



ARTÍCULO ORIGINAL

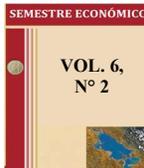
<http://dx.doi.org/10.26867/se.2017.v06i2.66>

Semestre Económico, agosto-diciembre 2017; 06(2): 30-72

<http://semestreeconomico.unap.edu.pe/index.php/revista/issue/archive>

ISSN: 2072-0572 (Versión impresa)

ISSN: 2523-0840 (Versión digital)



EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN EN LA ESTIMACION DE MEDIDAS DE BIENESTAR Y PRIORIZACIÓN DE POLÍTICAS EN SANEAMIENTO BÁSICO

EXPERIMENTS OF CHOICE IN THE ESTIMATION OF MEASURES OF WELFARE AND PRIORITIZATION OF POLICIES IN BASIC SANITATION

Juan Walter Tudela Mamani *

Juan Antonio Leos Rodríguez**

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estimar los beneficios económicos potenciales por una mejora integral en la provisión de servicios de saneamiento básico (agua, alcantarillado y tratamiento) mediante el experimento de elección (EE) con modelos logit multinomial y logit mixto. Se realizaron 392 encuestas a usuarios de los servicios de saneamiento básico en la ciudad de Puno. Mediante el modelo logit mixto-*dummy codes* se estimó una disposición a pagar *marginal* (DAPM) agregada de S/9.95/mes/vivienda. Con base en el modelo logit multinomial-*effect codes*, se logró estimar la variación compensatoria (VC) en S/9.11/mes/vivienda. Al comparar ambos resultados, se concluye que no existen diferencias significativas, por lo tanto, cualquiera de estas medidas monetarias de bienestar, al ser agregado en función a la población potencialmente beneficiaria por el cambio, se podría utilizar como medida de beneficio económico en la evaluación costo/beneficio de las mejoras planteadas. Así mismo se ha evidenciado que el atributo “tratamiento” es más valorada que los atributos “agua” y “alcantarillado”, por lo tanto, cualquier política orientada a mejorar los servicios de saneamiento básico en la ciudad de Puno debe estar prioritariamente focalizada a solucionar el tratamiento de aguas residuales. La elección de alternativas

* Doctor en Ciencias en Economía Agrícola; Profesor Principal de la Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. jtudela@unap.edu.pe

** Ph.D. Agriculture and Resource Economics; Coordinador de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo, México. jleos@ciestaam.edu.mx

Este artículo fue recibido 01 de noviembre 2017, ajustado el 25 de noviembre de 2017 y su publicación aprobada el 29 de diciembre de 2017.

de mejora en los servicios de saneamiento básico está condicionada por el nivel educativo y el ingreso monetario mensual de los usuarios.

Palabras clave: diseño experimental, logit multinomial, logit mixto, *effect codes*, *dummy codes*, máxima verosimilitud simulada

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the potential economic benefits of an integral improvement in the provision of basic sanitation services (water, sewage and treatment) through the choice experiment (EE) with multinomial logit models and mixed logit. 392 surveys were conducted on users of basic sanitation services in the city of Puno. Using the mixed logit model-dummy codes, an aggregate marginal willingness to pay (MWTP) of S/9.95/month/household was estimated. Based on the logit multinomial model-effect codes, it was possible to estimate the compensatory variation (CV) in S/9.11/month/household. When comparing both results, it is concluded that there are no significant differences, therefore, any of these monetary welfare measures, when aggregated in terms of the population potentially benefiting from the change, could be used as a measure of economic benefit if a Cost-Benefit Analysis were done. It has also been shown that the attribute "treatment" is more valued than the attributes "water" and "sewerage", therefore, any policy aimed at improving basic sanitation services in the city of Puno should be primarily focused on solving the wastewater treatment. The choice of alternatives for improvement in basic sanitation services is conditioned by the educational level and the monthly monetary income of the users.

Key word: experimental design, multinomial logit, mixed logit, effect codes, dummy codes, maximum likelihood simulations.

1. INTRODUCCIÓN

Las decisiones de política en cualquier sector de la economía generan cambios en el bienestar de la sociedad, en consecuencia, los beneficios potenciales que pueden generar estas políticas tienen que necesariamente cuantificarse para poder justificar los costos asociados a su implementación. Una de las metodologías más prometedoras en este campo son los experimentos de elección (EE) que forma parte de los métodos de valoración multi-atributo¹.

Al contar con evidencia cuantitativa sobre los beneficios potenciales de las políticas públicas es posible llevar a cabo los análisis costo/beneficio y consiguientemente justificar la viabilidad de dichas políticas. En países en desarrollo, lo anterior resulta relevante debido a que los gobiernos sub-nacionales (nacional, regional y local) requieren priorizar tipologías de políticas o proyectos.

Un campo donde resulta relevante evaluar la viabilidad de proyectos integrales es precisamente el sector saneamiento, que se caracteriza por la provisión de servicios básicos de agua, alcantarillado y tratamiento. En la actualidad la gestión de servicios de saneamiento básico en el Perú es

¹ El interés en los métodos de valoración multi-atributo ha aumentado en parte como respuesta a los cuestionamientos que se le han planteado al método de valoración contingente (MVC). Las técnicas de valoración multi-atributo se dividen en dos categorías que difieren según la escala de medición utilizada. En la primera categoría se encuentran los enfoques basados en las preferencias, donde los individuos califican escenarios alternativos en una escala cardinal. La segunda categoría se compone de enfoques basados en la elección, donde se solicita a los individuos elegir (usando una escala ordinal) el escenario más preferido (Ben-Akiva y Lerman, 1985).

considerada como política pública de alta prioridad y consiguientemente hay mucha inversión pública comprometida en los gobiernos sub-nacionales.

La ciudad de Puno, localizada al sureste del Perú, no es ajena a dicha problemática, más aún si tomamos en cuenta que la continuidad del servicio de agua potable en promedio alcanza a 7.03 horas por día, pero en algunas zonas de la ciudad (sobre todo en las partes altas) la continuidad apenas llega entre 1 a 2 horas por día, el 61.63% de la población usuaria cuenta con menos de 12 horas de continuidad². Los atoros en la red de recolección aguas residuales es un problema cotidiano debido a la antigüedad de las redes. La planta de tratamiento de aguas residuales “El Espinar” (construida en 1972) ha colapsado por completo, generado que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente a la bahía interior del lago Titicaca (área de alta biodiversidad y relevancia internacional).

Para solucionar la situación antes descrita la Municipalidad Provincial de Puno, la Empresa Municipal de Saneamiento Básico (EMSAPUNO) y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, vienen realizando una serie de gestiones para concretar inversiones y mejorar la provisión de los servicios básicos. La implementación de cualquier proyecto que implique mejoras en la provisión de los servicios de saneamiento, traerá consigo cambios en el bienestar de los habitantes. Por lo tanto, los métodos que el análisis económico proporciona para la valoración económica, juegan un papel crucial en la evaluación de este tipo de proyectos. En consecuencia, la

² Información proporcionada por la Oficina de Planificación y Presupuesto de EMSAPUNO S.A.

estimación de las medidas monetarias de bienestar que reportan este tipo de intervenciones, constituye el mejor argumento para justificar la ejecución de dichos proyectos.

El objetivo de esta investigación fue estimar los beneficios económicos³ potenciales por una mejora en la provisión de servicios de saneamiento básico (agua, alcantarillado y tratamiento) en la ciudad de Puno. De manera específica interesan dos resultados sobre las cuales se trabaja en esta investigación. El primero consiste en priorizar la alternativa de intervención que genera mayor bienestar a los usuarios. Segundo, identificar las variables socioeconómicas que condicionan la elección de alternativas. Se espera que los resultados de la investigación provean información que sea de utilidad para los actores sociales y se convierta en herramienta para la toma de decisiones en la asignación de recursos y gestión de los servicios de saneamiento básico.

En el tema de valoración económica por mejoras en servicios de saneamiento utilizando el EE, se destaca el estudio de Lucich y Gonzales (2015), quienes logran desagregar el valor de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tarapoto-Perú. Como resultado obtienen que los atributos del servicio de abastecimiento de agua potable con mayor valor económico para los usuarios son: “la calidad del agua potable

³ Es importante mencionar que el concepto de beneficio se interpreta de un modo particular, la idea básica es que “lo que quiere la gente” (las preferencias de los usuarios) debe ser la base de la medida de los beneficios. Con este método se busca determinar a partir de encuestas directas el valor medio de la DAP como una medida aproximada de la variación compensatoria (VC) de una población específica, medida que corresponden a una aproximación de los beneficios generados por políticas o proyectos (Pearce y Turner, 1995).

respecto a sus niveles de turbidez”, “las horas de abastecimiento de agua” y “la disponibilidad del recurso hídrico a través de la conservación de su fuente”.

Justes, Barberán y Farizo (2014) utilizan el EE para valorar los diferentes usos del agua en la ciudad de Zaragoza-España. Concluyen que el número de miembros del hogar, la situación laboral, la edad, los ingresos y el nivel de consumo de agua son variables importantes que se deberían tener en cuenta en el diseño de tarifas. Tarfasa y Brouwer (2013) mediante el EE estiman la disposición a pagar de los hogares por mejoras en los servicios de abastecimiento de agua en una zona urbana de Etiopía, el diseño del EE les permite estimar el valor de la disponibilidad de agua para consumo y el suministro futuro. Birol y Das (2010) plantean un EE para estimar la disposición a pagar por mejoras en la capacidad y la tecnología de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Chandernagore, situado a orillas del río Ganges en la India.

Por otro lado, el EE también se ha utilizado en otros campos de la economía ambiental. Tudela (2010) a partir de un EE sugiere criterios técnicos para priorizar políticas de gestión en áreas naturales protegidas de México. En esa misma línea, Villota (2009) plantea un EE para determinar el valor económico del humedal de Lenga, en Concepción, Chile. También se destaca los estudios de Birol, Smales y Gyovai (2006) quienes aplican el EE para estimar los beneficios de varios componentes de agro biodiversidad en huertos caseros húngaros. Birol, Karousakis y Koundouri (2006) emplean los EE en la estimación de valores monetarios de varias funciones ecológicas, sociales y

económicas que el humedal de Cheimaditida proporciona a la población griega.

Hanley, Wright y Álvarez-Farizo (2006) mediante el EE estiman el valor económico de mejoras ecológicas en el río Wear, en la ciudad de Durham, Inglaterra, y en el río Clyde, en el centro de Escocia. Carlsson, Frykblom y Liljenstolpe (2003) utilizan los EE para identificar los atributos que aumentan y disminuyen el bienestar de los ciudadanos tomando en cuenta sus preferencias sobre un humedal de agua en Staffanstorpe, al suroeste de Suecia.

En el caso de la valoración de preferencias en el suministro de agua, Blamey, Gordon y Chapman (1999) utilizan el EE en la estimación del valor ambiental en el contexto de un consumidor que se basa en la evaluación de opciones de suministro futuro de agua en la capital de Australia. En la valoración de paisajes forestales, Hanley, Wright y Adamowicz (1998) analizan empíricamente el uso del EE con referencia a un estudio en Inglaterra sobre preferencias públicas de paisajes forestales alternativos.

De la revisión de literatura sobre la temática, queda claro que es posible valorar los beneficios económicos que generan diferentes políticas públicas que están orientadas a mejorar el bienestar de la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en la teoría de la utilidad aleatoria se sabe que un individuo perfectamente racional siempre optará por la alternativa que le supone una mayor utilidad. En consecuencia, si se consideran diferentes atributos para las distintas alternativas de elección, se les pide a los individuos que expresen sus preferencias por una selección de combinaciones posibles. Supongamos que los individuos expresan sus preferencias realizando elecciones entre las alternativas $j = 1, 2, \dots, J$, del conjunto de elección C . Por lo tanto, la utilidad por la elección de la alternativa j para cada individuo está dada por:

$$U_{ij} = V(Z_{ij}, S_i, M_i) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

En cada alternativa del conjunto de elección, la función de utilidad indirecta depende de los niveles que tomen los atributos Z_{ij} , las características socioeconómicas de los usuarios S_i y del ingreso M_i . El usuario i preferirá la alternativa h a cualquiera de las opciones alternativas j en el conjunto de elección C , si la utilidad que esta alternativa le reporta es superior a la utilidad que le ofrece cada una de las opciones alternativas, es decir, si $U_{ih} > U_{ij} \forall h \neq j; h, j \in C$. La probabilidad de elegir la alternativa h será:

$$\Pr(ih) = \Pr\{U_{ih}(Z_{ih}, S_i, M_i) > U_{ij}(Z_{ij}, S_i, M_i)\} \quad (2)$$

$$\Pr(ih) = \Pr\{\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ih} < v_{ih}(Z_{ih}, S_i, M_i) - v_{ij}(Z_{ij}, S_i, M_i)\} \quad (3)$$

La utilidad está compuesta de un componente determinístico v_{ih} y un componente no observable de error aleatorio ε_{ih} . El componente observable de la utilidad (función indirecta de utilidad) se puede expresar como una función lineal de las variables explicativas⁴:

$$v_{ij} = \alpha_j + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(M_i - COSTO_j) + \delta_1(S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_j) \quad (4)$$

Donde α es una constante específica para cada alternativa, β es el vector de coeficientes de utilidad asociado con el vector Z de variables explicativas, γ es el coeficiente asociado al precio de la alternativa j , $COSTO_j$; y δ es el vector de coeficientes asociado a las variables socioeconómicas en la función de utilidad (Blamey, Gordon y Chapman, 1999).

Por lo tanto, la probabilidad de que el individuo i prefiera la alternativa $h \in C$ equivale a la probabilidad de que la suma de los componentes

⁴ En el contexto del modelo de utilidad aleatoria, la forma funcional más habitual para el componente observable de la función indirecta de utilidad ha sido el comportamiento lineal en los parámetros. En el planteamiento de McFadden (1974) se adopta la forma lineal en los parámetros a estimar, considerando como variables cualquier función o transformación conocida V^k de los atributos de las alternativas “ x ” o de las características socioeconómicas de los individuos “ s ” conocida:

$$v(x, s) = \theta_1 v^1(x, s) + \dots + \theta_k v^k(x, s)$$

La anterior especificación no es restrictiva y permite acercarse con la precisión deseada a cualquier forma funcional conocida al permitir especificaciones no lineales de la función indirecta de utilidad (transformaciones, interacciones, etc.). Ben-Akiva y Lerman (1985) plantean como primera alternativa estudiar transformaciones no lineales de las variables manteniendo la linealidad en los parámetros desconocidos. Por su parte, Train (2009) señala que es posible permitir que los parámetros entren en la utilidad representativa de forma no lineal, en este caso, la estimación pasa ser más difícil, ya que la función de log-verosimilitud (log-likelihood) puede que no sea globalmente cóncava y los procedimientos informáticos capaces de tratar esta situación no están ampliamente disponibles como para modelos logit con utilidad lineal respecto a los parámetros. En efecto, en esta investigación se asume una función de utilidad lineal para facilitar la estimación e interpretación de la disponibilidad marginal a pagar por cada atributo.

observables y aleatorios de esa opción sea mayor que la misma suma para el resto de alternativas presentadas, es decir:

$$Pr(i|h) = Pr \left\{ \begin{array}{l} \alpha_h + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(M_i - COST_h) + \delta_1(S_1 * \alpha_h) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_h) + \varepsilon_{ih} > \\ \alpha_j + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - COST_j) + \delta_1(S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_j) + \varepsilon_{ij} \end{array} \right\} \quad (5)$$

La obtención de medidas de bienestar se realiza a partir de la estimación de los parámetros que definen la función indirecta de utilidad, para lo cual es preciso definir una función de probabilidad. MacFadden (1974) observa que si los términos de error de la anterior ecuación son independientes e idénticamente distribuidos (iid) con una distribución *Gumbel* o de Valor Extremo Tipo I, la probabilidad de elegir la alternativa *h* tiene la siguiente representación:

$$Pr(i|h) = \frac{\exp^{\omega_{ih}(Z_{ih}, S_i, M_i)}}{\sum_j \exp^{\omega_{ij}(Z_{ij}, S_i, M_i)}} = \frac{\exp^{\omega[\alpha_h + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(M_i - COST_h) + \delta_1(S_1 * \alpha_h) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_h)]}}{\sum_j \exp^{\omega[\alpha_j + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(M_i - COST_j) + \delta_1(S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_j)]}} \quad (6)$$

La anterior especificación es conocida como logit multinomial o logit condicional cuando están presentes los atributos a valorar y las características de los individuos. Donde ω es un parámetro de escala, inversamente proporcional a la desviación estándar del término de error de la distribución, y se normaliza típicamente como uno (Ben-Akiva y Lerman, 1985).

El problema principal del modelo logit multinomial es el supuesto implícito de independencia de las alternativas irrelevantes (IIA), que quiere

decir que el cociente de probabilidad de elección de dos alternativas cualesquiera, es independiente de cualquier otra alternativa, real o potencial. Este supuesto da lugar a resultados sesgados si no se cumple (Louviere, Hensher y Swait, 2000). La estimación de los parámetros de la función indirecta de utilidad (α , β y δ) se realiza mediante el método de máxima verosimilitud (Greene, 2003).

El modelo logit mixto es un modelo muy flexible que puede aproximar cualquier modelo de utilidad aleatoria (McFadden y Train, 2000). Este modelo elude las limitaciones del modelo logit multinomial, permitiendo variación aleatoria de preferencias, patrones de sustitución no restringidos y correlación entre factores no observados a lo largo del tiempo. Las probabilidades del logit mixto son las integrales de las probabilidades logit multinomial sobre una densidad de probabilidad de los parámetros. Las probabilidades de elección en un modelo logit mixto se expresa de la siguiente forma (Train, 2009):

$$\Pr(ih) = \int L_{ih}(\beta) f(\beta) d\beta \quad (7)$$

Donde $L_{ih}(\beta)$ es la probabilidad logit evaluada en los parámetros β :

$$L_{ih}(\beta) = \frac{\exp^{v_{ih}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J \exp^{v_{ij}(\beta)}} \quad (8)$$

Por su parte $f(\beta)$ es una función de densidad de probabilidad. $v_{ih}(\beta)$ es la parte observada de la utilidad, que depende de los parámetros β . Si la

utilidad es lineal en β , entonces $v_{ih}(\beta) = \beta' x_{ih}$. En este caso, la probabilidad del modelo logit mixto toma la siguiente forma:

$$\Pr(ih) = \int \left(\frac{\exp^{\beta' x_{ih}}}{\sum_{j=1}^J \exp^{\beta' x_{ij}}} \right) f(\beta) d\beta \quad (9)$$

La probabilidad del modelo logit mixto es un promedio ponderado de la fórmula logit multinomial evaluada en diferentes valores de β , con los pesos dados por la densidad $f(\beta)$. Para la estimación econométrica de los parámetros en los modelos logit mixto se recurre al método de máxima verosimilitud simulada (Train, 2009)

Una vez estimado los parámetros de la función indirecta de utilidad para ambos tipos de modelos, se procede con la estimación de las medidas monetarias de bienestar y el cálculo del efecto en el bienestar. La derivación de la medida de bienestar utilizada en los experimentos de elección es atribuida a Haneman (1999) y se expresa de la siguiente manera:

$$VC = \left(\frac{1}{-\gamma} \right) \left(Ln \left[\sum_{j \in C_i} \exp^{v_{ij}} \right] - Ln \left[\sum_{i \in C_i} \exp^{v_{i0}} \right] \right) \quad (10)$$

Donde VC es la variación compensatoria que es una medida monetaria de bienestar, γ representa la utilidad marginal del ingreso (generalmente representado por el coeficiente del atributo monetario en el experimento de

elección), v_{i0} y v_{i1} representan la función de utilidad indirecta antes y después del cambio propuesto y C_i es el conjunto de elección de políticas relevantes propuesto a los individuos. Para una función de utilidad lineal, la tasa marginal de sustitución entre dos atributos es simplemente el cociente de sus coeficientes y que la disponibilidad a pagar marginal (DAPM) por un cambio en el atributo Z_a está dado por (Alpizar, Carlsson y Martinsson, 2001):

$$DAPM_a = \frac{\partial v_{ij} / \partial Z_a}{\partial v_{ij} / \partial COSTO} = -\frac{\beta_a}{\gamma} \quad (11)$$

2.1 *Diseño de tarjetas de elección*

Para diseñar las tarjetas de elección en el formato de encuesta es necesario previamente plantear un diseño experimental basado en el diagnóstico de la problemática de la provisión de servicios de saneamiento básico en la ciudad de Puno, teniendo en cuenta las recomendaciones de Hensher, Rose y Greene (2005) a continuación se presentan los aspectos más resaltantes que se ha tenido en cuenta al elaborar las tarjetas de elección.

2.2 *Identificación de atributos y niveles*

Con base en documentos de gestión de EMSAPUNO, se han identificado tres aspectos que deberían ser considerados como prioritarios en el diseño de políticas o proyectos de inversión pública: (1) mejoramiento de la continuidad

en la provisión de agua, (2) mejoramiento de la red de alcantarillado y (3) tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Escenarios de valoración en el experimento de elección

Atributos	Situación actual “ <i>statu quo</i> ”	Cambio
Continuidad en la provisión de agua	La continuidad del servicio de agua potable en promedio alcanza a 7.03 horas por día, pero en algunas zonas de la ciudad (sobre todo en las partes altas) la continuidad apenas llega entre 1 a 2 horas por día, el 61.63% de la población usuaria cuenta con menos de 12 horas de continuidad.	1.- Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 24 horas por día. 2.- Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 12 horas por día.
Red de alcantarillado	Los atoros en la red de recolección aguas residuales es un problema cotidiano debido a la antigüedad de la red de alcantarillado.	1.- Renovación del 100% de la red de alcantarillado. 2.- Renovación del 50% de la red de alcantarillado.
Tratamiento de aguas residuales	La planta de tratamiento de aguas residuales “El Espinar” (construida en 1972) ha colapsado por completo, generado que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente a la bahía interior del lago Titicaca.	1.- Tratamiento óptimo de aguas residuales (construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales). 2.- Tratamiento parcial de aguas residuales (limpieza periódica de lodos con maquinaria – dragas). Se contempla aumentar las tarifas:
Incremento en la tarifa	Actualmente se tiene una estructura tarifaria aprobado para usuarios con medidor y sin medidor.	+ 4 soles adicionales en el recibo + 6 soles adicionales en el recibo

+ 8 soles adicionales en el recibo

Fuente: Elaboración propia con base en información de EMSAPUNO

Los aspectos prioritarios a tener en cuenta en el diseño de políticas o proyectos de inversión pública, en el proceso de modelamiento reciben el nombre de atributos, y consiguientemente existen diferentes combinaciones de niveles para cada uno de los atributos. Se eligió un escenario de valoración que contempla mantener la situación actual “*statu quo*” frente a una alternativa que implica mejoras, de forma tal que cada atributo contempla niveles de dichas mejoras. Por otro lado, Louviere, Hensher y Swait (2000) recomiendan introducir un atributo más, que logra restringir las elecciones exigiendo una contraprestación económica por las acciones de mejora. Los niveles de ese atributo monetario se determinaron a partir de una encuesta piloto de pregunta abierta, lo que permitió obtener el valor mínimo y máximo del posible incremento en la tarifa, éstos valores son: S/4, S/6 y S/8 soles. Los escenarios de valoración fueron propuestos de la siguiente manera:

Tabla 2. Definición de atributos, variables y niveles

Atributos	Variables	Niveles
Agua	Aumento en continuidad a 24 horas por día (ACA24)	Deficiente (no cambia)
	Aumento en continuidad a 12 horas por día (ACA12)	Bueno (12 horas) Excelente (24 horas)
Alcantarillado	Renovación del 100% de la red de alcantarillado (R100)	Deficiente (no cambia) Bueno (50%)
	Renovación del 50% de la red de alcantarillado (R50)	Excelente (100%)
Tratamiento	Tratamiento óptimo de aguas residuales (construcción de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales) (TOAR)	Deficiente (no cambia) Bueno (Limpieza periódica)
	Tratamiento parcial de aguas residuales (limpieza periódica de lodos con maquinaria – dragas) (TPAR)	Excelente (Nueva planta)
Tarifa	COSTO	+ 4 soles adicionales
		+ 6 soles adicionales

Fuente: Elaboración propia

En términos operativos, y teniendo en cuenta en la Tabla 1, se pueden resumir los atributos y niveles usados en el experimento de elección de la siguiente manera:

2.3 Generación del diseño experimental

Según la tabla 2 existe un total de 81 combinaciones de escenarios diferentes (3x3x3x3), ejecutar la encuesta con 81 tarjetas sería impracticable, por lo tanto, la selección de combinaciones requiere de la utilización de métodos como el análisis factorial fraccionado, que intentan minimizar la correlación entre los atributos (Bennett y Adamowicz, 2001).

Haciendo uso del proceso de diseño ortogonal, para permitir que los encuestados sean capaces de elegir la combinación más preferida se utilizó el diseño factorial fraccionado, que presenta una fracción adecuada de todas las posibles combinaciones de niveles de los atributos. En total se generaron 9 tarjetas y/o alternativas (Tabla 3), éstos escenarios óptimos son ortogonales (no existe correlación entre niveles y atributos) y equilibrados (cada nivel aparece en el atributo el mismo número de veces).

El diseño ortogonal ilustrado en la Tabla 3, contiene una combinación (tarjeta 7) idéntica al *statu quo* (que se caracteriza por tener niveles deficientes en todos los atributos). Realizando una prueba de consistencia de forma sencilla: frente a escenarios de “no mejora” y una contribución económica,

carece de sentido la elección de la tarjeta 7, por lo que se procedió a desechar esta combinación con la finalidad de que los encuestados no incurran en este tipo de elección, lo cual determinó que se tengan 8 combinaciones óptimas.

Tabla 3. Resultados del diseño ortogonal (lista de tarjetas)

ID de tarjeta	Agua	Alcantarillado	Tratamiento	Costo
1	Excelente	Bueno	Excelente	4
2	Excelente	Excelente	Deficiente	6
3	Bueno	Deficiente	Excelente	6
4	Bueno	Excelente	Bueno	4
5	Bueno	Bueno	Deficiente	8
6	Deficiente	Excelente	Excelente	8
7	Deficiente	Deficiente	Deficiente	4
8	Excelente	Deficiente	Bueno	8
9	Deficiente	Bueno	Bueno	6

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software SPSS 22

2.4 Codificación de los atributos a valorar

Siguiendo el esquema desarrollado por Holmes y Adamowicz (2003) se utilizó códigos para determinar los efectos de los atributos, el cual traslada la escala de calificación de categorías para codificar el sistema que será usado en el análisis econométrico. El número de nuevas variables creadas es equivalente al número de niveles de los atributos que deben ser codificados, menos uno. Según la Tabla 2, se tiene 3 niveles para cada atributo, por lo que será necesario crear dos variables para cada atributo.

En esta investigación se utilizará variables codificadas (*effects codes*) y también variables *dummy* (*dummy codes*) en la determinación de los efectos de los atributos.

La codificación para el caso *effects codes* se realiza teniendo en cuenta que cada atributo tiene tres niveles de mejora (Deficiente, Bueno y Excelente), en consecuencia, para el atributo *continuidad de agua* se genera tres variables: Aumento en continuidad a 24 horas por día (ACA24), aumento en continuidad a 12 horas por día (ACA12) y mantener el *statu quo* (Deficiente), en este caso, la tercera variable que corresponde a “Deficiente” es el nivel base para comparar, por lo que finalmente en el análisis econométrico se trabaja con dos variables (ACA24 y ACA12). Sin embargo, el usuario puede elegir cualquiera de estos tres niveles de mejora.

En efecto, cuando el usuario elige ACA24 se asigna el valor de 1 a esta variable y 0 a la variable ACA12, si por el contrario el usuario elige ACA12, entonces se asigna a esta variable el valor de 1 y 0 a la variable ACA24; la última opción es que el usuario prefiera “Deficiente”, en este caso se codifica con -1 a la variable ACA24 y también con -1 a la variable ACA12.

Los coeficientes de ACA24 y ACA12 proveen la “utilidad marginal” de esos niveles del atributo *continuidad de agua*, multiplicando por -1 la suma de esos coeficientes se puede obtener la “utilidad marginal” del nivel “Deficiente” de continuidad de agua.

Los códigos para los otros dos atributos (alcantarillado y tratamiento de aguas residuales) se codifican de la misma manera (Tabla 4).

Tabla 4. Códigos para determinar los efectos mediante *effects codes*

Nivel de calidad	Atributos del cambio en la provisión de servicios de saneamiento					
	Agua		Alcantarillado		Tratamiento	
	ACA24	ACA12	R100	R50	TOAR	TPAR
Excelente	1	0	1	0	1	0
Bueno	0	1	0	1	0	1
Deficiente	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. *Effects codes* para escenarios de valoración en EE-Tarjeta

Conjuntos de elección (preguntas)	Atributos Alternativas	Agua			Alcantarillado		Tratamiento		Costo
		I D	ACA2 4	ACA1 2	R100	R50	TOAR	TPAR	
1	a	1	1	0	0	1	1	0	4
1	b	2	1	0	1	0	-1	-1	6
1	c		-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
2	a	3	0	1	-1	-1	1	0	6
2	b	6	-1	-1	1	0	1	0	8
2	c		-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
3	a	4	0	1	1	0	0	1	4
3	b	8	1	0	-1	-1	0	1	8
3	c		-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
4	a	5	0	1	0	1	-1	-1	8
4	b	9	-1	-1	0	1	0	1	6
4	c		-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

Fuente: Elaboración propia con base en el diseño ortogonal y *effects codes*

Con la información anterior, se asigna en cada caso la lista de tarjetas del diseño ortogonal para la generación de conjuntos de elección, los cuales serán utilizados en la encuesta. El orden de los conjuntos de elección se ha realizado

aleatoriamente. En la Tabla 5 se observa los escenarios de valoración codificada para el experimento de elección teniendo en cuenta los *effects codes*.

En el segundo caso se utiliza *dummy codes* para la codificación de las variables asociadas a los atributos, en este caso, no es necesario otro formato de encuesta, sobre la base de las respuestas del formato EE-Tarjeta se codifica nuevamente. Las variables *dummy* (0,1) sustituyen a los *effects codes* (1, 0, -1). En la Tabla 6 se ilustra los valores que tomarán cada variable (atributo) usando *dummy codes*.

Tabla 6. Códigos para determinar los efectos mediante *dummy codes*

Nivel de calidad	Atributos del cambio en la provisión de servicios de saneamiento					
	Agua		Alcantarillado		Tratamiento	
	ACA24	ACA12	R100	R50	TOAR	TPAR
Excelente	1	0	1	0	1	0
Bueno	0	1	0	1	0	1
Deficiente	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 6 se desprende que cada atributo tiene tres niveles de mejora (variables), sin embargo, en la estimación econométrica se utilizará solamente dos variables para cada atributo; en todos los casos el nivel base para comparar será la variable-atributo “Deficiente”. Con base en lo anterior, la codificación de las variables-atributo que será utilizado en la estimación econométrica (utilizando *dummy codes*) se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Dummy codes para escenarios de valoración en EE-Tarjeta

Conjuntos de elección (preguntas)	Atributos		Agua		Alcantarillado		Tratamiento		Costo
	Alternativas	ID	ACA24	ACA12	R100	R50	TOAR	TPAR	COSTO
1	a	1	1	0	0	1	1	0	4
1	b	2	1	0	1	0	0	0	6
1	c		0	0	0	0	0	0	0
2	a	3	0	1	0	0	1	0	6
2	b	6	0	0	1	0	1	0	8
2	c		0	0	0	0	0	0	0
3	a	4	0	1	1	0	0	1	4
3	b	8	1	0	0	0	0	1	8
3	c		0	0	0	0	0	0	0
4	a	5	0	1	0	1	0	0	8
4	b	9	0	0	0	1	0	1	6
4	c		0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en el diseño ortogonal y utilización de *dummy codes*

2.5 Diseño e implementación de la tarjeta de elección

Operativamente, los ocho conjuntos de elección que se consideró óptimo en el diseño ortogonal (Tabla 3), han sido divididos en bloques de cuatro versiones diferentes, que contienen cada uno dos conjuntos de elección⁵, sobre los cuales los usuarios deberán mostrar su preferencia y consiguientemente proceder con su elección. En el Anexo 1 se ilustra las cuatro versiones de tarjetas que se han incluido en el formato de encuesta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

⁵ Las ocho combinaciones óptimas que se generaron en el diseño ortogonal se combinaron aleatoriamente en grupos de dos, añadiendo una tercera alternativa en cada conjunto de elección que representa el *statu quo* o situación de no pagar nada y no obtener ningún cambio respecto a la situación actual.

3.1 Origen y organización de la investigación

Se aplicaron un total de 400 encuestas⁶ a jefes de hogares con conexiones de agua y desagüe, sin embargo, luego de un proceso de verificación y cruce de información se descartaron un total de 8 encuestas por contener información incoherente, quedando finalmente la muestra en 392. Por las características técnicas propias del formato de encuesta fue necesario capacitar a los aplicadores, en efecto, esta capacitación se llevó a cabo en las aulas de la Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano la primera semana del mes de Enero del 2017 a estudiantes del III, IV, V y IX

⁶ El tamaño de muestra toma en cuenta la población servida del servicio de agua potable y desagüe en la ciudad de Puno, el mismo que, al mes de septiembre del 2014 fue de 34,036 conexiones (30,945 conexiones domésticas, 2,640 conexiones comerciales, 97 conexiones industriales, 266 conexiones estatales y 88 conexiones sociales (PSA-EMSAPUNO, 2014). La categoría doméstico representa el 90.92% de la totalidad de conexiones de la EPS, motivo por el cual constituye la población para fines del muestreo. El tamaño de la muestra se determinó con base a la técnica de muestreo aleatorio simple. La fórmula a utilizar para determinar la muestra es el siguiente:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

Z = nivel de confianza, Z=1.96 que corresponde a un nivel de confianza del 95%.

N = tamaño de la población (30,945 usuarios).

E = margen de error permisible, en el presente estudio se trabaja con 5%.

p = proporción de la población que estaría dispuesto a pagar por el mejoramiento en la provisión de servicios de saneamiento básico, igual a 0.5.

q = proporción de la población que no estaría dispuesto a pagar por el mejoramiento en la provisión de servicios de saneamiento básico, igual a 0.5.

Sustituyendo valores en la fórmula se obtiene un tamaño de muestra de 379 usuarios a encuestar en la ciudad de Puno. Sin embargo, se incrementaron 21 encuestas en previsión de la posible existencia de encuestas que por datos incompletos o inconsistencias podrían ser excluidas del análisis. Así se fijó su número en 400.

semestre⁷. Todas las encuestas fueron realizadas en el mes de Enero de 2017, durante dos fines de semana en la ciudad de Puno.

3.2 *Análisis descriptivo*

La totalidad de encuestados eligieron alguna alternativa de los cuatro conjuntos de elección que se les ha presentado. En la Tabla 8 se puede apreciar que las tarjetas de elección 1 (1&2) y 3 (4&8) son las más preferidas con respecto al resto de tarjetas.

Tabla 8. Consolidado de las elecciones por tipo de tarjeta

Tarjetas	1	2	sq	3	6	sq	4	8	sq	5	9	sq	Total
Tarjeta 1 (1&2)	287	53	52										392
Tarjeta 2 (3&6)				168	73	151							392
Tarjeta 3 (4&8)							239	52	101				392
Tarjeta 4 (5&9)										48	156	188	392

Fuente: Elaboración propia con base en encuestas.

En la Tabla 9 se aprecia la proporción de resultados para cada tarjeta de elección, en efecto, para el caso de la tarjeta 1 (1&2) el 87% de encuestados eligió alguna alternativa de mejora y solamente un 13% prefirió el *statu quo* (alternativa de no hacer nada). Por su parte, en el caso de la tarjeta 4 (5&9) se

⁷ Los profesores de la Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano que gentilmente colaboraron con las facilidades para que los alumnos de los cursos a su cargo puedan realizar el trabajo de campo fueron: Dr. Erasmo Manrique Zegarra – Costos y Presupuesto, MSc. Freddy Carrasco Choque – Microeconomía III, Dr. Manglio Aguilar Olivera – Formulación de Proyectos y Dr. Alcides Huamani Peralta – Evaluación Social de Proyectos.

tiene que el 52% de encuestados eligió alguna alternativa de mejora y el 48% prefirió el *statu quo*. En general se observa que las tarjetas 2 (3&6) y 4 (5&9) son las que presentan mayores casos de elección del *statu quo*.

Tabla 9. Proporción de resultados para cada tarjeta de elección

Tarjeta 1 (1&2)	Obs	%	Tarjeta 2 (3&6)	Obs	%
Alternativa 1	287	73	Alternativa 3	168	43
Alternativa 2	53	14	Alternativa 6	73	19
<i>Statu quo</i>	52	13	<i>Statu quo</i>	151	39
Total	392	100	Total	392	100

Tarjeta 3 (4&8)	Obs	%	Tarjeta 4 (5&9)	Obs	%
Alternativa 4	239	61	Alternativa 5	48	12
Alternativa 8	52	13	Alternativa 9	156	40
<i>Statu quo</i>	101	26	<i>Statu quo</i>	188	48
Total	392	100	Total	392	100

Fuente: Elaboración propia con base en encuestas.

3.3 Operacionalización de variables en el experimento de elección

En las regresiones multinomiales la variable dependiente es la “elección” que realiza el usuario sobre la base de alternativas de mejora en los servicios de saneamiento básico. Las variables explicativas corresponden a los diferentes niveles de mejora y éstas se codifican dependiendo del método de codificación. En el Anexo 2 se muestra la “elección” que realiza un usuario escogido al azar de la muestra en estudio, se puede observar que al encuestado $i=1$ se le presentaron cuatro tarjetas de elección y cada tarjeta incluye tres alternativas de mejora en los servicios de saneamiento básico (Alternativa A, Alternativa B y *statu quo*) los cuales se derivan de las combinaciones óptimas

encontradas en el diseño ortogonal. La codificación de las mejoras en este caso se ha realizado con *effects codes*.

En la tarjeta de elección 1, el usuario elige la alternativa A que tiene las siguientes mejoras: aumenta la continuidad de agua en el hogar a 24 horas por día, renovación del 50% de la red de alcantarillado y tratamiento óptimo (construcción de una nueva planta de tratamiento), mejoras que implican un aumento en la tarifa de S/4. Este mismo usuario en el caso de la tarjeta de elección 2, elige la alternativa *statu quo* es decir la situación de no hacer nada. En el caso de la tarjeta de elección 3, el usuario elige la alterativa A que tiene como mejoras: aumenta la continuidad de agua en el hogar a 12 horas por día, renovación del 100% de la red de alcantarillado y tratamiento parcial (limpieza periódica de lodos con maquinaria-dragas), mejoras que implican un aumento en la tarifa de S/4. En el caso de la tarjeta de elección 4, este mismo usuario elige la alternativa *statu quo*⁸. En la segunda parte del Anexo 2 también se ilustra estas mismas cuatro situaciones de elección para el usuario 1, pero la codificación de mejoras se realiza con *dummy codes*.

En la Tabla 10, se observa la descripción de las variables seleccionadas usadas en el análisis con el correspondiente signo esperado en el modelo de regresión.

⁸ No sobra enfatizar el hecho de que al presentar las tarjetas de elección los encuestadores explicaron que las cuatro tarjetas de elección son independientes, es decir, en cada caso el usuario debería hacer una nueva elección.

Tabla 10. Descripción de variables seleccionadas usadas en el análisis

Nombre de la variable	Descripción	Signo esperado en el modelo de regresión
ELECCIÓN	Elección de alternativas de mejora (incluye la situación actual – <i>statu quo</i>) Effects codes: 1, 0 y -1 Dummy codes: 1 y 0	
ACA24	Aumento en continuidad a 24 horas por día	+
ACA12	Aumento en continuidad a 12 horas por día	+
R100	Renovación del 100% de la red de alcantarillado	+
R50	Renovación del 50% de la red de alcantarillado	+
TOAR	Tratamiento óptimo de aguas residuales	+
TPAR	Tratamiento parcial de aguas residuales	+
EDU	Nivel de educación: 1=Sin instrucción 2=Primaria incompleta, 10=Con estudios de postgrado	+
ING	Nivel de Ingreso: 1=Menos de 400 soles 2=Entre 400 y 600 soles, 12=Más de 7,500 soles	+
INGR	Ingreso monetario: Nro entero (Promedio aritmético de cada categoría de la variable ING).	+
COSTO	Incremento tarifario: +4 soles adicionales, + 6 soles adicionales y + 8 soles adicionales.	-

Fuente: Elaboración propia

3.4 *Análisis econométrico*

Las ocho tarjetas de elección consideradas óptimas se han agrupado en bloques de dos (incluyendo en cada una la situación del *statu quo* como alternativa fija) en consecuencia se tiene cuatro tarjetas de elección: Tarjeta 1 (1&2), tarjeta 2 (3&6), tarjeta 3 (4&8) y tarjeta 4 (5&9). Se ha presentado a cada individuo las cuatro tarjetas de elección, es decir, el experimento tiene cuatro repeticiones, obteniéndose una base de datos tipo “panel data”. De esta manera, por cada encuestado se obtuvieron $4 \times 3 = 12$ observaciones, distribuidos en 392 encuestas, generándose una base de datos con $4 \times 3 \times 392 = 4,704$ observaciones⁹. No está demás precisar que en total los individuos encuestados han realizado 1,568 elecciones (392×4). En la Tabla 11 se presenta una síntesis con los principales resultados de los modelos econométricos estimados.

Teniendo en cuenta criterios econométricos, se selecciona el modelo logit mixto con *dummy codes*¹⁰, en general en este modelo los signos de los coeficientes que acompañan a las variables explicativas son los esperados. Las variables que son altamente significativas al 1% de significancia son: ACA24, R100, TOAR, TPAR y COSTO. Las variables significativas al 5% son ACA50 y R50. Hay un buen ajuste (16.62%) en términos del pseudo R-cuadrado ajustado (no se acerca demasiado a la unidad), el estadístico de la razón de

⁹ En el Anexo 3 se presente las principales estadísticas descriptivas de todas las variables consideradas en los modelos econométricos.

¹⁰ En el Anexo 4 se ilustra la salida econométrica que reporta el Software N-Logit para el modelo logit mixto-*dummy codes* con interacción.

verosimilitud (Chi-squared) rechaza a menos de un 1% de significancia la hipótesis de que todas las pendientes del modelo son cero (p-valor muy pequeño).

Tabla 11. Comparación de estimaciones econométricas modelo multinomial

Variables	Logit multinomial		Logit mixto	
	Effect codes	Dummy codes	Effect codes	Dummy codes
ACA24	0.437 (5.116)***	0.927 (5.814)***	0.754 (3.888)***	0.965 (5.531)***
ACA12	0.108 (1.406)	0.615 (2.883)***	0.060 (0.620)	0.582 (2.454)**
R100	0.137 (2.333)***	0.394 (3.931)***	0.213 (2.337)**	0.422 (3.173)***
R50	0.198 (2.761)***	0.475 (3.384)***	0.259 (2.310)**	0.449 (2.299)**
TOAR	0.501 (7.207)***	1.070 (8.389)***	0.907 (3.653)***	1.155 (6.779)***
TPAR	0.154 (2.162)**	0.655 (5.163)***	0.004 (0.031)	0.724 (3.665)***
COSTO	-0.373 (-17.189)***	-0.417 (-13.298)***	-0.467 (-7.627)***	-0.432 (-11.017)***
1_EDUC		0.090 (2.495)**		0.097 (2.418)**
1_INGR	0.0002 (4.758)***	0.0002 (3.028)***	0.0003 (4.148)***	0.0002 (2.907)***
2_EDUC		0.111 (2.932)***		0.114 (2.790)***
2_INGR	0.0003 (5.997)***	0.0002 (3.687)***	0.0004 (4.999)***	0.0002 (3.575)***
Log-likelihood	-1,434.758	-1,429.698	-1,429.815	-1,428.107
Chi-squared	414.360	424.480	585.618	589.034
Pseudo R-squared	0.12618	0.12926	0.16998	0.17097
Pseudo R-squared Adj.	0.12367	0.12620	0.16572	0.16618
Nro observaciones	4,704	4,704	4,704	4,704

Entre paréntesis Z-estadísticos: *** indica significancia a un nivel de 1% y ** al 5%

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software N-logit 4.

Los parámetros de los atributos de las mejoras en los servicios de saneamiento básico tienen los signos esperados, es decir, un aumento en la continuidad a 24 horas por día (ACA24), un aumento en continuidad a 12 horas por día (ACA12), la renovación del 100% de la red de alcantarillado (R100), la renovación del 50% de la red de alcantarillado (R50), el tratamiento óptimo de aguas residuales (TOAR) y el tratamiento parcial de aguas residuales (TPAR) son mejoras que afectan positivamente la utilidad del usuario.

El coeficiente de la variable costo (COSTO) que refleja el incremento en la tarifa de los servicios de agua y alcantarillado es negativo, era de esperarse. Mientras mayor sea la tarifa, menor será el ingreso disponible para “comparar” mayores niveles de atributos ofrecidos en las alternativas, por ende menor será su utilidad indirecta.

Por otro lado, las características socioeconómicas de los usuarios reflejan el efecto interacción con las constantes específicas para cada alternativa. En ambos casos, el nivel de educación (EDU) y el nivel de ingreso (ING) son altamente significativos, esto indica que, a mayor nivel educativo y mayores niveles de ingreso mayor utilidad indirecta se percibe por las mejoras en los servicios de saneamiento básico.

3.5 Análisis de la disponibilidad a pagar marginal (DAPM)

Los experimentos de elección permiten la estimación de los cambios en el bienestar debido a una variación en cualquiera de los niveles de los atributos.

La disponibilidad a pagar marginal (DAPM) o el precio implícito de un atributo no monetario del bien es la disponibilidad a pagar por un cambio unitario en este atributo manteniéndose el resto constante. Los resultados de las estimaciones econométricas del modelo logit mixto con interacción, indica que la función indirecta de utilidad estimada tiene la siguiente forma en su parte aleatoria y no aleatoria:

$$v_{ij} = 0.965ACA24 + 0.582ACA12 + 0.422R100 + 0.449R50 + 1.155TOAR + 0.724TPAR - 0.432COSTO + 0.097(1_EDUC) + 0.0002(1_INGR) + 0.114(2_EDUC) + 0.0002(2_INGR) \quad (13)$$

En la Tabla 12 se muestra la DAPM de los diferentes atributos no monetarios utilizados en el experimento de elección. Los cálculos fueron realizados utilizando la ecuación (11).

Tabla 12. Disponibilidad marginal a pagar por un cambio en cada atributo

Servicios de saneamiento básico	(S/mes/vivienda)		DAP Total	%
	DAPM por niveles de mejora			
	Bueno	Excelente		
Agua	1.35	2.23	3.58	36
Alcantarillado	1.04	0.98	2.02	20
Tratamiento	1.68	2.68	4.35	44
Total	4.07	5.89	9.95	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo econométrico logit mixto

Al agregar la DAPM en los niveles de mejora, se tiene que el atributo “tratamiento” es mayor que los atributos “agua” y “alcantarillado”. La DAP

total por las mejoras en los tres atributos es de S/9.95. Al comparar los resultados de esta investigación con resultados de otras investigaciones sobre la misma temática, resulta que Tudela (2017) en su trabajo de investigación aplica el MVC-doble límite en la estimación de la DAP por el mejoramiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno-Perú, encontrando una DAP media de aproximadamente S/4.38/mes/vivienda. Si comparamos con la DAPM para el atributo “tratamiento” (S/4.35/mes/vivienda) los resultados son muy parecidos, confirmando coherencia en los resultados reportados.

Por otro lado, Lucich y Gonzales (2015) al aplicar el EE en la ciudad de Tarapoto-Perú, concluyen que los usuarios del servicio de distribución de agua estarían dispuestos a pagar la suma de S/7.00 mensuales, como monto adicional en su recibo, por la mejora en la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable y por la conservación de la fuente actual de agua a través de la reforestación. Al desagregar sus resultados, se tiene que el atributo “calidad del agua: turbidez” y el valor de “aumentar las horas de abastecimiento de agua” suman en total S/3.91. Resultado cercano al reportado en esta investigación en el caso del atributo “agua” (S/3.58).

Al descomponer la DAP para diferentes atributos y agregar los niveles de mejora en cada caso, se podría proponer que el 44% del incremento tarifario debería estar orientado a mejorar el servicio de tratamiento de aguas residuales, el 36% a mejorar la prestación del servicio de agua potable en términos de mayor continuidad y finalmente el 20% a mejorar el sistema de alcantarillado

sanitario. Esta forma orientar recursos económicos a las actividades de operación y mantenimiento, provenientes de incrementos tarifarios y jerarquizar mejoras en los servicios de saneamiento urbano constituye un aporte de esta investigación.

3.6 *Análisis de opciones de políticas*

Conforme se ha podido evidenciar en el apartado anterior la DAP agregada en el caso multinomial fue tomado del modelo logit mixto-*dummy codes*, sin embargo, es posible analizar los cambios en el bienestar, cuando se utiliza en el análisis, el modelo logit multinomial-*effect codes* (modelo sin interacción)¹¹. En este caso el análisis se realiza teniendo en cuenta diferentes opciones de políticas de mejora en los servicios de saneamiento básico.

Para este propósito se utiliza los diferentes niveles de mejora que se han planteado en el diseño experimental para cada alternativa (deficiente, bueno y excelente). El cambio en el bienestar se realiza teniendo en cuenta esos escenarios de mejora y en cada caso conviene plantear la función indirecta de utilidad estimada para la situación actual (*statu quo*) y para la situación con mejora. En la Tabla 13 se ilustra una síntesis de la situación actual y las diferentes opciones de política.

¹¹ En el Anexo 5 se ilustra la salida econométrica que reporta el Software N-Logit para el modelo logit multinomial-*effect codes* sin interacción.

Tabla 13. Resumen de la situación actual y políticas de mejoras

Atributos	Situación actual “ <i>statu quo</i> ”	Cambio
Agua	La continuidad del servicio de agua potable en promedio alcanza a 7.03 horas por día, pero en algunas zonas de la ciudad (sobre todo en las partes altas) la continuidad apenas llega entre 1 a 2 horas por día, el 61.63% de la población usuaria cuenta con menos de 12 horas de continuidad.	Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 24 horas por día (Excelente). Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 12 horas por día (Bueno).
Alcantarillado	Los atoros en la red de recolección aguas residuales es un problema cotidiano debido a la antigüedad de la red de alcantarillado.	Renovación del 100% de la red de alcantarillado (Excelente). Renovación del 50% de la red de alcantarillado (Bueno).
Tratamiento	La planta de tratamiento de aguas residuales “El Espinar” (construida en 1972) ha colapsado por completo, generado que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente a la bahía interior del lago Titicaca.	Tratamiento óptimo de aguas residuales (construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales) (Excelente). Tratamiento parcial de aguas residuales (limpieza periódica de lodos con maquinaria – dragas) (Bueno).

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la variación compensatoria (VC) que es una medida del cambio en el bienestar del usuario de pasar del *statu quo* a un nivel de mejora

en cada atributo se utiliza la ecuación (10) el mismo que en su versión simplificada queda expresada de la siguiente manera:

$$VC = \left(\frac{1}{-\gamma} \right) (v_{i1} - v_{i0}) \quad (14)$$

En la ecuación (14) se calcula la VC cuando se requiere estimar el cambio en el bienestar de pasar del *statu quo* a un nivel de mejora. En este caso v_{i1} representa la utilidad del nivel de mejora y v_{i0} la utilidad del *statu quo*. Para calcular la utilidad del *statu quo* se multiplica por -1 a cada nivel de mejora en el atributo correspondiente. La ecuación (15) muestra la función indirecta de utilidad estimada con el modelo logit multinomial-*effect codes* sin interacciones¹².

$$v_{ij} = 0.465ACA24 + 0.086ACA12 + 0.181R100 + 0.201R50 + 0.498TOAR + 0.259TPAR - 0.311COSTO \quad (15)$$

Una propuesta interesante desde la perspectiva del diseño de políticas públicas constituye el análisis ex – ante de diferentes opciones de políticas. Este proceso se ilustra agrupando los diferentes niveles de mejora en los servicios de saneamiento según las siguientes opciones:

Opción de política I:

¹² La utilización del modelo logit multinomial-*effect codes* sin interacción en es razón a que en este modelo la mayoría de variables explicativas son altamente significativas excepto ACA12. En el modelo logit mixto-*effect codes* con y sin interacciones existen más de dos variables explicativas no significativas.

Situación actual 1: La continuidad del servicio de agua potable en promedio sigue alcanzando 7.03 horas por día.

Escenario 1: Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 12 horas por día.

Situación actual 2: Los atoros en la red de recolección aguas residuales se sigue presentando.

Escenario 2: Renovación del 50% de la red de alcantarillado.

Situación actual 3: Las descargas de aguas residuales se siguen vertiendo directamente a la bahía interior del lago Titicaca sin ningún tratamiento.

Escenario 3: Tratamiento parcial de aguas residuales (limpieza periódica de lodos con maquinaria – dragas).

Opción de política II:

Situación actual 1: La continuidad del servicio de agua potable en promedio sigue alcanzando 7.03 horas por día.

Escenario 1: Aumenta la continuidad de agua en el hogar a 24 horas por día.

Situación actual 2: Los atoros en la red de recolección aguas residuales se sigue presentando.

Escenario 2: Renovación del 100% de la red de alcantarillado.

Situación actual 3: Las descargas de aguas residuales se siguen vertiendo directamente a la bahía interior del lago Titicaca sin ningún tratamiento.

Escenario 3: Tratamiento óptimo de aguas residuales (construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales).

Teniendo en cuenta las ecuaciones (14) y (15), en la Tabla 14 se muestran los resultados de las estimaciones de los cambios en el bienestar para las opciones de política I y II.

Tabla 14. Cambios en el bienestar por opciones de política

Servicios de saneamiento básico (atributos)	Coeficientes por niveles de mejora			Cambios en el bienestar	
	Deficiente	Bueno	Excelente	Opción de política I	Opción de política II
Agua	-0.5527	0.0868	0.4659	2.0527	3.2694
Alcantarillado	-0.3834	0.2018	0.1817	1.8783	1.8138
Tratamiento	-0.7571	0.2590	0.4981	3.2617	4.0289
Total	-1.6932	0.5476	1.1456	7.193	9.112

Fuente: Elaboración propia con base en la estimación del modelo logit multinomial-*effect codes*.

Los resultados positivos al pasar del *statu quo* al nivel bueno o excelente implican un cambio positivo en el bienestar de los usuarios. Obviamente los coeficientes negativos de la situación *statu quo* en cada caso revela que esta situación genera una pérdida en bienestar para los usuarios. Por otro lado, en el cuadro anterior también se puede observar que al pasar de deficiente a bueno y de deficiente a excelente se sigue manteniendo la estructura de valoración de

atributos, es decir, el atributo “tratamiento” es más valorada que los atributos “agua” y “alcantarillado”, resultado concordante con el análisis de la sección anterior.

Desde la perspectiva de la implementación de políticas en materia de saneamiento básico, los usuarios valoran más las mejoras en los niveles “excelente” para cada atributo y al agregar los resultados se aprecia que la **opción de política II** es más valorada que la opción de política I. En consecuencia, la Municipalidad Provincial de Puno y/o la EPS EMSAPUNO si desean implementar las mejoras ilustradas en la opción de política II, deben incorporar en el análisis costo/beneficio la medida de bienestar encontrada en esta investigación y agregar estos beneficios económicos en función de la población directamente beneficiada, en este caso, el beneficio total por la opción de política II es de **S/9.11/mes/vivienda**. Esta medida de bienestar corresponde a la VC que es una medida monetaria de bienestar Hicksiana que se aproxima a la DAP, el mismo que fue cuantificada en esta investigación en aproximadamente **S/9.95/mes/vivienda**. El uso de cualquier de estas medidas monetarias de bienestar en la evaluación costo/beneficio de las mejoras planteadas tiene sustento técnico-científico en la economía del bienestar, rama especializada de la ciencia económica que en los últimos años está contribuyendo de manera prominente en el análisis cuantitativo de políticas públicas (Freeman, Herriges y Kling, 2014; Just, Hueth y Schmitz, 2004).

4. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación permiten concluir en una primera instancia que la estimación de medidas monetarias de bienestar por la implementación de mejoras en los servicios de saneamiento básico requiere de un análisis cuantitativo riguroso. En efecto, mediante el modelo logit mixto-*dummy codes* se estimó una DAPM agregada de S/9.95/mes/vivienda. Con base en el modelo logit multinomial-*effect codes*, se logró estimar la VC en S/9.11/mes/vivienda. Al comparar ambos resultados, se concluye que no existen diferencias significativas, por lo tanto, cualquiera de estas medidas monetarias de bienestar, al ser agregado en función a la población potencialmente beneficiaria por el cambio, se podría utilizar como medida de beneficio económico en la evaluación costo/beneficio de las mejoras planteadas.

En segundo lugar, se ha evidenciado que el atributo “tratamiento” es más valorada que los atributos “agua” y “alcantarillado”, por lo tanto, cualquier política orientada a mejorar los servicios de saneamiento básico en la ciudad de Puno debe estar prioritariamente focalizada a solucionar el tema de tratamiento de aguas residuales.

En tercer lugar, las estimaciones econométricas mediante el modelo logit mixto-*dummy codes* revelan que la elección de alternativas de mejora en los servicios de saneamiento básico está fuertemente condicionada por el nivel educativo y el ingreso monetario mensual de los usuarios.

Los hallazgos de la presente investigación reportan los beneficios económicos (cambios en el bienestar) medidos a partir de la variación compensatoria para diferentes opciones de política, información que puede ser de utilidad para los tomadores de decisiones. En consecuencia, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Puno y/o EPS EMSAPUNO, implementar los estudios de factibilidad a nivel de pre inversión de un proyecto de inversión pública integral que contemple prioritariamente los siguientes componentes que generan mayor bienestar a los usuarios:

- Componente 1: Tratamiento – Objetivo: Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Componente 2: Agua potable – Objetivo: Aumentar la continuidad de agua en el hogar a 24 horas por día.
- Componente 3: Alcantarillado – Objetivo: Renovación del 100% de la red de alcantarillado.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alpizar, F., Carlsson, F. & Martinsson, P. (2001). Using choice experiments for non-market valuation. *Working Papers in Economics* No. 52. Department of Economics. Göteborg University. Obtenido de <http://www.eepsea.org/pub/sp/10301141930choiceexperiments.pdf>
- Ben-Akiva, M. & Lerman, S. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Bennett, J. & Adamovicz, V. (2001). Some fundamentals of environmental choice modelling. In Jeff Bennett and Russell Blamey, Eds., *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar, pp. 37-69.
- Birol, E. & Das, S. (2010). Estimating the value of improved wastewater treatment: the case of River Ganga, India. *Journal of Environmental Management* 91 (2010) 2163–2171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.008>
- Birol, E., Karousakis, K. & Koundouri, P. (2006). Using a choice experiment to account for preference heterogeneity in wetland attributes: The case of Cheimaditida Wetland in Greece. *Ecological Economics* 60: 145–156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.002>
- Birol, E., Smales, M. & Gyovai, A. (2006). Using a choice experiment to estimate farmers' valuation of agrobiodiversity on Hungarian small farms. *Environmental & Resource Economics* 34: 439–469. doi:10.1007/s10640-006-0009-9
- Blamey, R., Gordon, J. & Chapman, R. (1999). Choice modelling: assessing the environmental values of water supply options. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43(3): 337–357. Obtenido de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/117163/2/1467-8489.00083.pdf>

- Carlsson, F., Frykblom, P. & Liljenstolpe, C. (2003). Valuing wetland attributes: an application of choice experiments. *Ecological Economics* 47: 95–103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2002.09.003>
- Freeman, M., Herriges, J. & Kling, C. (2014). The measurement of environmental and resource values: theory and methods. Third Edition. Resources for the Future, Washington, D.C.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*, 5th edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Haneman, M. (1999). Welfare analysis with discrete choice models. In Joseph Herriges and Catherine Kling, eds., Valuing recreation and the environment, Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar.
- Hanley, N., Wright, R. & Álvarez-Farizo, B. (2006). Estimating the economic value of improvements in river ecology using choice experiments: an application to the water framework directive. *Journal of Environmental Management* 78: 183–193. doi: 10.1016/j.jenvman.2005.05.001
- Hensher, D., Rose, J. & Greene, W. (2005). *Applied Choice Analysis: A Primer*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holmes, T. & Adamowicz, W. (2003). Attribute-Based Methods. In Patricia A. Champ, Kevin J. Boyle and Thomas C. Brown, Eds. A primer Nonmarket Valuation. Kluwer Academic publishers, pp. 171-219.
- Just, R., Hueth, D. & Schmitz, A. (2004). The Welfare Economics of Public Policy: A Practical Approach to Project and Policy Evaluation. Edward Elgar Editorial.
- Justes, A., Barberán, R. & Farizo, B. (2014). Economic valuation of domestic water uses. *Science of the Total Environment* 472 (2014) 712–718. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.113>
- Louviere, J., Hensher, D. & Swait, J. (2000). *Stated choice methods: analysis and application*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Lucich, I. & Gonzales, K. (2015). Valoración económica de la calidad y confiabilidad de los servicios de agua potable en Tarapoto a través de experimentos de elección. Conservation Strategy Fund, *Serie Técnica* No. 29, Abril 2015. Obtenido de <http://conservation-strategy.org/es/reports>.
- McFadden, D. & Train, K. (2000). Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics* 15: 447-470 (2000). Obtenido de <http://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/DiscreteChoice/Readings/McFadden-Train.pdf>
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In: Zarembka, P. (Ed.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York, pp. 105–142. Obtenido de <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- Pearce, D., Turner, K. (1995). Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Colegio de Economistas de Madrid. Hermsilla, Madrid-España.
- PSA-EMSAPUNO (2014). Plan de seguridad del agua para el sistema de agua potable de la ciudad de Puno – Perú. EMSAPUNO - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) - Universidad Federal de Viçosa (UFV).
- Tarfasa, S. & Brouwer, R. (2013). Estimation of the public benefits of urban water supply improvements in Ethiopia: A choice experiment. *Applied Economics*, 45: 1099-1108. doi: 10.1080/00036846.2011.613793
- Train, K. (2009). Discrete choice methods with simulation. Published by Cambridge University Press. Second edition.
- Tudela-Mamani, J. W. (2010). Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en Áreas Naturales Protegidas. *Revista Desarrollo y Sociedad* 66, Segundo Semestre de 2010, páginas 183-217. Universidad de los Andes, Colombia. Obtenido de http://economia.uniandes.edu.co/revistadys/Articulo66_6.pdf

- Tudela-Mamani, J. W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno – Perú. *Revista Desarrollo y Sociedad* 79, Segundo Semestre de 2017, páginas 189-237, ISSN 0120-3584. Universidad de los Andes, Colombia. Edición especial en temas de economía, medio ambiente y recursos naturales. doi: 10.13043/dys.79.6.
- Villota C., L. (2009). Valoración económica del Humedal de Lengua mediante experimentos de elección. *Panamorama Socioeconómico*, Año 27, Nro 38, p. 32 – 43, Universidad de Talca – Chile. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39912023004>.