

## Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú)

### *Estimating Economic Benefits Improvement System Wastewater Treatment in the City of Puno (Perú)*

Juan Walter Tudela-Mamani<sup>1</sup>

DOI: 10.13043/DYS.79.6

#### Resumen

Este artículo tiene como objetivo estimar los beneficios económicos que se pueden generar por la ejecución de un proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno. Utilizando el método de valoración contingente (MVC) con preguntas referéndum y doble límite, se concluye que el modelo doble límite tiene una mayor consistencia teórica. Se estima una disponibilidad a pagar (DAP) media de S/4,38 por hogar. Los habitantes de la zona sur, lugar más afectado por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, tienen mayor disposición a pagar que los habitantes de la zona centro y norte de la ciudad ( $S/4,90 > S/4,33 > S/3,96$ ). Se confirma mediante el índice de capacidad de pago (ICP) que los habitantes de la zona sur de la ciudad muestran mayor capacidad de pago frente a los habitantes de la zona centro y norte respectivamente ( $0,423 > 0,321 > 0,301$ ).

---

1 Profesor principal de la Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Dirección: Av. El Ejército 329, A. P. 291. Puno, República de Perú. Correo electrónico: jtudela@unap.edu.pe.

Este artículo fue recibido el 13 de julio del 2016, revisado el 8 de diciembre del 2016 y finalmente aceptado el 20 de junio del 2017.

Respecto a la evaluación social de la alternativa de proyecto se estima un valor presente neto (VPN) de S/8'797,320 con una relación beneficio/costo de S/1,1.

*Palabras clave del autor:* valoración contingente, modelo referéndum, modelo doble límite, disponibilidad a pagar, índice de capacidad de pago.

*Clasificación JEL:* Q51.

## Abstract

The aim of this work to estimate the economic benefits that can be generated by the execution of a project to improve the system of wastewater treatment in the city of Puno. Using the contingent valuation method (CVM) with questions referendum and double bounded, it is concluded that the model double bounded has greater theoretical consistency. Average willingness to pay (WTP) of S/4.38 per household is estimated. The people of the south, the main area affected by pollution dumping of wastewater, are more willing to pay than the people of the central and northern part of the city (S/4.90 > S/4.33 > S/3.96). It is confirmed by the payment capacity index (PCI) that the inhabitants of the southern part of the city show greater ability to pay against the inhabitants of the central and north respectively (0.423 > 0.321 > 0.301). Regarding social evaluation of alternative project a net present value (NPV) is estimated of S/8'797,320 with a benefit/cost ratio of S/1.1.

*Author's key words:* contingent valuation, referendum model, double bounded model, willingness to pay, payment capacity index.

*JEL classification:* Q51.

## Introducción

El colapso de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAR) en la ciudad de Puno ha generado que gran parte de las descargas de aguas servidas se viertan directamente en la bahía interior del lago Titicaca (BILT). Esto genera contaminación en el patrimonio natural y pérdida de bienestar en la población. Los principales efectos de este proceso de contaminación son deterioro de las condiciones estéticas del lago, malos olores y pérdida del valor de los inmuebles aledaños.

Para resolver en parte la situación descrita, la Municipalidad Provincial de Puno (MPP) ha elaborado el estudio de factibilidad "Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (MSTARP)", enmarcado en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), cuyo contenido mínimo enfatiza la identificación, formulación y evaluación. Precisamente, en el acápite que corresponde a la evaluación de un proyecto de inversión pública (PIP) se debe garantizar que la alternativa de inversión pública seleccionada sea viable económicamente.

Para analizar la viabilidad económica de un PIP en el sector de saneamiento, concretamente en proyectos de tratamiento de aguas residuales, la dirección general de inversión pública (DGIP) del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) sugiere utilizar la metodología costo-efectividad (CE), es decir, elegir la alternativa de inversión con la que se puede alcanzar los indicadores de efectividad planteados con el menor costo posible. Sin embargo, es preciso mencionar que este tipo de metodología de evaluación se utiliza siempre que los beneficios sociales del PIP no se puedan representar en términos monetarios.

Por su parte, la metodología de evaluación costo-beneficio (CB) se basa en estimar la rentabilidad de un PIP a partir de la comparación de los beneficios sociales con los costos sociales, esta metodología se utiliza siempre que los beneficios sociales pueden ser expresados en valores monetarios. En el caso del proyecto MSTARP, la implementación y posterior ejecución implicarán costos y beneficios para la sociedad, por lo que interesa saber si los beneficios serán mayores a los costos. Para estimar los beneficios sociales de un proyecto existen una serie de metodologías clasificadas en métodos directos e indirectos

de valoración<sup>2</sup> (Freeman, Herriges y Kling, 2014). Cuando se quiere hacer la valoración económica por mejoras ambientales, lo usual es estimar la disponibilidad a pagar (DAP) de las personas como una aproximación de la variación compensatoria<sup>3</sup> (VC) para medir los beneficios económicos. Los costos de inversión, de operación y mantenimiento reflejan el costo total.

En este contexto, el objetivo general de esta investigación es la estimación de los beneficios económicos que se puede generar por la ejecución del proyecto de MSTARP, mediante el método de valoración contingente (MVC) tipo referéndum y doble límite. Los objetivos específicos son:

- a) Estimar la DAP mensual de los habitantes de la ciudad de Puno por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, utilizando el MVC tipo referéndum y doble límite.
- b) Estimar el índice de capacidad de pago (ICP) de los habitantes de la ciudad de Puno en las zonas (norte, centro y sur), con énfasis en la evaluación de la capacidad de pago de los hogares que viven geográficamente más cerca de la PTAR.
- c) Determinar la viabilidad económica del mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno en el marco del SNIP.

El aporte de la investigación es la aplicación empírica del modelo doble límite en los estudios de valoración contingente en el sector de saneamiento. Es decir, se pretende generar evidencia empírica sobre las bondades que resultan de incorporar una pregunta adicional en la encuesta sobre la DAP; con la inclusión de la pregunta adicional se busca un mejor ajuste del modelo estimado y,

---

2 Los métodos directos de valoración son llamados también métodos de construcción de preferencias ya que estos tienen como objetivo construir los valores en términos monetarios (disponibilidad a pagar) que los individuos están dispuestos a dar por un determinado bien. En cambio, los métodos indirectos de valoración tratan de estimar el valor de estos bienes no mercadeables a partir de la relación de estos con bienes para los cuales se cuenta con un mercado observable.

3 La variación compensatoria (VC) corresponde a la máxima disponibilidad a pagar (DAP) o a la mínima cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar (DAA) para mantener su nivel inicial de utilidad después de acceder a un cambio económico que le favorece o para evitar uno que le desfavorece, respectivamente. La variación compensatoria se puede estimar preguntando a las personas sobre su máxima disponibilidad a pagar para acceder a un cambio (ambiental o de otro tipo) que le resulte favorable. Alternativamente, en el caso de un cambio que genera desmejoramiento (ambiental o de otro tipo) se les podría preguntar sobre la mínima suma de dinero que estarían dispuestas a aceptar (DAA) como compensación por el cambio desfavorable (Uribe, Mendieta, Jaime y Carriazo, 2003).

de esta manera, una mejor aproximación al valor de los beneficios económicos por la mejora ambiental. Por otro lado, se pretende incorporar al análisis tradicional de disponibilidad a pagar la elaboración de un ICP para proponer la viabilidad de un incremento en las tarifas por el mejoramiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Además, con base en los resultados de este estudio, la DGIP puede validar este tipo de estudios en la cuantificación de beneficios económicos en proyectos de alcantarillado urbano para que la inversión del Estado pueda ser evaluada en términos de costo beneficio.

Por su parte, la MPP y la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno (EMSAPUNO)<sup>4</sup> a partir de la evidencia empírica encontrada, pueden tomar decisiones sobre la viabilidad económica de las alternativas que existen para controlar la contaminación del vertimiento de aguas residuales, es decir, conociendo los costos del proyecto y las disponibilidades a pagar por el servicio ambiental que se les ofrece, se puede determinar la viabilidad financiera y económica de la alternativa propuesta. En consecuencia, se podría proponer de manera consensuada el incremento tarifario en el servicio de alcantarillado y cubrir los costos de operación y mantenimiento, aspectos fundamentales para evaluar la sostenibilidad de este tipo de inversiones en el sector saneamiento.

En la literatura nacional e internacional existe una gran variedad de estudios empíricos que utilizan el MVC en la estimación de la DAP por mejoras en los servicios de saneamiento básico (agua y alcantarillado). En el cuadro 1 se presenta un resumen de la revisión de literatura.

En síntesis, los estudios anteriores ilustran la importancia del MVC en la estimación de la DAP por mejoras en la provisión de servicios de saneamiento básico. En todos los casos analizados, el MVC permite obtener la valoración económica del servicio que se propone a partir del planteamiento de una mejora en las condiciones de vida de los beneficiarios. Sin embargo, la principal diferencia de la investigación propuesta con los existentes es la inclusión de la variable distancia de la vivienda del jefe de hogar al principal foco de contaminación, el mismo que será incluido en la estimación econométrica como complemento a las variables socioeconómicas del jefe de hogar que son típicas en estudios de valoración contingente.

---

4 Empresa prestadora de servicios de agua y alcantarillado en la ciudad de Puno-Perú.

Cuadro 1. Comparación de estudios de valoración contingente por mejoras en servicios de saneamiento

Fecha	Autor	Título	Formato	Objeto de estudio
2015	Guzmán	Valoración económica de mejoras en los servicios ambientales en el contorno del río Huatanay, Cusco-Perú.	Doble límite	Estima el valor económico de mejoras en la calidad del agua y en la calidad del paisaje urbano en el río Huatanay-Cusco. (DAP = USD 1,6/mes)
2013	Dupont	Water use restrictions or waste water recycling? A Canadian willingness to pay study for reclaimed wastewater.	Doble límite	Estima la DAP de la población a fin de evitar las restricciones de uso de agua en verano a través del suministro de agua residual reciclada para la cisterna del inodoro. (DAP = USD 12,32/mes)
2013	Pérez y Quintanilla	Estimating willingness-to-pay and financial feasibility in small water projects in El Salvador.	Referéndum	Estiman la DAP por una mejora en la calidad del agua y saneamiento en cuatro comunidades semirurales. (DAP = USD 0,93/mes)
2012	Bogale y Urgessa	Households' willingness to pay for improved rural water service provision: application of contingent valuation method in eastern Ethiopia.	Doble límite	Estiman la DAP de hogares rurales para mejorar la prestación del servicio de agua e identificar sus determinantes. (DAP = USD 1,17/mes)
2011	Arias, Suárez y Taborda	Disponibilidad a pagar por los servicios de acueducto y alcantarillado en los barrios el Cofre y San Isidro del corregimiento de Puerto Caldas, Pereira.	Referéndum	Analizan la DAP por la prestación y mejoramiento en los servicios de acueducto y alcantarillado. (Alcantarillado: DAP = USD 6,30/mes)
2010	Toledo y Toledo	Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales: caso PTAR del Cusco.	Referéndum	Analizan si la metodología costo-beneficio es más apropiada para la evaluación económica de proyectos de PTAR. (DAP = USD 2,90/mes)
2009	Del Saz, Hernández y Sala	The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept.	Referéndum	Cuantifican beneficios por la mejora en la calidad del agua en el río Serpis-España. (DAP = USD 8/mes)
2008	Tudela	Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes de la ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas.	Referéndum	Plantea determinar la DAP de los habitantes de la ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas. (DAP = USD 1,28/mes)
2004	Errázuriz	Cálculo de disposición a pagar por sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de Chile usando el método de valoración contingente.	Doble límite	Calcula la DAP por sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. (DAP = USD 6,30/mes)
2002	Mendieta, Uribe y Jaime	Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes del área metropolitana de Pereira y de Dos Quebradas, por el tratamiento primario de sus aguas residuales.	Referéndum	Estiman la DAP de los habitantes del área metropolitana por el tratamiento primario de sus aguas residuales. (Estratos 1 y 2: DAP = USD 1,05/mes; estratos 3 y 4: DAP = USD 0,77/mes; estratos 5 y 6: DAP = USD 5,63/mes)

Fuente: elaboración propia basada en los autores correspondientes.

## I. Área de estudio

Puno es una ciudad del sureste del Perú y es la capital del departamento de Puno. Está ubicada entre las coordenadas geográficas 15°50'15'' latitud sur y 70°01'18'' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Se encuentra a una altura de 3,827 m s. n. m. a orillas del lago Titicaca (MPP, 2008). Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática, se estimó para el año 2015 una población de 141.064 habitantes (INEI, 2009).

Puno posee una diversificada oferta turística, siendo una de las ciudades más visitadas del Perú luego de Lima y Cusco. El principal atractivo turístico de la ciudad es el lago Titicaca reconocido como sitio Ramsar; el lago ocupa un área total de 8.562 km<sup>2</sup> (el lado peruano tiene un área de 4.772 km<sup>2</sup> y el lado boliviano 3.790 km<sup>2</sup>), mide 204 km de largo por 65 km de ancho y una profundidad máxima de 283 m; se estima que contiene un volumen de 883 millones de m<sup>3</sup> de agua (MPP, 2008).

### A. Problemática ambiental

El crecimiento acelerado de la población puneña durante los últimos años se debe, en parte, al proceso de migración, que genera desplazamientos de pobladores de las zonas rurales a las urbanas en busca de mejoras en el ingreso y en el acceso a servicios básicos. El incremento poblacional ha ocasionado un mayor consumo de agua potable y, por consiguiente, un mayor volumen de aguas residuales domésticas.

Actualmente, la planta de tratamiento de aguas residuales El Espinar (construida en 1972) ha colapsado por completo, causando que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente a la BILT, lo que produce la contaminación ambiental de este patrimonio natural. Con la finalidad de evaluar la calidad ambiental de la BILT en el año 2013 el Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT) estableció 15 puntos de monitoreo ambiental (figura 1).

Según los resultados del monitoreo, se ha concluido que el área crítica de la bahía interior (estaciones de monitoreo BI-13, BI-14 y BI-15) tiene concentraciones promedio de DBO (12,67 mg/l) y fosfatos (1,89 mg/l), que están por encima del ECA agua para la correspondiente categoría (DBO < 5 mg/l y fosfatos: 0,4 mg/l); asimismo, se ha observado el contenido promedio de

coliformes totales (10.200 NMP/100 ml) en valores superiores (ECA: 2.000 NMP/ml). En función a esta caracterización, se confirmó que la calidad del cuerpo receptor presenta valores superiores en DBO, fosfatos y coliformes totales, lo cual contribuye al proceso de eutrofización de la BILT (PCM, 2013). No está de más precisar que los valores de coliformes totales determinados en el monitoreo realizado por el PELT en el año 2013 mostraron que los vertidos de aguas residuales de las lagunas de estabilización en El Espinar, los vertimientos de aguas residuales no autorizados provenientes de los barrios periféricos, hoteles y otras industrias tenían fuerte incidencia en la calidad del agua de BILT.

Figura 1. Puntos de monitoreo de calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca



Fuente: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2013.

## B. Sistema tarifario de los servicios de saneamiento en la ciudad de Puno

La estructura tarifaria vigente de EMSAPUNO S. A. por los servicios agua potable y alcantarillado en la ciudad de Puno es la que se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Estructura tarifaria vigente de EMSAPUNO S. A.

Clase	Categoría	Rango	Tarifa (S/m <sup>3</sup> )		Cargo fijo	Asignación de consumo (m <sup>3</sup> /mes)
			Agua	Alcantarillado		
Residencial	Social	0 a 10	1,087	0,339	1,950	13
		10 a más	1,510	0,471	1,950	
	Doméstico	0 a 10	1,087	0,339	1,950	13
		10 a 20	1,148	0,358	1,950	
		20 a 25	2,335	0,728	1,950	
		25 a más	2,558	0,798	1,950	
No residencial	Comercial	0 a 30	1,784	0,556	1,950	30
		30 a más	3,804	1,119	1,950	
	Industrial	0 a 60	3,472	1,082	1,950	60
		60 a más	5,235	1,632	1,950	
	Estatal	0 a 35	1,587	0,494	1,950	40, 90, 150
		35 a más	2,558	0,798	1,950	

Fuente: Gerencia Comercial de EMSAPUNO S. A.

La tarifa está compuesta por un cargo fijo y un cargo variable (tarifa binomial), el cargo fijo está asociado a los costos fijos eficientes que no dependen del nivel de consumo y que se refieren a la lectura de medidores, facturación, catastro y cobranza. Se tiene establecida de manera diferenciada la tarifa por la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable y del servicio de alcantarillado sanitario.

Se consideran las asignaciones de consumo para los usuarios no medidos, calculadas a partir del consumo promedio de los usuarios medidos de la misma categoría o clase de usuarios. Por otro lado, la estructura tarifaria vigente considera una política de subsidios cruzados, que implica la existencia de dos tipos de usuarios: los que reciben subsidio (reciben incrementos tarifarios menores o iguales a los incrementos sobre la tarifa media definida en la fórmula tarifaria) y los que otorgan subsidio (reciben incrementos tarifarios mayores a los incrementos sobre la tarifa media definida en la fórmula tarifaria) (SUNASS, 2011).

La población que contaba con el servicio de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Puno, en el 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 estatales). Durante el período analizado, el consumo promedio para la categoría doméstica fue de 11,89 m<sup>3</sup> mes/hogar, por su parte, los usuarios comerciales e industriales registran consumos promedios de 27,94 y 25,49 m<sup>3</sup> mes/establecimiento, respectivamente, mientras que en la categoría estatal se registra un consumo promedio de 156,76 m<sup>3</sup> mes/institución (PSA-EMSAPUNO, 2014).

De acuerdo con información de EMSAPUNO (a diciembre del 2016) en la ciudad de Puno el 89,95% de la población tiene el servicio de agua potable y el 88,31% tiene servicio de alcantarillado. De la información anterior se deduce que el 10,05% de la población de Puno no cuenta con el servicio de agua potable y el 11,69% no cuenta con servicio de alcantarillado; esta población se encuentra ubicada en las zonas urbano-marginales y, generalmente, en las partes altas de la ciudad (zona de expansión de la ciudad de Puno).

### C. Percepción sobre la problemática de saneamiento en la ciudad de Puno

Para tener una visión clara de la magnitud del problema causado por el vertimiento de aguas residuales se ha aplicado una encuesta sobre percepción ciudadana, que está encaminada a conocer la problemática de saneamiento ambiental que afecta a las viviendas seleccionadas. La relevancia radica en que se determina la importancia que le dan los habitantes de la ciudad a la problemática ambiental y en qué medida son afectados. Para analizar estos resultados se construyen variables que dan una ponderación<sup>5</sup> a los resultados y que totalizan las respuestas de los encuestados; así, los problemas que sumen más son los más importantes para los encuestados.

Según el cuadro 3, la construcción de una PTAR (21,29%) y las obras destinadas a la ampliación de cobertura de agua potable (18,88%) son las más importantes para el mejoramiento de la ciudad. Muy cerca se encuentran los referidos al mejoramiento de redes de alcantarillado (17,14%), pavimentación de calles y jirones (15,61%), zonas de recreación (13,35%) e infraestructura deportiva (13,00%).

---

5 Cuando el encuestado indica que un problema es el número 1 (el más importante), la variable auxiliar lo toma como 10, si es 2 lo toma como 9 y así sucesivamente.

Por otro lado, es necesario destacar que en la categoría de otras obras (0,73%) se encuentran recolección, transporte y disposición de basura y canalización de aguas pluviales. Como se puede apreciar, los puneños le dan mucha importancia al problema de la contaminación de aguas residuales y son conscientes de que requiere de una solución urgente.

**Cuadro 3.** Principales obras de mejoramiento de la ciudad de Puno

Problemas	Respuestas	%
Ampliación de la cobertura de agua potable	3.072	18,88
Mejoramiento de redes de alcantarillado	2.790	17,14
Pavimentación de calles y jirones	2.541	15,61
Infraestructura deportiva	2.116	13,00
Zonas de recreación	2.173	13,35
Construcción de PTAR	3.464	21,29
Otros	118	0,73
<b>Total</b>	<b>16.274</b>	<b>100,00</b>

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

El principal problema derivado del colapso de la PTAR El Espinar es la proliferación de malos olores (23,38%) y la consecuente mala imagen frente a los turistas (21,19%); muy cerca también se encuentra el mal aspecto visual (20,30%) y los problemas de salud de las personas (20,62%). Por otro lado, cerca del 14,51% de la población manifiesta que también un efecto del colapso de la actual PTAR es la pérdida de valor de los terrenos y viviendas aledañas a la planta (cuadro 4).

**Cuadro 4.** Problemas del colapso de la PTAR El Espinar

Problemas	Respuestas	%
Proliferación de malos olores	3.479	23,38
Mal aspecto visual	3.021	20,30
Problemas de salud	3.069	20,62
Pérdida de valor los terrenos y vivienda	2.160	14,51
Mala imagen a los turistas	3.153	21,19
<b>Total</b>	<b>14.882</b>	<b>100,00</b>

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

Respecto al padecimiento de enfermedades durante el último mes, en el cuadro 5 se puede apreciar que gran parte de los hogares entrevistados padeció de enfermedades respiratorias, seguido de enfermedades gastrointestinales. En este último caso, si se desagrega este resultado por zonas, se puede observar que en la zona sur (donde se encuentra localizada la PTAR) están los mayores casos de este tipo de enfermedades de origen hídrico, así como enfermedades dermatológicas.

Cuadro 5. Padecimiento de enfermedades durante el último mes

Enfermedades	Zona norte		Zona centro		Zona sur		Total	
	Respuesta	%	Respuesta	%	Respuesta	%	Respuesta	%
Gastrointestinales	39	30,47	39	30,47	50	39,06	128	25,00
Parasitarias	3	2,34	14	10,94	25	19,53	42	8,20
Dermatológicas	9	7,03	31	24,22	30	23,44	70	13,67
Respiratorias	36	28,13	64	50,00	73	57,03	173	33,79
Oftalmológicas	8	6,25	34	26,56	34	26,56	76	14,84
Neurológicas	2	1,56	14	10,94	7	5,47	23	4,49

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

Respecto a la percepción de malos olores provenientes de la PTAR El Espinar, de acuerdo con el cuadro 6 se puede indicar que de un total de 393 encuestas el 59,03% refirió que existen malos olores provenientes de la planta; de este porcentaje, el 33,62% indica que la percepción de olores es constante mientras que el otro 66,38% refirió que es de carácter temporal. Al desagregar los resultados por zonas, se puede comprobar que efectivamente la zona sur de la ciudad es la que más se perjudica por el colapso de la actual PTAR; en efecto, de un total de 128 encuestas efectuadas en la zona sur de la ciudad, el 85,94% indicó que existen malos olores provenientes de la actual planta de tratamiento.

La preocupación por cuidar la BILT para las generaciones futuras puede verse en la gran mayoría de encuestados (75,57%). Por su parte, el 84,99% de los entrevistados tiene conocimiento pleno de sus obligaciones como ciudadano, el 67,43% considera que se debe pagar por el tratamiento de aguas residuales y el 62,60% manifiesta que tiene conocimiento de que gran parte del consumo de agua potable se evacua al sistema de desagüe (cuadro 7).

**Cuadro 6.** Percepción de malos olores provenientes de la PTAR

Presencia de malos olores	Zona norte		Zona centro		Zona sur		Total	
	Respuesta	%	Respuesta	%	Respuesta	%	Respuesta	%
<b>Sí</b>	59	42,45	63	50,00	110	85,94	232	59,03
Constante	16	27,12	14	22,22	48	43,64	78	33,62
Temporal	44	74,58	49	77,78	62	56,36	154	66,38
<b>No</b>	80	57,55	63	50,00	18	14,06	161	40,97
<b>Total</b>	139	100,00	126	100,00	128	100,00	393	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

**Cuadro 7.** Percepción sobre el medio ambiente

Preguntas	Sí	No	No sabe
Todo derecho genera una obligación	84,99%	8,65%	6,36%
¿Sabe usted que del 100% del agua potable que usted consume, el 80% se evacua al sistema de desagüe?	62,60%	30,28%	7,12%
Si se evacuan las aguas residuales a un sistema de alcantarillado, para su posterior tratamiento ¿considera usted que se debe pagar por este servicio?	67,43%	29,52%	3,05%
Todos debemos pagar para no seguir contaminando la Bahía Interior del lago Titicaca	75,57%	22,14%	2,29%

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

## II. Estructura del método de valoración contingente (MVC)

El MVC se basa en la simulación de un mercado hipotético para el servicio que se quiere valorar. Es decir, implica preguntarles directamente a los usuarios (hogares) involucrados su DAP por un cambio en la provisión del servicio público; en este caso, por la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales. La estimación de la DAP bajo este contexto, permitirá calcular una medida del cambio en el bienestar de los individuos (Just, Hueth y Schmitz, 2004).

### A. Modelo referéndum de disponibilidad a pagar

Bishop y Heberlein (1979) introdujeron una variante del método de valoración contingente, llamado *referéndum*. Básicamente, este formato consiste en presentarle dos alternativas de respuesta al entrevistado: sí o no. La variable dependiente es discreta, por lo tanto, el análisis de regresión se hace mediante un modelo logit o probit. En esta investigación se utilizará el primero. El problema de estimación se resuelve a través del método de máxima verosimilitud con la función de logaritmo de verosimilitud (*log-likelihood*):

$$LL = \sum_{i=1}^n [(1-y_i)\ln(1-F(\beta'x_i)) + y_i\ln(F(\beta'x_i))] \quad (1)$$

Donde  $y_i$  es la variable dependiente binaria que toma el valor de 1 si la respuesta a la pregunta de disposición a pagar es sí y 0 de lo contrario. El estimador de máxima verosimilitud se obtiene maximizando la ecuación (1).

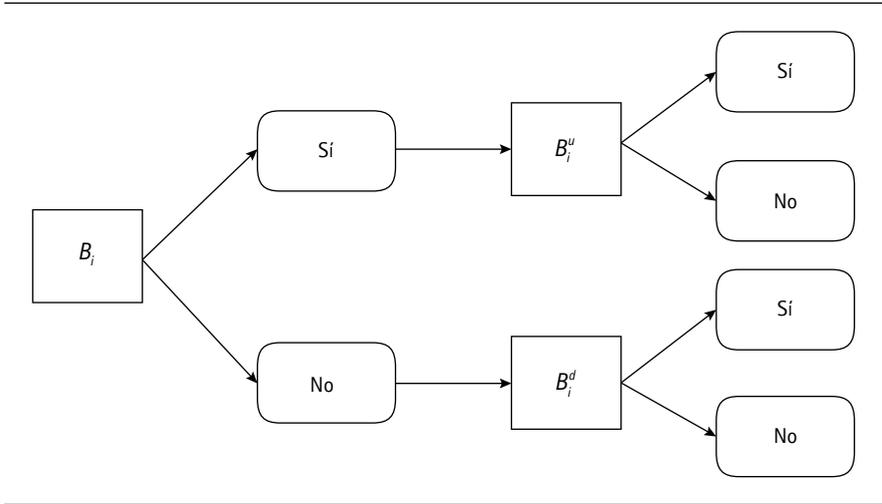
### B. Modelo doble límite de disponibilidad a pagar

El uso del MVC tipo referéndum ha estado sujeto a críticas respecto a su capacidad de entregar estimaciones fiables y exactas de la DAP. Como una forma de reducir esta ineficiencia, Hanemann, Loomis y Kanninen (1991) sugieren utilizar un formato dicotómico doble, conocido como *double bounded* (doble límite).

De acuerdo con Hanemann *et al.* (1991), en el contexto de doble pregunta en la disponibilidad a pagar, la pregunta inicial propuesta al individuo "i" ( $B_i$ ) es preguntada de nuevo en función a la primera respuesta ( $B_i^d$  o  $B_i^u$ ). Donde  $B_i^u$  es el segundo precio propuesto después de una respuesta positiva al primero,  $B_i^d$  es el segundo precio propuesto después de una respuesta negativa al primero. En la figura 2 se ilustra el procedimiento de elección en el formato doble límite.

Según Hanemann *et al.* (1991) y Habb y McConell (2002), las respuestas en términos de probabilidad se pueden expresar de la siguiente manera:  $Prob(si, si) = 1 - F(\beta'x_i^u)$ ,  $Prob(si, no) = F(\beta'x_i^u) - F(\beta'x_i)$ ,  $Prob(no, si) = F(\beta'x_i) - F(\beta'x_i^d)$  y  $Prob(no, no) = F(\beta'x_i^d)$ . El problema de estimación econométrica se resuelve a través del método de máxima verosimilitud con la función de logaritmo de verosimilitud (*log-likelihood*):

Figura 2. Proceso de elección dicotómica en formato doble límite



$$LL = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} & d_i^{ss} \ln \left( 1 - \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i^u}} \right) + d_i^{sn} \ln \left( \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i^u}} - \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i}} \right) + \\ & d_i^{ns} \ln \left( \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i}} - \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i^d}} \right) + d_i^{nn} \ln \left( \frac{1}{1 + \exp^{-\beta'x_i^d}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Donde  $d_i^{ss}$ ,  $d_i^{sn}$ ,  $d_i^{ns}$  y  $d_i^{nn}$  son variables binarias construidas a partir de las respuestas: sí-sí, sí-no, no-sí y no-no, toman el valor de 1 cuando la respuesta del entrevistado se encuentra en alguna de las alternativas; en caso contrario, el valor es 0. El estimador de máxima verosimilitud se obtiene maximizando la ecuación (2).

El modelo dicotómico doble provee una ganancia en la precisión de la matriz de varianza-covarianza de los coeficientes estimados, produciendo intervalos de confianza más pequeños con respecto al modelo dicotómico simple. Además, se ha encontrado que el estimador puntual de la mediana de la DAP de los modelos dicotómicos dobles son generalmente menores (Hanemann *et al.*, 1991).

Calia y Strazzer (2000) muestran que el formato doble límite es más eficiente que el simple, por un lado, refieren que se producen estimaciones más eficientes

y precisas de la DAP. Por su parte, Bateman, Langford, Jones y Kerr (2001) precisan que preguntas de valoración contingente de elección dicotómica son relativamente ineficientes para muestras grandes.

Una vez obtenidas las estimaciones para los parámetros se calcula la medida monetaria de bienestar (DAP), la fórmula para la estimación de la DAP dependerá de la forma funcional del cambio en utilidad ( $\Delta V$ ), que puede ser lineal o logarítmica. El detalle e identificación de variables que permitirá estimar el modelo econométrico logit para el caso referéndum y doble límite se presenta en el anexo 1. En el cuadro 8 se ilustran las posturas ofrecidas en la encuesta para los formatos referéndum y doble límite.

**Cuadro 8.** Posturas ofrecidas para los formatos simple y doble límite

Formato simple	Formato doble límite	
Precio inicial (BI)	Precio menor (BD)	Precio mayor (BU)
1,00	0,50	1,50
1,50	1,00	2,00
2,00	1,50	2,50
2,50	2,00	3,00
3,00	2,50	3,50
3,50	3,00	4,50
4,50	3,50	5,50
5,50	4,50	6,50
6,50	5,50	7,50
7,50	6,50	8,00

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación de las posturas, en primer lugar, se hizo una encuesta piloto a aproximadamente 30 jefes de familia seleccionadas al azar con formato de pregunta abierto (este formato se caracteriza porque se hace una pregunta abierta sobre la disponibilidad a pagar). En segundo lugar, se procedió a tabular las respuestas de la DAP (mínimo y máximo). Finalmente, se identificó el valor mínimo en S/0,50 y el valor máximo en S/8,00. Teniendo en cuenta estos valores extremos se ha completado el resto de posturas (en la encuesta piloto no se han detectado respuestas negativas, lo anterior, debido

a la creciente conciencia ambiental de la población puneña por recuperar la bahía interior del lago Titicaca).

No sobra enfatizar el hecho de que para reducir los diferentes sesgos que se presentan en estudios de valoración contingente, como son el sesgo de respuestas negativas (típico del formato abierto) o el sesgo del punto de partida (típico del formato subasta), en esta investigación se ha aplicado el formato referéndum con doble límite con la finalidad de dejar al individuo solamente con el problema de decidir si está dispuesto a pagar o no una suma determinada por acceder a los beneficios del proyecto. De esta manera, todas las posturas se han distribuido aleatoriamente entre los encuestados (en el anexo 2 se ilustra el formato de encuesta donde se pueden verificar los dos tipos de formato de pregunta: referéndum y doble límite).

### III. Resultados y discusión

La información recolectada en este estudio fue de corte transversal; esta ha sido tabulada a partir de la aplicación de una encuesta. Se aplicó un total de 393 encuestas. Por el tipo de encuesta, se vio conveniente que esta se aplicase solo a hogares con conexiones de agua y desagüe. Operativamente, se procedió a trabajar sobre un plano de la ciudad de Puno. Se dividió la ciudad en tres sectores: sur, centro y norte; en cada sector se realizó un muestreo sistemático aleatorio. Este muestreo tiene la ventaja de que reparte la muestra proporcionalmente (en los estratos) en toda la ciudad. Para realizar las encuestas se visitaron los hogares seleccionados y se procedió a consultar al jefe de familia o encargado del hogar. Todas las encuestas fueron realizadas en diciembre del 2014 y durante dos fines de semana.

#### A. Disponibilidad a pagar por el proyecto

El análisis de la DAP por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales revela que el 39,19% de los entrevistados no están dispuestos a pagar por este tipo de proyectos, frente a un 60,81% que declararon estar dispuestos a pagar. En el cuadro 9 se ilustran los resultados descriptivos de la DAP; se puede observar que para una tarifa de S/1 el 77,50% de un total de 40 entrevistados respondió afirmativamente, frente a un 29,73% que respondió afirmativamente en el caso de una tarifa de S/7,50.

Cuadro 9. Respuestas a la pregunta de valoración

Rango de tarifas propuesto \$/.	Número de encuestas	Respuestas afirmativas	
		Número	%
1,00	40	31	77,50
1,50	40	29	72,50
2,00	40	27	67,50
2,50	39	30	76,92
3,00	40	27	67,50
3,50	38	22	57,89
4,50	40	21	52,50
5,50	40	22	55,00
6,50	39	19	48,72
7,50	37	11	29,73
<b>Total</b>	<b>393</b>	<b>239</b>	<b>60,81</b>

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

En general, se cumple con lo esperado *a priori*, es decir, para tarifas menores existen más respuestas positivas, frente a tarifas mayores donde existen más respuestas negativas.

En el cuadro 10 se ilustran las respuestas a las preguntas iterativas que se han formulado en el formato doble límite, en efecto, el 53,69% de encuestados respondieron afirmativamente las posturas ofrecidas (sí/sí y no/sí), mientras que un 46,31% respondieron que no están dispuestos a pagar (sí/no y no/no). Estos resultados difieren significativamente de lo obtenido en el formato simple, donde existe un mayor porcentaje de respuestas afirmativas a la pregunta de disponibilidad a pagar.

Cuadro 10. Respuesta a preguntas iterativas doble límite

Precio	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,00	Total
Sí		31	29	27	30	27	22	21	22	19	11		239
No		9	11	13	9	13	16	19	18	20	26		154
Sí/Sí			23	25	20	18	22	11	11	14	9	8	161
Sí/No			8	4	7	12	5	11	10	8	10	3	78
No/Sí	5	5	4	5	10	4	3	3	5	6			50
No/No	4	6	9	4	3	12	16	15	15	20			104

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas.

## B. Análisis econométrico del modelo referéndum y doble límite (lineal)

El objetivo fundamental de un estudio de *valoración contingente* es la estimación de la disponibilidad a pagar como una aproximación de la variación compensatoria, este procedimiento en la presente investigación se realiza por dos modelos: referéndum y doble límite. En ambos casos, para la selección de las mejores regresiones se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Que los coeficientes de las variables tengan los signos esperados, es decir, que los signos de los coeficientes estimados para las variables explicativas reflejen una relación lógica con la variable dependiente.
- Que los coeficientes de las variables independientes sean significativas a un cierto nivel aceptable de confiabilidad.
- Que el logaritmo de máxima verosimilitud del modelo (*log-likelihood*) sea grande.

Los resultados de las regresiones de los modelos referéndum y doble límite (lineal) se presentan en el cuadro 11 (en el anexo 3 se puede verificar la programación y estimación de los modelos)<sup>6</sup>. Se ilustran las variables utilizadas en la estimación, los coeficientes de cada variable y su respectivo estadístico "z". De los modelos que se presentan se selecciona el modelo doble límite que se especifica con las siguientes variables: precio hipotético a pagar, ingreso, educación y distancia. Los resultados del modelo doble límite muestran que los signos de los coeficientes que acompañan las variables son los esperados, los parámetros individuales son altamente significativos al 1% en todos los casos. La significancia conjunta es muy alta en términos del estadístico de la razón de verosimilitud (LR)<sup>7</sup>, el estadístico LR es 996,27, el valor crítico de un chi-cuadrado al 1% de significancia con 5 grados de libertad es 15,08, por lo que

6 No sobra enfatizar el hecho de que inicialmente se han incluido en las estimaciones econométricas otras variables como la percepción ambiental (percepción de malos olores [PMO]- pregunta 8 del formato de encuesta) y el padecimiento de enfermedades durante el último mes (ENF) en el hogar del entrevistado (pregunta 6 del formato de encuesta), ambas variables con codificación *dummy* resultaron estadísticamente no significativas en el modelo econométrico. Cuando se incluyen estas variables los coeficientes del resto de las variables no cambian y dado que no son significativos, se optó por eliminarlos de la regresión. Además, el signo de la variable PMO no correspondió con lo esperado *a priori*. Lo anterior pudo haberse debido a que los que están dispuestos y no dispuestos a pagar se ven afectados por los malos olores provenientes de la planta de tratamiento El Espinar.

7 El estadístico LR es análogo a la prueba F de un modelo convencional, su estimación se hace utilizando la siguiente fórmula:  $LR = -2[\ln L_1 - \ln L_0]$ , donde  $\ln L_1$  es la función de verosimilitud logarítmica

se rechaza la hipótesis conjunta de que los coeficientes de todas las variables explicativas sean 0.

Cuadro 11. Estimaciones econométricas modelo logit (lineal)

Variables	Modelo referéndum	Modelo doble límite
Constante	1,68677 (2,140)**	2,05014 (3,088)***
BI (precio)	-0,30326 (-5,395)***	-0,64987 (-13,698)***
ING	0,00022 (2,052)**	0,00057 (5,382)***
EDU	0,25407 (2,832)***	0,32066 (3,784)***
DIST	-0,58448 (-2,570)**	-0,61933 (-3,356)***
Logaritmo de verosimilitud	-230,9486	498,1374
Razón de Verosimilitud (LR)	64,38	996,27
DAP (media/mediana)	S/5,43	S/4,38

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

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* N-Logit.

El coeficiente de la variable BI (precio), como se esperaba, es negativo. Esto nos indica que a mayor incremento tarifario o postura ofrecida para que se desarrolle el proyecto, la probabilidad de obtener una respuesta positiva de parte del encuestado es menor. La variable ingreso (ING), por su lado, tiene signo positivo indicando que a mayor nivel de ingreso del entrevistado, la probabilidad de obtener una respuesta positiva es mayor.

El hecho de tener un nivel de educación (EDU) cada vez mayor, aumenta la probabilidad de responder positivamente a la pregunta de disponibilidad a pagar por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, esto corrobora lo esperado *a priori*, es decir, mientras los jefes de hogar tienen

---

evaluada en el estimador restringido y *LnL* es la función de verosimilitud logarítmica no restringida. Este estadístico se contrasta con los valores críticos de una distribución chi-cuadrado.

más nivel educativo son más conscientes de la problemática ambiental y, por ende, estarán dispuestos a sacrificar parte de sus ingresos en un proyecto que pretende controlar la contaminación del vertimiento de aguas residuales y evitar que se siga contaminando la BILT.

Por otro lado, la variable distancia (DIST) tiene signo negativo, indicando que a mayor distancia de la planta de tratamiento de aguas servidas a la vivienda del entrevistado, la probabilidad de respuesta es menor. Esto se debe a que los hogares más conscientes son aquellos que están ubicados geográficamente más cerca de la actual planta y son justo los que a diario perciben las consecuencias de la problemática ambiental.

### C. Análisis de la disponibilidad a pagar modelo logit (lineal)

Teniendo en cuenta los resultados econométricos del modelo doble límite que aparece en el cuadro 11, se procede a estimar la DAP media para cada entrevistado.

Cuadro 12. Resultados de la DAP modelo doble límite (lineal)

DAP total			DAP zona norte			DAP zona centro			DAP zona sur		
Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
1,06	4,38	11,83	1,06	3,96	11,83	1,37	4,33	10,83	1,42	4,90	10,74

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* N-Logit.

Según el cuadro 12 se puede observar que la DAP de los pobladores que habitan en la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, declaran mayor disposición a pagar que los habitantes de la zona centro y zona norte de la ciudad ( $S/4,90 > S/4,33 > S/3,96$ ), lo cual demuestra que existe una alta valoración de los habitantes de esta zona por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

No sobra enfatizar el hecho de que al comparar los resultados de la DAP obtenidos por el modelo referéndum frente a lo estimado por el modelo doble límite (cuadro 11), se aprecia que en todos los casos el valor absoluto del estadístico "z" de los parámetros estimados se incrementa. Esto refleja que los coeficientes del modelo doble límite tienen menor varianza, son más significativos y, por lo

tanto, en conjunto tienen una mejor aproximación a la verdadera DAP de los encuestados. En consecuencia, la DAP mensual cambia. En este caso la DAP se reduce de  $S/5,43$  a  $S/4,38$ , reflejando sobreestimación de la medida con el primer modelo.

#### D. Análisis econométrico del modelo referéndum y doble límite (logarítmico)

En el cuadro 13 se muestran los resultados de la estimación del modelo logit cuando la función de utilidad es de tipo logarítmico, nuevamente el primer modelo es de tipo referéndum y el segundo es el resultado de la estimación con el formato doble límite.

Cuadro 13. Resumen de estimaciones econométricas modelo logit (logarítmico)

Variables	Modelo referéndum	Modelo doble límite
Constante	-0,64416 (-0,468)	-3,79134 (-2,825)***
LBI (LPRECIO)	-0,98861 (-5,112)***	-2,18037 (-14,953)***
LING	0,37666 (2,065)**	0,96498 (5,287)***
EDU	0,24732 (2,698)***	0,28933 (3,309)***
DIST	-0,57267 (-2,539)**	-0,55789 (-2,913)***
Logaritmo de verosimilitud	-232,3211	495,0132
Razón de verosimilitud (LR)	61,64	990,02
DAP (mediana)	$S/6,82$	$S/4,43$

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

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* N-Logit.

Al analizar los resultados del modelo logarítmico en sus dos versiones, se observa que los "z" estadísticos para el modelo doble límite para todos los coeficientes son estadísticamente significativos al 1%; comparando estos resultados con el modelo referéndum, claramente se puede observar la supremacía

del modelo doble límite. Por esta razón, la medida de la DAP disminuye de  $S/6,82$  a  $S/4,43$ , de nuevo se observa una sobreestimación de los beneficios con el modelo clásico referéndum.

### E. Análisis de la disponibilidad a pagar modelo logit (logarítmico)

De la misma manera, teniendo en cuenta los resultados econométricos del modelo doble límite que aparece en el cuadro 13, se procede a estimar la mediana para la DAP de cada entrevistado.

Según el cuadro 14, los resultados del modelo doble límite logarítmico arrojan una DAP total mediana de  $S/4,43$ . También se observa que la DAP de los habitantes de la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, declaran mayor disposición a pagar en comparación de los habitantes de las zonas centro y norte de la ciudad ( $S/5,19 > S/4,26 > S/3,87$ ), demostrándose también que existe una alta valoración de los habitantes de esta zona por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 14. Resultados de la DAP modelo doble límite (logarítmico)

DAP total			DAP zona norte			DAP zona centro			DAP zona sur		
Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo
0,98	4,43	15,83	1,16	3,87	14,24	1,33	4,26	9,92	0,98	5,19	15,83

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* N-Logit.

### F. Selección del mejor modelo para el análisis de la disponibilidad a pagar

Teniendo en cuenta los modelos estimados, se concluye que los mejores modelos en términos de la significancia individual y el estadístico de la razón de verosimilitud son los modelos que utiliza el formato doble límite; dentro de esta clasificación se tienen dos versiones: lineal y logarítmica (en ambos casos, la forma funcional es para el cambio en utilidad). Entre estas dos versiones se selecciona el modelo doble límite lineal debido a que presenta el mayor valor del estadístico de la razón de verosimilitud.

En consecuencia, los resultados del modelo doble límite lineal arrojan una DAP total media de aproximadamente S/4,38 por hogar, este monto estaría reflejando el incremento de la tarifa en el servicio de agua potable y alcantarillado, una vez que se mejore el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno.

## G. Análisis descriptivo de la capacidad de pago

La capacidad de pago se define como la proporción del ingreso familiar que se destina al pago de los servicios de agua potable y alcantarillado. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), así como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), esta proporción no debe superar el 5% de los ingresos disponibles de las familias beneficiadas por el proyecto. En consecuencia, en el caso del estudio de valoración contingente la media y la mediana de los ingresos y de la DAP calculados con el modelo doble límite lineal se muestran en el cuadro 15.

**Cuadro 15.** Ingreso familiar y DAP

Indicador	Ingreso familiar	DAP
Media	1.745,75	4,38
Mediana	1.350,00	4,15

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro 16, dependiendo del valor de la media o mediana (tanto de la DAP como del ingreso) la relación DAP/Ingreso varía entre 0,24% y 0,32%, lo cual resulta bastante consistente, en la medida que las entidades nacionales e internacionales ligadas al sector saneamiento consideran aceptable que la capacidad de pago para el servicio de agua potable y alcantarillado (incluyendo esta última el tratamiento de aguas residuales) alcanza al 5% y que esta se descompone en el 3% para el servicio de agua potable y el 2% para alcantarillado.

**Cuadro 16.** Relación porcentual DAP/ ingreso familiar mensual

Media DAP/media ingreso	Media DAP/mediana ingreso	Mediana DAP/media ingreso
0,25%	0,32%	0,24%

Fuente: elaboración propia.

Del análisis anterior se puede concluir que la proporción de los ingresos familiares que se comprometerían para el pago del proyecto de MSTARP se encuentran dentro de los estándares de capacidad de pago recomendados por la OPS y el órgano regulador de los servicios de saneamiento (SUNASS)<sup>8</sup>.

## H. Elaboración del índice de capacidad de pago (ICP)

En esta parte de la investigación se pretende elaborar el ICP como análisis complementario al estudio descriptivo de la capacidad de pago. Resulta de vital importancia realizar un análisis objetivo y riguroso de la capacidad de pago, debido a que al concretarse las inversiones en el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno, se tendrá que recurrir al incremento de las tarifas para dar sostenibilidad a las inversiones. En ese sentido, para evaluar y comparar a nivel de las principales zonas de la ciudad de Puno y corroborar la hipótesis de que los más perjudicados por la contaminación de la bahía interior están más dispuestos a pagar se pretende elaborar el ICP, que agrupa un conjunto de variables económicas y sociales<sup>9</sup>. La técnica que permitirá elaborar este índice es el análisis de componentes principales (ACP)<sup>10</sup>. Para hacer un análisis riguroso del ACP se ha consultado la siguiente bibliografía: Dillon y Goldstein (1984), Hair, Anderson, Tatham y Black (1999) y Johnson (2000). Muchos de los procedimientos considerados en el ACP han sido tomados de estas referencias.

## I. Test de esfericidad de Bartlett y Medida de adecuación muestral KMO

Para comprobar que las correlaciones entre las variables son distintas de 0 de modo significativo, se comprueba si el determinante de la matriz es distinto

---

8 En este estudio se ha observado que dentro de la estructura de gastos, el componente de agua y desagüe representa solamente el 5,83%. Si comparamos este gasto con respecto al ingreso familiar mensual promedio (S/.1745,75), se puede afirmar que el gasto en servicio de agua y desagüe asciende a aproximadamente 1,33%, por lo tanto, el incremento tarifario que se propone en base a la DAP media implicaría que la relación de la disponibilidad a pagar total con el ingreso familiar ascendería al 1,58%.

9 Las variables económicas consideradas en el ACP son disponibilidad a pagar (DAP), ingreso (ING), educación (EDU) y distancia (DIST). Por su parte, las variables sociales son tamaño del hogar (TH) y edad (EDA).

10 El objetivo del ACP es explicar la mayor parte de la variabilidad total observada en un conjunto de variables con el menor número de componentes posibles. Esto se logra transformando el conjunto de variables originales, que generalmente tienen correlación entre sí, en otro conjunto de variables no correlacionadas, denominadas factores o componentes principales, relacionadas con las primeras a través de una transformación lineal, y que están ordenadas de acuerdo con el porcentaje de variabilidad total que explican. Entre los componentes principales se escogen las que explican la mayor variabilidad acumulada, reduciendo así la dimensión total del conjunto de información (Schuschny y Soto, 2009).

de 1, es decir, si la matriz de correlaciones es distinta de la matriz identidad. El test de Bartlett hace el siguiente contraste:

$$H_0 : |R| = 1 \text{ Hipótesis nula}$$

$$H_1 : |R| \neq 1 \text{ Hipótesis alterna}$$

Cuadro 17. Prueba de KMO y Bartlett

	Aprox. chi-cuadrado	1297,032
Prueba de esfericidad de Bartlett	Gl	15
	Sig.	0,000
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,517

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* SPSS.

Respecto al test de esfericidad de Bartlett se tiene que el valor para la prueba chi-cuadrado es alto, y el valor del p-value es igual a 0,000, lo que implica que el test es significativo, es decir que las correlaciones entre las variables son distintas de 0 al 1% de significancia. En tanto que la medida de adecuación muestral KMO toma el valor de 0,517, que evidentemente es mayor a 0,5 (cuadro 17). En general, según ambas pruebas, se considera conveniente el uso del ACP ya que para su uso es requisito que las variables estén correlacionadas. Un segundo aspecto del ACP es la determinación de la varianza total explicada, la cual se utiliza para determinar cuántos factores deben retenerse. Los primeros componentes tienen varianzas más altas (autovalores) y recogen el mayor porcentaje posible de la variabilidad de las variables originales.

Cuadro 18. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,555	42,585	42,585
2	1,055	17,585	60,171
3	0,964	16,063	76,234
4	0,904	15,071	91,304
5	0,491	8,180	99,484
6	0,031	0,516	100,000

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del *software* SPSS.

Del cuadro 18 se tiene que el primer componente posee el 42,58% de la varianza, el segundo componente 17,58% de la varianza, entre estos dos componentes se explica el 60,17% de la variabilidad total del modelo. Partiendo de esto se toman dos componentes para el análisis. En tercer lugar, se obtiene la matriz de componente, que contiene las correlaciones entre las variables originales y cada uno de los factores. En esta matriz se determina qué variable pertenece a cada componente principal (se consideran valores positivos y mayores a 0,40).

**Cuadro 19.** Matriz de componente

	Componentes	
	1	2
DAP	0,980	0,019
ING	0,764	-0,258
EDU	0,816	-0,114
DIST	0,485	0,361
TH	-0,072	0,790
EDA	0,323	0,469

Fuente: elaboración propia a partir del *software* SPSS.

Según el cuadro 19, los componentes según las variables serían: Primer componente (económico): DAP, ING, EDU, DIST. Segundo componente (social): TH, EDA.

En cuarto lugar, se realiza la ponderación de las variables teniendo en cuenta la varianza total explicada de los dos componentes que se han elegido; se establece el peso que ha de tener cada variable en el ICP. Por otro lado, debido a que la información se presenta en distintas escalas, es necesario normalizar los datos y poder ajustar los datos a una sola unidad de medida y a un solo rango de variación. El método elegido para la normalización de datos es el de reescalamiento para llevarlos a la escala [0,1].

Finalmente, para agregar la información se utiliza el método de la media aritmética ponderada, el cual se calcula con la media aritmética con base en los valores ponderados y normalizados antes. Después de haber agregado la información se obtiene el ICP, clasificándolo según las zonas de ubicación geográfica de los encuestados. El índice se muestra en la escala de 0 a 1, tal como se ha explicado en la etapa de normalización.

Cuadro 20. ICP por zonas de la ciudad de Puno

Zona	ICP	Núm. de encuestados
Sur	0,423	128
Centro	0,321	126
Norte	0,301	139

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del *software* SPSS.

En el cuadro 20 se observa que el ICP es mayor en la zona sur (0,423), corroborándose la hipótesis de que los más afectados por el colapso de la planta de tratamiento de aguas servidas en la ciudad de Puno son los que tienen mayor capacidad de pago y están más dispuestos a pagar; la zona centro posee el segundo valor más alto del ICP (0,321), allí se encuentran familias dedicadas en su mayoría al comercio y a la prestación de servicios turísticos. La zona norte posee el menor ICP, comprobándose que esta zona es la que muestra menos capacidad de pago, en efecto, allí la mayoría de familias vive en la parte alta de la ciudad. Resulta necesario aclarar este caso inusual, es decir, por qué los habitantes de la zona sur de la ciudad tienen mayor ICP. La razón de este comportamiento se da debido a que la zona sur de la ciudad contempla los barrios cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales y aquellos barrios que son colindantes; en esta última zona mayoritariamente se encuentran familias de clase media.

Según el cuadro 21, cuanto mayor es el ingreso de la persona mayor es el ICP; es decir, si las personas tienen un ingreso económico más alto, mayor será su capacidad de pago. En efecto, las personas que poseen un ingreso entre 0 y 1.000 soles tienen un ICP de 0,266, las personas que poseen un ingreso entre 1.000 y 3.000 soles tienen un ICP de 0,372 y las personas que poseen un ingreso entre 3.000 y 10.000 soles tienen un ICP de 0,508.

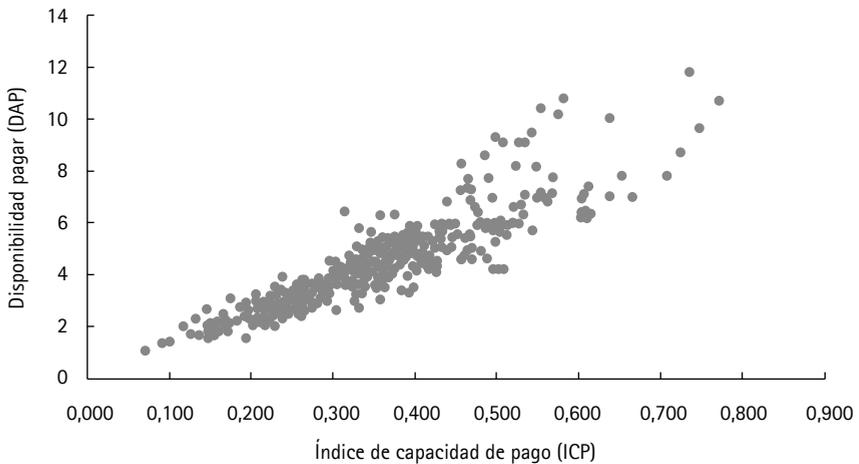
Cuadro 21. ICP y DAP según ingreso

Ingreso	ICP	DAP	Núm. de encuestados
0-1.000 soles	0,266	2,95	150
1.000-3.000 soles	0,372	4,70	199
3.000-10.000 soles	0,508	7,82	44

Fuente: elaboración propia a partir del *software* SPSS.

Por otro lado, al relacionar la DAP encontrada para cada grupo de ingreso se observa que el grupo de menor ingreso tiene una DAP menor que el grupo de ingresos altos. En consecuencia, los hogares de menores ingresos al tener una baja capacidad de pago y una baja disposición a pagar serían los potenciales candidatos a recibir un subsidio al modificarse la estructura tarifaria. En la figura 3 se muestra la relación de la DAP y el ICP se confirma que ambas variables están directamente relacionadas.

**Figura 3.** Disponibilidad a pagar versus índice de capacidad de pago



Fuente: elaboración propia a partir de los *software* SPSS y N-Logit.

### J. Análisis de la viabilidad económica

Para la agregación de los beneficios por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, se utiliza el criterio de agregación de beneficios sugerido por Dobbs (1993), el mismo que plantea una "agregación lineal de la disponibilidad a pagar marginal (DAPMg) de los beneficiarios de una política" para encontrar los beneficios agregados. Por lo tanto, se tiene:

$$Beneficios\ económicos\ mensuales = \sum_{i=1}^n DAPMg$$

Antes de cuantificar los beneficios económicos<sup>11</sup> del proyecto de MSTARP, conviene determinar la población potencialmente beneficiaria. En consecuencia, dadas las particularidades del proyecto se tienen dos tipos de población beneficiaria:

- 1) Los habitantes de la ciudad de Puno, que está constituida por la población urbana que para fines de esta investigación constituye población directamente beneficiada con el proyecto. De acuerdo con el PIP, con respecto a la factibilidad con código SNIP 191815: MSTARP, el promedio de la población directamente beneficiada con el proyecto asciende a 181.394 habitantes en el horizonte de evaluación del proyecto que es de 20 años (para las proyecciones de la población se tienen en cuenta los hogares con y sin conexión a agua potable y alcantarillado).
- 2) Los turistas nacionales y extranjeros que visitan la Reserva Nacional del Titicaca (RNT) que está ubicada en el lago Titicaca y comprende los sectores de Puno y Ramis, precisamente el sector de Puno (ámbito de esta investigación) se encuentra seriamente amenazada por el progresivo proceso de contaminación de la bahía interior. Para dimensionar de manera objetiva los beneficios económicos del proyecto de MSTARP, se deben considerar los beneficios percibidos por los turistas nacionales y extranjeros. Para completar esta parte de la investigación se tomará en cuenta el estudio de Tudela (2014) quien estima la DAP de turistas nacionales y extranjeros por la implementación de políticas de gestión sustentable en la RNT<sup>12</sup>. En efecto, la DAP encontrada fue de S/25,93 para turistas nacionales y S/29,22 para turistas extranjeros (la DAP

---

11 Es importante entender 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 individuos) 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 variación compensatoria o la variación equivalente de una población específica, medidas que corresponden a una aproximación de los beneficios generados por políticas o proyectos (Pearce y Turner, 1995).

12 La DAP que se ha logrado estimar fue por la implementación de políticas de intervención agrupadas en descontaminación de la bahía interior, protección de la biodiversidad, actividades de educación ambiental y desarrollo de actividades de turismo sostenible. La pertinencia de la extrapolación de los resultados de la DAP es en razón a que los turistas valoran de manera integral las políticas de intervención y no de manera aislada. Es decir, al establecerse el boleto turístico en la RNT, se deberían implementar las 4 alternativas como política para mejorar la gestión ambiental de la RNT. Por lo tanto, la DAP estimada puede reflejar realísticamente los beneficios percibidos por los turistas nacionales y extranjeros. Sin embargo, no está demás aclarar que al extrapolar la DAP por un conjunto de políticas, puede haberse incurrido en una sobrevaloración de los beneficios, motivo por el cual el resultado del análisis costo-beneficio se debe tomar con cautela.

estimada es por todo el conjunto de políticas de gestión sustentable). En el estudio también se señala que en promedio en un año visitan a la RNT aproximadamente 56.739 turistas nacionales y 162.398 turistas extranjeros. Respecto a la cantidad de turistas que se lograría promover al intentar fijar una tarifa adicional, los resultados de la investigación referida revelan que la tarifa es relativamente poco sensible a las probabilidades de estar dispuesto a pagar (efecto marginal muy bajo de la variable precio en el modelo estimado).

## K. Análisis costo beneficio

Los beneficios anuales serán disfrutados por los habitantes de la ciudad de Puno y por los turistas que visitan la RNT (sector Puno) de este momento en adelante, mientras se controle la contaminación de la BILT. Por esta razón, los beneficios derivados del proyecto serán una sumatoria de beneficios anuales, desde el presente hasta el infinito. Para proyectos ambientales como el que se propone, la fórmula para calcular el valor presente de los beneficios totales (VPB) es la siguiente:

$$VPB = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\text{Beneficios}}{(r)}$$

Donde "r" es la tasa de descuento, constante que permite traer a valor presente el flujo de beneficios —y de los costos— de un proyecto. Teniendo en cuenta la fórmula anterior y utilizando una tasa de descuento del 9%<sup>13</sup>, se tiene que el valor económico de los beneficios totales descontados es de: S/175.006.449,66 (cuadro 22).

Por otro lado, de acuerdo con el proyecto MSTARP, el valor presente de costos (VPC) del proyecto (incluye costos de inversión y de operación y mantenimiento) a precios sociales para la alternativa: Lodo activado multietapa<sup>14</sup>, asciende a la suma de S/166.209.130,00. De acuerdo con el cuadro 23 se tiene un valor presente neto (VPN) de S/8.797.320 con una relación beneficio/costo (RBC) de S/1,1, lo que indica que por cada sol invertido se obtendrán beneficios

13 Tasa de descuento para evaluar proyectos de inversión pública en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) en el Perú.

14 El proyecto consiste en el desarrollo de la alternativa recomendada que es la construcción e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados multietapa (SUNASS, 2013).

adicionales de S/0,1 soles como retorno social, demostrándose, de esta manera, retornos positivos de la inversión.

Cuadro 22. Cálculo del valor económico de los beneficios totales

Tipología de beneficios económicos	DAP marginal	Beneficio económico		Valor presente de beneficios económicos
		Mensual	Anual	
Beneficios percibidos por los habitantes de la ciudad de Puno (181.394 habitantes)	S/4,38	794.505,72	9.534.068,64	105.934.096,00
Beneficios percibidos por los turistas nacionales y extranjeros que visitan la Reserva Nacional del Titicaca (sector Puno) (56.739 turistas nacionales y 162.398 turistas extranjeros)	Nacional (S/.25,93)		1.471.242,27	16.347.136,33
	Extranjero (S/. 29,22)		4.745.269,56	52.725.217,33
<b>Total de beneficios económicos</b>				<b>175.006.449,66</b>

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Tudela (2014).

Cuadro 23. Resumen de indicadores evaluativos

Descripción	Alternativa: lodo activado multietapa
VPC	S/166.209.130
VPB	S/175.006.450
VPN	S/8.797.320
RBC	S/1,1

Fuente: elaboración propia.

Si se hacen los mismos cálculos en el contexto del modelo referéndum, tomando en cuenta una DAP mensual de S/5,43 para los habitantes de la ciudad de Puno y la DAP de turistas nacionales y extranjeros ilustrados en el párrafo anterior, se obtiene un VPB de S/200.401.609,67, generando un VPN de aproximadamente S/34.192.480 y una RBC de S/1,2.

Claramente se observa una sobreestimación de los beneficios netos al utilizar el modelo referéndum frente al modelo doble límite; en este caso, el VPB estaría sobrevalorado en S/25.395.160,00. Este monto resulta ser significativo, lo cual demuestra la importancia de estimar modelos con parámetros de menor

varianza que eviten conclusiones erróneas a la hora de evaluar este tipo proyectos en términos de costo beneficio.

#### IV. Conclusiones

De acuerdo con las estimaciones econométricas, el modelo doble límite presenta mayor consistencia teórica, dada por la mayor significancia individual y conjunta de los parámetros. Los resultados arrojan una DAP total media de aproximadamente S/4,38 por hogar, este monto estaría reflejando el incremento de la tarifa, una vez se mejore el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno. La DAP se ve afectada significativamente por variables socioeconómicas relacionadas con el presupuesto del hogar, el nivel educativo y la localización geográfica de la vivienda del encuestado. También se pudo comprobar que la DAP de los habitantes de la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, tienen mayor disposición a pagar que los habitantes de las zonas centro y norte de la ciudad ( $S/4,90 > S/4,33 > S/3,96$ ), lo cual demuestra que existe una alta valoración de los habitantes de esta zona por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Con respecto a la capacidad de pago de los habitantes de la ciudad de Puno, la relación DAP/ingresos varía entre un 0,24% y un 0,32%, lo cual resulta bastante consistente, en la medida en que las entidades nacionales e internacionales ligadas al sector de saneamiento, consideran aceptable que la capacidad de pago para el servicio de agua potable y alcantarillado alcance al 5% (3% agua potable y 2% alcantarillado). Por otro lado, se confirma mediante ICP que los habitantes de la zona sur de la ciudad muestran mayor capacidad de pago frente a los habitantes de la zonas centro y norte, respectivamente ( $0,423 > 0,321 > 0,301$ ).

En el contexto del análisis costo-beneficio a precios sociales para la alternativa de proyecto se ha estimado un valor presente neto (VPN) de S/8.797.320 con una relación beneficio-costos (RBC) de S/1,1, lo que indica que por cada sol invertido se obtendrán beneficios adicionales de S/0,1 como retorno social, observándose retornos positivos de la inversión.

## Agradecimientos

El autor le agradece a la Universidad Nacional del Altiplano-Vicerrectorado de Investigación, por el financiamiento para realizar este trabajo en el marco de la segunda convocatoria de proyectos de investigación científica, tecnológica e innovación. Se agradecen también los comentarios y valiosas sugerencias de dos evaluadores anónimos de la revista.

## Referencias

1. Arias, J., Suárez, A., & Taborda, J. (2011). Disponibilidad a pagar por los servicios de acueducto y alcantarillado en los barrios el Cofre y San Isidro del corregimiento de Puerto Caldas; Pereira. *Scientia et Technica*, XVI, 49.
2. Bateman, I., Langford, H., Jones, A., & Kerr, G. (2001). Bound and path effects in double and triple bounded dichotomous choice contingent valuation. *Resource and Energy Economics*, 23, 191-213.
3. Bishop, R. C., & Heberlein, T. A. (1979). Measuring values of extramarket goods: Are indirect measures biased. *American Journal of Agricultural Economics*, 65(15), 926-930.
4. Bogale, A., & Urgessa, B. (2012). Households' willingness to pay for improved rural water service provision: Application of contingent valuation method in eastern Ethiopia. *Journal of Human Ecology*, 38(2), 145-154.
5. Calia, P., & Strazzer, E. (2000). Bias and efficiency of single versus double bounded model for contingent valuation. *Applied Economics*, 32 (10), 1329-1336.
6. Del Saz, S., Hernández, F., & Sala, R. (2009). The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept. *Science of the Total Environment*, 407, 4574-4583.

7. Dillon, W. R., & Goldstein, M. (1984). *Multivariate analysis. Methods and applications*. Nueva Jersey: Wiley & Sons.
8. Dobbs, I. M. (1993). Individual travel cost method: Estimation and benefit assessment with a discrete y possibly grouped dependent variable. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(1), 84-94.
9. Dupont, D. (2013). Water use restrictions or waste water recycling? A Canadian willingness to pay study for reclaimed wastewater. *Water Resources and Economics*, 1, 61-74.
10. Errázuriz, F. (2004). *Cálculo de disposición a pagar por sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de Chile usando el método de valoración contingente*. Tesis de Maestría en Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile.
11. Freeman, M., Herriges, J., & Kling, C. (2014). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*. 3.<sup>a</sup> ed. Washington, D. C.: Resources for the Future Press.
12. Guzmán, E. (2015). *Valoración económica de mejoras en los servicios ambientales en el contorno del Río Huatanay, Cusco-Perú*. Cusco: Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas.
13. Habb, T., & McConell, K. (2002). *Valuing environmental and natural resources: The econometric of non-market valuation*. Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar.
14. Hair, J. F., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
15. Hanemann, M., Loomis, J., & Kanninen, B. (1991). Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4), 1255-1263.
16. INEI (2009). Perú: estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000-2015. *Boletín Especial 18*. Lima.

17. Johnson, D. (2000). *Métodos multivariantes aplicados al análisis de datos*. México, D. F.: International Thomson Editores.
18. Just, R., Hueth, D., & Schmitz, A. (2004). *The welfare economics of public policy: A practical approach to project and policy evaluation*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Editorial.
19. Mendieta, J. C., Uribe, E., & Jaime, H. (2002). Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes del área metropolitana de Pereira y de dos quebradas, por el tratamiento primario de sus aguas residuales. Universidad de los Andes, CEDE, Bogotá-Colombia.
20. MPP. (2008). Plan de desarrollo provincial concertado al 2021. Municipalidad Provincial de Puno - Gerencia de Planificación y Presupuesto.
21. PCM. (2013). Estado de la calidad ambiental de la cuenca del lago Titicaca en el ámbito peruano. Comisión multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes. D. S. 075-2013-PCM.
22. Pearce, D., & Turner, K. (1995). *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Colegio de Economistas de Madrid.
23. Pérez, F., & Quintanilla, C. (2013). Estimating willingness-to-pay and financial feasibility in small water projects in El Salvador. *Journal of Business Research*, 66, 1750-1758.
24. 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).
25. Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
26. SUNASS (2013). Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno Sociedad Anónima (EMSAPUNO S. A.).

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)-  
Gerencia de Regulación Tarifaria.

27. SUNASS (2011). Formulación del PMO y precios por servicios colaterales. EMSAPUNO S. A. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Gerencia de Regulación Tarifaria.
28. Toledo, J., & Toledo, F. (2010). *Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales: caso PTAR del Cusco*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
29. Tudela, J. W. (2008). Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes de la ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas. *Economía y Sociedad*, 69, 73-83.
30. Tudela, J. W. (2014). Valoración económica y diseño de políticas para la gestión ambiental de la Reserva Nacional del Titicaca. En E. Vásquez & C. Montes (eds.), *Ocho diagnósticos para el desarrollo regional* (pp. 129-198). Lima: Patronato de la Universidad del Pacífico.
31. Uribe, E., Mendieta, J. C., Jaime, H., & Carriazo, F. (2003). *Introducción a la valoración ambiental, y estudios de casos*. Bogotá: CEDE-Ediciones Uniandes.

## Anexo 1. Identificación de variables para la estimación de la disponibilidad a pagar

Variable	Representación	Explicación	Cuantificación
Prob(SI)	Probabilidad de responder sí	Variable dependiente binaria que representa la probabilidad de responder sí a la pregunta de disponibilidad a pagar.	<i>Formato referéndum:</i> 1 = si el entrevistado responde positivamente a la pregunta de DAP, 0 = si responde negativamente.
FCN	Función de verosimilitud	Variable dependiente que representa la función de verosimilitud a estimar.	<i>Formato doble límite:</i> se obtienen 4 posibles combinaciones de respuesta: sí-sí, sí-no, no-sí y no-no. Con las respuestas se construyen 4 variables binarias, que toman el valor de 1 cuando la respuesta del encuestado se encuentra en esa posición y 0 de lo contrario.
BI	Precio hipotético inicial	Variable independiente continua que representa el precio hipotético inicial por acceder a los beneficios del proyecto.	<b>Número entero:</b> S/.1, S/.1,5, S/.2, S/.2,5, S/.3, S/.3,5, S/.4,5, S/.5,5, S/.6,5, S/.7,5.
BD	Precio hipotético menor	Variable independiente continua que representa el precio hipotético menor por acceder a los beneficios del proyecto.	<b>Número entero:</b> S/.0,5, S/.1, S/.1,5, S/.2, S/.2,5, S/.3, S/.3,5, S/.4,5, S/.5,5, S/.6,5.
BU	Precio hipotético mayor	Variable independiente continua que representa el precio hipotético mayor por acceder a los beneficios del proyecto.	<b>Número entero:</b> S/.1,5, S/.2, S/.2,5, S/.3, S/.3,5, S/.4,5, S/.5,5, S/.6,5, S/.7,5, S/.8.
DIST	Distancia	Variable categórica ordenada que representa la distancia de la planta de tratamiento de aguas servidas El Espinar a la vivienda del encuestado.	3 = más de 10 cuadras 2 = entre 5 y 10 cuadras 1 = entre 1 y 5 cuadras
EDU	Educación	Variable independiente categórica ordenada que representa el nivel educativo del entrevistado.	1 = sin instrucción 2 = primaria 3 = secundaria 4 = superior técnica 5 = superior pedagógica 6 = superior universitario 7 = posgrado
ING	Ingreso	Variable independiente continua que representa el ingreso total del jefe o encargado del hogar.	Número entero en nuevos soles

Fuente: elaboración propia.



## Anexo 2



### Formato de encuesta

Universidad Nacional del Altiplano

Oficina Universitaria de Investigación

**Encuesta: Estimación de Beneficios Económicos por el Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Puno**

N.o: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Encuestadores:** se administrará el cuestionario solo a personas mayores de 18 años, que sean jefes de familia. Es una entrevista completamente confidencial únicamente utilizada para obtener información socioeconómica de la familia, con el fin de evaluar la capacidad de pago por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas servidas en la ciudad de Puno.

### Introducción

Buenos días / Buenas tardes. Mi nombre es \_\_\_\_\_. Soy estudiante de la UNA-Puno. Estamos haciendo un estudio sobre el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas servidas a la población de Puno. Nos gustaría conocer su opinión al respecto. Solamente le tomará de 5 a 10 minutos. La información obtenida en esta entrevista es confidencial.

## Parte I. Problemas de saneamiento

<p>1. Nombre del encuestado y dirección de la vivienda</p> <p>Nombres y apellidos del encuestado:</p> <p>_____</p> <p>Nombre de la calle, avenida o jirón:</p> <p>_____</p>	<p>2. ¿A qué distancia de la planta de tratamiento de aguas servidas El Espinar se encuentra su vivienda?</p> <table border="1" data-bbox="690 378 955 775"> <tr> <td>Menos de una cuadra</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entre 1 y 5 cuadras</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entre 5 y 10 cuadras</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Más de 10 cuadras</td> <td></td> </tr> </table>	Menos de una cuadra		Entre 1 y 5 cuadras		Entre 5 y 10 cuadras		Más de 10 cuadras																			
Menos de una cuadra																											
Entre 1 y 5 cuadras																											
Entre 5 y 10 cuadras																											
Más de 10 cuadras																											
<table border="1" data-bbox="177 542 593 622"> <thead> <tr> <th>Núm.</th> <th>Inter.</th> <th>Piso</th> <th>Manzana</th> <th>Lote</th> <th>Teléfono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Barrio: _____ Zona: _____</p> <p>Total de familias que tiene la vivienda: _____</p> <p>Total de personas que residen en la vivienda: _____</p>	Núm.	Inter.	Piso	Manzana	Lote	Teléfono							<p>4. El colapso de las actuales lagunas de estabilización El Espinar ha generado que gran parte de las descargas de aguas servidas se viertan a la bahía interior del lago Titicaca, ocasionando contaminación de este patrimonio natural. En este contexto, ¿está de acuerdo con la construcción de la planta de tratamiento de aguas servidas?</p> <p>Sí _____</p> <p>No _____</p>														
Núm.	Inter.	Piso	Manzana	Lote	Teléfono																						
<p>3. ¿Cuáles considera usted que son las principales obras de mejoramiento de esta ciudad que se debe hacer y en qué orden? Priorizar</p> <table border="1" data-bbox="177 884 593 1223"> <tbody> <tr> <td>Ampliación de la cobertura de agua potable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mejoramiento de las redes de alcantarillado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pavimentación de calles y jirones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Infraestructura deportiva</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zonas de recreación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros, ¿cuál?</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Ampliación de la cobertura de agua potable		Mejoramiento de las redes de alcantarillado		Pavimentación de calles y jirones		Infraestructura deportiva		Zonas de recreación		Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales		Otros, ¿cuál?		<p>6. ¿Algún miembro de su familia ha padecido de alguna de las siguientes enfermedades durante el último mes?</p> <table border="1" data-bbox="619 1321 1029 1572"> <tbody> <tr> <td>Enfermedades gastrointestinales</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enfermedades parasitarias</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enfermedades dermatológicas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enfermedades respiratorias</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enfermedades oftalmológicas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enfermedades neurológicas</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>¿Cuál cree que sea la causa? _____</p>	Enfermedades gastrointestinales		Enfermedades parasitarias		Enfermedades dermatológicas		Enfermedades respiratorias		Enfermedades oftalmológicas		Enfermedades neurológicas	
Ampliación de la cobertura de agua potable																											
Mejoramiento de las redes de alcantarillado																											
Pavimentación de calles y jirones																											
Infraestructura deportiva																											
Zonas de recreación																											
Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales																											
Otros, ¿cuál?																											
Enfermedades gastrointestinales																											
Enfermedades parasitarias																											
Enfermedades dermatológicas																											
Enfermedades respiratorias																											
Enfermedades oftalmológicas																											
Enfermedades neurológicas																											
<p>5. ¿La contaminación de la bahía interior del lago Titicaca lo afecta a usted o a su familia de alguna manera? Priorizar</p> <table border="1" data-bbox="177 1321 593 1630"> <tbody> <tr> <td>Proliferación de malos olores</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mal aspecto visual</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Problemas de salud</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pérdida valor de los terrenos y vivienda</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mala imagen a los turistas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros, ¿cuál?</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Proliferación de malos olores		Mal aspecto visual		Problemas de salud		Pérdida valor de los terrenos y vivienda		Mala imagen a los turistas		Otros, ¿cuál?																
Proliferación de malos olores																											
Mal aspecto visual																											
Problemas de salud																											
Pérdida valor de los terrenos y vivienda																											
Mala imagen a los turistas																											
Otros, ¿cuál?																											

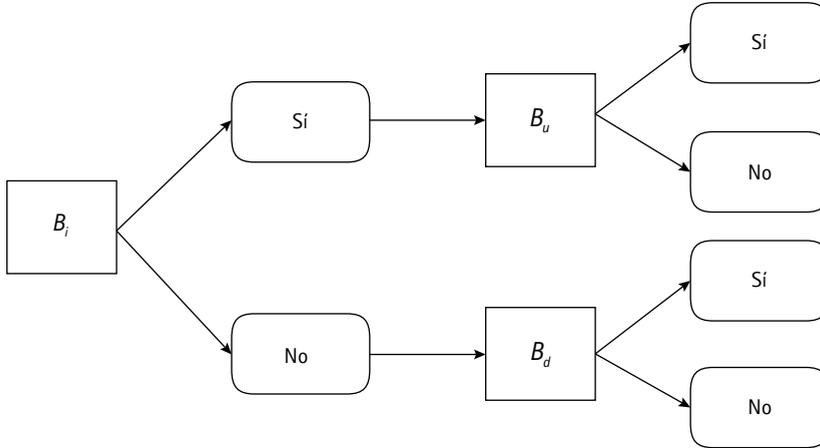
<p>7. ¿Ha habido algún caso de presencia de vectores (animales transmisores de enfermedades) en su vivienda en el último mes? Favor especificar qué tipo de vectores lo han molestado:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;">Moscas</td> <td style="width: 30%;">Sí</td> <td style="width: 30%;">No</td> </tr> <tr> <td>Roedores (ratones)</td> <td>Sí</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Otros, ¿cuál?</td> </tr> </table>	Moscas	Sí	No	Roedores (ratones)	Sí	No	Otros, ¿cuál?			<p>8. ¿En su hogar existe percepción de malos olores proveniente de la planta de tratamiento El Espinar?</p> <p>Sí _____</p> <p>No _____ ⇒ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pase a la pregunta 10</span></p>			
Moscas	Sí	No											
Roedores (ratones)	Sí	No											
Otros, ¿cuál?													
<p>9. ¿El tipo de olor percibido en su hogar es constante o temporal?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;">Constante</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Temporal</td> <td></td> </tr> </table> <p>¿A qué hora se siente los olores con mayor intensidad? _____</p>	Constante		Temporal		<p>10. Por favor indíqueme si está de acuerdo o no con las siguientes afirmaciones: Códigos: 1 = sí, 2 = no y 3 = no sabe</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 80%;">Todo derecho genera una obligación</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>¿Sabe usted que del 100% del agua potable que usted consume, el 80% se evacua al sistema de desagüe?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Si se evacuan las aguas residuales a un sistema de alcantarillado, para su posterior tratamiento, ¿considera usted que se debe pagar por este servicio?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Todos debemos pagar para no seguir contaminando la bahía interior del lago Titicaca</td> <td></td> </tr> </table>	Todo derecho genera una obligación		¿Sabe usted que del 100% del agua potable que usted consume, el 80% se evacua al sistema de desagüe?		Si se evacuan las aguas residuales a un sistema de alcantarillado, para su posterior tratamiento, ¿considera usted que se debe pagar por este servicio?		Todos debemos pagar para no seguir contaminando la bahía interior del lago Titicaca	
Constante													
Temporal													
Todo derecho genera una obligación													
¿Sabe usted que del 100% del agua potable que usted consume, el 80% se evacua al sistema de desagüe?													
Si se evacuan las aguas residuales a un sistema de alcantarillado, para su posterior tratamiento, ¿considera usted que se debe pagar por este servicio?													
Todos debemos pagar para no seguir contaminando la bahía interior del lago Titicaca													

## Parte II. Disponibilidad a pagar por el proyecto

La Municipalidad Provincial de Puno viene desarrollando un proyecto para controlar la contaminación del vertimiento de aguas residuales y evitar que se siga contaminando la bahía interior del lago Titicaca (el entrevistador muestra la fotografía). Este proyecto consiste en mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno. Si este proyecto se viabiliza mejorará el aspecto estético de la ciudad, solucionará los problemas sanitarios y además, el agua descontaminada en las plantas de tratamiento podrá tener otros usos como riego de parques y cultivos.

Una vez hechas la obras que le he explicado, todas las familias de la ciudad debemos cooperar, esta cooperación se traduciría en un aporte mensual y cubrirá los costos de operación y mantenimiento de la obra.

11. Tomando en cuenta lo anterior, ¿estaría usted dispuesto a contribuir mensualmente la cantidad de S/\_\_\_\_\_ en su recibo de agua para el financiamiento de las actividades de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno?



$B_i$	S/.1,00	S/.1,50	S/.2,00	S/.2,50	S/.3,00	S/.3,50	S/.4,50	S/.5,50	S/.6,50	S/.7,50
$B_d$	S/.0,50	S/.1,00	S/.1,50	S/.2,00	S/.2,50	S/.3,00	S/.3,50	S/.4,50	S/.5,50	S/.6,50
$B_u$	S/.1,50	S/.2,00	S/.2,50	S/.,00	S/.3,50	S/.4,50	S/.5,50	S/.6,50	S/.7,50	S/.8,00

Nota: Esta contribución mensual sería adicional a lo que usted paga actualmente por concepto de agua potable y alcantarillado.

Si la respuesta es no-no

12. ¿Por qué motivos no está dispuesto a colaborar?

El Gobierno debe pagar, no es mi responsabilidad	
No tengo recursos económicos suficientes	
El municipio es el que debe pagar	
Ya pago por el agua y el alcantarillado	
No tengo problemas con el tratamiento de aguas residuales	
No confío en el uso adecuado de los fondos	
Otros, especifique:	

### Parte III. Información socioeconómica

<p>13. El entrevistado es:</p> <p>Hombre (1)</p> <p>Mujer (0)</p>	<p>14. ¿Cuántos años tiene usted?</p> <p>_____</p>														
<p>15. ¿Cuál su nivel educativo alcanzado?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>• Sin instrucción</td><td style="width: 50px;"></td></tr> <tr><td>• Primaria (completa/incompleta)</td><td></td></tr> <tr><td>• Secundaria (completa/incompleta)</td><td></td></tr> <tr><td>• Superior técnica (completa/incompleta)</td><td></td></tr> <tr><td>• Superior pedagógica (completa/incompleta)</td><td></td></tr> <tr><td>• Universitaria (completa/incompleta)</td><td></td></tr> <tr><td>• Posgrado (completa/incompleta)</td><td></td></tr> </table>	• Sin instrucción		• Primaria (completa/incompleta)		• Secundaria (completa/incompleta)		• Superior técnica (completa/incompleta)		• Superior pedagógica (completa/incompleta)		• Universitaria (completa/incompleta)		• Posgrado (completa/incompleta)		<p>16. ¿Cuántos niños entre 0 y 12 años tiene en su hogar?</p> <p>_____</p>
• Sin instrucción															
• Primaria (completa/incompleta)															
• Secundaria (completa/incompleta)															
• Superior técnica (completa/incompleta)															
• Superior pedagógica (completa/incompleta)															
• Universitaria (completa/incompleta)															
• Posgrado (completa/incompleta)															

17. ¿Podría, por favor, mencionarnos las personas que contribuyen al ingreso familiar y el monto mensual? (Recuerde que la información se mantendrá en reserva por ser confidencial)

	Ocupación principal (*)	¿Con cuánto? \$./mes
Padre		
Madre		
Hijo 1		
Hijo 2		
Hijo 3		
Otro 1		
Otro 2		

(\*)Código:

(1) Obrero; (2) empleado público; (3) comerciante; (4) transportista; (5) empresario; (6) catedrático universitario; (7) profesor de institución educativa; (8) construcción civil; (9) jubilado; (10) ama de casa; (11) estudiante; (12) otro, especificar:

18. ¿Qué otros ingresos tiene la familia?

	¿Con cuánto? S./mes	Frecuencia (indicar: mes, semestre, año, etc.)
Agricultura		
Ganadería		
Artesanía		
Comercio		
Ayudas		
Otros		

19. ¿Los ingresos que percibe mensualmente le permiten ahorrar?

Sí	¿Cuánto al mes en porcentaje con respecto al total del ingreso familiar?	%
No		

20. ¿Cuánto gasta en su hogar mensualmente en los siguientes servicios? ¿Por favor podría indicarme el orden de prioridad de pago por tipo de servicio?

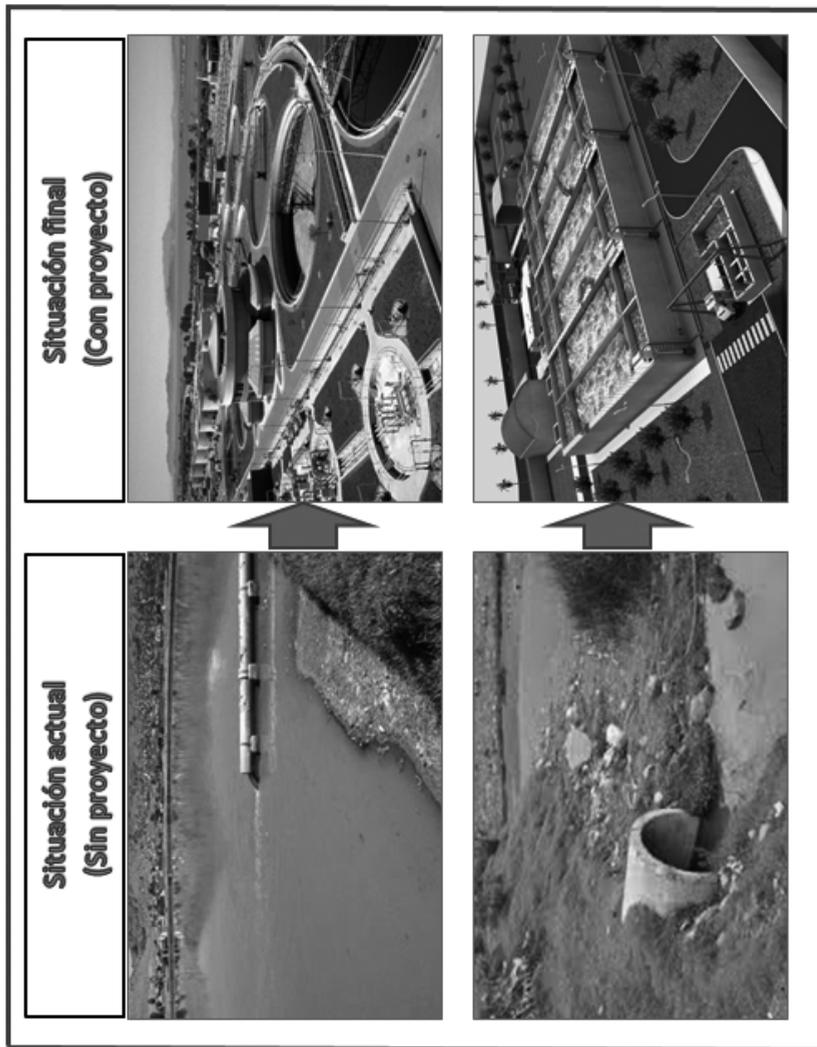
Gasto	Mes S/.	Orden de prioridad
Energía eléctrica		
Agua y desagüe		
Teléfono y/o celular		
Energía para la cocina (gas, queroseno, otro)		
Educación		
<b>Total</b>		

Muchas gracias por su participación en esta encuesta, será de mucha utilidad para evaluar el proyecto.

Nombre y apellido del encuestador: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fotografía que se ilustró a los encuestados para explicar el proyecto



## Anexo 3

## Modelo referéndum (lineal):

```

+-----+
| Multinomial Logit Model |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Jun 12, 2016 at 05:59:24PM. |
| Dependent variable PSI |
| Weighting variable None |
| Number of observations 393 |
| Iterations completed 5 |
| Log likelihood function -230,9486 |
| Restricted log likelihood -263,1417 |
| Chi squared 64,38615 |
| Degrees of freedom 4 |
| Prob[ChiSq > value] = 0,0000000 |
| Hosmer-Lemeshow chi-squared = 11,53983 |
| P-value= 0,17295 with deg.fr. = 8 |
+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Variable |Coefficient|Standard Error|b/St.Er.|P[|Z|>z]| Mean of X |
+-----+-----+-----+-----+-----+
Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]
Constant 1,68677104 0,78837890 2,140 0,0324
BI -0,30326415 0,05621311 -5,395 0,0000 3,71882952
ING 0,00022011 0,00010724 2,052 0,0401 1745,75064
EDU 0,25407061 0,08971150 2,832 0,0046 4,57760814
DIST -0,58448018 0,22741133 -2,570 0,0102 2,71501272

```

## Estimación de la DAP:

```

CALC;COEF1=B(1)$
CALC;COEF3=B(3)$
CALC;COEF4=B(4)$
CALC;COEF5=B(5)$
CREATE;ALFA=COEF1+COEF3*ING+COEF4*EDU+COEF5*DIST$
CREATE;BETA=B(2)$
CREATE;DAP=-ALFA/BETA$
DSTAT;RHS=DAP$

```

## Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

```

=====
Variable      Mean      Std.Dev.      Minimum      Maximum      Cases
=====
All observations in current sample
-----
DAP          5,43155336  2,32764148  0,835689177  13,6363652  393

```



### Modelo doble límite (lineal):

```

LOGIT;LHS=PSI;RHS=ONE,BI,ING,EDU,DIST$
NAMELIST;Y=ONE,BI,ING,EDU,DIST$
NAMELIST;X=ONE,BU,ING,EDU,DIST$
NAMELIST;Z=ONE,BD,ING,EDU,DIST$
MINIMIZE;LABELS=CONSTANT,PRECIO,INGRESO,EDUC,DISTA;
START=1,68,-0,30,0,0002,0,25,-0,58;
FCN=-DYY*LOG(1-LGP(-DOT[X]))-DNN*LOG(LGP(-DOT[Z]))-DYN*LOG(LGP(-
DOT[X])-LGP(-DOT[Y]))-DNY*LOG(LGP(-DOT[Y])-LGP(-DOT[Z]))$
CALC;COEF1=B(1)$
CALC;COEF3=B(3)$
CALC;COEF4=B(4)$
CALC;COEF5=B(5)$
CREATE;ALFA=COEF1+COEF3*ING+COEF4*EDU+COEF5*DIST$
CREATE;BETA=B(2)$
CREATE;DAP=-ALFA/BETA$
DSTAT;RHS=DAP$

```

```

+-----+
| User Defined Optimization |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Jun 12, 2016 at 07:34:58PM. |
| Dependent variable          Function |
| Weighting variable          None |
| Number of observations      393 |
| Iterations completed        10 |
| Log likelihood function     498,1374 |
| Restricted log likelihood    0,0000000 |
| Chi squared                 996,2749 |
| Degrees of freedom          5 |
| Prob[ChiSqd > value] =     0,0000000 |
+-----+

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]
CONSTANT	2,05014057	0,66397957	3,088	0,0020
PRECIO	-0,64987232	0,04744126	-13,698	0,0000
INGRESO	0,00057915	0,00010760	5,382	0,0000
EDUC	0,32066785	0,08475020	3,784	0,0002
DISTA	-0,61933152	0,18456919	-3,356	0,0008

#### Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum	Cases
----------	------	----------	---------	---------	-------

All observations in current sample

DAP	4,38176727	1,83932221	1,05645151	11,8320860	393
-----	------------	------------	------------	------------	-----

**Modelo doble límite (logarítmico):**

```

CREATE;LBI=LOG(BI) $
CREATE;LBU=LOG(BU) $
CREATE;LBD=LOG(BD) $
CREATE;LING=LOG(ING) $
LOGIT;LHS=PSI;RHS=ONE,LBI,LING,EDU,DIST$
NAMELIST;Y=ONE,LBI,LING,EDU,DIST$
NAMELIST;X=ONE,LBU,LING,EDU,DIST$
NAMELIST;Z=ONE,LBD,LING,EDU,DIST$
MINIMIZE;LABELS=CONSTANT,LPRECIO,LINGRESO,EDUC,DISTA;
START=-0,64,-0,98,0,37,0,24,-0,57;
FCN=-DYY*LOG(1-LGP(-DOT[X]))-DNN*LOG(LGP(-DOT[Z]))-DYN*LOG(LGP(-
DOT[X])-LGP(-DOT[Y]))-DNY*LOG(LGP(-DOT[Y])-LGP(-DOT[Z])) $
CALC;COEF1=B(1) $
CALC;COEF3=B(3) $
CALC;COEF4=B(4) $
CALC;COEF5=B(5) $
CREATE;ALFA=COEF1+COEF3*LING+COEF4*EDUC+COEF5*DIST$
CREATE;BETA=B(2) $
CREATE;DAP=EXP(-ALFA/BETA) $
DSTAT;RHS=DAP$
    
```

```

+-----+
| User Defined Optimization |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Jun 12, 2016 at 07:46:11PM. |
| Dependent variable          Function |
| Weighting variable          None |
| Number of observations      393 |
| Iterations completed        10 |
| Log likelihood function      495,0132 |
| Restricted log likelihood    0,0000000 |
| Chi squared                  990,0265 |
| Degrees of freedom           5 |
| Prob[ChiSqd > value] =      0,0000000 |
+-----+
    
```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ z >z]
CONSTANT	-3,79134235	1,34222317	-2,825	0,0047
LPRECIO	-2,18037211	0,14581250	-14,953	0,0000
LINGRESO	0,96498052	0,18251612	5,287	0,0000
EDUC	0,28933830	0,08744697	3,309	0,0009
DISTA	-0,55789938	0,19152632	-2,913	0,0036

**Descriptive Statistics**

All results based on nonmissing observations.

```

=====
Variable      Mean          Std.Dev.      Minimum      Maximum      Cases
=====
    
```

All observations in current sample

```

-----
DAP           4,42690391    2,30942028    0,976792029    15,8264201    393
    
```

