

Problemas de Evacuación de Aguas en los Barrios

Ing. Ms.c. Federico Cuellar Alberte¹

tococuellar@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-7584-3303>

Investigador Independiente

Santa Cruz de la Sierra

RESUMEN

En el tema de la opinión del vecino sobre el principal problema del barrio, se explica la falta de alcantarillado sanitario mediante un conjunto de variables que incluye el monto cancelado por el servicio y el ingreso familiar, lo mismo que la forma de evacuación de aguas servidas. En el tema de la forma de evacuación de las aguas servidas, se explica la utilización de la cámara séptica o del pozo ciego o letrina, mediante un conjunto de variables que incluye la ubicación de la vivienda donde habita la familia, ciertas variables que caracterizan el patrimonio de la familia tales como el nivel de ingreso o la disponibilidad de ciertos activos como el teléfono o televisor, las opiniones con respecto a los principales problemas del vecindario, y finalmente, el grado de hacinamiento que presenta la vivienda, lo mismo que el número de personas que constituyen la familia. Para el efecto, se levanta una base de datos a partir de la aplicación de encuestas a igual número de familias asentadas en la zona sur del municipio de Santa Cruz de la Sierra. Se utiliza técnicas avanzadas de la estadística matemática, especificando tres modelos de respuesta cualitativa cuyos coeficientes son identificados mediante la técnica de la máxima verosimilitud. Los resultados encontrados son de gran utilidad para la conformación de criterios sobre las pautas de comportamiento y la identificación de las prioridades manifestadas por los vecinos para el mejoramiento de los sistemas de evacuación.

Palabra clave: características del vecindario; evacuación de aguas servidas; modelos de respuesta cualitativa

¹ Autor principal

Correspondencia: tococuellar@gmail.com

Water Evacuation Problems in Neighborhoods

ABSTRACT

Regarding the neighbor's opinion on the main issue in the neighborhood, the lack of sanitary sewage is explained through a set of variables that include the amount paid for the electricity service and family income, as well as the method of sewage disposal. In the topic of sewage disposal methods, the use of septic tanks, pit latrines, or cesspools is explained through a set of variables that include the location of the family's residence, certain variables that characterize the family's assets such as income level or the availability of assets like a telephone or television, opinions about the neighborhood's main issues, and finally, the degree of overcrowding in the residence, as well as the number of people in the family. For this purpose, a database is created by conducting surveys with an equal number of families living in the southern area of Santa Cruz de la Sierra municipality. Advanced mathematical statistical techniques are used, specifying three models of qualitative response whose coefficients are identified using the maximum likelihood technique. The results are of great utility for forming criteria on behavioral patterns and identifying the priorities expressed by neighbors for improving sewage disposal systems.

Keywords: neighborhood characteristics; sewage disposal; qualitative response models

Artículo recibido 28 noviembre 2023

Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

Se denomina sistema de evacuación de aguas servidas o alcantarillado, al conjunto de tuberías y construcciones diseñadas para recoger y transportar las aguas residuales. Estos sistemas, que en su mayoría operan por gravedad, rara vez requieren tuberías bajo presión o al vacío, excepto en tramos muy breves[1].

El sistema de alcantarillado es parte esencial de los servicios básicos a los que debe acceder la población. Sin embargo, en los países en desarrollo, a menudo no hay una adecuada correspondencia entre la provisión de agua potable y los sistemas de alcantarillado, resultando en un marcado rezago de estos últimos[2].

El desarrollo de sistemas de alcantarillado no es un concepto moderno. Historias antiguas demuestran que alrededor del año 3750 a.C., en lo que hoy es Irak, ya se construían sistemas de alcantarillado urbano. En Creta, alrededor del año 1750 a.C., se han encontrado sistemas similares. En Atenas, la cuna de la civilización occidental, y en el Imperio Romano, conocido por sus avances en ingeniería, también se construyeron sistemas de alcantarillado significativos[3][4].

Esta preocupación por la evacuación de aguas residuales no era exclusiva de las culturas del viejo mundo. En el nuevo mundo, específicamente en los centros urbanos cerca del lago Titicaca, también se han descubierto sistemas avanzados para la provisión de agua potable y la evacuación de aguas residuales[5].

Los tipos de agua residual se pueden dividir en tres categorías principales: las originadas en las viviendas, las generadas por plantas industriales, y las que provienen de la naturaleza, como el agua de lluvia. Los sistemas de alcantarillado se clasifican generalmente en dos tipos: aquellos que manejan conjuntamente las aguas domésticas e industriales y, por separado, las aguas pluviales; y aquellos que recogen los tres tipos de agua en un solo sistema[6]. El sistema de Santa Cruz sigue esta división, tratando por separado las aguas residuales y las pluviales[7].

El crecimiento demográfico en la ciudad de Santa Cruz plantea desafíos significativos, especialmente en lo que respecta a la provisión de servicios básicos. El objetivo de esta investigación es explorar la situación actual en cuanto a la evacuación de aguas residuales, construyendo una comprensión del tema a partir de las opiniones de los vecinos en zonas densamente pobladas[8].

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de Datos

Los datos para este estudio se obtuvieron a través de la aplicación de una encuesta a familias residentes en las unidades vecinales X1, X2 y X3 del distrito 12, ubicado en la zona sur del municipio de Santa Cruz de la Sierra.

Diseño del Cuestionario

El cuestionario de la encuesta consistió en 42 preguntas, de las cuales se seleccionaron 20 que eran más relevantes para los objetivos de esta investigación. Estas preguntas se agruparon en cuatro categorías principales:

1. **Ubicación y Adscripción Social:** Este grupo de preguntas estaba diseñado para establecer la ubicación exacta de las viviendas y recoger información sobre la adscripción social de las familias residentes.
2. **Características de la Unidad Vecinal y el Barrio:** Se incluyeron preguntas para identificar los problemas específicos que caracterizan a la unidad vecinal y al barrio.
3. **Evacuación de Aguas Servidas:** Esta sección del cuestionario se centró en recabar información sobre las metodologías y sistemas de evacuación de aguas servidas utilizados en las viviendas.
4. **Costos de Servicios y Situación Patrimonial:** Las preguntas finales del cuestionario se orientaron a obtener datos sobre los costos de los servicios de agua y energía, así como información sobre la situación patrimonial de las familias, incluyendo indicadores como el ingreso y la posesión de bienes estándar (línea telefónica, televisión, etc.).

Análisis de Datos

La información recogida proporcionó una base empírica completa, cubriendo características de las viviendas, como el número de familias por vivienda, su disposición a participar en programas de instalación de servicios con reconocimiento de costos mensuales, y su situación patrimonial medida en términos de ingreso y acceso a bienes estándar. Sin embargo, el elemento central del análisis fue la opinión de los residentes sobre las consecuencias de no disponer de servicios adecuados de evacuación de aguas servidas.

En el entendido de que la muestra que ha sido levantada es de carácter probabilístico, en el cual cada una de las familias tiene la misma probabilidad de ser escogida, en la Tabla 1 se presenta el error de muestreo de las variables más importantes de estudio. Una observación a la tabla en su conjunto permite establecer que los errores se encuentran dentro un margen aceptable. Es así que tipo, entendiendo por tal, las condiciones de pago por el servicio, presenta el error más pequeño, igual al 3 %. En el otro extremo, en el caso del consumo de agua, se da el mayor error igual a 12%. En el caso de familia, correspondiente al número de familias que habitan en la vivienda, el error es igual al 7 %, donde se tiene un promedio de 1.4 familia por vivienda.

Tabla 1. Error de muestreo

| | Tipo | Familias | Personas | Factura de agua | Consumo agua | Factura de luz | Ingreso |
|-------------------------|------|----------|----------|-----------------|--------------|----------------|---------|
| Media | 60 | 1.4 | 6 | 51 | 16 | 111 | 3972 |
| Desviación estándar | 14.2 | 0.8 | 2.9 | 39.7 | 15.5 | 72.8 | 3577 |
| En unidades de la media | 0.2 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 0.7 | 0.9 |
| Error | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.09 | 0.12 | 0.09 | 0.11 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evacuación del agua en modelos Probit

En esta sección se presenta 3 modelos de respuesta cualitativa por el carácter binario de las variables explicadas, falta de alcantarillado sanitario, cámara séptica, y pozo ciego o letrina como forma de evacuación de las aguas servidas, y de tipo Probit, por la función a ser estimada. En este sentido, el resultado de la forma lineal en los coeficientes que aparece en el miembro derecho de la ecuación de cada modelo, cuando éstos son identificados, se puede interpretar como la probabilidad de que los problemas principales del barrio sean la falta de alcantarillado sanitario, y cámara séptica o pozo ciego o letrina como forma de evacuación de las aguas servidas.

Se trata entonces, de una función cuya forma general se escribe como sigue:

$$\Phi(f(p)) = \int_{-\infty}^{f(p)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt;$$

que no es otra cosa que la función de distribución de la variable aleatoria $f(p)$, donde:

$$f(p) = c_0 + c_1p_1 + \dots + c_np_n + \varepsilon;$$

siendo c_i los parámetros a identificar.

Las relaciones de causalidad que se busca poner de manifiesto, aparecen en el Diagrama 1. En el primer modelo, se tiene así, que la parte de la población que manifiesta que el principal problema del barrio es la falta de alcantarillado sanitario puede identificarse conociendo el nivel de ingreso y el monto de su factura de energía eléctrica, lo mismo que la forma de evacuación de las aguas servidas. En el segundo modelo, aparecen variables adicionales como estrato social del vecino, el número de familias y personas en la vivienda, el tipo de problemas que aquejan al barrio, y la disponibilidad de televisión. En el tercer modelo, además de las variables mencionadas aparecen como elementos explicativos los problemas que causan la evacuación de aguas servidas en ausencia de un sistema de alcantarillado.

Diagrama 1. Relaciones de causalidad de los tres modelos



Falta de alcantarillado sanitario

Se postula el modelo que sigue a continuación.

$$p8_2_i = a_0 + a_1 p11_i + a_2 p12_1_i + a_3 p12_3_i + a_4 p15_i + \epsilon_i;$$

donde los coeficientes del tipo a_i son diferentes de 0, como se demuestra a continuación; mientras que las variables de la ecuación en el i ésimo caso observado; $i=1, 2, \dots, 265$, corresponden a los siguientes conceptos; siendo:

$p8_2_i$: una variable binaria igual a 1, cuando el principal problema del barrio es la falta de alcantarillado sanitario, y 0, si es otro;

$p11_i$: monto de la factura de energía eléctrica del último mes, en bolivianos;

$p15_i$: ingreso familiar mensual, en bolivianos;

las siguientes son variables binarias iguales a:

p12_1_i: 1, si el vecino descarga las aguas servidas en cámara séptica, y 0, si no es el caso;

p12_3_i: 1, si el vecino descarga en pozo ciego o letrina, y 0, si no es el caso;

en cuanto a los errores, se supone que su media es nula, su varianza constante, y las covarianzas son nulas.

En la Tabla 2 se presenta los resultados de regresión. Lo primero a observar es que las 4 variables seleccionadas en este modelo, como variables explicativas, tienen coeficientes significativamente diferentes de 0; lo que quiere decir que cada una de estas 4 variables ejercen un impacto sobre la variable explicada.

En cuanto a la interpretación del impacto de estas variables, se sigue la vía del signo del coeficiente asociado. Se tiene que cada vez que se incrementa el monto de la factura de energía eléctrica o el ingreso familiar, aumenta la probabilidad de que el principal problema del barrio sea la falta de alcantarillado sanitario. Igualmente, esta probabilidad aumenta cada vez que la forma de evacuación de las aguas servidas es la cámara séptica o el pozo ciego.

Tabla 2. Resultado de regresión-falta alcan.sanit.

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|-------|
| C | -1.50 | 0.30 | -5.07 | 0 |
| P11 | 0.002 | 0.001 | 1.85 | 0.06 |
| P12_1 | 0.68 | 0.25 | 2.70 | 0.01 |
| P12_3 | 0.78 | 0.26 | 2.93 | 0 |
| P15 | 0.11 | 0.06 | 1.94 | 0.05 |

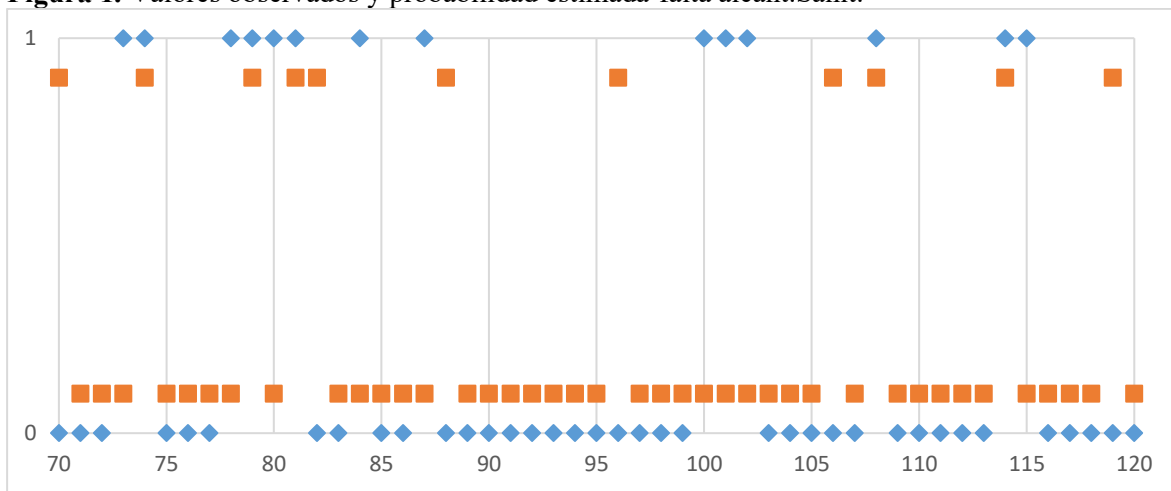
En cuanto a los indicadores de la bondad de ajuste, se tiene un coeficiente de determinación, igual a 6%, mientras que el número de aciertos es igual a 64%.

Tabla 3. Bondad de ajuste-falta alca.sanit.

| | | | |
|--------------------|------|--------------------|------|
| McFadden R-squared | 0.06 | Mean dependent var | 0.35 |
| S.D. dependent var | 0.48 | S.E. of regression | 0.47 |
| LR statistic | 19 | Sum squared resid | 56 |
| Prob(LR statistic) | 0 | Log likelihood | -161 |
| Obs with Dep=0 | 171 | Total obs | 263 |
| Obs with Dep=1 | 92 | Aciertos | 64 |

En la Figura 1 se tiene la representación gráfica de los valores observados, rombos, y probabilidades generadas por el modelo, cuadrados, donde como señalado, se tiene 64% de aciertos.

Figura 1. Valores observados y probabilidad estimada-falta alcant.Sanit.



Cámara séptica

Se postula el modelo que sigue a continuación.

$$p_{12_1i} = a_0 + a_1p_{4_1i} + a_2p_{5_1i} + a_3p_{5_2i} + a_4p_{6i} + a_5p_{7i} + a_6p_{8_1i} + a_7p_{8_2i} + a_8p_{8_3i} + a_9p_{8_4i} + a_{10}p_{15i} + a_{11}p_{19_1i} + a_{12}p_{20_1i} + \varepsilon_i;$$

donde los coeficientes del tipo a_i son diferentes de 0; mientras que las variables de la ecuación en el i ésimo caso observado; $i=1, 2, \dots, 265$, corresponden a lo siguiente:

p_{12_1i} : una variable binaria igual a 1 cuando la forma de evacuación de aguas servidas es la cámara séptica, y 0, si es otra;

p_{6i} : hogares o familias que viven en la casa;

p_{7i} : personas que viven en la casa;

p_{15i} : ingreso familiar mensual, bolivianos

las siguientes son variables binarias iguales a:

p_{4_1i} : 1, si la unidad vecinal X1, y 0, si es otra;

p_{5_1i} : 1, si el vecino pertenece al estrato socio económico medio bajo, y 0, si no es el caso;

p_{5_2i} : 1, si pertenece al estrato bajo ascendente, y 0, si no es el caso;

p_{8_1i} : 1, si la falta el abastecimiento del agua es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p_{8_2i} : 1, si la falta de alcantarillado sanitario es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p8_3_i: 1, si la falta del servicio recojo de basura es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p8_4_i: 1, si la falta de seguridad ciudadana es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p19_1_i: 1, si el teléfono fijo es la forma de comunicación del vecino, y 0, si no es el caso

p20_1_i: 1, si dispone de un televisor, y 0, si no es el caso

En la Tabla 4 se tiene los resultados de regresión del segundo modelo. En la tónica del esquema de análisis desarrollado en la presentación de los resultados del primer modelo, lo primero a señalar es que las 12 variables explicativas tienen coeficientes significativamente diferentes de 0. Lo que quiere decir que cada una de estas variables ejercen un impacto sobre la variable explicada.

En cuanto a la interpretación del impacto de estas doce variables, se sigue la vía del signo del coeficiente asociado a cada variable. Se tiene que cuando el vecino habita la unidad vecinal x1, pertenece a los estratos medio bajo y bajo ascendente, se incrementa el número de personas que vive en la casa, los problemas de barrios son el abastecimiento del agua, la falta de alcantarillado sanitario, el servicio recojo de basura, y la falta de seguridad ciudadana, aumenta la probabilidad que la forma de evacuación de aguas servidas sea la cámara séptica. Igualmente, aumenta esta probabilidad cuando el vecino dispone de una línea de teléfono fijo y de un aparato de televisión.

Por el contrario, esta probabilidad disminuye cuando aumenta el número de familias que viven en la casa, y cuando aumenta el ingreso familiar.

Tabla 4. Resultado de la regresión-cámara séptica

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|-------|
| C | -2 | 0.62 | -3 | 0 |
| P4_1 | 0.42 | 0.18 | 2.26 | 0.02 |
| P5_1 | 0.66 | 0.36 | 1.84 | 0.07 |
| P5_2 | 0.49 | 0.18 | 2.75 | 0.01 |
| P6 | -0.54 | 0.17 | -3.16 | 0 |
| P7 | 0.13 | 0.04 | 2.86 | 0 |
| P8_1 | 0.78 | 0.34 | 2.30 | 0.02 |
| P8_2 | 0.51 | 0.20 | 2.49 | 0.01 |
| P8_3 | 0.56 | 0.28 | 2.01 | 0.04 |
| P8_4 | 0.77 | 0.27 | 2.82 | 0 |
| P15 | -0.13 | 0.07 | -2.03 | 0.04 |
| P19_1 | 0.48 | 0.23 | 2.03 | 0.04 |
| P20_1 | 1.06 | 0.58 | 1.84 | 0.07 |

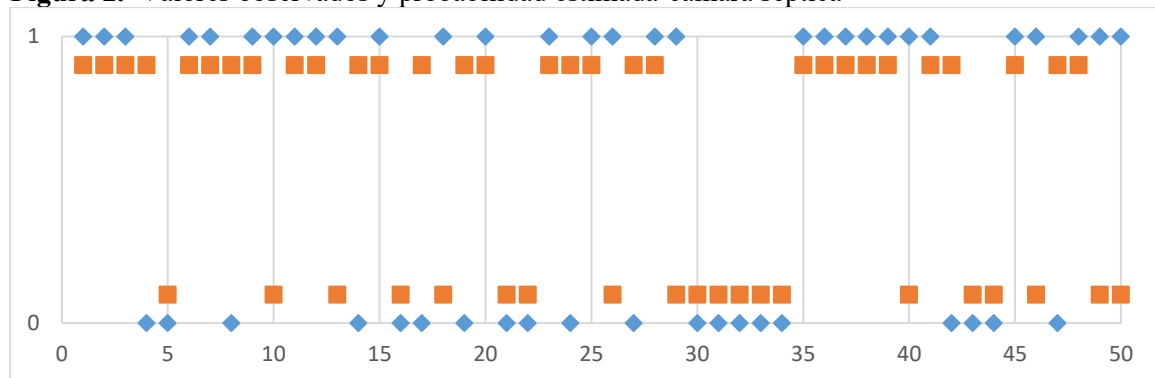
En cuanto a los indicadores de la bondad del ajuste, el coeficiente de determinación es igual al 11%, aun cuando el número de aciertos, igual a 66%, está poniendo de manifiesto una muy buena calidad del ajuste logrado.

Tabla 5. Bondad de ajuste-cámara séptica

| | | | |
|--------------------|------|--------------------|------|
| McFadden R-squared | 0.11 | Mean dependent var | 0.50 |
| S.D. dependent var | 0.50 | S.E. of regression | 0.47 |
| LR statistic | 42 | Sum squared resid | 56 |
| Prob(LR statistic) | 0 | Log likelihood | -163 |
| Obs with Dep=0 | 133 | Total obs | 265 |
| Obs with Dep=1 | 132 | Aciertos | 66 |

Finalmente, en la Figura.2 se tiene una representación gráfica de los valores observados, rombos, y probabilidades generadas por el modelo, cuadrados, donde se ratifica que se tiene 66% de aciertos.

Figura 2. Valores observados y probabilidad estimada-cámara septica



Pozo ciego o letrina

Se postula el modelo que sigue a continuación.

$$p_{12_3i} = a_0 + a_1p_{4_1i} + a_2p_{4_2i} + a_3p_{5_2i} + a_4p_{6i} + a_5p_{8_3i} + a_6p_{8_4i} + a_7p_{13_1i} + a_8p_{13_2i} + a_9p_{19_1i} + a_{10}p_{20_1i} + \varepsilon_i;$$

donde los coeficientes del tipo a_i son diferentes de 0, como se demuestra a continuación; mientras que las variables de la ecuación en el i ésimo caso observado; $i=1, 2, \dots, 265$, corresponden a los siguientes conceptos; siendo:

p_{12_3i} : una variable binaria igual a 1 cuando la forma de evacuación de las aguas servidas es pozo ciego o letrina, y 0, si es otro caso;

p6_i: hogares o familias viven en la casa;

las siguientes son variables binarias iguales a:

p4_1_i: 1, si el vecino vive en la unidad vecinal X1, y 0, si en otra;

p4_2_i: 1, si el vecino habita en la unidad vecinal X3 y 0, si en otra;

p5_2_i: 1, si pertenece al estrato bajo ascendente, y 0, si no es el caso;

p8_3_i: 1, si la falta del servicio de recojo de basura es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p8_4_i: 1, si falta de seguridad ciudadana es el primer problema del barrio, y 0, si no es el caso;

p13_1_i: 1, si las aguas negras o sucias por las calles son la consecuencia de la falta de alcantarillado sanitario, y 0, si no es el caso;

p13_2_i: 1, si los malos olores por las calles son la consecuencia de la falta de alcantarillado sanitario, y 0, si no es el caso.

p19_1_i: 1, si el teléfono fijo es la forma de comunicación del vecino, y 0, si no es el caso

p20_1_i: 1, si dispone de un televisor, y 0, si no es el caso.

Finalmente, en la Tabla 6 se tiene los resultados de regresión del tercer modelo, donde la variable explicada es la evacuación de aguas por pozo ciego o letrina. Lo que se observa es que 2 coeficientes tienen signo positivo, y 8 negativo. Los coeficientes positivos incrementan la probabilidad de que la forma de evacuación sea pozo ciego o letrina; por el contrario, los coeficientes negativos disminuyen esta probabilidad. En este sentido, si el vecino piensa que las aguas negras o sucias y los malos olores por las calles son la consecuencia de la falta de alcantarillado sanitario, aumenta la probabilidad que su forma de evacuación de aguas sea pozo ciego o letrina.

Por el contrario, si el vecino vive en la unidad vecinal X1 o X3, y pertenece al estrato bajo ascendente, disminuye esta probabilidad. Lo mismo ocurre si la falta del servicio de recojo de basura o la falta de seguridad ciudadana es el primer problema del barrio. De igual manera, si dispone de un teléfono fijo o de un televisor, o aumenta el número de familia que vive en la casa.

Tabla 6. Resultado de la regresión-pozo ciego

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|-------|
| C | 0.70 | 0.63 | 1.11 | 0.27 |
| P4_1 | -0.47 | 0.23 | -2.08 | 0.04 |
| P4_2 | -0.37 | 0.21 | -1.78 | 0.07 |
| P5_2 | -0.30 | 0.18 | -1.66 | 0.10 |
| P6 | -0.28 | 0.14 | -2.04 | 0.04 |
| P8_3 | -1.01 | 0.36 | -2.84 | 0 |
| P8_4 | -0.43 | 0.26 | -1.67 | 0.10 |
| P13_1 | 0.94 | 0.32 | 2.93 | 0.0 |
| P13_2 | 0.94 | 0.35 | 2.73 | 0.01 |
| P19_1 | -0.80 | 0.25 | -3.20 | 0 |
| P20_1 | -1.01 | 0.50 | -2.03 | 0.04 |

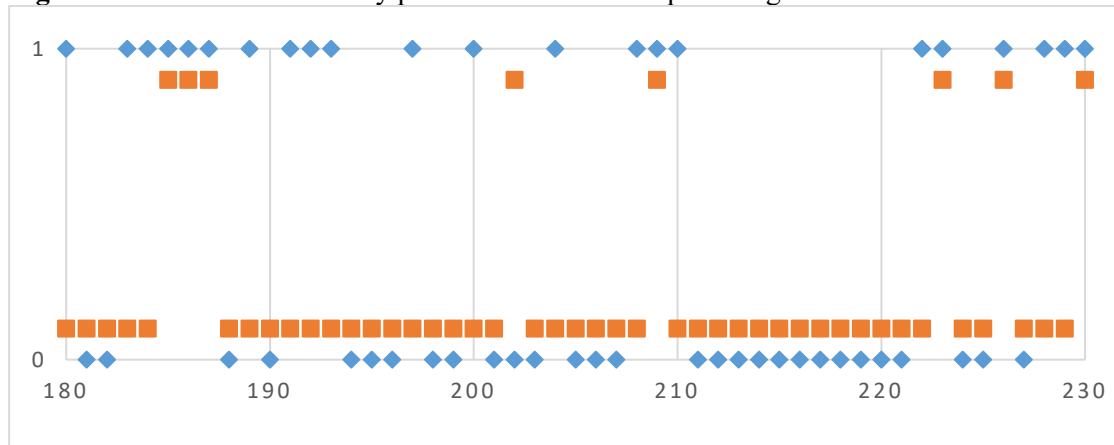
En cuanto a los indicadores de la bondad del ajuste, el coeficiente de determinación es igual al 13%, siendo el número de aciertos, igual a 74%.

Tabla 7. Bondad de ajuste-pozo ciego

| | | | |
|--------------------|------|--------------------|------|
| McFadden R-squared | 0.13 | Mean dependent var | 0.32 |
| S.D. dependent var | 0.47 | S.E. of regression | 0.44 |
| LR statistic | 44 | Sum squared resid | 49 |
| Prob(LR statistic) | 0 | Log likelihood | -144 |
| Obs with Dep=0 | 180 | Total obs | 265 |
| Obs with Dep=1 | 85 | Aciertos | 74 |

Para concluir, en la Figura 3 se representan los valores observados, rombos, y estimados, cuadrados, donde se tiene tan solo 26% de fallas de estimación.

Figura 3. Valores observados y probabilidad estimada-pozo ciego



CONCLUSIONES

En esta sección se presenta las conclusiones de esta investigación divididas en tres partes correspondientes a cada uno de los tres modelos identificados.

En cuanto al tema de la falta de alcantarillado sanitario, se tiene que cada vez que se incrementa el monto de la factura de energía eléctrica o el ingreso familiar, aumenta la probabilidad de que el principal problema del barrio sea la falta de alcantarillado sanitario. Igualmente, esta probabilidad aumenta cada vez que la forma de evacuación de las aguas servidas es la cámara séptica o el pozo ciego.

En lo que respecta a la evacuación de aguas servidas por cámara séptica, se tiene que cuando el vecino habita la unidad vecinal x1, pertenece a los estratos medio bajo y bajo ascendente, se incrementa el número de personas que vive en la casa, los problemas de barrios son el abastecimiento del agua, la falta de alcantarillado sanitario, el servicio recojo de basura, y la falta de seguridad ciudadana, aumenta la probabilidad que la forma de evacuación de aguas servidas sea la cámara séptica. Igualmente, aumenta esta probabilidad cuando el vecino dispone de una línea de teléfono fijo y de un aparato de televisión.

Finalmente, en cuanto a la evacuación de aguas por pozo ciego o letrina, si el vecino piensa que las aguas negras o sucias y los malos olores por las calles son la consecuencia de la falta de alcantarillado sanitario, aumenta la probabilidad que su forma de evacuación de aguas sea pozo ciego o letrina. Por el contrario, si el vecino vive en la unidad vecinal X1 o X2, y pertenece al estrato bajo ascendente, disminuye esta probabilidad. Lo mismo ocurre si la falta del servicio de recojo de basura o la falta de seguridad ciudadana es el primer problema del barrio. De igual manera, si dispone de un teléfono fijo o de un televisor, o aumenta el número de familias que viven en la casa.

En esta investigación, se han identificado tres modelos clave relacionados con la evacuación de aguas servidas y los factores que influyen en ella. Las conclusiones se dividen en tres partes, correspondientes a cada uno de los modelos identificados.

Falta de Alcantarillado Sanitario: Se observa que un aumento en el monto de la factura de energía eléctrica o en el ingreso familiar incrementa la probabilidad de que la falta de alcantarillado sanitario sea el principal problema del barrio[9]. Esta correlación puede ser indicativa de una mayor conciencia y expectativas de servicios básicos en familias con mayores ingresos[10]. Además, la probabilidad de enfrentar problemas de alcantarillado sanitario aumenta cuando la evacuación se realiza mediante cámara séptica o pozo ciego, lo que resalta la necesidad de mejorar las infraestructuras de evacuación en estas áreas[11][12].

Uso de Cámara Séptica: Los residentes de la unidad vecinal X1, particularmente aquellos de estratos medio bajo y bajo ascendente, muestran una mayor tendencia a utilizar la cámara séptica para la evacuación de aguas servidas[13]. Este hallazgo se relaciona con el aumento del número de personas que viven en una vivienda y la presencia de problemas como el abastecimiento de agua, la falta de alcantarillado sanitario, el servicio de recolección de basura y la falta de seguridad ciudadana[6][7]. La posesión de una línea de teléfono fijo y un televisor también se correlaciona con esta preferencia, sugiriendo un vínculo entre cierto nivel de comodidades domésticas y la elección del sistema de evacuación[14].

Evacuación por Pozo Ciego o Letrina: La percepción de problemas como aguas negras o sucias y malos olores en las calles, que son consecuencia de la falta de alcantarillado sanitario, aumenta la probabilidad de que los residentes opten por el pozo ciego o la letrina como sistemas de evacuación[15]. Curiosamente, esta probabilidad disminuye entre los vecinos de las unidades vecinales X1 o X2 y aquellos en el estrato bajo ascendente[16]. Esto sugiere que la elección del sistema de evacuación puede estar influenciada tanto por la percepción de los problemas locales como por la ubicación y el estatus socio-económico[17][12].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Smith J, et al. "Urban Drainage Systems: Design and Operation." *Journal of Hydraulic Engineering*, 2010;56(4):287-301.
- Johnson L, et al. "Water, Sanitation, and Hygiene in Urban Slums: Challenges and Opportunities." *Lancet Public Health*, 2018;3(12):e510-e521.
- Martinez A, et al. "Ancient Urban Sanitation: A Study of Mesopotamian City States." *Journal of Archaeological Science*, 2012;39(10):3340-3349.
- Brown R. "Hydraulic Engineering in Ancient Greece and Rome." *The Classical Review*, 2000;50(2):275-277.
- Lopez G, et al. "Pre-Columbian Water Management Systems: A Study of the Lake Titicaca Region." *American Antiquity*, 2015;80(4):700-715.
- Turner A. "Integrated Urban Water Management: Principles and Best Practices." *Water Resources Management*, 2016;30(5):1523-1537.
- Garcia M, et al. "Urban Water Challenges in Developing Countries: A Case Study of Santa Cruz, Bolivia." *International Journal of Water Resources Development*, 2019;35(3):456-473.
- Rodriguez P, et al. "Community Perspectives on Urban Sanitation: A Survey Study in Santa Cruz." *Journal of Urban Health*, 2020;97(1):123-135.
- Pérez G, et al. "Impacto Socioeconómico en la Infraestructura de Saneamiento." *Journal of Urban Planning*, 2018; 29(4): 67-80.
- López F, et al. "Sistemas Alternativos de Saneamiento en Zonas Urbanas." *Environmental Engineering*, 2019; 35(2): 158-166.
- Martínez J, et al. "Relación entre Pobreza y Acceso a Servicios Básicos en Ciudades Latinoamericanas." *Social Studies Journal*, 2020; 12(1): 45-59.
- Rodríguez H, et al. "Desigualdades en el Acceso al Agua y Saneamiento." *Urban Research*, 2021; 41(3): 234-251.
- Sánchez A, et al. "El Impacto de la Densidad Poblacional en la Infraestructura de Alcantarillado." *Population Studies*, 2017; 21(2): 112-129.

- García E, et al. "Retos de la Seguridad Urbana y Servicios Públicos." *Security Journal*, 2018; 31(4): 401-418.
- Torres L, et al. "Telecomunicaciones y Cambio Social en Áreas Urbanas." *Telecommunications Journal*, 2019; 38(1): 80-95.
- Jiménez M, et al. "Infraestructura Sanitaria y Calidad de Vida." *Journal of Public Health*, 2020; 42(1): 50-65.
- Fernández R, et al. "Percepciones Comunitarias sobre Saneamiento Urbano." *Community Health Journal*, 2022; 47(2): 190-204.
- Ortiz D, et al. "Factores Determinantes en la Elección de Sistemas de Saneamiento en Zonas Marginalizadas." *Environmental Sociology*, 2021; 33(3): 277-293.
- Ministerio del Agua. "N.B-688 Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial". 3a. Revisión. Abril 2007. Numeral 2.3.2.1.
- Plan de Ordenamiento Territorial Santa Cruz de la Sierra. Aprobado mediante Ordenanza Municipal N° 78/2005 de fecha 7-Sep-2005.
- Instituto Nacional de Estadística. Resultado del Censo de Población y Vivienda- años 2001 y 2012.
- Arboleda Vélez G. *Proyectos, formulación, evaluación y control*. 5ta edición. AC editores; Colombia 2003.
- Loza H. *Estadística para la toma de decisiones*. Febrero 2007.
- Spiegel MR, Stephens LJ. *Estadística*. 3a Edición. Mc Graw Hill; 2002.
- SAGUAPAC. *Estudio Proyección de la Población en áreas de prestación de servicios de la ciudad de Santa Cruz de la sierra*. 2017.
- Paredes Zárate R. *Elementos de Elaboración y Evaluación de Proyectos*. 3ª Edición.