	D		0.27	0.27	0.27	0.27	0.00
Guamote	B	0.61	0.23	0.44	0.27	0.26	
	C	0.37	0.34	0.22	0.21	0.23	
	D	0.17	0.14	0.12	0.14	0.17	
Cubijíes	B	0.47	0.47	0.43	0.38	0.03	
	C	0.34	0.34	0.29	0.29	0.01	
	D	0.43	0.30	0.30	0.26	0.00	
Columbe	B	0.38	0.34	0.37	0.31	0.25	
	C	0.39	0.32	0.39	0.34	0.29	
	D	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	

Los datos representan los valores de cada estrato de la población Elaborado: (Bravo & Merino, 2018).

### 8.6 Anexo 6. Número total de aparatos sanitarios per cápita.

Número total de aparatos sanitarios per cápita.

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato A</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato B</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato C</b> <b>(Unidades)</b>	<b>A.S p.est.</b> <b>Estrato D</b> <b>(Unidades)</b>
30.000 a	Riobamba	3.87	2.89	1.29	1.05
150.000	Ventanas	3.13	1.96	1.72	1.38
8.000 a 30.000	Macas	2.66	2.04	1.45	0.73
	Joya de los Sachas		2.04	1.54	0.98
0 a 8.000	Guano		2.12	0.99	0.70
	Quimiag		2.23	1.30	1.08
	Guamote		1.81	1.37	0.74
	Cubijíes		1.78	1.28	1.29
	Columbe		1.65	1.72	1.34
<b>Prom.A.S p.est</b> <b>(Unidades)</b>		3.22	2.06	1.41	1.03