

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA HOGARES SIN MEDIDOR, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS MULTIVARIANTES

Brenda Carolina Torres Velásquez¹, John Ramírez²

¹ Ingeniero en Estadística Informática 2004

² Director de Tesis, Matemático, Profesor de ESPOL desde 1996

RESUMEN

A través de los años se ha observado que el Servicio de Agua Potable en el Cantón Guayaquil ha sufrido cambios importantes, debido a las diversas empresas que han estado a cargo de su administración.

Uno de los problemas más evidentes, y que es el motivo de la presente investigación, es la correcta facturación de este servicio, tomando en cuenta que no todos los sectores del cantón poseen medidor de agua que permita determinar cuanto consumen, y en casos más críticos, otros sectores ni siquiera disponen de este servicio.

Para este estudio se tomó como población objetivo a toda la población de la Ciudad de Guayaquil, estratificándola según parámetros y divisiones establecidas por la Empresa de Agua Potable del Cantón de Guayaquil.

En la presente investigación se efectuó, primero un análisis univariado de las variables de interés, y después se procedió a establecer un modelo de regresión que nos permita determinar, basado en información de un cliente, cuanto es lo que consume, en dólares, en promedio mensual de agua potable.

ABSTRACT

Through the years has been observed that the Potable Water Service in Guayaquil's City has had important changes, due to the diverse companies are been in charge of their administration.

The correct invoicing of this service, one of the most evident problems, is the reason for the present research, in order to not all the sectors of the city have water measurer that allows to determine what is the right consume per family, and in more critical cases, other sectors don't have this service.

Guayaquil's population were the universe of this research, stratifying it according to parameters established by the Potable Water Company of Guayaquil's City. The main objective in the present research, was made an univariado analysis of the interest variables, and then was established a regression model in order to determine, the consume of water and the quantity (currency) of water, per month.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Guayaquil, según nos revelan cifras del VI Censo de Población y V de Vivienda, realizado el 25 de noviembre del 2001, es la más poblada a nivel nacional.

En el Guayas, el total de la población fue de 3'309.034 habitantes, y en Guayaquil, 2'039.789 habitantes. Es decir, el 61.64% de la población de la provincia del Guayas habita en la Ciudad Santiago de Guayaquil, o al menos se encontraba presente a la hora del momento Censal. En otras palabras, de cada cien habitantes de la provincia del Guayas, aproximadamente sesenta y dos viven en la Ciudad de Guayaquil.

Al ser Guayaquil la ciudad más poblada de la provincia, en ella se han asentado grandes empresas e industrias lo cual ha hecho que aumente el comercio y la riqueza en esta ciudad. Por lo tanto, el acceso al agua potable por parte de los habitantes de la misma, se convierte en una necesidad imperiosa tanto para el progreso como para el desarrollo de esta ciudad. Sin embargo, existen sectores en la ciudad de Guayaquil que si bien disponen del servicio de agua potable, carecen del medidor respectivo, de aquí la necesidad de un modelo matemático que permita estimar cuanto debe pagar un usuario en base de diferentes parámetros socio económicos.

Objetivo:

En el presente trabajo el objetivo será determinar un modelo matemático que permita estimar el costo de consumo de agua potable por parte de los hogares de la Ciudad Santiago de Guayaquil, que no poseen medidores de agua. Este análisis

se efectuará mediante técnicas estadísticas multivariantes.

Objetivos específicos:

- Recopilar datos, mediante técnicas de muestreo, para obtener información referente al servicio de agua potable en el Cantón de Guayaquil
- Realizar un análisis estadístico univariado de las variables a estudiar
- Realizar un análisis multivariado usando métodos de regresión y bondad de ajuste.

1.- Cobertura del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en el Cantón de Guayaquil.

La tabla I que se presenta a continuación nos indica la evolución de la cobertura del servicio de agua potable y alcantarillado para el cantón de Guayaquil. Se observa claramente que al pasar de los años el Cantón de Guayaquil ha incrementado su disponibilidad del servicio de agua potable, hasta llegar al último censo de población y vivienda, con un porcentaje de aproximadamente 80%.

Tabla I
Cobertura histórica de los servicios de agua potable y alcantarillado y drenaje pluvial en el Cantón de Guayaquil

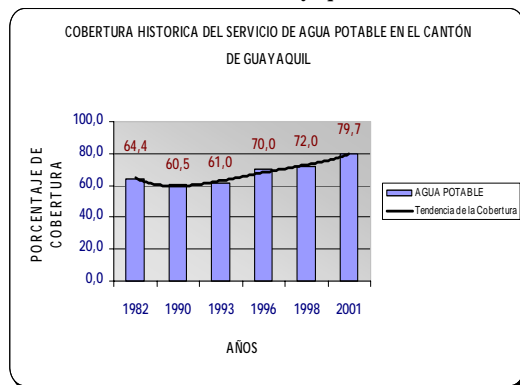
AÑO	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO
1982	64,4	52,1
1990	60,5	55,2
1993	61,0	53,4
1996	70,0	47,8
1998	72,0	42,0
2001	79,7	50,7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Elaboración: Brenda Carolina Torres Velásquez

La fuente de los datos presentados en la tabla anterior fue el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Para el año 1982, 1990 y 2001 se tomaron los datos de los censos correspondientes a esos años, mientras que para el año 1993, 1996 y 1998 son proyecciones.

GRÁFICO 2.1
Cobertura histórica del Servicio de Agua Potable en el Cantón de Guayaquil



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

El gráfico 2.1 nos permite visualizar el incremento en la cobertura del que hemos hablado anteriormente. La línea de tendencia nos indica que la pendiente de la misma se ha mantenido positiva y se puede asumir que en los años subsiguientes el alcance de la cobertura del servicio de agua potable y alcantarillado en Guayaquil deberá continuar incrementándose.

2. Establecimiento de los objetivos de una encuesta

El objetivo de la encuesta en la presente investigación es la de determinar cuál es el costo de consumo de agua potable de los hogares del Cantón de Guayaquil que no tienen medidor de agua. Una de las variables claves e importantes de nuestro cuestionario será la de averiguar cuánto consume de agua, en metros cúbicos, el

usuario que está conectado a la red pública y ese consumo en cuanto se traduce en dinero (en nuestro caso, en dólares americanos).

3. Determinación de la población objetivo

Nuestro interés es tomar datos de los hogares del Cantón de Guayaquil que tienen medidor, para crear un modelo y estimar el costo de consumo de los hogares del cantón de Guayaquil que no tienen medidor. Los cuestionarios fueron aplicados a los habitantes de la misma, en este caso a un jefe de familia, que sería la persona idónea para suministrarnos información veraz y confiable.

3. Determinación de la unidad de muestreo

En la presente investigación nuestra unidad de muestreo fueron las personas que habitan las viviendas ocupadas de cada sector investigado (sectores clasificados y zonificados según la Empresa de Agua Potable) del Cantón Guayaquil, particularmente, el Jefe de familia del hogar encuestado.

4. Determinación del marco muestral

La ciudad de Guayaquil tiene en la actualidad 377 zonas censales. El INEC nos facilitó para la presente investigación un listado con las zonas censales y su respectiva población total, total de habitantes de sexo masculino y total de habitantes de sexo femenino por zona, y el total de viviendas por zona. La delimitación de cada zona censal se efectuó mediante los mapas que el INEC nos facilitó. A su vez, la Empresa de Agua Potable del Cantón de Guayaquil nos facilitó el listado de las 42 zonas en

las que está dividido el Cantón de Guayaquil y un mapa donde se observa la delimitación de cada uno de estos sectores, el total de cuentas por sector, la presión promedio, y el promedio de consumo en metros cúbicos por sector.

Estas zonas están enumeradas desde el #2 y avanza en número pares, hasta el # 84. Los límites de estos 42 sectores se efectuaron en base de los mapas del INEC. Finalmente nos quedó una lista con 42 sectores, en cada uno de los cuales existen “n” zonas censales. Este listado final es nuestro marco muestral. Las zonas censales las delimitamos y asignamos al sector correspondiente delimitado por la Empresa de Agua Potable.

5. Determinación de la selección de la técnica de muestreo a utilizarse

Existen varios tipos de técnicas de muestreo, las cuales varían dependiendo del tipo de investigación que se esté efectuando. En nuestro observamos que en el Cantón Guayaquil existen diferentes zonas con diferentes niveles socio-económicos, lo cual en términos estadísticos se llaman “estratos”. Considerando este hecho, vamos a indicar que a lo largo de nuestra investigación, la técnica a usar será la del **MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO**.

Vamos a proceder a calcular el tamaño de nuestra muestra total:

$N = 470.552$ (Fuente: MIDUVI)

$P = 0.61$ (Fuente: MIDUVI)

$Q = 0.39$ (Fuente: MIDUVI)

$Z_{\alpha} = 0.95 \Rightarrow 1.96$

$E = 0.05$ (fijado por nosotros)

Reemplazándolo en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{N \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde

$n = 553.07 \approx 553$ viviendas.

6. Determinación del tamaño de la muestra para cada estrato.

Para determinar el tamaño de la muestra que se va a tomar para cada estrato, vamos a usar la siguiente fórmula:

$$n_i = n \cdot \frac{N_i}{N}$$

Reemplazando valores tenemos que:

n_i = Tamaño de la muestra del estrato i .

$n = 553$

N_i = Tamaño del estrato i

$N = 470.552$ (viviendas del Cantón Guayaquil, según MIDUVI)

Los resultados obtenidos serán los tamaños de muestra que se deberán tomar en cada estrato. Estos resultados se encuentran en la tabla II, que es la que presentamos a continuación:

Tabla II
Tabla demostrativa del cálculo del tamaño de muestras de los 42 sectores a investigar, usando MAE

ESTRATO	TOTAL VIVIENDAS	TAMARO MUESTRA	ESTRATO	TOTAL VIVIENDAS	TAMARO MUESTRA
02	14.452	21	44	7.821	10
04	10.148	12	46	3.428	10
06	6.279	11	48	1.105	11
08	16.072	16	50	9.212	11
10	3.958	10	52	10.063	12
12	19.443	19	54	4.195	11
14	12.164	12	56	8.270	11
16	6.372	11	58	11.163	13
18	12.122	13	60	8.561	10
20	11.698	14	62	10.488	12
22	7.870	10	64	9.571	11
24	14.072	15	66	21.199	16
26	27.718	19	68	1.405	11
28	12.257	14	70	5.924	11
30	11.141	13	72	30.648	19
32	21.432	19	74	26.299	19
34	21.534	19	76	15.407	15
36	11.912	14	78	8.236	11
38	12.053	12	80	4.524	11
40	7.724	11	82	5.701	12
42	3.895	11	84	6.860	10
			TOTAL	470.552	553

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

7. Análisis Univariado de las variables más importantes.

7.1 Análisis de la variable X₄: Promedio mensual por consumo de agua potable.

Tabla III
Consumo en dólares de agua potable de los hogares encuestados del Cantón Guayaquil

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X4				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
0	63	11.39%	63	11.39%
1	71	12.84%	134	24.23%
2	88	15.91%	222	40.14%
3	125	22.60%	347	62.75%
4	73	13.20%	420	75.95%
5	97	17.54%	517	93.49%
6	14	2.53%	531	96.02%
7	22	3.98%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Observamos en la tabla III que si bien no existen diferencias significativas en la distribución de la frecuencia de esta variable en sus posibles rangos, un 22.6% consumen entre \$15 y \$20 dólares mensuales, seguido de un aproximado 18% que consumen entre 25 y 30 dólares mensuales en agua potable.

7.2 Análisis de la variable X₅: Consumo promedio mensual de agua potable en metros cúbicos

Tabla IV
Consumo en metros cúbicos de agua potable de los hogares encuestados del Cantón Guayaquil

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X5				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
0	64	11.57%	64	11.57%
1	71	12.84%	135	24.41%
2	104	18.81%	239	43.22%
3	119	21.52%	358	64.74%
4	87	15.73%	445	80.47%
5	69	12.48%	514	92.95%
6	25	4.52%	539	97.47%
7	14	2.53%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Con respecto a la variable X₅, podemos decir que de cada 100 habitantes del Cantón de Guayaquil, 64 consumen menos de 100 metros cúbicos de agua potable. Además es interesante señalar que un 21.53% de los habitantes del Cantón de Guayaquil consumen entre 61 y 100 metros cúbicos de agua al mes.

7.3 Análisis de la variable X₆: Número de personas que habitan las viviendas encuestadas.

Tabla V
Número de personas que habitan las viviendas encuestadas

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X6				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
1	2	0.36%	2	0.36%
2	8	1.45%	10	1.81%
3	55	9.95%	65	11.75%
4	144	26.04%	209	37.79%
5	199	35.99%	408	73.78%
6	90	16.27%	498	90.05%
7	38	6.87%	536	96.93%
8	11	1.99%	547	98.92%
9	2	0.36%	549	99.28%
10	4	0.72%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

La tabla V nos indica que el 36% de los hogares del cantón de Guayaquil viven 5 personas, mientras que el 26% viven 4 personas. Estos datos son

interesantes, puesto que a nivel nacional, y según el último censo de población y vivienda efectuado por el INEC, el promedio de habitantes por vivienda es de 4 personas.

7.4 Análisis de la variable X₇: Número de personas que habitan en su vivienda y que pertenecen a la PEA.

Los datos revelan que en el 33% de las hogares encuestados, 3 miembros de la familia pertenecen a la PEA. Si consideramos que la variable X₆ nos indicaba que en un 36% de los hogares encuestados vivían 5 personas por vivienda, entonces 3 de esas 5 personas del hogar pertenecen a la PEA.

Tabla VI
Personas que habitan las viviendas encuestadas y pertenecen a la población económicamente activa

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X ₇				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
1	52	9.40%	52	9.40%
2	152	27.49%	204	36.89%
3	184	33.27%	388	70.16%
4	109	19.71%	497	89.87%
5	39	7.05%	536	96.93%
6	13	2.35%	549	99.28%
7	2	0.36%	551	99.64%
8	1	0.18%	552	99.82%
9	1	0.18%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

7.5 Análisis de la variable X₉ : habitaciones de la vivienda

Tabla VII
Número de habitaciones o divisiones que posee la vivienda encuestada

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X ₉				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
1	27	4.88%	27	4.88%
2	140	25.32%	167	30.20%
3	210	37.97%	377	68.17%
4	130	23.51%	507	91.68%
5	41	7.41%	548	99.10%
6	4	0.72%	552	99.82%
7	1	0.18%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

El análisis de esta variable nos indica que un 34% de la población habita viviendas con 3 habitaciones, exceptuando el baño, en las cuales funciona: sala, comedor, cocina, dormitorio.

7.6 Análisis de la variable X₁₂: Número de autos.

Tabla VIII
Número de autos de uso de los habitantes del hogar encuestado

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X ₁₂				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
0	361	65.28%	361	65.28%
1	161	29.11%	522	94.39%
2	24	4.34%	546	98.73%
3	6	1.08%	552	99.82%
4	1	0.18%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

De cada 100 hogares encuestados, 68 tienen no tienen auto, y 29 tienen 1 auto. Este resultado es obvio ya que la economía actual no permite a la población promedio tener más un auto para el uso del hogar y solo en un aproximado 29%, poseen uno para el mismo.

7.7 Análisis de la variable X_{16} : Consumo promedio mensual de energía eléctrica (en dólares)

Para la variable X_{16} , 19% cancelan valores de energía eléctrica promedio mensuales, dentro de los límites del rango 6. De igual forma, un aproximado 63% cancelan valores de energía eléctrica máximo hasta el límite superior del rango 5, es decir, 25usd.

Tabla IX
Consumo promedio mensual del servicio de luz eléctrica

ANÁLISIS UNIVARIADO VARIABLE X15				
CATEGORIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	F. A. ACUMULADA	F.R. ACUMULADA
0	27	4.88%	27	4.88%
1	26	4.70%	53	9.58%
2	39	7.05%	92	16.64%
3	77	13.92%	169	30.56%
4	92	16.64%	261	47.20%
5	90	16.27%	351	63.47%
6	109	19.71%	460	83.18%
7	51	9.22%	511	92.41%
8	42	7.59%	553	100.00%
TOTAL	553	100.00%		

Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

8. Análisis de Regresión y bondad de ajuste.

En la presente investigación nuestro modelo será de regresión lineal múltiple, dado que tenemos 12 variables, de las cuales, la variable Y , o variable de entrada, será la variable X_4 : Consumo promedio mensual en dólares por servicio de agua potable, y las variables independientes o de explicación serán: X_5 , X_6 , X_7 , X_9 , X_{10} , X_{11} , X_{12} , X_{13} , X_{14} , X_{15} y X_{16} .

Planteado de esta forma, el modelo de regresión en nuestro caso será:

$$Y = \beta_0 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \beta_{14} X_{14} + \beta_{15} X_{15} + \beta_{16} X_{16}$$

Una vez que ingresamos los datos al software Minitab 13.5, los primeros resultados que nos revela son los siguientes:

Tabla X
Resultados de la Regresión

Estadísticas de la Regresión	
Parámetro	Valor
Sigma	0.6735
R^2	86.90%
R^2 ajustado	86.70%
Observaciones	553

Fuente: Proceso del Minitab

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Si observamos en la tabla X, la potencia de explicación (R^2) es de 86.9%, lo cual nos indica que el modelo planteado explica a los datos en un 86.9%, porcentaje que se considera bueno, por lo tanto continuamos con el análisis usando el mismo modelo.

El siguiente paso es plantearnos si todas las variables que nos quedaron luego del proceso de pre-eliminación, nos servirán para establecer nuestro modelo. Para poder determinar si todas las variables serán de utilidad en el análisis nos valemos de los coeficientes B_i que las acompañan.

La idea será determinar si estos coeficientes son iguales o diferentes a cero. Si un $B_i = 0$ entonces la variable correspondiente X_i queda automáticamente eliminada, por no

aportar información significativa al modelo de regresión múltiple.

Para obtener información acerca de los B_i , nos plantearemos el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \text{Todos los } B_i = 0$$

$$V_s$$

$$H_1: \text{Existe al menos un } B_i \neq 0$$

Una vez más ingresamos la tabla de datos al Minitab, y el resultado obtenido es el siguiente:

Tabla XI
ANOVA

FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA CUADRÁTICA	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	VALOR CRÍTICO DE F
Regresión	11	1631,76	148,34	327,08	0,0001
Error residual	541	245,36	0,45		
Total	552	1877,12			

Fuente: Proceso del Minitab

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

REGION CRITICA:

Observamos que el valor crítico de $F = 0.0001$. Si consideramos que estamos trabajando con un 95% de confianza, el valor P nos indica que:

Si $0 < p < 0.05$ entonces
Rechazo H_0 a favor de H_1

Si $p \geq 0.05$ entonces
Acepto H_0

Por lo tanto, como $0.0001 < 0.05$, entonces rechazo H_0 a favor de H_1 , es decir, existe al menos un B_i que es diferente de cero.

Nuevamente ingresamos la tabla de datos en el MINITAB 13.5 y obtenemos la siguiente tabla de resultados:

Tabla XII

Análisis de Regresión lineal múltiple

PREDICTOR	COEFICIENTE	SE COEFICIENTE	ESTADISTICO T	VALOR P
Constante	-0,9659	0,3534	-2,73	0,006
X5	0,7282	0,02744	26,54	0,001
X6	0,20479	0,02912	7,03	0,001
X7	-0,2072	0,03247	-6,38	0,001
X9	0,10002	0,03382	2,96	0,003
X10	0,0004	0,03281	0,01	0,99
X11	0,02626	0,04655	0,56	0,573
X12	0,16102	0,05224	3,08	0,002
X13	-0,1303	0,2005	-0,65	0,516
X14	0,0512	0,1636	0,31	0,755
X15	0,1416	0,2219	0,64	0,523
X16	0,21683	0,0231	9,39	0,001

Fuente: Proceso del Minitab

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Para determinar el B_i que será rechazado del modelo y usando hipótesis planteadas anteriormente, definiremos nuestra región crítica, que será:

REGION CRITICA:

Si $0 < p < 0.05$ entonces
Rechazo H_0 a favor de H_1

Si $p \geq 0.05$ entonces
Acepto H_0

Siendo el mismo criterio con que se evaluarán todas las 12 variables que tenemos en el momento de partida del análisis de regresión.

Finalmente, usando ese criterio, podemos decir que los coeficientes $B_i = 0$ son: B_{10} , B_{11} , B_{13} , B_{14} y B_{15} , que son los correspondientes de las variables X_{10} , X_{11} , X_{13} , X_{14} , X_{15} .

El modelo resultante es el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_9 X_9 + \beta_{12} X_{12} + \beta_{16} X_{16}$$

reemplazando los B_i por el valor correspondiente que observamos en la tabla XII, tenemos que:

$$X4 = -0.966 + 0.728 X5 + 0.205 X6 - 0.207 X7 + 0.1 X9 + 0.161 X12 + 0.142 X15 + 0.217 X16$$

Siendo solamente estas 6 variables las que explican el consumo en dólares de agua potable, con una potencia de explicación de aproximadamente el 87%.

8. Kolmogorov-Smirnov

Un tipo de prueba de bondad de ajuste, que a su vez nos permite determinar la normalidad del error, es la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para efectuar esta prueba, vamos a trabajar con los residuos de nuestro modelo de regresión.

A continuación se presenta la tabla con los resultados del Minitab:

Tabla XII
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

PARAMETRO	VALOR
N	485
Normal Parameters	
Mean	5640,7339
Std. Deviation	59291,6406
Most Extreme Differences	
Absolute	0,052
Positive	0,046
Negative	-0,052
Kolmogorov-Smirnov Z	1,139
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,149

Fuente: Proceso del Minitab
Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Resultados del análisis de Bondad de Ajuste

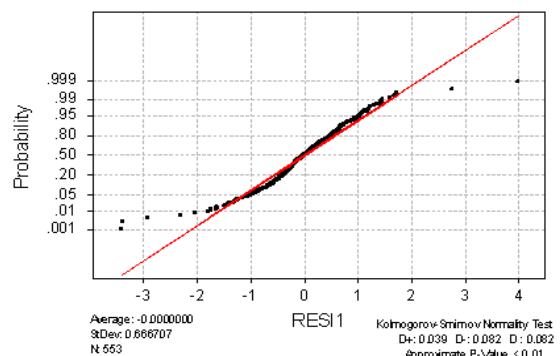
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

- a Test distribution is Normal.
- b Calculated from data.

El resultado que nos interesa es el valor de KS, que es 1.139, y que nos confirma que la distribución que siguen los residuos es normal.

A continuación se presenta el gráfico que muestra visualmente este resultado, y que nos mostrara el ajuste de los residuos a nuestro modelo lineal resultante.

Gráfico 8.1
Gráfico de la prueba de Kolmogorov-Smirnov



Fuente: Cuestionario aplicado a habitantes que conformaron la muestra –ANEXO 1

Elaborado por: Brenda Carolina Torres Velásquez

Finalmente observamos en el gráfico 8.1 que los residuos de la regresión se ajustan a la recta de la misma. Al ajustarse a la recta, que no es otra cosa que el modelo de regresión resultante, podemos concluir que los residuos de modelo de regresión planteado sigue una distribución normal, por lo tanto, el mismo es el modelo deseado.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

1. La cobertura del servicio de agua potable en el cantón de Guayaquil es de 79.7% y del

- servicio de alcantarillado es del 50.7% según datos del INEC.
2. Según datos del INEC, el 79.65% de las viviendas del Cantón de Guayaquil se encuentran conectadas a la red pública, lo cual indica que tienen medidor de agua.
 3. Con respecto a la variable que se refiere al consumo de agua potable en dólares, se concluye que la mayoría de la población del cantón de Guayaquil (62.75%) consumen hasta 20usd mensuales, mientras que solo un 6.51% consumen 30.01usd o más dólares al mes.
 4. La variable X_5 nos indica el promedio de metros cúbicos de agua potable consumidos al mes. En el presente análisis se observó que un 21.52% de la población consumía entre 61 y 100 m³, y que un 64.74% de la población consume máximo 100m³ de agua potable en promedio.
 5. Con respecto al número de habitantes por vivienda encuestada, se encontró que en 35.99% de las viviendas habitan 5 personas por vivienda, seguido de un 26.04% de viviendas, en las cuales habitan solo 4 personas por vivienda.
 6. En promedio existen 3 habitantes por vivienda que pertenecen a la población económicamente activa, y que en un 70.16% de los casos, el número de personas que pertenecen a la PEA se encuentra entre 1 y 3 personas. Se puede inferir que existe una relación directa entre el consumo de agua potable y el número de habitantes de un hogar que pertenecen a la población económicamente activa.
 7. La variable X_9 nos indica cuantas divisiones o ambientes posee una vivienda, sin incluir el baño. La media para esta variable fue de 3 divisiones, valor que se confirma con la frecuencia observada de este valor, que es de 34%.
 8. Con respecto al número de autos que son de uso en un hogar, la investigación señala que un 65.28 de la población no posee auto y que un 20.11% posee solo un auto. Este dato es relevante en la investigación debido al consumo de agua que genera darle limpieza a un auto usando los recursos del hogar.
 9. Según la muestra tomada, partimos de que un aproximado 63% de las viviendas tenían servicio de agua potable, mientras que el resultado para el servicio de energía eléctrica fue que un aproximado 97% tiene acceso al servicio de energía eléctrica.
 10. La variable X_{14} nos indica que de los habitantes que tienen disponibilidad de servicio de energía eléctrica, un aproximado 94% poseen medidor de energía eléctrica. Con respecto al consumo promedio mensual de energía eléctrica, se observó que un 63.47% cancelan entre 0 y 25 dólares mensuales por este servicio.
 11. Luego de efectuar el análisis de eliminación de variables, se puede determinar que de las 16

variables originales, solo 5 soportan suficiente evidencia estadística: consumo en metros cúbicos, número de habitantes de la vivienda, número de personas que pertenecen a la población económicamente activa y que habitan la vivienda, número de divisiones o habitaciones que tiene la vivienda, número de autos que poseen los habitantes de la vivienda y el consumo promedio mensual en dólares del servicio de energía eléctrica.

12. El modelo de regresión resultante para determinar el costo de consumo de agua potable de un habitante del Cantón de Guayaquil, es:

$$X_4 = -0.966 + 0.728 X_5 + 0.205 X_6 - 0.207 X_7 + 0.1 X_9 + 0.161 X_{12} + 0.142 X_{15} + 0.217 X_{16}$$

Donde X_4 será igual al consumo de agua potable del habitante, en dólares.

REFERENCIAS

- 1 **TORRES V. CAROLINA**, “Determinación del costo de consumo de agua potable para hogares sin medidor, en la Ciudad de Guayaquil, mediante técnicas estadísticas multivariantes” (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004).
- 2 **PÉREZ CESAR**, Técnicas De MUESTREO ESTADISTICO (Alfaomega Grupo Editor, 2000)
- 3 **FREUN J, WALPOLE R.** Estadística Matemática con aplicaciones, (Prentice Hall Hispanoamericana Cuarta Edición. México, 1990)
- 4 **BENSTON, GEORGE J.** Multiple Regression Analysis of Cost Behavior, (Accounting Review, #41, 1966)
- 5 **JOHNSTON, J.** Econometric Methods, (McGraw-Hill, Segunda Edición, New York, 1972)
- 6 **GOLDBERGER, ARTHUR S.** Topics in Regression Analysis. (Macmillan, Tercera Edición, New York, 1968.
- 7 **CATALAN SICAN, M** (2004) “Teoría básica del muestreo”, <http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>, última visita diciembre 4, 2004.
- 8 **UNIVERSIDAD DE MALAGA, FACULTAD DE MEDICINA**, (2004), Versión electrónica del manual de la Universidad de Málaga, “Métodos y Aplicaciones” http://ftp.medprev.uma.es/libro/nod_e87.htm, última visita, diciembre 4, 2004.
- 9 **HOSSEIN, ARSHAM.** “Multiple Linear Regressions Analisis” <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/otherapplets/MultRgression.htm>
- 10 Tutorial paquete estadístico SPSS 10.0 para Windows versión en español