

*UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA*  
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y CIENCIAS SOCIALES  
SECCIÓN DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN



TESIS

*PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA  
BENEFICIO COSTO (B/C) PARA LA EVALUACIÓN  
ECONÓMICA DE PROYECTOS DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR): CASO  
PTAR DEL CUSCO*

*PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN  
PROYECTOS DE INVERSIÓN*

**PRESENTADO POR:**

*ECON. JORGE HERNÁN TOLEDO QUIÑONES  
ECON. FREDDY JULIÁN TOLEDO QUIÑONES*

*LIMA - PERU  
2010*

## **DEDICATORIA**

*Con mucho afecto a nuestros familiares más cercanos:*

*Isabel Quiñones Vda. de Toledo, Carlos, Hilda, Ricardo y Sergio Toledo.*

*Agradecimiento especial a nuestro hermano Ricardo, por su valiosa orientación profesional.*

## CONTENIDO

<b>Prólogo</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. PLANTEAMIENTO DE LA TESIS</b> .....	3
2.1 Tematización .....	3
2.2 Antecedentes .....	3
2.3 Problema .....	5
2.4 Justificación .....	7
2.5 Objetivos .....	8
2.6 Hipótesis .....	9
2.7 Selección de variables .....	9
2.8 Tipo de investigación.....	10
2.9 Fuente de información .....	11
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	12
3.1 Consideraciones generales .....	12
3.2 Teoría del bienestar .....	13
3.3 Las medidas de cambio en el bienestar .....	14
3.4 Valor económico total de un bien .....	17
3.5 Métodos de valoración .....	20
3.6 Método de valoración contingente .....	22
3.7 Aplicación del MVC en proyectos de tratamiento de aguas residuales .....	31
3.8 Metodología costo eficiencia .....	31
3.9 Metodología beneficio costo .....	33
3.10 Alternativas técnicas de plantas de tratamiento de aguas residuales .....	34
3.11 Análisis beneficio costo de alternativas de PTAR con el MVC .....	39
<b>IV. PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN B/C: PTAR</b> .....	52
4.1 Diseño Metodológico .....	52
4.2 Fases y etapas de la propuesta metodológica .....	52
4.3 Instrumentos .....	60

<b>V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL PROYECTO PTAR CUSCO</b> .....	63
5.1 Resumen del proyecto .....	63
5.2 Aplicación de la metodología de evaluación beneficio costo .....	68
5.3 Comparación de los criterios de evaluación aplicados a bienes ambientales .....	91
<b>VI. DISPOSICIÓN A PAGAR Y VIABILIDAD EMPRESARIAL</b> .....	98
6.1 Evaluación empresarial económica .....	98
6.2 Evaluación empresarial financiera .....	100
<b>VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	105
7.1 Contrastación de las hipótesis específicas .....	105
7.2 Contrastación de la hipótesis general .....	106
7.3 Aportes .....	106
7.4 Alcances y limitaciones .....	108
<b>VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	111
8.1 Conclusiones .....	111
8.2 Recomendaciones .....	113
<b>Bibliografía</b> .....	114
Anexo N° 1 Principales métodos indirectos de valoración.....	116
Anexo N° 2 Gráfico de funciones logit de probabilidad .....	121
Anexo N° 3 Criterios para medir la bondad de los modelos logit .....	123
Anexo N° 4 Alternativas técnicas de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	128
Anexo N° 5 Instrumentos y ayudas de la propuesta metodológica .....	140
Anexo N° 6 Base de datos parcial de la información de la encuesta.....	161
Anexo N° 7 Formato y fotografías de la encuesta .....	162
Anexo N° 8 Descripción del proyecto .....	169
Anexo N° 9 Evaluación costo eficiencia .....	183
Anexo N° 10 Modelos estimados en el EVIEWS .....	186
Anexo N° 11 Media y mediana de las variables explicativas .....	195
Anexo N° 12 Disposición a pagar con los modelos seleccionados .....	196
Anexo N° 13 Cuadros de evaluación beneficio costo .....	198
Anexo N° 14 Estimación ex post del error del tamaño de la muestra .....	201
Anexo N° 15 Relación entre la disposición a pagar y la capacidad de pago .....	202

## ÍNDICE DE CUADROS

III - 1	Componentes del valor económico total .....	17
III - 2	Valor económico total de la descontaminación de un río .....	20
III - 3	Medidas de cambio en el bienestar para las distintas formas funcionales .....	28
III - 4	VARIABLES de modelos de valoración contingente de proyectos de alcantarillado .....	32
III - 5	Grado de tratamiento alcanzado según diferentes procesos .....	37
III - 6	Área requerida por diferentes tecnologías para tratar aguas residuales .....	38
III - 7	Características medibles del agua según clasificación de uso .....	41
III - 8	Estimación del índice para calidad del agua apta para pesca .....	43
III - 9	Preguntas sobre la DAP: alternativas de niveles de tratamiento.....	45
III- 10	DAP para cada nivel de calidad ambiental-caso de aplicación.....	46
III- 11	Preguntas sobre la DAP: localización de la PTAR .....	49
III- 12	Preguntas sobre la DAP: tamaño de la PTAR.....	51
IV - 1	Fases, etapas e instrumentos de la metodología de evaluación beneficio-costo .....	53
IV - 2	Ejemplo de matriz de datos .....	57
IV - 3	Listado de criterios para elegir entre modelos logit alternativos .....	62
V - 1	Balance oferta demanda de tratamiento de aguas residuales: sin proyecto .....	65
V - 2	Proceso de tratamiento preliminar, primario y de lodos de las alternativas .....	65
V - 3	Resumen de las inversiones totales por alternativa .....	66
V - 4	Resumen de costos de operación y mantenimiento a nivel de alternativas .....	66
V - 5	Línea de corte de plantas de tratamiento de aguas residuales .....	67
V - 6	Evaluación costo-eficiencia de las alternativas: a precios sombra .....	67
V - 7	Pregunta sobre DAP con formato subasta .....	70
V - 8	Distribución de la muestra dentro del ámbito geográfico en análisis .....	72
V - 9	Especificación de las variables utilizadas .....	74
V - 10	Distribución de la muestra y encuestas analizadas .....	75
V - 11	Disposición a pagar dicotómica .....	75
V - 12	Razones de no aceptar pago .....	75
V - 13	Razones de aceptación de pago .....	76
V - 14	Frecuencia de aceptación o no aceptación a pago .....	76
V - 15	Análisis de correlaciones bivariadas .....	79
V - 16	Varianza total explicada .....	81
V - 17	Matriz de componentes rotados .....	82
V - 18	Resumen de los modelos estimados .....	84
V - 19	Criterios econométricos de evaluación y selección del mejor modelo logit .....	87
V - 20	Estimación de la media y mediana de la DAP: modelo 3 .....	89
V - 21	Disposición a pagar a nivel de modelos .....	89
V - 22	Evaluación beneficio costo de las alternativas .....	90
V - 23	Índices de variación del costo unitario de PTAR según su tamaño .....	93
VI- 1	Flujo de evaluación económica empresarial: alternativa seleccionada .....	99
VI- 2	Valor actual de costos de la alternativa seleccionada (filtros percoladores) .....	99
VI- 3	Costo mensual, DAP y subsidio requerido por conexión .....	100
VI- 4	Condiciones financieras del préstamo PE-P29 .....	101
VI- 5	Flujo de evaluación empresarial financiera de la alternativa seleccionada .....	101
VI- 6	Flujo de evaluación financiera: VAN igual a cero de la alternativa seleccionada .....	102
VI- 7	Ingresos familiares y DAP: modelo seleccionado .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

II - 1	Costo relativo de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales .....	6
III - 1	Variación compensada cuando mejora la calidad del bien .....	16
III - 2	Variación equivalente cuando mejora la calidad del bien .....	16
III - 3	Valor económico total y métodos de valoración .....	18
III - 4	Esquema de los enfoques de valoración contingente .....	21
III - 5	DAP total y calidad del agua .....	40
III - 6	Escalera de la calidad del agua.....	42
V - 1	Gráfico de sedimentación .....	82
V - 2	Alternativas de PTAR acotadas bajo el criterio beneficio costo .....	97

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS**

<b>ACE</b>	Análisis de Costo Eficiencia
<b>ABC</b>	Análisis Beneficio Costo
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DAP</b>	Disposición a Pagar
<b>ECA</b>	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua
<b>EPS</b>	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
<b>EVIIEWS</b>	Econometrics Views
<b>JBIC</b>	Japan Bank of International Cooperation
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente
<b>MVC</b>	Método de Valoración Contingente
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>PRONAP</b>	Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado
<b>SEDACUSCO S.A.</b>	Entidad Prestadora de Servicios del Cusco S.A.
<b>SNIP</b>	Sistema Nacional de Inversión Pública
<b>SPSS</b>	Statistical Package for Social Sciences
<b>LIMDEP</b>	Limited Dependent Variables
<b>SUNASS</b>	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
<b>SST</b>	Sólidos Sedimentables
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto
<b>VC</b>	Valoración Compensada
<b>VE</b>	Valoración Equivalente
<b>VET</b>	Valor Económico Total
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno

## **PRÓLOGO**

La presente Tesis denominada “Propuesta de Aplicación de la Metodología Beneficio Costo (B/C) para la Evaluación Económica de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Caso PTAR del Cusco” ha sido formulada con la finalidad de cumplir con el requisito de la Sección de Post Grado de la Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales FIECS de la Universidad Nacional de Ingeniería, para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Mención en Proyectos de Inversión.

El objetivo de la Tesis es determinar si la Metodología Beneficio Costo (B/C) es más apropiada que la Metodología Costo Eficiencia (C/E) para la evaluación económica de proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

La Tesis desarrolla el marco teórico del método de valoración contingente para la estimación de la disposición a pagar y su aplicación en la evaluación económica nacional y evaluación empresarial del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cusco.

El presente trabajo incorpora la experiencia de los autores en la formulación, evaluación económica e implementación de proyectos de saneamiento básico a nivel nacional.



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Las decisiones de implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y la selección de las alternativas técnicas se han centrado en los aspectos de viabilidad técnica, consideraciones de orden normativo sobre la calidad del cuerpo receptor y análisis de mínimo costo.

Para la evaluación económica nacional de los proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), considera la aplicación de la metodología de costo eficiencia, que en esencia consiste en estimar un costo por habitante del proyecto y compararlo con un costo referencial a manera de línea de corte, pre-establecida por el SNIP.

Dicha metodología de evaluación tiene significativas limitaciones para seleccionar la alternativa más conveniente desde los puntos de vista económico y de sostenibilidad, al no incorporar la valoración de los usuarios.

En la presente Tesis se plantea utilizar la metodología beneficio costo para evaluar proyectos de PTAR para lo cual se desarrolla en principio el marco teórico que sustenta la estimación de la disposición a pagar con el método de la valoración contingente, el análisis de alternativas técnicas y el análisis econométrico que permite su cálculo y la selección del mejor modelo.

La evaluación económica propuesta se realiza desde los puntos de vista de la sociedad en su conjunto <sup>1/</sup> (evaluación económica de eficiencia nacional) y del inversionista individual (evaluación económica empresarial).

---

<sup>1/</sup> En esta evaluación se aplican precios de eficiencia o precios sombra o precios de cuenta.

El método de la valoración contingente es aplicado para la estimación de los beneficios del proyecto de la PTAR del Cusco y para la respectiva evaluación beneficio costo. Estos resultados se comparan con los obtenidos en la evaluación costo eficiencia. La disposición a pagar estimada es aplicada asimismo en la evaluación empresarial del citado proyecto.

Se detalla las ventajas y limitaciones de la evaluación económica a través de las metodologías beneficio costo y costo eficiencia.

Se presenta la propuesta metodológica de evaluación beneficio costo en proyectos de PTAR, sistematizando su desarrollo a través de fases y etapas, incluyendo orientaciones y ayudas para la utilización de programas econométricos para la aplicación del método de valoración contingente.

## **CAPÍTULO II**

### **PLANTEAMIENTO DE LA TESIS**

#### **2.1 Tematización**

La presente tesis plantea la aplicación de la metodología beneficio costo para la evaluación económica de proyectos de tratamiento de aguas residuales (PTAR), desarrollando el caso del proyecto PTAR Cusco.

#### **2.2 Antecedentes**

Proyectos de ampliación y mejoramiento de PTAR en capitales de departamento del país y cuya ejecución estaba ya decidida y que contaba incluso con financiamiento externo para su implementación evidencian problemas en la selección de la alternativa técnica-económica más conveniente.

- En la PTAR de la ciudad de Cajamarca se han ejecutado inversiones estimadas en US\$ 1,5 millones con financiamiento de KFW de Alemania, para la ampliación de las actuales plantas de estabilización convirtiéndolas en lagunas anaeróbicas. El avance de la ejecución financiera de la obra se estima en 20 % respecto del total del proyecto (US\$ 7,4 millones), sin embargo la Municipalidad Provincial de Cajamarca ha planteado el cambio de alternativa técnica de solución: de lagunas anaeróbicas a plantas mecanizadas que requieran menor área (aún no se encuentra definida la alternativa técnica). A la fecha, las obras de la planta están paralizadas.
- La PTAR de la ciudad de Puno, cuenta con financiamiento de KFW de Alemania para construir lagunas de estabilización, con inversiones estimadas inicialmente en US\$ 7,7 millones. Aún no se ha iniciado su ejecución debido a que la Municipalidad Provincial de Puno, principal accionista de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno

- El proyecto de ampliación y mejoramiento de la PTAR de San Jerónimo de Cusco, que cuenta con financiamiento de un crédito del Gobierno del Japón (Préstamo JBIC PE-29), ha implicado analizar tres alternativas técnicas de solución. El estudio de preinversión del proyecto de agua potable y alcantarillado de la citada ciudad, elaborado en el año 1997 por el Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado –PRONAP– recomendó la localización de la PTAR en la zona de Huasao a 13 Km. del Cusco. Dicha ubicación tuvo que variarse al no estar asegurada la disponibilidad del terreno para la planta, cuyos propietarios eran alrededor de 200 pequeños agricultores.
- A la fecha no se decide la localización de la PTAR de Arequipa. La alternativa de ubicarla en la zona de Pampa Estrella (a 12 Km. de la capital), tiene un costo de inversión mayor en US \$ 23,4 millones respecto a la alternativa de menor costo seleccionada en el estudio de preinversión que recomienda ubicar una de las plantas cerca a la capital del distrito de Uchumayo en la zona de Los Hurtados. A la fecha la localización en la zona Los Hurtados no tiene la aceptación de la población del distrito de Uchumayo.

En general, la discusión para tratar los problemas antes señalados se ha centrado en los aspectos básicamente de viabilidad técnica (como estándares normativos, disponibilidad de terrenos y eliminación de riesgos de vulnerabilidad). En la mayor parte de los casos las autoridades de los gobiernos locales han liderado el planteamiento de cambios de solución técnica para que se seleccionen plantas de tratamiento que ocupen menos áreas de terreno o que se localicen en zonas más alejadas de las ciudades.

Sin embargo, las decisiones respecto a la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales en el país, no han tomado en cuenta potenciales problemas que enfrenta su sostenibilidad, considerando por ejemplo que según evaluaciones realizadas por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), las tarifas que actualmente cobran las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) no les permite cubrir los costos de operación y mantenimiento de las PTAR a cargo de dichas EPS. Además, según SUNASS <sup>2/</sup> problemas asociados a la implementación de proyectos de PTAR son la carencia de evaluación económica bajo la metodología costo beneficio, para garantizar

---

<sup>2/</sup> SUNASS-GTZ. “Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en EPS del Perú y Propuestas de Solución”. Lima, 2008.

su sostenibilidad y la existencia de conflictos sociales respecto a la ubicación y tipo de tecnología aplicable.

Para evaluar la viabilidad económica de los proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), considera la aplicación de la metodología de costo eficiencia, que en esencia consiste en estimar un costo por habitante del proyecto y compararlo con un costo referencial a manera de línea de corte, pre-establecida por el SNIP. Dicha metodología de evaluación tiene significativas limitaciones para seleccionar la alternativa más conveniente desde los puntos de vista económico y de sostenibilidad.

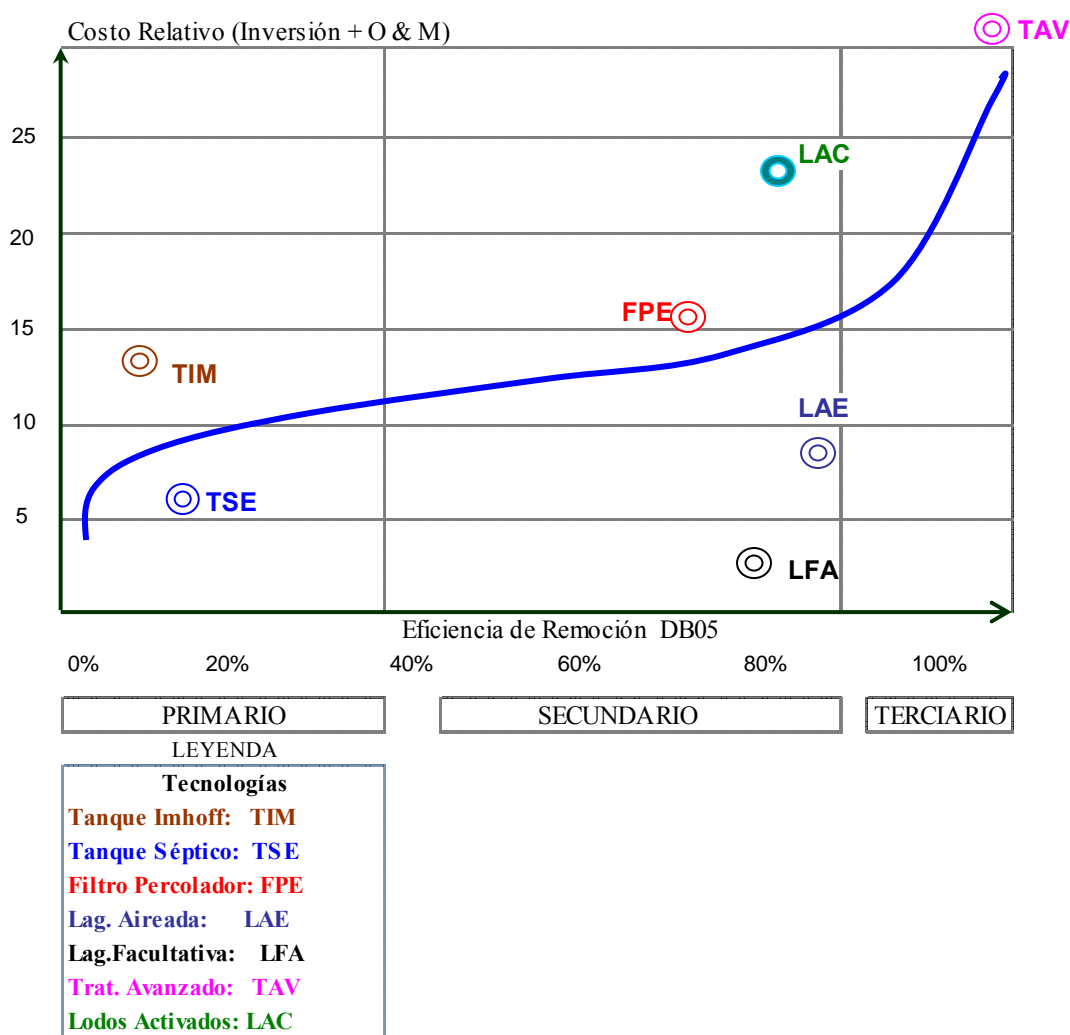
La metodología costo eficiencia, si bien conduce a establecer la solución de menor costo, supone que el proyecto evaluado es rentable y además que todas las alternativas tienen los mismos beneficios. En consecuencia, dicha metodología tiene la limitación intrínseca de no establecer la rentabilidad económica de un proyecto (y de cada una de sus alternativas), con base a la disposición a pagar de los potenciales beneficiarios. Este último aspecto está relacionado además con la disposición de la población a contribuir con la sostenibilidad de los respectivos proyectos.

### **2.3 Problema**

En el caso particular de la aplicación de la metodología costo eficiencia en proyectos de tratamiento de aguas residuales sometidos al SNIP en el país, se observan las siguientes restricciones:

- Se utiliza como línea de corte, el costo referencial de US\$ 109/ habitante, basado en estimaciones de costos promedios de proyectos ejecutados en la década de los 90. No se cuenta con el sustento que respalda dicha estimación.
- Esa única línea de corte se aplica arbitrariamente para evaluar proyectos de PTAR con diferentes alternativas técnicas, tales como lagunas de estabilización, plantas de lodos activados, filtro percolador, lagunas aireadas, etc., cuyos costos unitarios tienen amplio rango de variación. Ver Figura N° II-1.
- Hay dificultad para estimar líneas de corte (o funciones de costo estadísticamente confiables) para opciones técnicas de PTAR, excepto en el caso de lagunas de estabilización, debido a que existen un insuficiente número de proyectos ejecutados con tecnologías diferentes a lagunas de estabilización. Al respecto, según diagnósticos

Figura N° II-1  
Costo relativo de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia con base al Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. SUNASS-GTZ. Lima. 2008.

- Aún si se contara con líneas de corte para cada tipo de PTAR, subsistiría la dificultad de seleccionar la mejor alternativa por la metodología de costo eficiencia, debido a que en muchos casos las alternativas tienen diferentes beneficios.
- La metodología de costo eficiencia, no considera el punto de vista de los potenciales beneficiarios, aspecto fundamental para la sostenibilidad de este tipo de proyectos.

Basándose en todo lo mencionado anteriormente se definen los siguientes problemas:

- **Problema principal**

¿La Metodología Beneficio Costo (B/C) supera las limitaciones de la Metodología Costo Eficiencia (C/E) para la evaluación económica de proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?

- **Problema específico 1**

¿Es posible sistematizar, con base a la economía del bienestar, la aplicación de la Metodología Beneficio Costo (B/C) para la evaluación económica de proyectos de PTAR (caso del Cusco)?

- **Problema específico 2**

¿La Disposición a Pagar (DAP) estimada con la Metodología Beneficio Costo (B/C) tiene relación con la viabilidad empresarial de los proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?

## **2.4 Justificación**

El presente trabajo es considerado de importancia por las siguientes razones:

- Contiene un planteamiento para tener mayores elementos de juicio en la toma de decisiones para implementar proyectos de PTAR.
- Beneficia a las entidades que participan en el proceso de toma de decisiones para la implementación de proyectos de PTAR (unidades formuladoras, evaluadoras, financiadoras) al permitirles tener mayores elementos de juicio en sus decisiones y a los usuarios de dichos proyectos, al plantearse que sus valoraciones sean tomadas en cuenta.
- Plantea superar las limitaciones de la metodología costo eficiencia actualmente utilizada para evaluar proyectos de PTAR, al plantear una metodología alternativa, beneficio costo para orientar la selección de las mejores alternativas técnico-económicas y sostenibles.

- Plantea la sistematización de la evaluación económica en base a la metodología beneficio costo, que puede ser aplicada en los estudios de sustentación técnico-económica de proyectos de PTAR en el país.

De no mejorarse los criterios de evaluación económica de las plantas de tratamiento de aguas residuales, importantes recursos de inversión del país corren el riesgo de ser mal asignados, teniendo en cuenta que las inversiones en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales para cubrir las metas previstas en el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, alcanzan a US \$ 1,131 millones, lo que representa el 28% de las inversiones programadas en dicho Plan (US \$ 4,042 millones).

En consecuencia, resulta necesario plantear metodologías alternativas o complementarias de evaluación económica para los proyectos de tratamiento de aguas residuales para mejorar la toma de decisiones al implementar dichos proyectos.

## **2.5 Objetivos**

- **Objetivo general**

Establecer una propuesta Metodológica Beneficio Costo (B/C) que supere las limitaciones de la Metodología Costo Eficiencia (C/E) para la evaluación económica de proyectos de PTAR.

- **Objetivo específico 1**

Sistematizar, con base a la economía del bienestar, la aplicación de la Metodología Beneficio Costo para la evaluación económica de proyectos de PTAR, (caso del proyecto PTAR Cusco).

- **Objetivo específico 2**

Establecer la relación entre la disposición a pagar (DAP) estimada con la Metodología Beneficio Costo y la viabilidad empresarial de los proyectos de PTAR (caso del proyecto PTAR Cusco).



## 2.6 Hipótesis

- **Hipótesis general**

La Metodología Beneficio Costo supera las limitaciones de la Metodología Costo Eficiencia para la evaluación económica de proyectos de PTAR.

- **Hipótesis específica 1**

Es posible sistematizar, con base a la economía del bienestar, la Metodología Beneficio Costo para la evaluación económica de proyectos de PTAR (aplicándolo al caso del proyecto PTAR Cusco).

- **Hipótesis específica 2**

La Disposición a Pagar (DAP) estimada con la Metodología Beneficio Costo (B/C) tiene relación con la viabilidad empresarial de los proyectos de PTAR (aplicándolo al caso del proyecto PTAR Cusco).

## 2.7 Selección de variables.

Las variables e indicadores del proyecto, se detallan a continuación.

- **Variable dependiente**

L = Variable Dicótoma:

Indicadores:

L1 = NO = 0 No tiene disposición de pago

L2 = SI = 1 Si tiene disposición de pago

- **Variables independientes:**

PRE\_HIP= Precio hipotético

Indicadores:

PRE\_HIP1 = Mediana del precio hipotético.

PRE\_HIP2 = Media del precio hipotético.

X= Ingreso

Indicadores:

X1= Ingreso familiar

X2 = Ingreso per cápita.

Y= Otras características socioeconómicas relevantes.

Indicadores:

Y1= Educación del entrevistado.

Y2= Mayor nivel educativo de un miembro del hogar

Y3 = Disponibilidad de servicios higiénicos

Y4 = Tipo de piso de la vivienda

- **Variable interviniente:**

W = Término de perturbación estocástica

Indicadores:

W1 =  $\theta$ , variable aleatoria del modelo con media cero, varianza constante y distribuida independientemente entre los entrevistados.

## **2.8 Tipo de investigación**

De acuerdo a la clasificación de la investigación científica, por su nivel, la presente Tesis es una investigación explicativa porque su objetivo es explicar porque ocurre un fenómeno, en que condiciones se da éste y la forma como dos o más variables están relacionadas. Bajo esta clasificación la presente Tesis es también correlacional porque busca saber como se comporta una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas, y además es descriptiva, porque especifica las características de un grupo de personas sometidas a análisis.

La presente Tesis, es asimismo inductiva-deductiva. Es inductiva, porque a partir del registro de variables particulares, se obtienen conclusiones generales sobre el comportamiento del grupo de personas sometidas a análisis. Es deductiva, en tanto conduce a conclusiones para su aplicación particular, partiendo de lo general aceptado como válido.

Los conceptos teóricos y metodológicos más generales que sustentan el análisis costo beneficio, relacionados a la presente Tesis, han sido desarrollados por Arnold C. Harberger <sup>3/</sup>, profesor de economía de la Universidad de California de Estados Unidos.

## **2.9 Fuentes de información**

Las fuentes de información son primarias y secundarias.

### **2.9.1 Fuentes primarias**

Consistió en 316 encuestas a una muestra representativa de hogares seleccionada por muestreo, de la ciudad del Cusco, para recolectar información sobre la disponibilidad a pagar por la descontaminación del río Huatanay y variables socioeconómicas.

### **2.9.2 Fuentes secundarias**

En relación al logro de los objetivos de la presente Tesis, se destaca la utilización de la información secundaria siguiente:

- “Estudio de factibilidad del proyecto de la PTAR del Cusco”, desarrollado por la Dirección Nacional de Saneamiento del Viceministerio de Construcción y Saneamiento y la Entidad Prestadora de Servicios del Cusco S.A. (SEDACUSCO S.A.).
- Estudios varios de aplicación del método de valoración contingente, para la evaluación económica de proyectos de PTAR a nivel internacional y en el país.
- “Guía para la Utilización de Modelos Econométricos en Aplicaciones del Método de Valoración Contingente” de Sergio Ardila.
- “Investing in Water Quality” de Russell, Vaughan y Otros.

---

<sup>3/</sup> Parte de la amplia producción bibliográfica de Harberger, se puede revisar en la siguiente dirección electrónica: <http://www.econ.ucla.edu/harberger>.

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Consideraciones generales**

##### **3.1.1 A nivel internacional**

Durante muchos años la valoración mediante encuestas de bienes que no se transan libremente en el mercado, tuvo como punto de referencia (negativo) un influyente artículo corto publicado por Paul Samuelson (1954) en *The Review of Economics and Statistics*, donde no aconsejaba la técnica de la encuesta directa para valorar bienes públicos.

En la segunda mitad de los años sesenta se desarrollaron distintos estudios que aplicaban el método de la valoración contingente a bienes ambientales y usos recreativos, principalmente.

En la década de los setenta, Peter Bohm (1971; 1972) contrastó empíricamente y rechazó la hipótesis de sesgo estratégico formulada por Samuelson.

En la segunda mitad de los años ochenta Cummings, Brookshire y Schulze (1986) y Mitchell y Carson (1989) situaron esta técnica de valoración en un contexto más amplio que el de la economía ambiental y del bienestar al plantear que para valorar correctamente un bien en un mercado hipotético se requiere la colaboración de la estadística, la psicología, la sociología, la investigación de mercado y en general, ramas de las ciencias económicas que amplían el marco de la economía del bienestar.

El informe de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos de Norteamérica, hecho público en enero de 1993, fue claramente favorable a la

utilización del método de valoración contingente. Sin embargo, recomendaba una serie de medidas estrictas en su diseño y aplicación, para asegurar que no lleve a estimar valores exageradamente sesgados.

### **3.1.2 A nivel del Perú**

En el año 1997, el Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (PRONAP), desarrolló, 69 estudios de factibilidad de proyectos de agua potable y alcantarillado, que incluyeron la aplicación de la metodología de valoración contingente para la evaluación económica de proyectos de PTAR.

En el año 2007, la Dirección Nacional de Saneamiento del Viceministerio de Construcción y Saneamiento y la Entidad Prestadora de Servicios del Cusco S.A. (SEDACUSCO S.A.), desarrollaron el estudio de preinversión del proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Cusco (PTAR), en cuya evaluación económica se utilizó la valoración contingente.

## **3.2 Teoría del bienestar**

La valoración económica de los bienes que se transan libremente en el mercado se fundamenta en la teoría económica clásica de medición de cambios en precios y cantidades.

Aplicando una serie de extensiones a dicha teoría hoy es posible valorar bienes que no se transan libremente en el mercado (que incluye a bienes ambientales). Esta teoría asume que las personas conocen sus preferencias, y que estas preferencias tienen la propiedad de sustituibilidad entre bienes que se transan en el mercado con aquellos que no tienen ese atributo.

La sustituibilidad establece una tasa de intercambio (trade off) <sup>4/</sup> entre pares de bienes haciendo que esta sea la esencia del concepto económico de valor. La medición del valor basada en la sustituibilidad puede ser representada por medio de la Máxima Disponibilidad a Pagar (Máxima DAP) o por medio de la Mínima Disposición a ser Compensado (mdc) definidas en términos de cualquier otro bien que el individuo esté dispuesto a sustituir por el bien que esta siendo valorado. Lo más común es plantear este pago en términos monetarios.

---

<sup>4/</sup> Dimas Leopoldo y Herrador Doribel. “Valoración Económica del Agua para el Area Metropolitana de San Salvador”. PRISMA. El Salvador. 2001.

El precio monetario de un bien que se transa libremente en el mercado es un caso de trade off (intercambio) debido a que el dinero dado para la compra de una unidad de un bien de una canasta de bienes es una aproximación de las cantidades de uno o más de los otros bienes de la canasta que tienen que ser reducidos para realizar la compra.

Por lo general, la máxima DAP y la mdc son medidas expresadas en términos monetarios debido a la utilización del dinero como bien numerario.

Para poder estimar el valor de un bien económico que no cuenta con información en un mercado convencional, los economistas han recurrido a la modificación de los métodos convencionales de estimación de curvas de demanda, y, sobre todo, han desarrollado nuevos métodos de recolección de datos ya sea a partir de la simulación de mercados o por medio del establecimiento de relaciones entre los bienes sin mercado, con bienes que sí pueden ser transados en el mercado, para tratar de encontrar el valor económico de los primeros.

La teoría de valoración económica del medio ambiente se basa en la “Economía del Bienestar”, recurriendo a las medidas de cambios en el bienestar de las personas por mejoras en la calidad ambiental.

### **3.3 Las medidas de cambio en el bienestar <sup>5/</sup>**

#### **a. Variación compensada (VC)**

La VC toma como referencia el nivel de utilidad que el consumidor alcanza en la situación sin proyecto ( $U_0$ ), y equivale entonces, para el caso de una reducción en el nivel de precios o mejora en la calidad del bien ambiental no transado en el mercado, a la cantidad de dinero que hay que sustraer del ingreso original del individuo para hacer que su nivel de utilidad con proyecto iguale al nivel de utilidad sin proyecto:

*Es la máxima cantidad de dinero que la persona estaría dispuesta a pagar por el cambio favorable de un bien (el entrevistado no tiene el derecho del bien).*

En el caso de bienes ambientales no transados en el mercado, el objetivo generalmente es determinar el cambio en el bienestar atribuible a un cambio en la disponibilidad o calidad de un bien  $q$ . Este cambio en bienestar puede estimarse a partir del cambio en el comportamiento del consumidor con respecto a un bien  $Z$  complementario en el consumo con  $q$ , siempre y cuando para este bien  $Z$  sea posible observar o inferir un

---

<sup>5/</sup> Rado Barzev. “Guía Práctica Sobre el Uso de Modelos Económicos para los Métodos de Valoración Contingente y el Costo del Viaje - a través del Programa Económico LIMDEP”. Julio de 2004.

precio de mercado (por ejemplo, la calidad de agua del río sería el bien  $q$  y  $Z$  sería bañarse en el río).

La variación compensada puede definirse en este caso como,

$$VC(q_0, q_1) = m(P, q_1, U_0) - m(P, q_0, U_0), \quad (1)$$

Donde:  $q_0$  es la cantidad o calidad del bien ambiental, en la situación sin proyecto.

$q_1$  es la cantidad o calidad del bien ambiental, en la situación con proyecto.

$m$  es el presupuesto asociado a las dos cantidades especificadas.

$P$  es un precio asociado a las dos situaciones especificadas.

$U_0$  es el nivel de utilidad que el consumidor alcanza en la situación sin proyecto.

$U_1$  es el *nivel* de utilidad que se alcanza en la situación con proyecto.

Alternativamente, la VC, para una reducción de precios o mejora en la calidad ambiental de un bien, (por ejemplo, de agua de un río), puede expresarse así:

$$U_1(1, Y-VC; S) = U_0(0, Y; S)$$

Donde  $J=1$ , por ejemplo representa poder bañarse en el río, ( $J=0$  representa no poder hacerlo),  $Y$  es el ingreso de la persona encuestada,  $VC$  es la DAP de los encuestados para disfrutar por la mejora de la calidad del bien ambiental, en este caso del agua del río, cuando se encuentra en el nivel de utilidad  $U_0$ .  $S$  representa las características socioeconómicas observables del encuestado, que pueden afectar sus preferencias, como por ejemplo, nivel educativo, disponibilidad de servicio higiénico, material del piso de la vivienda (ver Figura N° III-1).

#### **b. Variación equivalente (VE)**

La VE toma como referencia el nivel de utilidad que el individuo alcanzaría con el cambio de precios, siendo equivalente a la cantidad de dinero que habría que darle al individuo en la situación sin proyecto, para que alcance un nivel de utilidad semejante al que alcanzaría en la situación con proyecto con el nivel de ingreso original.

*Es la mínima cantidad que la persona está dispuesta a aceptar (mdc) por renunciar a un cambio favorable de un bien (el entrevistado tiene el derecho del bien).*

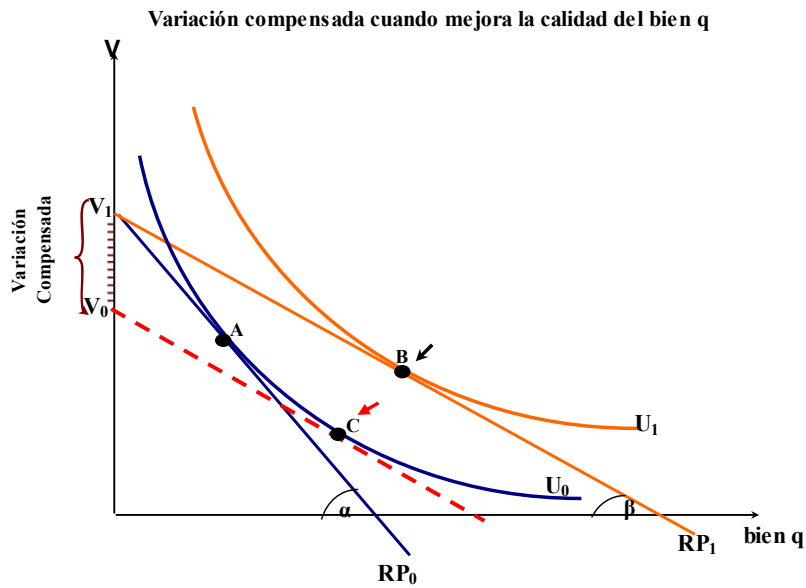
La variación equivalente puede definirse en este caso como:

$$VE(q_0, q_1) = m(P, q_1, U_1) - m(P, q_0, U_1), \quad (2)$$

Alternativamente, la VE, para una reducción de precios o mejora en la calidad ambiental de un bien, (por ejemplo, de agua de un río), puede expresarse así:

$$U_0(0, Y+VE; S) = U_1(1, Y; S)$$

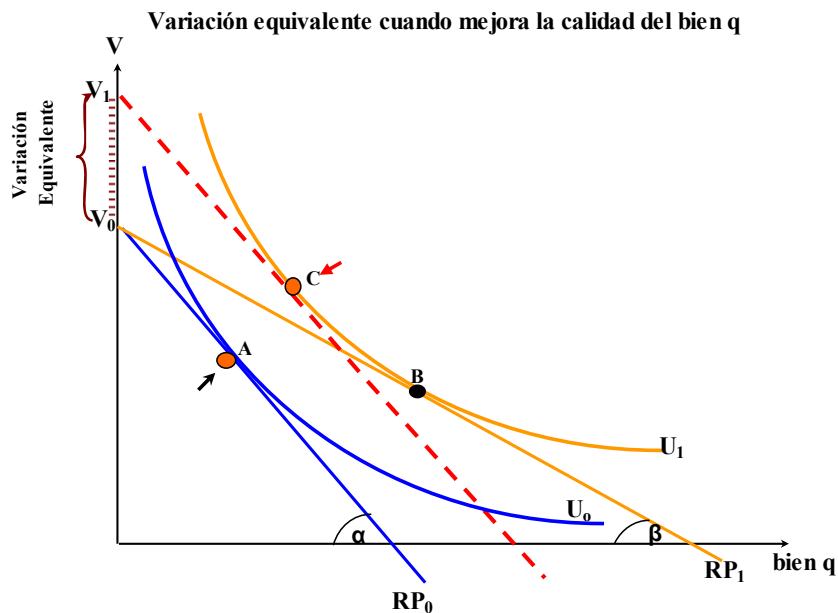
Figura N° III-1



- Es la máxima disposición a pagar del encuestado por un cambio favorable.
  - Cantidad de dinero que hay que sustraer del ingreso original del encuestado ( $Y-VC$ ) para hacer que su nivel de utilidad con proyecto ( $U_1$ ) sea igual al nivel de utilidad sin proyecto ( $U_0$ ).
- $$U_1(1, Y-VC; S) = U_0(0, Y; S)$$

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° III-2



- Mínima cantidad de dinero que habría que darle al encuestado ( $Y+VE$ ) para que alcance un nivel de utilidad semejante al que obtendría en la situación con proyecto ( $U_1$ ) manteniendo la relación de precios de la situación sin proyecto.

$$U_0(0, Y+VE; S) = U_1(1, Y; S)$$

Fuente: Elaboración Propia



Donde por ejemplo,  $J=0$  representa no poder bañarse en el río, ( $J=1$  representa poder bañarse),  $Y$  es el ingreso de la persona encuestada,  $VE$  es la mínima cantidad de dinero que habría que darle al encuestado para que acepte renunciar a un nivel de bienestar al cual tenía derecho por ejemplo, dejar de disfrutar de la mejora del agua del río (ver Figura N° III.2).

### 3.4 Valor económico total de un bien

Los planteamientos de la teoría económica relacionada al tema ambiental parten de la consideración de que la utilidad de los bienes ambientales está compuesta por un conjunto de valores distintos, no excluyentes entre sí, que pueden aislarse para su análisis y sumarse para la identificación del valor total. La identificación de estos valores constituye un paso previo para desarrollar posteriormente cualquier método de valoración de los bienes ambientales.

Los valores económicos de los bienes ambientales juegan un papel crucial en la evaluación de las políticas ambientales y en general de cualquier política pública o proyecto que genere cambios en la calidad de los bienes ambientales.

Estos valores, una vez estimados, sirven para el proceso de toma de decisiones sobre la alternativa de política o proyecto ambiental a desarrollar.

Para que los impactos ambientales de un proyecto sean valorados, en primer lugar deben ser identificados y medidos. Un enfoque para hacer esto, es el Valor Económico Total (VET), donde los impactos se desagregan en categorías de valor. La clasificación y la terminología para los componentes del VET, establecida por John Dixon y Stefano Pagiola <sup>6/</sup> se detallan en el Cuadro N° III-1.

Cuadro N° III-1  
Componentes del valor económico total

Valor de uso	Valor de no uso
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor de uso directo</li> <li>- Valor de uso indirecto</li> <li>- Valor de opción <sup>7/</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor de existencia o legado</li> </ul>

Fuente: Dixon John y Pagiola Stefano. “Análisis Económico y Evaluación Ambiental” publicado en Environmental Assessment Sourcebook UPDATE, Banco Mundial”, Abril 1998 N° 23.

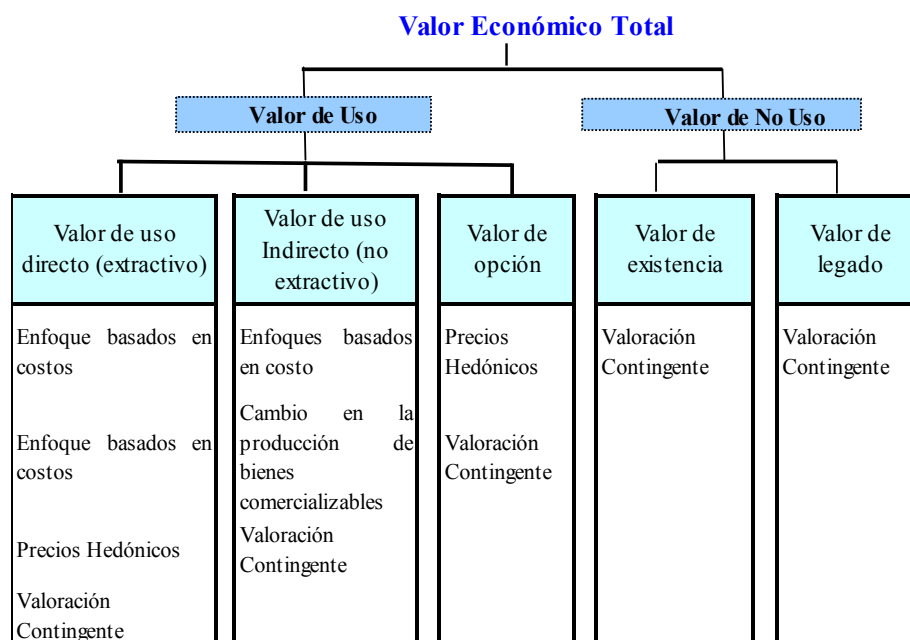
<sup>6/</sup> Dixon John y Pagiola Stefano. “Análisis Económico y Evaluación Ambiental” publicado en Environmental Assessment Sourcebook UPDATE, Banco Mundial. Abril 1998 N° 23.

<sup>7/</sup> Azqueta Oyarzun Diego, y Field Barry C. “Economía y Medio Ambiente”. Tomos 1, 2 y 3. Edición Mc Graw Hill. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia, 1998, clasifica el valor de opción como de no uso.

En la Figura N° III.3 se presenta una clasificación de los métodos según la categoría de valor que su aplicación permite medir. Como se puede apreciar el método de valoración contingente, es el único método capaz de estimar el valor total de un recurso, es decir, tanto el valor de uso como el de no uso de un bien ambiental.

Figura N° III-3

Valor económico total y métodos de valoración



Fuente: “Análisis Económico y Evaluación Ambiental” publicado en Environmental Assessment Sourcebook UPDATE , Banco Mundial, John Dixon y Stefano Pagiola, Abril 1998 N° 23.

### 3.4.1 Valor de uso directo

El valor de uso directo, conocido como valor de uso extractivo, consuntivo o estructural, deriva de bienes que pueden ser extraídos, consumidos o disfrutados directamente.

En el contexto de un bosque, por ejemplo, el valor de uso extractivo sería aquel derivado de la madera; de la cosecha de productos forestales menores, tales como frutos, hierbas u hongos; y de la caza y la pesca. En un arrecife de coral los valores de uso directo pueden incluir la cosecha de mariscos y la captura de peces. Todos estos beneficios son reales, pueden ser medidos y tienen valor. El valor de uso directo es generalmente el más fácil de valorar, en la medida que usualmente involucra cantidades observables de productos cuyos precios pueden ser también regularmente observados.

### **3.4.2 Valor de uso indirecto**

También conocido como valor de uso no extractivo o valor funcional, se deriva de los servicios que el ambiente provee. Por ejemplo, los humedales a menudo filtran agua, mejorando la calidad de esta para los usuarios aguas abajo, y los parques nacionales proveen oportunidades para la recreación. Por ejemplo, gente que disfruta de caminatas o de acampar en el bosque recibe un valor de uso indirecto, pero no lo hace realmente consumiendo alguno de los recursos del bosque. En este caso el consumo de un individuo no reduce el consumo de los otros (consumo no rival, característica de los bienes públicos).

Estos servicios tienen valor pero no requieren que algún bien sea extraído, aunque pueden requerir algún tipo de presencia física. La medición del valor de uso indirecto es a menudo considerablemente más difícil que la medición del valor de uso directo. Las “cantidades” de los servicios que están siendo proveídos a menudo no ingresan a los mercados, por lo tanto, sus “precios” son también extremadamente difíciles de establecer. Los beneficios estéticos visuales proveídos por el paisaje, por ejemplo, son no rivales en el consumo, lo que significa que pueden ser disfrutados por muchas personas sin perjudicar el disfrute que hacen otras.

### **3.4.3 Valor de opción**

El valor de opción es el valor obtenido de conservar la opción de aprovechar el valor de uso (sea extractivo o no extractivo) de algo en una fecha posterior. Es por lo tanto, un caso especial de valor de uso, semejante a una póliza de seguros. Corresponde por tanto al valor que se asigna a bienes que en la actualidad no se están utilizando pero pueden serlo en el futuro.

### **3.4.4 Valor de existencia o de legado**

En contraste con el valor de uso, el de no uso deriva de los beneficios que el ambiente puede proveer sin involucrar ninguna forma de uso, ya sea directa o indirectamente. Se funda en razones altruistas, y deseos de legado (herencia) a futuras generaciones

En muchos casos, el más importante de tales beneficios es el valor de existencia: el valor que la gente deduce del conocimiento que algo existe, incluso si ellos no planean el uso del mismo. Es por esto que las personas dan un valor a la existencia de las ballenas azules, o del oso panda, aún si ellos nunca han visto uno y probablemente nunca lo harán; si la ballena azul

se extingue, muchas personas sentirían una clara sensación de pérdida. El valor de legado, es el valor derivado del deseo de traspasar valores a las futuras generaciones. El valor de no uso es el tipo de valor más difícil de estimar, dado que en la mayoría de los casos, y por definición, no se refleja en el comportamiento de las personas, siendo completamente no observable.

En el Cuadro N° III-2 se presenta el valor económico total que podría atribuirse al impacto en la descontaminación de un curso de río al implementarse, por ejemplo, una planta de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro N° III-2

Valor económico total de la descontaminación de un río

Valor de uso			Valor de no uso
Valor de uso directo	Valor de uso indirecto	Valor de opción	Valor de existencia
Extracción de : Alimentos Vegetales. Alimentos Animales.	Retención de sedimentos. Mantenimiento calidad del agua. Soporte a biodiversidad. Belleza escénica. Turismo/recreación.	Protección de biodiversidad. Potencial turístico.	Estética. Conservación del río.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de la "Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano, Barzev Radoslav, 2002.

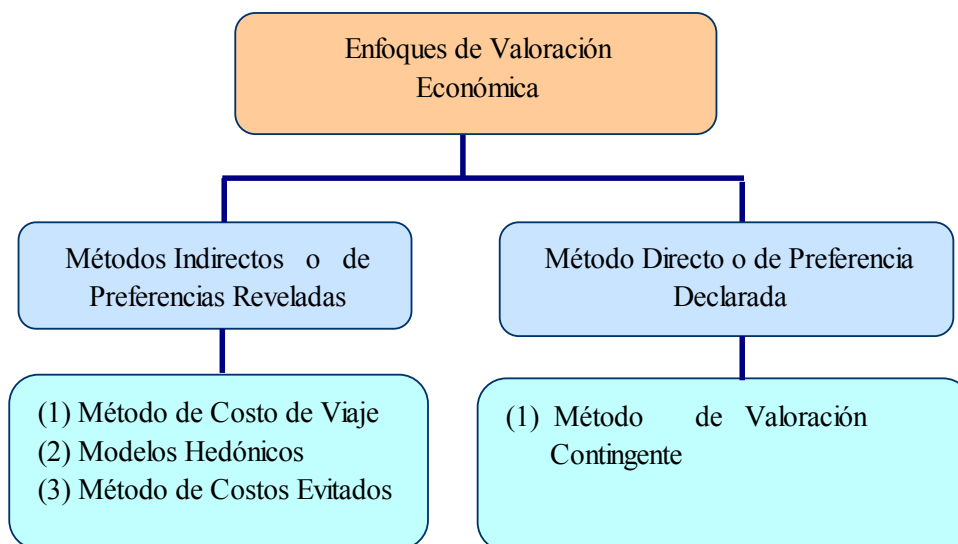
### 3.5 Métodos de valoración

Considerando el trabajo presentado por Juan Carlos Mendieta, en el IX Simposio Internacional de Avalúos de la Facultad de Economía de la Universidad de Los Andes, Colombia, los métodos de valoración económica de los bienes ambientales se clasifican en Métodos Indirectos o de Preferencias Reveladas y Métodos Directos, o de Preferencias Declaradas, según la Figura N° III-4.

- a. **Métodos indirectos o de preferencias reveladas**, se basa en el uso de observaciones sobre el comportamiento de los individuos en mercados convencionales observables que se relacionan con los bienes que no se transan en el mercado. Parten del hecho de que existen preferencias reveladas por parte de los individuos. Por lo tanto, si los consumidores pagan un precio por un bien, por lo menos éste precio será el valor que representará para ellos en términos de utilidad. Dentro de estos métodos se incluye:

Figura N° III-4

Esquema de los enfoques de valoración económica



Fuente: Mendieta López Juan Carlos. "Facultad de Economía de la Universidad de Los Andes. IX Simposio Internacional de Avalúos. CEDES. Lonja de Propiedad Raíz de Bogotá". 2003.

- Método de Costo de Viaje, estima el valor de recursos económicos y ambientales que brindan servicios de recreación, a partir de los costos en que incurren las personas que acceden al sitio de recreación.
- Modelos Hedónicos, valora el bien ambiental con base a sus características o atributos cualitativos, los cuales se considera definen su precio.
- Método de Costos Evitados, estima el valor de un bien ambiental a través de su contribución en la productividad.

Sobre los principales métodos indirectos de valoración económica de bienes ambientales, puede verse el Anexo N° 1.

- b. Métodos directos, o de preferencias declaradas**, se plantean debido a la necesidad de valorar aquellos bienes para los cuales no se cuenta con información sobre las cantidades transadas y precios de estos. La información para este enfoque se recolecta a partir de encuestas a los potenciales usuarios de los bienes mediante el planteamiento de escenarios hipotéticos de valoración del bien. Se encuentra representado por el Método de Valoración Contingente, llamado también método de construcción de mercados hipotéticos.

## 3.6 Método de valoración contingente

### 3.6.1 Aspectos generales

Este método intenta determinar la valoración que las personas otorgan a los cambios en bienestar derivados de una modificación en la oferta o calidad de un bien no transado en el mercado a través de preguntas directas mediante encuestas, cuestionarios y entrevistas. Con la encuesta se simula una transacción de mercado donde el entrevistado está comprando un cambio en la oferta o calidad del bien. Las encuestas se utilizan para crear un mercado hipotético y se pregunta a las personas por la máxima disposición a pagar (DAP) o mínima disposición a ser compensado (mdc) por dicho cambio.

La discusión sobre cual de las dos medidas utilizar en la valoración contingente: DAP o mdc, radica en que los valores que se obtienen son distintos cuando la pregunta se formula en uno u otro término. La cantidad de dinero resulta menor cuando se pregunta al entrevistado por la DAP por disfrutar del bien respecto a la pregunta de la mdc por prescindir del bien, aunque, teóricamente las diferencias no deberían ser grandes <sup>8/</sup>.

La ventaja de este método es que puede ser usado para valorar cualquier bien, tanto si es susceptible de cuantificación o no, si ha sido ya experimentado o no. Puede ser utilizado no sólo para estimar los valores de uso, sino también los valores de opción (el valor que la gente da por tener un recurso disponible en caso de que lo quiera usar) y de existencia (el valor que la gente da por poder tener el recurso disponible para las generaciones futuras). Por estas razones se reconoce la ventaja del método de valoración contingente para establecer los beneficios de proyectos de PTAR.

En la aplicación del método, se pueden presentar problemas derivados básicamente de la posibilidad de que la respuesta ofrecida por el entrevistado no refleje la verdadera valoración que le confiere al bien analizado. Al aplicar el método, los posibles sesgos que pueden presentarse son:

- a. **Originado por el punto de partida.** Este sesgo aparece cuando el precio primeramente sugerido en el formato de pregunta, condiciona la respuesta final.

---

<sup>8/</sup> Riera Pere Micalo en el “Manual de Valoración Contingente” (Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, España, Universidad Autónoma de Barcelona, España, 1994) señala que la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), del Ministerio de Comercio de los Estados Unidos, sugirió utilizar la DAP, por constituir la opción más conservadora.

- b. **De forma de pago.** Los encuestados pueden no ser indiferentes entre los distintos medios de pago, y el ofrecido en el cuestionario puede condicionar la respuesta.
- c. **Del entrevistador o de complacencia.** Cuando el encuestado no revela su DAP, sino responde valores mayores con los que cree que complacerá al entrevistador
- d. **De la información.** Generado cuando el entrevistado carece de información suficiente relativa al bien a valorar.
- e. **Hipotético.** Dada la naturaleza hipotética de la situación planteada al entrevistado, éste puede no tener ningún incentivo en ofrecer una respuesta correcta.
- f. **Estratégico.** Aparece cuando el encuestado cree que con su respuesta puede influir en la decisión final que se tome sobre el bien sometido a valoración, y por tanto, actúan estratégicamente entregando valores distintos de su verdadera DAP.

### 3.6.2 Modelo utilitario de las respuestas al MVC

Sergio Ardila <sup>9/</sup>, señala que el año 1979, Bishop y Heberlein introdujeron una variante del formato referéndum (ó dicotómico), que requiere de los entrevistados únicamente respuestas del tipo si/no, a diferencia de los otros formatos que exigían repreguntar varias veces hasta que el entrevistado cambiaba el signo de su respuesta. El Método de Valoración Contingente (MVC) que utiliza el formato referéndum, tiene ventajas en comparación con los procedimientos utilizados anteriormente, porque elimina el sesgo que induce el hacer las repreguntas, además de tener menor costo de aplicación.

Según Sergio Ardila, M. Hanemann (1984) y T. A. Cameron (1988) desarrollaron formulaciones teóricas del MVC que permiten estimar cambios en el bienestar de las personas. Hanemann formula el problema como la comparación entre dos funciones indirectas de utilidad; Cameron interpreta la respuesta como una comparación entre la cantidad de dinero sugerida en la encuesta y la diferencia entre los valores dados por la función de gasto evaluada con y sin posibilidad de acceso al bien público que se pretende valorar. Mc Connel (1990) demostró que las porciones determinísticas de los dos modelos sugeridos por

---

<sup>9/</sup> Ardila Sergio. “Guía para la Utilización de Modelos Económicos en Aplicaciones del Método de Valoración Contingente”. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C., diciembre , 1993.

Hanemann y Cameron son duales entre sí. La diferencia entre los dos enfoques es el momento en que se agrega el término estocástico a las funciones <sup>10/</sup>.

A fin de precisar el problema, se asume que se está tratando de medir el impacto de mejorar la calidad de las aguas de un río que podría ser utilizado para recreación (por ejemplo baño) por la población objetivo de la encuesta. Se supone que se cuenta con un diseño apropiado de la encuesta y que después de la ilustración del caso requerida en el cuestionario, a cada entrevistado se le hace la siguiente pregunta: “¿Está dispuesto a pagar S/. C como incremento a su tarifa mensual de agua para que la calidad del agua del río Aguas Claras sea tal que usted y su familia se puedan bañar en él sin riesgo para la salud?. ¿Si, No?.”

Para Hanemann, el entrevistado tiene una función de utilidad de la siguiente forma:

$$U = U(J, Y; S)$$

Donde: U= Función de utilidad.

J = Toma valor “1” en la situación con proyecto (situación mejorada de la calidad del agua del río para poder bañarse en él) y “0” en la situación sin proyecto (situación inicial, sin mejora de la calidad del agua para poder bañarse).

Y = Ingreso.

S = Características (atributos) socioeconómicas observables del encuestado.

En tanto el investigador no conoce dicha función, se supone que él puede predecir correctamente su valor esperado, y por tanto  $U$  puede expresarse como:

$$U(J, Y; S) = V(J, Y; S) + \varepsilon_J$$

Donde:  $V$  y  $\varepsilon$ , son parte que se puede conocer de  $U$ ;  $\varepsilon[\varepsilon]=0$  <sup>11/</sup>.

Esta función de utilidad determinística para el individuo, es la que se utiliza para describir y analizar las medidas de cambio en el bienestar. Si el entrevistado acepta pagar \$ C para disfrutar de la mejora en la calidad de agua, debe cumplirse entonces que:

$$V(1, Y-C; S) + \varepsilon_1 = V(0, Y; S) + \varepsilon_0$$

$$V(1, Y-C; S) - V(0, Y; S) = \varepsilon_0 - \varepsilon_1 = \eta \quad (3)$$

<sup>10/</sup> Barzev Radoslav Dimitrov, en la “Tesis para optar el Título de Magister en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente”, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 1988; señala que la formulación sugerida por Hanemann para estimar las medidas de bienestar, resulta más fácil de aplicar en la mayoría de los casos encontrados en la práctica.

<sup>11/</sup>  $\varepsilon$  es el error estocástico, debido a que  $V(J, Y; S)$  es una aproximación de la verdadera función de utilidad.



Donde  $C$  es el valor que toma la variación compensada para un entrevistado,  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_0$  son errores en la situación con proyecto y situación sin proyecto, respectivamente. Además,  $\Delta V = V(I, Y-C; S) - V(0, Y; S)$ . Donde  $\Delta V$ , es el cambio en la función de bienestar.

La ecuación (3), da base para obtener una medida del cambio en el bienestar asociado a una mejora en la calidad del bien, en el ejemplo, del agua del río. Asumiendo que el investigador está interesado en encontrar la variación compensada y que ésta toma el valor  $C$  para un entrevistado pero es una variable aleatoria desde el punto de vista del investigador.

La igualdad (3) permite expresar  $C$  en función del ingreso  $Y$ , utilizando la función de gasto  $m(\bar{V}, J; S)$ , que se supone es dual de  $V$ . Esta función expresa el gasto necesario para alcanzar un nivel de utilidad  $\bar{V}$ , cuando un individuo con condiciones socioeconómicas  $S$  tiene acceso al río en condiciones tales que puede bañarse en él sin riesgo para su salud. Con base en la identidad  $Y-C = E(P, 1, V(1, Y-C; S); S)$  se obtiene:

$$Y - C = m(P, 1, V(0, Y; S) + \epsilon_0 - \epsilon_1; S) \quad (4)$$

$$C = Y - m(P, 1, V(0, Y; S) - \eta; S) \quad (5)$$

Ecuación que confirma el carácter aleatorio de  $C$  para el investigador. Donde  $P$  es el nivel de precios. La respuesta del entrevistado se modela entonces como,

$$\Pr [\text{Entrevistado responde Si}] = \Pr[C > A] = 1 - G_c(A) \quad (6)$$

Donde  $G_c(A)$  es la función de probabilidad acumulada de  $C$  evaluada en el precio hipotético  $A$ <sup>12/</sup> y  $\Pr$  la probabilidad. Se verifica entonces que  $1 - G_c(A) = F(\Delta V)$ .

### 3.6.3 Aspectos econométricos

#### a. Medidas de cambio en el bienestar

Con base en las ecuaciones (3) y (4), es posible definir tres medidas de cambio en el bienestar asociado con la mejora en la calidad del agua del río Aguas Claras.

<sup>12/</sup>  $G_c(A)$  da la probabilidad que  $C$  sea menor o igual que el precio hipotético  $A$ , que es la probabilidad de obtener una respuesta negativa, y  $1 - G_c(A)$  la probabilidad que  $C$  sea mayor que el precio hipotético  $A$ .

**i. La media.** Una primera medida de bienestar es el valor esperado de  $C$ , denominado  $C^+$ . Utilizando el método de integración por partes, es posible demostrar que el valor esperado de una variable aleatoria se puede calcular a partir de la función de probabilidad acumulada, lo que en este caso implica:

$$C^+ = \int_0^{\infty} (1 - Gc(A))dA - \int_{-\infty}^0 Gc(A)dA \quad (7)$$

Cuando se está valorando una mejora en un bien, el investigador espera que la DAP sea positiva, por tanto no tiene sentido calcular el valor esperado de la disponibilidad a pagar incluyendo los valores negativos. En este caso, varios autores sugieren utilizar únicamente el primer término de la ecuación (7) para calcular el valor esperado  $C^+$ . Si la distribución de probabilidad no permite valores negativos de  $C$ , el valor esperado estaría dado por el primer término en la ecuación (7). Para verificar que esta condición se cumple, basta comprobar que la probabilidad de que el individuo responda Si, cuando  $A = 0$ , sea igual a 1 en la forma funcional adoptada para  $1 - Gc(A)$ . Esta condición se cumple cuando  $1 - Gc(A)$  está dado por una función logit que involucra el logaritmo de  $A$ , tal como:

$$1 - Gc(A) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha - \beta \log A)}} \quad (8)$$

Pero no se cumpliría para un modelo logit lineal en  $A$ , o para el modelo logit generado por una función de utilidad logarítmica.

**ii. Equivalencia de valores esperados de las utilidades.** Una segunda medida de la variación compensada es el valor  $C^{**}$  que hay que restar del ingreso de un individuo para hacer que el valor esperado de las utilidades sea igual con y sin la posibilidad de baño en el río, que en términos matemáticos está dado por:

$$\varepsilon[U(0, Y; S)] = \varepsilon[U(1, Y - C^{**}; S)] \quad (9)$$

**iii. La mediana.** Una tercera medida de la variación compensada esta dada por el valor  $C^*$  que hace que la probabilidad de una respuesta afirmativa sea 0,5<sup>13/</sup>, que puede definirse de manera implícita como se indica en la siguiente expresión:

---

<sup>13/</sup> Que equivale a decir que el entrevistado estaría indiferente entre aceptar o rechazar el proyecto.

$$\Pr[U(1, Y-C^*; S) \geq U(0, Y; S)] = 0,5 \quad (10)$$

$$\Pr[V(1, Y-C^*; S) + \varepsilon_1 \geq V(0, Y; S) + \varepsilon_0] = 0,5$$

Reordenando los términos de esta ecuación se obtiene,

$$F[V(1, Y-C^*; S) - V(0, Y; S) \geq \varepsilon_0 - \varepsilon_1] = 0,5 \quad (11)$$

$$F[\Delta V] = 0,5$$

Donde F es la distribución de probabilidad acumulada de  $\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$ . Dado que  $F(\Delta V) = 1 - G_c(A)$ , la última expresión implica que  $C^*$  define el punto donde  $G_c$  toma el valor 0,5, lo que es equivalente a decir que  $C^*$  es la mediana de C.

Para modelos del tipo logit o probit, la mediana corresponde al punto donde la variable estandarizada es igual a cero. Esto es, para un modelo logit de tipo lineal se tiene que la función de probabilidad acumulada está dada por:

$$F[\alpha - \beta A] = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha - \beta A)}} \quad (12)$$

De donde se puede verificar que  $F[\alpha - \beta A] = 0,5$  cuando  $\alpha - \beta A = 0$  dado que  $e^0 = 1$ . La mediana está dada en este caso por la siguiente expresión:

$$C^* = \frac{\alpha}{\beta} \quad (13)$$

El valor del coeficiente  $\beta$  obtenido en el modelo debe ser negativo, para que la estimación de la DAP sea consistente y refleje una menor DAP ante un incremento en el precio del bien. Ducci Jorge <sup>14/</sup> señala que la predicción de una DAP negativa sería inconsistente con la racionalidad económica, ya que significaría que sólo mediante un subsidio la población aceptaría un proyecto que los beneficie. La representación gráfica de las funciones logit de probabilidad tipo lineal y tipo logarítmica pueden verse en el Anexo N° 2.

## **b. Las formas funcionales del cambio en el bienestar**

El cambio en el bienestar ( $\Delta V$ ) puede adoptar distintas formas funcionales para explicar las decisiones del entrevistado, y depende del precio hipotético A, según la forma de la función asumida para V <sup>15/</sup>. ( $\Delta V$ ) puede ser:

<sup>14/</sup> “Saneamiento Ambiental de Montevideo- Anexo Técnico. Metodología de Cuantificación de Beneficios. Incluido en Lecturas de Valuación Contingente”. Universidad de los Andes. BID. Santa Fe de Bogotá, 1991.

<sup>15/</sup> La obtención de la forma funcional del cambio de bienestar ( $\Delta V$ ), a partir de la función de bienestar (v) se encuentra desarrollada por Ardila Sergio en al obra citada “Guía para la Utilización de Modelos Econométricos en Aplicaciones del Método de Valoración Contingente”.

- i. Lineal, propuesta por Hanemann (1984).
- ii. Semilogarítmica, propuesta por Hanemann (1984).
- iii. Semilogarítmica propuesta por Bishop (1979), donde no se especifica la función indirecta de utilidad, sino que se especifica directamente  $\Delta V$ .

En todos los casos se supone que la probabilidad de obtener una respuesta positiva sigue la distribución de probabilidad logística, pero se tiene distintas formas funcionales para  $\Delta V$ . Igualmente en todos los casos los modelos se formulan de manera tal que el coeficiente asociado al precio hipotético A sea positivo. La forma de cálculo para los estimadores del cambio en bienestar, se detalla en el Cuadro N° III-3.

Cuadro N° III-3

Medidas de cambio en el bienestar para las distintas formas funcionales

N°	Función V	Forma funcional $\Delta V$	Media $C^+$	Mediana $C^{**}$	∫ Positivos $C'$
1	$V_i = \alpha_i + \beta Y + e_i$	$\alpha - \beta A + \eta$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{\log(1 + e^\alpha)}{\beta}$
2	$V_i = \alpha_i + \beta \log Y$	$\alpha + \beta \log(1 - \frac{A}{\beta}) + \eta$	$Y \left[ 1 - e^{\frac{\alpha}{\beta}} \frac{\pi}{\beta \sin(\frac{\pi}{\beta})} \right]$	$Y \left[ 1 - e^{\frac{-\alpha}{\beta}} \right]$	Sin sol. Anal.
3	Sin formulación	$\delta_0 - \delta_1 \log A + \eta$	$\frac{e^{\frac{\delta_0}{\delta_1}} \pi}{\delta_1 \sin(\frac{\pi}{\delta_1})}$	$e^{\frac{\delta_0}{\delta_1}}$	$\frac{e^{\frac{\delta_0}{\delta_1}} \pi}{\delta_1 \sin(\frac{\pi}{\delta_1})}$

Fuente: Rado Barzev. "Guía Práctica sobre el Uso de Modelos Económicos para los Métodos de Valoración Contingente y el Costo del Viaje-a Través del Programa Económico LIMDEP". Julio, 2004.  
 Ardila Sergio. "Guía Para la Utilización de Modelos Económicos en Aplicaciones del Método de Valoración Contingente". BID. Washington D.C. Diciembre, 1 993.

### c. Procedimientos econométricos para obtener estimadores del cambio en el bienestar

A continuación se explica como es posible obtener estimadores de cambio en bienestar, utilizando un modelo tipo logit.

#### i. Estimación del modelo logit

Se considera que el investigador dispone de resultados de una encuesta con respuestas a la pregunta de referéndum, y con información básica sobre

características socioeconómicas de los entrevistados. Tales respuestas se han tabulado asignando  $P = 1$  a las respuestas afirmativas (por ejemplo, el entrevistado está dispuesto a pagar el precio hipotético  $A$  para mejorar la calidad del agua del río Aguas Claras), y  $P = 0$  a las respuestas negativas.

Para simplificar, se supone que la única variable socioeconómica es el ingreso  $Y$  del entrevistado, aunque normalmente se incluyen otras variables como por ejemplo, tamaño de las familias, nivel educativo, disponibilidad de servicio higiénico, material del piso de la vivienda.

Para poder estimar los parámetros de las medidas de bienestar, primeramente se asume una distribución para el término estocástico  $\eta$ . Las distribuciones Logit y Probit, son las que comúnmente se usan en estudios de valoración contingente y producen resultados similares porque sus distribuciones son simétricas y parecidas. Siempre y cuando los datos no estén concentrados en las colas, no importa cual distribución se aplique. Generalmente se utiliza la logit, cuya distribución tiene las colas ligeramente mayores.

Una vez obtenidos los datos de la encuesta con formato dicotómico (SI/NO), así como de la información sobre las características socioeconómicas del encuestado, la probabilidad de una respuesta positiva estará dada por la función de probabilidad acumulada de  $\eta$  evaluada en  $\Delta V$ , que se asume sigue la distribución logística:

$$\Pr(P = 1) = F(\Delta V) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V}} = \frac{1}{1 + e^{-Z}} \quad (14)$$

Donde:  $(\Delta V) = Z =$  cambio en el bienestar  
 $\Delta V = Z = \alpha + \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 + \dots + \eta$   
 $\alpha =$  constante  
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n =$  Coeficientes asociados a las variables explicativas.  
 $A_1 =$  Precio hipotético  
 $A_2, A_3, \dots, A_n =$  Variables socioeconómicas  
 $\eta =$  perturbación aleatoria

Complementariamente la probabilidad de una respuesta negativa ( $P=0$ ) viene dada por:

$$\Pr(P = 0) = \frac{1}{1 + e^Z} \quad (15)$$

Z depende del precio hipotético  $A$ , según la forma funcional asumida, aunque alternativamente puede formularse un modelo sin consistencia, con funciones de utilidad excluyendo el precio, pero que se asume es una buena aproximación a la verdadera pero desconocida función indirecta de utilidad.

## ii. Método de máxima verosimilitud

El método usado para calcular el modelo logit es el método de máxima verosimilitud, el cual estima los parámetros del modelo (por ejemplo  $\alpha$  y  $\beta$  en el caso de modelos logit como los presentados en el Cuadro N° III-3) maximizando la función de verosimilitud con respecto a los parámetros del modelo; esto es, encontrando los valores de los parámetros que maximizan la probabilidad de encontrar las respuestas obtenidas en la encuesta.

Asumiendo que  $F$  sigue la función logit, el logaritmo de la función de verosimilitud  $L$  sobre la totalidad de la muestra, o el logaritmo de la probabilidad de obtener la muestra que se obtuvo, en donde cada individuo tuvo la opción de escoger  $P_i = 0, 1$ , esta dada por:

$$L = \text{Log}\left(\prod_{P_i=1} F(\Delta V) \prod_{P_i=0} (1 - F(\Delta V))\right) \quad (16)$$

$$L = \text{Log}\left(\prod_{P_i=1} \left(\frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}\right) \prod_{P_i=0} \left(\frac{e^{-\Delta V}}{1 + e^{-\Delta V}}\right)\right)$$

$$L = \sum_{\text{todo } P_i} P_i * \text{Log}\left(\frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}\right) + \sum_{\text{todo } P_i} (1 - P_i) * \text{Log}\left(\frac{e^{-\Delta V}}{1 + e^{-\Delta V}}\right) \quad (17)$$

Donde  $\Delta V$  puede reemplazarse por cualquiera de las formas funcionales mencionadas en el Cuadro N° III-3.

La mayoría de los paquetes econométricos poseen rutinas para estimar modelos tipo logit; sin embargo, antes de utilizarlos es importante conocer cómo se formula el modelo (por ejemplo como se escribe la función para  $\Delta V$ ), y los supuestos implícitos sobre signos de los parámetros (por ejemplo, si  $F(\Delta V)$  es la probabilidad de una respuesta positiva o negativa).

Los criterios para medir la bondad de los modelos logit pueden verse en el Anexo N°3.

### **3.7 Aplicación del MVC en proyectos de tratamiento de aguas residuales**

En el Cuadro N° III-4 se presenta de manera referencial una relación de ocho estudios, desarrollados en el Perú como en el exterior, en los que se aplicó la metodología de valoración contingente para establecer los beneficios de proyectos de tratamiento de aguas residuales a partir de la DAP de los beneficiarios. Se indica el modelo econométrico utilizado en cada caso y las variables utilizadas en los modelos, clasificándolas según su nivel de significancia estadística.

De acuerdo al Cuadro N° III-4, las variables, precio hipotético e ingreso familiar, aparecen en todos los modelos con alta significancia estadística (probabilidad de rechazo de 0% a 5 %), lo cual es plenamente consistente con la teoría económica.

En cuatro de los ocho modelos las variables significativas, exclusivamente, son precios hipotéticos e ingresos familiares.

Las variables edad, nivel educativo, preocupación por los desagües, distancia (de las viviendas) a la planta, resultan menos predecibles en su significancia estadística, habiendo sido inclusive descartadas en la elaboración de algunos de los modelos.

### **3.8 Metodología costo eficiencia <sup>16/</sup>**

El análisis de costo eficiencia (ACE) compara los costos de las diferentes maneras de llegar a la meta, identificando la alternativa (o conjunto de alternativas) de menor costo.

Una vez establecidos los objetivos ambientales como dados, se puede utilizar un enfoque que Baumol y Oates (1989) llama la obtención de "la eficiencia sin optimalidad". En este enfoque las consideraciones de optimalidad son dejadas de lado en el diseño de políticas para el control de las externalidades ambientales y la evaluación ambiental, debido a que se asume que la optimalidad no puede ser determinada teniendo en cuenta la limitada información disponible, especialmente en el lado de los beneficios ambientales.

---

<sup>16/</sup> Término definido por Castro Rodríguez Raúl, en "Evaluación Económica y Social de Proyectos de Inversión". Ediciones Uniandes. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia. 1998.

**Cuadro N° III-4**  
**VARIABLES UTILIZADAS EN MODELOS DE VALORACIÓN CONTINGENTE DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO Y SU SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA**

Fuente	Modelo utilizado	Variables utilizadas	Variables según nivel de confianza estadística:			Variables descartadas
			Muy significativas	Significativas	Poco significativas	
			Entre 99% al 95%	Entre 95% a 90%	Menor a 90%	
Plan de Expansión de Mínimo Costo de Puno Hidrocervice -1997 <sup>1/</sup> .	Logit lineal	Ingreso Familiar, Precio Hipotético, Distancia de la vivienda a la planta.	Ingreso Familiar Precio Hipotético	Distancia de la vivienda a la planta		Grado de instrucción, sexo.
Proyecto de Alcantarillado Sanitario del Área Metropolitana de San José <sup>2/</sup> .	Logit logarítmico	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Preocupación por contaminación de las aguas del río, Importe por el consumo de agua.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar Preocupación por contaminación de las aguas del río, Importe por el consumo de agua			Sin Información.
Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento para el Río Salitre <sup>3/</sup> .	Logit lineal	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Nivel de educación del entrevistado, Percepción de malos olores.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Nivel de educación del entrevistado		Percepción de malos olores	Distancia a la planta, N° de personas del hogar, estrato socio-económico.
Valoración Económica de la Descontaminación en la Laguna Los Mártires <sup>4/</sup> .	Logit lineal	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Edad, Nivel Educativo.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar	Edad, Nivel Educativo		Ocupación del entrevistado, satisfacción esperada por la solución de la problemática (binaria).
Plan de Expansión de Mínimo Costo de Piura Saniplan - 1997 <sup>1/</sup> .	Logit Logarítmica (doble truncada)	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Nivel Educativo, Número de trabajadores en el hogar, desea conectarse al desagüe.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Nivel Educativo, Número de trabajadores en el hogar, desea conectarse al desagüe			Edad, preocupación por el desagüe.
Plan de Expansión de Mínimo Costo de Sullana -Saniplan - 1997 <sup>1/</sup> .	logit Logarítmica (doble truncada)	Precio Hipotético, Ingreso Familiar.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar			Edad, Nivel Educativo, Número de trabajadores en el hogar, preocupación por el desagüe.
Plan de Expansión de Mínimo Costo de Talara -Saniplan - 1997 <sup>1/</sup> .	logit Logarítmica (doble truncada)	Precio Hipotético, Ingreso Familiar, Edad.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar	Edad		Nivel Educativo, Número de trabajadores en el hogar, preocupación por el desagüe.
Plan de Expansión de Mínimo Costo de Talara -Saniplan - 1997 <sup>1/</sup> .	logit Logarítmica (doble truncada)	Precio Hipotético, Ingreso Familiar.	Precio Hipotético, Ingreso Familiar			Edad, Nivel Educativo, Número de trabajadores en el hogar, preocupación por el desagüe.

<sup>1/</sup> “Estudios de Factibilidad de los Planes de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado”. PRONAP. Lima, 1997.

<sup>2/</sup> “Proyecto de Alcantarillado Sanitario del Área Metropolitana de San José”, Organización Panamericana de la Salud OPS. Octubre. 2003.

<sup>3/</sup> “Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables”, Universidad de Los Andes, Mendieta Juan Carlos, Bogotá Colombia, Julio 2001.

<sup>4/</sup> Universidad de Los Andes -Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, Mérida Venezuela, Mayo 2002.

Fuente Elaboración propia

El ACE implica comparar costos con los productos del proyecto o con los beneficiarios atendidos. Las opciones de cálculo son:



- a.  $ACE = \text{Mínimo (VAC)}/\text{Número de beneficiarios} = [\sum Ci/(1+r)^n]/\text{Número de beneficiarios}$ .

Donde: VAC es el valor actual de costos, Ci son los costos del proyecto obtenidos en cada periodo, r es la tasa de descuento, n periodo del horizonte de planeamiento.

- b.  $ACE = \text{Mínimo (VAC)}/\text{Número de productos} = [\sum Ci/(1+r)^n]/\text{Número de productos}$ . Producto, puede ser por ejemplo, metros cúbicos de agua tratada, metros lineales de red instalada.
- c. El mínimo costo equivalente anual (CEA) por beneficiario o por producto (CEA/beneficiario).

Mínimo CEA/beneficiario= mínimo CEA/ Número de beneficiarios (o número de productos).

### 3.9 Metodología beneficio costo <sup>17/</sup>

En el análisis beneficio costo de un proyecto, tanto los beneficios como los costos se miden y expresan en términos comparables. Para cualquier procedimiento convencional de análisis beneficio costo, el objetivo es llevar a cabo un registro y estimación de todos los efectos que en términos de costos y beneficios, puede generar un proyecto. Este análisis implica la estimación de los indicadores de rentabilidad del proyecto, tales como el valor actual neto (VAN) o tasa interna de retorno (TIR). El VAN es la suma de todos los costos y beneficios del proyecto a lo largo del horizonte de planeamiento, descontados al período inicial. En tanto la TIR es la máxima tasa de rentabilidad exigible al proyecto, que al utilizarla para actualizar los flujos futuros de beneficios netos correspondientes, hace que su VAN sea igual a cero.

El VAN puede representarse como:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+d)^t}$$

Donde, VAN es el valor actual neto,  $t = 1, 2, 3, \dots, n$  son los períodos de tiempo en años; n es el horizonte de planeamiento;  $B_t$  y  $C_t$  son los beneficios y costos del proyecto, respectivamente, obtenidos en cada período, d es la tasa de descuento. La regla de decisión es

<sup>17/</sup> Fuente: Mendieta Juan Carlos. “Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables. Aplicaciones de las Técnicas de Valoración No Mercadeables y Análisis Costo Beneficio y Medio Ambiente”. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico-Universidad de Los Andes. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia. Junio, 2001.

la siguiente, si el VAN: es menor que 0 se rechaza el proyecto, si es cero resulta indiferente aceptarlo o rechazarlo, y si es positivo se acepta el proyecto.

La expresión matemática de la TIR es la siguiente:

$$VAN = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + TIR)^t}$$

La regla de decisión es la siguiente, si la TIR: es menor que la tasa de descuento  $d$  se rechaza el proyecto, si es igual que la  $d$  resulta indiferente aceptarlo o rechazarlo, y si es mayor que la  $d$  se acepta.

### **3.10 Alternativas técnicas de plantas de tratamiento de aguas residuales**

#### **3.10.1 Características generales de los sistemas de tratamiento <sup>18/</sup>**

##### **a. Tratamiento primario**

Corresponde a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos, incluye:

- i. Tanques sépticos**, se utilizan cuando no existe una red de alcantarillado, como pueden ser viviendas de campo, condominios, campos de recreo, restaurantes.
- ii. Tanques Imhoff**, apropiados para comunidades de 5,000 habitantes o menos, integran la sedimentación del agua y la digestión de lodos sedimentados en la misma unidad.
- iii. Sedimentadores primarios**, en estas unidades no se tratan lodos, por lo que se recomienda se le utilice como primera etapa de un posterior tratamiento secundario.

##### **b. Tratamiento secundario.**

Se denomina así a los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica.

---

<sup>18/</sup> Mayores detalles sobre las alternativas de PTAR y los criterios técnicos de su selección, se aprecian en el Anexo N° 4.

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grupos de procesos de actividad biológica: aerobios y anaerobios.

Sistema de tratamiento secundario:

#### **i. Lagunas de estabilización**

Se conoce con esta denominación a cualquier laguna o estanque o grupo de ellos proyectados para un tratamiento biológico. La eficacia de remoción de DBO de estas lagunas varía entre 75% y 95%. Pueden ser:

- **Lagunas anaeróbicas.** Se utilizan generalmente como una primera etapa de depuración. La eficiencia de estas lagunas decrece con temperaturas menores a 15° C. Una desventaja de estas lagunas es la producción de malos olores.
- **Lagunas facultativas.** No produce los malos olores de las lagunas anaerobias.
- **Lagunas aireadas.** En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aireación y por la acción fotosintética de las algas y por la transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua.

#### **ii. Filtros percoladores**

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado ingresan a las unidades de tratamiento preliminar, luego reciben tratamiento biológico, por medio de unidades de crecimiento biológico adherido llamadas filtros percoladores, rellenos con medio granular de piedra granítica o de media plástica; las aguas residuales pasan luego a un sedimentador secundario. Los lodos sedimentados y espesados en el fondo del clarificador, son derivados hacia un tratamiento de lodos. La eficacia de remoción de DBO de estas lagunas varía entre 60% y 90%.

#### **iii. Lodos activados con aireación extendida**

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado ingresan a los tanques de aireación, previo paso por las unidades de tratamiento preliminar compuesto por rejillas y desarenador aireado. Luego las aguas residuales ingresan al tanque de aireación.

Las aguas residuales floculadas pasan a sedimentadores secundarios donde se sedimentan. Las aguas clarificadas del sedimentador son derivadas hacia el proceso de desinfección con cloro y luego de un período de reacción en el tanque de contacto, son descargadas al cuerpo receptor.

#### **iv. Lodos activados convencional**

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado llegan a los tanques de aireación previo pase por las unidades de tratamiento preliminar compuestas por rejillas y desarenador aireado donde los sólidos inertes y las arenas son eliminados para que no afecten la planta de tratamiento. Al igual que en el proceso de lodos activados con aireación extendida, las aguas en el tanque de aireación son aireadas y mezcladas mediante equipos. La eficacia de remoción de DBO de estas plantas varía entre 70% a 98%.

Las aguas aireadas salen de los tanques de aireación hacia los sedimentadores donde se produce la separación agua-sólido. El lodo producido mediante este proceso es mayor que el generado por el proceso de lodos activados de aireación extendida.

Las aguas clarificadas del sedimentador son derivadas hacia el proceso de desinfección con cloro y luego de un período de reacción en el tanque de contacto, son descargadas al cuerpo receptor.

Los lodos generados son conducidos a rellenos sanitarios o para ser utilizados como mejoradores de suelos.

#### **c. Tratamiento terciario**

Requiere la remoción de ciertos compuestos tales como nutrientes o inorgánicos disueltos que no fueron removidos en el tratamiento secundario.

Las aguas residuales domésticas en general no requieren el tratamiento terciario, a menos que el reuso de las aguas tratadas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos de contaminación de lagos y/o acuíferos.

#### d. Desinfección

Tratamiento suplementario cuando las aguas residuales tratadas se descargan en cuerpos de agua que van a utilizarse como fuentes de abastecimiento público o para propósitos recreativos, para destruir organismos patógenos y sean mínimos los peligros en la salud.

El grado de tratamiento (eficiencia de remoción) de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se muestran en el Cuadro N° III-5.

Cuadro N° III-5  
Grado de tratamiento alcanzado según diferentes procesos

Unidades de tratamiento o combinaciones	Eficiencia de Remoción (%)		
	DBO <sub>5</sub>	SST	Coliformes
1. Tratamiento preliminar	Pequeña(a) <sup>1/</sup> 5 – 10 (b)	Pequeña (a) <sup>1/</sup> 5 – 20 (b)	Pequeñas (a)
2. Sedimentación primaria	30 – 40 (a) 25 – 40 (b) 25 – 40 (c)	50 – 65 (a) 40 – 70 (b) 40 – 70 (c)	40 – 60 (b)
3. Lodos activados convencionales	80 – 85 (a) 75 – 95 (b) 70 – 98 (c)	80- 90 (a) 85 – 95 (b) 85 – 98 (c)	
4. Filtro percolador de alta tasa	60 -80 (a ) 65 – 90 (b) 60 – 85 (c)	60 – 85 (a) 65 – 92 (b) 70 – 90 (c)	80 – 90 (b)
5. Laguna de estabilización <sup>2/</sup>	90 (b) 75 – 95 (c ) 78 (d) <sup>3/</sup>	90 – 99 (C) 62 (d) <sup>3/</sup>	99.99 (d) <sup>3/</sup>
6. Zanja de oxidación	92 – 95 (b)	95 – 98 (b)	98 – 99 (b) (con cloración)
7. Desinfección cloración de AR cruda o decantada cloración de AR de efluentes secundarios	Pequeña 15 – 30 (b)	Pequeña	80 – 99 (b)
8. Coagulación y sedimentación después de (1) o (3) o (4)	40 – 70 (a) 50 -85 (b) 50 – 85 (c) 40 – 70 (e)	50 – 80 (a) 70 – 90 (b) 70 – 90 (c) 80 – 90 (e)	60 – 90 (b)

NOTA: DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) Ptotal (Fósforo total), Ntotal (Nitrógeno Total), NH<sub>3</sub> (Amoniaco), SST (Sólidos Sedimentables totales).

1/ La remoción de DBO puede variar si se emplea un desmenuzador y/o un lavado de arenas. Sin estos medios la remoción de DBO<sub>5</sub> puede ser de 0,5% y los SST de 5 – 10 %

2/ Lagunas de estabilización formando un sistema de lagunas.

3/ Eficiencias obtenidas de las lagunas en serie (primaria + secundarias + terciarias).

(a) Datos tomados de los libros de Syed R Qasim” Wastewater Treatment Plants”.

(b) Datos tomados del libro de Arruda Pessoa Constantino y Pacheco Jordao Eduardo, “Tratamiento de Esgostos Domésticos” Río de Janeiro, ABES, 1982.

(c) Datos tomados de la publicación de Yanez Fabián, “Criterios de Selección para Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales” CEPIS. 1976.

Fuente: León Suematsu Guillermo. “Tecnología de Tratamiento de Agua Residuales Usadas en América Latina y el Caribe. Criterios de Selección de Tecnologías. Separatas. Material de Clases. Facultad de Ingeniería Ambiental UNI”.

### 3.10.2 Criterios de selección de alternativas de tratamiento

Según el Ing. Guillermo León Suematsu <sup>19/</sup> la selección de la alternativa de tratamiento se condiciona principalmente a los requerimientos y exigencias de las leyes ambientales, a los usos a los cuales se destinen las aguas residuales tratadas y usos de los cuerpos receptores de éstos, tomándose en cuenta además aspectos tales como: objetivo de calidad del efluente; requerimiento de equipos y energía; tratamiento y disposición de lodos; grado de dificultad de la operación u mantenimiento; requerimiento de terreno; costos de inversión inicial, operación y mantenimiento; impacto ambiental; sostenibilidad (tales como tarifas, capacidad de gestión, disposición a pagar por parte de la población).

El requerimiento de terreno es actualmente un criterio crítico y varía según la alternativa de tratamiento, como se aprecia en el Cuadro N° III-6.

Cuadro N° III-6  
Area requerida por diferentes tecnologías para tratar 500 l/s de aguas residuales por día

Tecnología de tratamiento	Tiempo (días)	Profundidad (metros)	Area promedio requerida (Hectárea)
I. Lodos activados	0,6-2	<5	1,87
II. Lagunas de Tratamiento			
Lagunas Facultativas	10-20	1,5	43,2
Lagunas Aireadas	2-7	2,5-5	4,86
Lagunas Anaerobias	1-5	2,5-5	3,46
III. Filtros Percoladores	Carga (m3/m2/día)		
	1-3		2,16

Fuente: Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas de Agua Potable del Perú y Propuestas de Solución- SUNASS-GTZ.2008

### 3.10.3 Normatividad ambiental relacionada al nivel de tratamiento

Para el diseño de las PTAR es fundamental tener en cuenta las normas que establecen la calidad del cuerpo receptor, enmarcadas en la Ley de Recursos Hídricos (Ley 29338) <sup>20/</sup>. Entre las normas complementarias a dichas leyes, cabe señalar las siguientes:

<sup>19/</sup> Obra citada en la fuente del Cuadro N° III.5 de la presente Tesis.

<sup>20/</sup> La Ley 29338 en su Artículo 79.- Vertimiento de agua residual, establece que “La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización”.

- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua (ECA).
- Resolución Jefatural N° 351-2009-ANA, del 01.07.2009, a través del cual la Autoridad Nacional del Agua (ANA) establece que a partir del 01.04.2010, las autorizaciones de vertimiento y renovaciones se otorgarán tomándose en cuenta los ECA.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II Obras de Saneamiento. Norma OS-090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

### **3.11 Análisis beneficio costo de alternativas de PTAR con el MVC**

La evaluación beneficio costo al establecer beneficios diferenciados de las alternativas de nivel de tratamiento, localización y tamaño en un proyecto de PTAR, permite seleccionar la soluciones que brindan el mayor VAN de eficiencia económica nacional.

A continuación se presenta la forma adecuada de establecer DAP diferenciadas en el análisis de alternativas de proyectos de PTAR, aplicando el MVC.

#### **3.11.1 DAP según alternativas de nivel de tratamiento de aguas residuales**

##### **a. Consideraciones generales**

Para establecer DAP diferenciadas es necesario que exista consistencia entre el real impacto del proyecto en la calidad del agua del cuerpo receptor y la forma como es descrito y evaluado aplicando el MVC.

Para este fin es conveniente que las encuestas que aplican el MVC incluyan la medición de valoraciones alternativas de impacto del proyecto en la calidad del agua para obtener una aproximación a la función de beneficios ante variaciones de la calidad del agua <sup>21/</sup>, tal como se muestra en la Figura N° III-5.

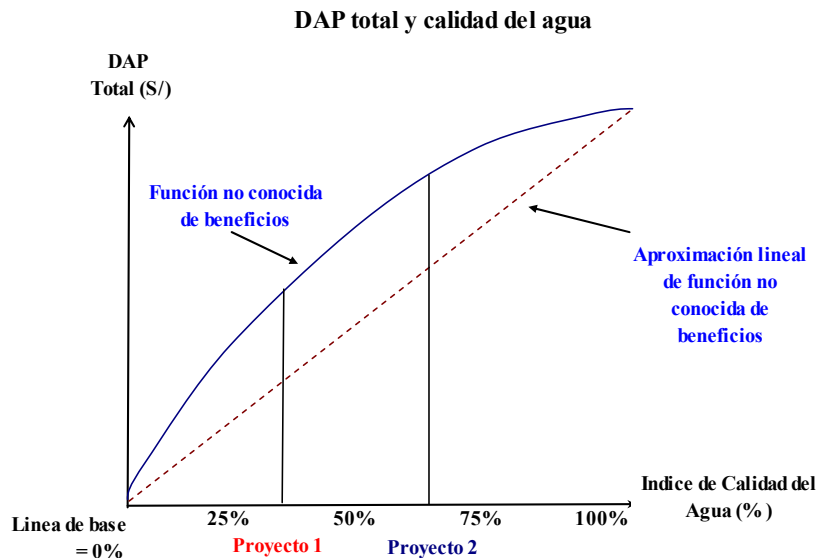
Otra opción, desde el punto de vista teórico, es establecer funciones continuas de valoración de los atributos de calidad del agua, con base a sucesivos experimentos aplicando el MVC. Ver Figura N° III-5.

Para estos fines se requiere que exista coordinación entre el economista del proyecto y el ingeniero ambiental a cargo del modelar el impacto del proyecto en la calidad del agua.

---

<sup>21/</sup> El Análisis de este tema es desarrollado con amplitud por Russell, Vaughan y Otros en "Investing in Water Quality" A decade of IDB Experience in Review, Measuring Benefits, Costs and Risks. BID. Washington, 2001.

Figura N° III-5



Fuente: Elaboración Propia con base a Russell, Vaughan y Otros " Investing un Water Quality". Capítulo A Decade de IDB Experience in Review. BID. Washington 2001

## b. La escalera de calidad del agua

La calidad del agua puede ser descrita en términos de los usos para los cuales es (o será) adecuado en su condición de cuerpo receptor o en términos de las características objetivas mismas del agua. Las características objetivas varían desde aquellas que pueden ser rápidamente perceptibles hasta las que pueden ser detectadas sólo con mediciones científicas. Cambios de calidad del agua pueden ser fáciles de percibir por las personas, como el crecimiento de algas, la claridad del agua, la existencia de espumas o basura o el olor de sulfuro de hidrógeno en condiciones anaeróbicas.

Sin embargo, características importantes como el contenido de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) no pueden ser detectados por la vista y el olfato humano. La escala de calificación de las personas sobre el nivel de calidad del agua muestra probablemente un grado menos perfecto de asociación con una combinación de las diversas medidas científicas de condiciones de calidad del agua. Esto genera dificultades en la estimación de beneficios debido a que una DAP positiva por mejoras en la calidad del agua depende de la capacidad de las personas para percibir cambios en su calidad.



Este problema ha conducido a los investigadores a intentar relacionar un índice objetivo de calidad del agua (basado en una combinación ponderada de parámetros científicos de calidad) con índices de calidad percibidos por las personas.

En el año 1986, como resultado del trabajo de investigadores de USA, bajo la denominación de Recursos para el Futuro (RFF en sus siglas en inglés), William J. Vaughan elaboró una escalera de calidad del agua basado primordialmente en sus usos y en forma secundaria en algunas condiciones de calidad obvias (claridad, olor, presencia de basura, etc.) <sup>22/</sup>. Los niveles basados en el uso del agua fueron definidos indexando un juego de cinco parámetros técnicos de calidad del agua, usando una variante del Índice de Calidad del Agua de la Fundación de Saneamiento Nacional de USA.

Numerosas fuentes fueron consultadas para obtener niveles mínimos aceptables de concentración de las cinco características de calidad medibles, asociadas con los cinco usos potenciales de los cursos de agua. Esas características fueron: coliformes fecales, oxígeno disuelto, DBO, máximo de 5 días (DBO<sub>5</sub>), turbidez y la concentración de hidrógeno (PH) <sup>23/</sup>. Los resultados del consenso se resumen en el Cuadro N° III-7.

Cuadro N° III-7  
Características medibles del agua según su clasificación de uso

Clasificación del agua según uso	Características medibles de la calidad del agua				
	Coliformes fecales	Oxígeno disuelto	Demanda bioquímica de oxígeno (BOD <sub>5</sub> )	Turbidez	Concentración de hidrógeno
	(N°/100 ml)	(mg/l)*	(mg/l)	JTU **	PH ***
Apta para consumo sin tratamiento	0	7,0 (90)	0,0	5	7,25
Apta para bañarse	200	6,5 (83)	1,5	10	7,25
Apta para pesca de especies no comunes	1000	5,0 (64)	3,0	50	7,25
Apta para pesca de especies comunes	1000	4,0 (51)	3,0	50	7,25
Apta para canotaje	2000	3,5 (45)	4,0	100	4,25

\* En paréntesis aparecen los porcentajes de saturación a 85° F

\*\* JTU, Unidad de Turbidez de Jackson

\*\*\* PH, potencial de hidrógeno

Fuente: Russell, Vaughan y otros. "Investing in Water Quality", Measuring Benefits, Costs and Risks, Anexo 7-A. BID. Washington 2001

<sup>22/</sup> La Escalera de Calidad está incluida en el estudio de Mitchell Cameron y Carson Richard "An Experiment in Determining Willngness to Pay for National Water Quality Improvements". Apéndice B del Estudio. Draft Report to The U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. 1981.

<sup>23/</sup> Se consideraron estudios e informes especializados de entidades oficiales de USA, tales como el National Technical Advisory Committee, National Academy of Sciencies, National Academia of Engineering, North Carolina Environmental Management Comisión, National Planning Association.

Cada una de las características medibles de la calidad del agua fueron asociadas a un único valor jerarquizado en la escalera de calidad, usando una versión truncada del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la Fundación de Saneamiento Nacional de USA:

$$ICA = \prod_{i=1}^5 q_i^{w_i} / 10$$

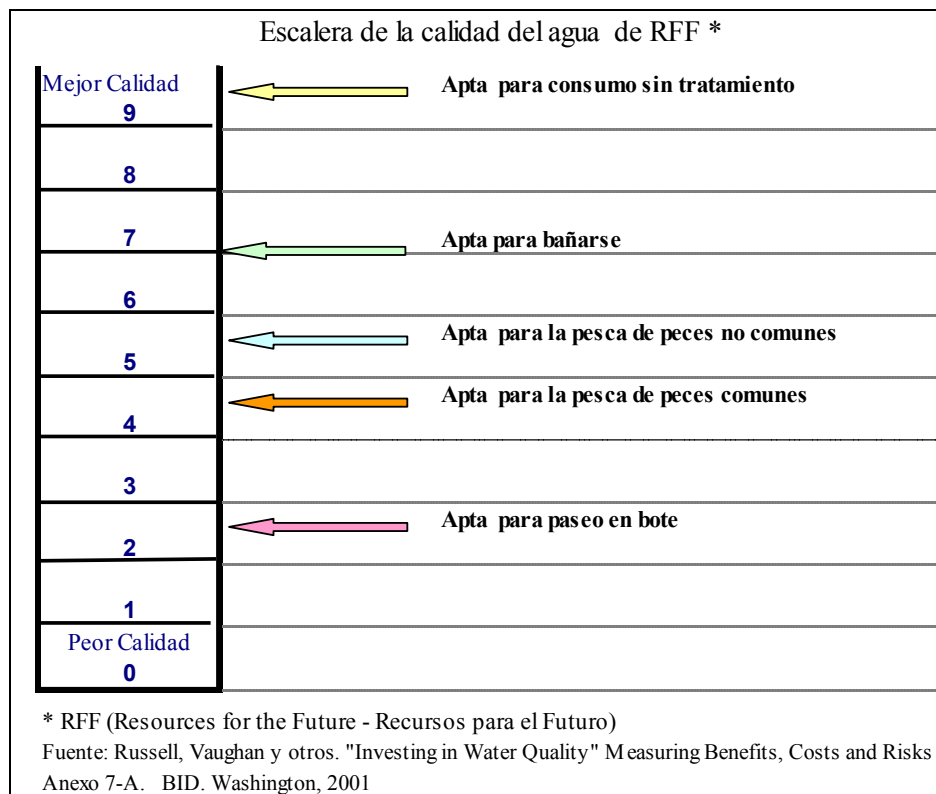
Donde:  $q_i$  : Calidad del parámetro  $i$ ; es un número entre 0 y 100 obtenido de la función de transformación de medidas de la calidad del agua de McClelland (Agencia de Protección Ambiental de USA).

$w_i$  : Peso asignado al parámetro  $i$ , cuya sumatoria alcanza a 100.

$\prod_{i=1}^5$  : Factorial de los cinco valores de  $q_i^{w_i}$ .

La escalera resultante se muestra en la Figura N° III-6

Figura N° III-6



La Escalera de la Calidad del Agua ha sido aplicada en diversos estudios de valoración contingente sobre mejoras en la calidad del agua, como el caso del estudio de Smith, V. Kerry y William Desvousges <sup>24/</sup>. Por su parte, en "The Value de Clean Water: The

<sup>24/</sup> "Measuring Water Quality Benefits". Kluwer, Nijhoff, Boston, 1986.

Public's Willingness to pay for Boatable, Fishable, and Swimmable Quality Water". Water Resource Research, Vol 29. July, 1993 <sup>25/</sup>, se estimó el beneficio del control de la contaminación de las fuentes de agua en USA, aplicando el MVC, diferenciando el uso del curso de agua.

La vigencia de dicha Escalera es mencionada por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA en la publicación "Valuing Water Quality Improvements in the United States Using Meta-Analysis: Is the Glass Half-Full or Half-Empty for National Policy Analysis?", United States Environmental Protection Agency, University of Nebraska. Lincoln, USA 2007. <sup>26/</sup>

A manera de ejemplo, en el Cuadro N° III-8 se presenta la estimación del Índice de Calidad del Agua para el nivel de calidad apto para la pesca de especies comunes.

Cuadro N° III-8

Estimación del índice para calidad del agua apta para la pesca de especies comunes

Característica	Valor	Valor según escala (qi)	Ponderación (wi)	Valor según escala ponderado (qi <sup>wi</sup> )
Coliforme fecal	1000/100 ml	20	0,242	2,069
Oxígeno disuelto	51% *	44	0,274	2,820
DBO5	3 mg/l	74	0,161	2,000
Turbidez	50 JTU	38	0,129	1,599
pH	7,25	93	0,194	2,409
Índice = [(2,069)*(2,820)*(2,000)*(1,599)*(2,409)]/10 = 4,5				

\* Porcentaje de saturación a 85° F

Fuente: Elaboración Propia con base a Russell, Vaughan y otros en "Investing in Water Quality" Measuring Benefits, Costs and Risks. Anexo 7-A . BID. Washington 2001

### c. Caso de aplicación de DAP diferenciadas según alternativas de nivel de tratamiento de aguas residuales

A continuación se presenta de manera resumida el caso de estimación de DAP diferenciadas para alternativas de calidad de agua del estudio de "Valoración

<sup>25/</sup> De Carson Richard y Mitchell Cameron.

<sup>26/</sup> De Van Houtven George, Powers Jhon y otros.

Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de PTAR del Río Salitre”<sup>27/</sup>.

### **i. Preguntas sobre la DAP**

Las preguntas sucesivas que se presentan en el Cuadro N° III-9, se orientan a encontrar la DAP por alternativas de calidad del río, relacionados a su vez con distintos niveles de tratamiento de las aguas residuales<sup>28/</sup>.

### **ii. Variables**

Para simular el mercado de bienes ambientales, se preguntó a cada entrevistado si estaría dispuesto a pagar montos diferenciados seleccionados aleatoriamente, por poder disfrutar del primer, segundo y tercer nivel de calidad ambiental, estableciéndose un modelo econométrico para cada uno de ellos.

Se incluyeron, en el modelo, entre otras, las siguientes variables:

X<sub>1</sub>: Variable dependiente binaria, que representa la probabilidad de responder SI (1) a la pregunta de DAP por el nivel de calidad A, o NO pagar (0).

X<sub>2</sub>: Variable independiente continua que representa el precio hipotético a pagar por acceder a los beneficios del nivel de calidad ambiental A.

X<sub>3</sub>: Variable dependiente binaria, que representa la probabilidad de responder SI (1) a la pregunta de DAP por el nivel de calidad B, o NO pagar (0).

X<sub>4</sub>: Variable independiente continua que representa el precio hipotético a pagar por acceder a los beneficios del nivel de calidad ambiental B.

X<sub>5</sub>: Variable dependiente binaria, que representa la probabilidad de responder SI (1) a la pregunta de DAP por el nivel de calidad C, o NO pagar (0).

X<sub>6</sub>: Variable independiente continua que representa el precio hipotético a pagar por acceder a los beneficios del nivel de calidad ambiental C.

---

<sup>27/</sup> Presentado por Mendieta Juan Carlos, en el “Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables”. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Universidad de Los Andes. Santa Fé Bogota, Colombia. Julio 2001.

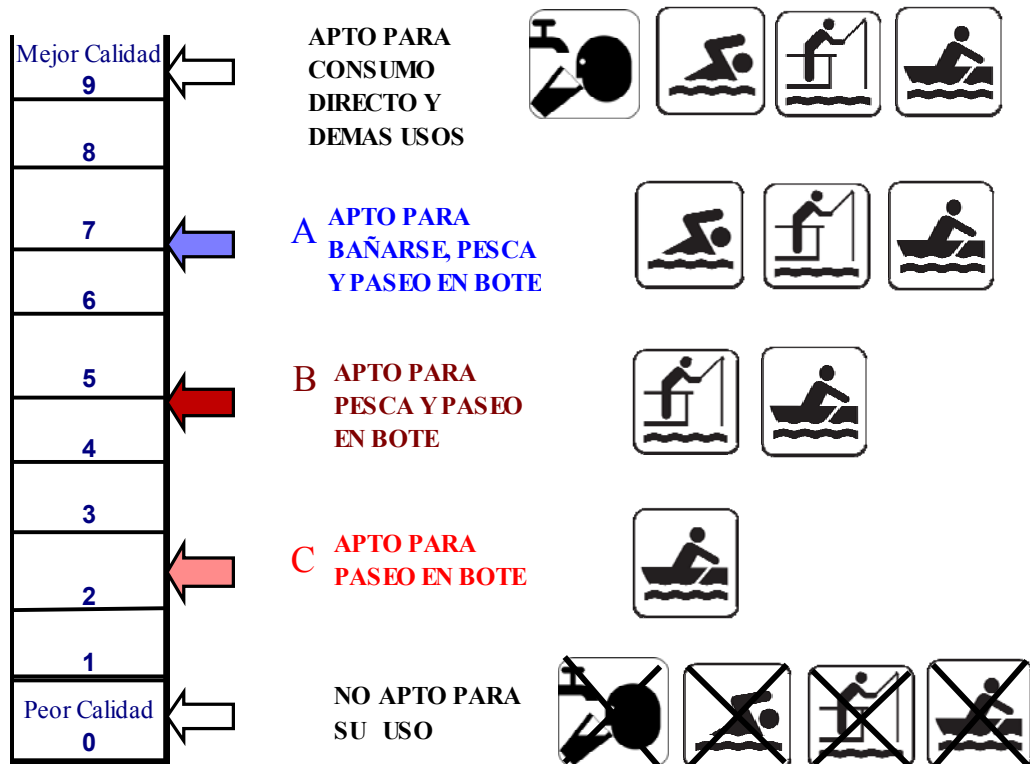
<sup>28/</sup> Las preguntas sobre la DAP han sido planteadas por los autores de la presente Tesis con base a los conceptos vertidos en el este numeral.

Cuadro N° III-9

<b>Preguntas sobre la DAP: alternativas de niveles de tratamiento de las aguas residuales</b>	
Se tiene previsto implementar un proyecto para la descontaminación del río Salitre, a través de la construcción de una PTAR. Existen varias opciones sobre el alcance del proyecto y sus efectos en la calidad del agua del río Salitre. Dependiendo de la calidad del agua que se logre con dicho proyecto, en una escala de 0 a 10, varía la posibilidad del uso del río, tal como se muestra en la siguiente (debe mostrarse la Figura N° III-7 y explicar).	
1	¿Estaría dispuesto a pagar .....por mes para que se pueda ejecutar el proyecto de descontaminación del río Salitre logrando un nivel de calidad C del río, con lo cual se podrá practicar canotaje ?
2	¿Estaría dispuesto a pagar .....por mes para que se pueda ejecutar el proyecto de descontaminación del río salitre logrando un nivel de calidad B del río, con lo cual además de poder practicar canotaje el río será apto para realizar actividades de pesca ?
3	¿Estaría dispuesto a pagar .....por mes para que se pueda ejecutar el proyecto de descontaminación del río salitre logrando un nivel de calidad A del río, con lo cual además de poder practicar canotaje y actividades de pesca el río será apto para bañarse sin riesgo para la salud?

Fuente: Elaboración propia

Figura N° III-7  
Escalera de la calidad del agua y aptitud de uso



Fuente: Elaboración propia con base a Mitchell Robert y Carson Richard, "An Experiment in Determining Willingness to Pay for National Water Quality Improvements". Anexo B del Estudio. Draft Report to The U.S. Environmental Protection Agency, Washington, 1981

### iii. Resultados

Las DAP promedio y sus valores mínimo y máximos, obtenidos para cada nivel de calidad ambiental, se muestran en el Cuadro N° III-10

Cuadro N° III-10  
Las DAP promedio y sus valores mínimo y máximo: para  
cada nivel de calidad ambiental

DAP	Media de DAP	Std.Dev.	Minimum	Maximum	N° Casos
DAPA	9939,48	3195,31	-2166,64	15945,55	340
DAPB	8327,89	2610,77	1602,64	13445,07	340
DAPC	3803,72	1617,73	-1145,10	6984,57	340

Fuente: Mendieta Juan Carlos. "Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables". Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Universidad de Los Andes. Santa Fé Bogota, Colombia. Julio 2001.

Se observa que a mayor nivel de calidad del río (por tanto mayor nivel de tratamiento) la DAP de los hogares es mayor, lo cual resulta consistente y permite evitar la presencia del efecto incrustación (embedding effect) al aplicar el MVC en proyectos de PTAR.

### d. Estándares regulados y alternativas técnicas

Desde el punto de vista económico cabe emplear el MVC para estimar DAP diferenciadas según alternativas de nivel de tratamiento de aguas residuales.

Sin embargo, cuando las normas fijan estándares de calidad del agua (caso de las establecidas por el Ministerio del Ambiente del Perú), basados en consideraciones de seguridad en la salud o de bienestar, se restringe el planteamiento de alternativas limitándolo al análisis de costo eficiencia de las alternativas que cumplan dichos estándares.

Si bien el análisis costo eficiencia en el marco de de los estándares definidos por los reguladores, puede ser sumamente práctico y tener consistencia en su lógica interna, tiene limitaciones desde el punto vista de la eficiencia económica, al no basarse en la comparación de costos y beneficios ni en el logro del mayor beneficio neto para la sociedad.

### 3.11.2 DAP según alternativas de localización de PTAR

#### a. Consideraciones generales

La DAP puede ser diferente de acuerdo a la alternativa de localización de la PTAR. Dicha valorización se debe fundamentalmente a las siguientes razones:

- i. Al valor de opción o existencia que puedan tener los terrenos donde se proyecta la localización de la PTAR.
- ii. A la percepción de que es preferible una localización de la PTAR más lejana a la ciudad a fin de evitar potenciales externalidades negativas, tales como malos olores o daño al paisaje. Esta consideración podría ser pertinente sobre todo en el caso de proyectos que involucran construir nuevas PTAR y está por decidirse su localización.

Cabe indicar que la variable distancia de la vivienda a la PTAR, en los estudios de aplicación de valoración contingente en los proyectos de PTAR analizados, no ha sido estadísticamente significativa en todos los casos <sup>29/</sup>. Sin embargo en el caso de proyectos que contemplen como objetivo central mejorar la eficiencia de plantas existentes, sus impacto en la reducción o eliminación de malos olores probablemente serán percibidos mayormente por la población que vive cerca a la PTAR, y se reflejará en una mayor DAP respecto de quienes viven lejos de la planta.

En la revisión bibliográfica, no se ha identificado la aplicación del MVC para evaluar alternativas de localización de PTAR. Sin embargo, por analogía cabe referir el uso del MVC para estimar beneficios diferenciados según la localización alternativa de rellenos sanitarios de residuos sólidos, planteada en el marco del estudio de un proyecto analizado por el BID en Jamaica <sup>30/</sup>. En dicho proyecto, la diferenciación de beneficios obedecía a la percepción de externalidades ambientales negativas de la población, dependiendo que los rellenos sanitarios, se ubiquen más cerca o lejos

---

<sup>29/</sup> Resultó estadísticamente significativa entre 90-95% en un caso y se descartó por no ser significativa en otro. Ver Cuadro N° III-4

<sup>30/</sup> Malarin Hector y Vaughan William "An Approach to the Economic Analysis of Solid Waste Disposal Alternatives". N° ENV-119. BID. Washington, D.C. Diciembre 1997.

respecto de localidades urbanas, lo cual guarda similitud con la percepción de la población respecto a las PTAR.

En dicho estudio del BID, los encuestados debían responder sobre su DAP respecto a dos localizaciones hipotéticas de rellenos sanitarios cuyas características y costos diferían.

Los encuestados con un ingreso  $Y$ , preferirán la opción 1 respecto a la opción 2 si la primera les permitiese un mayor nivel de utilidad  $V(Z, Y-F)$ , es decir:

$$V(Z_1, Y - F_1) > V(Z_2, Y - F_2)$$

Donde:  $Z_i$  : son los atributos de la zona y de la población. Los atributos de la zona incluyen recursos naturales que serían sacrificados para el relleno, calidad de la vida silvestre y calidad del agua subterránea. Los atributos de la población incluyen densidad de viviendas, existencia de parques, granjas, y caminos de acceso.

$F_i$  : son los precios hipotéticos

Como ejemplo de posible aplicación del MVC para evaluar las alternativas de localización de la PTAR, se tiene el caso del respectivo proyecto de la ciudad de Arequipa.

A la fecha no se decide la localización de la PTAR de Arequipa. La ubicación propuesta en la zona de Los Hurtados <sup>31/</sup>, tienen oposición por parte de autoridades y pobladores del distrito de Uchumayo, debido a sus potenciales externalidades negativas (olores y paisajistas). La alternativa de ubicarla en una zona más alejada de una localidad urbana (en Pampa Estrella a 12 Km. de la capital), tiene un costo de inversión mayor en US \$ 23,4 millones, respecto a la alternativa de ubicarla en Los Hurtados.

En este caso cabría establecer DAP individuales para cada alternativa, para estimar los beneficios totales de cada alternativa de localización, para compararlos con sus costos correspondientes, y seleccionar aquella alternativa con mayor VAN.

---

<sup>31/</sup> La planta de Los Hurtados complementa una planta que se localiza en Pampa Escalerilla, que no tiene problemas de aceptación de la población.



## b. Preguntas sobre la DAP

Las preguntas sucesivas que se presentan en el Cuadro N° III-11, se orientan a establecer la DAP, respecto a localizaciones alternativas de la PTAR, en base al ejemplo de la ciudad de Arequipa.

En el caso descrito ambas preguntas serían hechas a la misma muestra de encuestados. Alternativamente cabría establecer dos sub muestras independientes a las que se les preguntaría únicamente por una alternativa en forma similar a la primera de las preguntas.

Cuadro N° III-11

<b>Preguntas sobre la DAP : Localización de PTAR</b>	
	Luego de ilustrar a los encuestados sobre los atributos ambientales de cada localización alternativa, las preguntas a incluirse en el cuestionario de las entrevistas para establecer la DAP en cada caso, serían las siguientes
1	¿Estaría dispuesto a pagar .....por mes para que se pueda ejecutar el proyecto de descontaminación del río Chili, que permitirá que recupere su aptitud para la vida de peces construyendo una planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de Los Hurtados vecina a la capital del distrito de Uchumayo de la provincia de Arequipa?.
2	Existe la posibilidad que la planta de tratamiento en vez de localizarse en la zona de Los Hurtados lo haga en la zona de Pampa Estrella alejada de centros urbanos de la provincia de Arequipa, permitiendo igualmente que el río Chili recupere su aptitud para la vida de peces. En este caso, además del pago que indicó en su respuesta anterior que fue de... soles, ¿Estaría dispuesto a pagar.....soles adicionales para que la planta se localice en Pampa Estrella?

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.3 DAP según alternativas de tamaño de PTAR

#### a. Consideraciones generales

Las diferencias de área requerida por la opción tecnológica que se adopte en un proyecto específico de PTAR puede tener influencia en la DAP, en la medida que dicho atributo sea internalizado y valorado por los potenciales beneficiarios, en forma similar a su localización.

Al respecto, debe tenerse en cuenta las sustanciales diferencias en el área que requieren las opciones tecnológicas. Así por ejemplo, el área requerida para dar tratamiento secundario a 500 litros/segundo de aguas residuales varía entre 2 y 43 hectáreas <sup>32/</sup> según sea la opción tecnológica que se adopte. En la medida que tales diferencias sean apreciadas por los potenciales beneficiarios, se pueden generar diferentes DAP en consideración a los valores de opción o existencia de los terrenos<sup>33/</sup> donde se ubicará la PTAR.

Como ejemplo, se puede citar el caso del proyecto de la PTAR de la ciudad de Puno, que cuenta con financiamiento de KFW de Alemania que aún no ha iniciado su ejecución debido a que la Municipalidad Provincial de Puno, principal accionista de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno (EMSAPUNO S.A.), ha planteado que en vez de construirse lagunas de estabilización en la zona de El Espinar que ocupen un área estimada en 30 has., se analice una nueva solución técnica que minimice el área ocupada. El planteamiento de reducir en lo posible el área de la PTAR se sustenta en el interés de la municipalidad y pobladores de la ciudad de Puno de que la Bahía Interior de Puno, donde se proyecta la planta, tenga de forma preferente un uso turístico y recreativo. En este caso, habría que establecer la diferencia en la DAP de la población por las alternativas de tamaño de la PTAR (asociadas a diferentes opciones tecnológicas). Posteriormente se podría evaluar si los beneficios generados por una mayor DAP asociada a una planta que ocupe menor área, justifica sus mayores costos <sup>34/</sup>.

## **b. Preguntas sobre la DAP**

Las preguntas sucesivas que se presentan en el Cuadro N° III-12, buscan establecer DAP diferenciadas para alternativas de tamaño de la PTAR, en base al ejemplo de la ciudad de Puno.

---

<sup>32/</sup> Las áreas requeridas por las diversas opciones tecnológicas pueden apreciarse en el Cuadro N° A-4.3 del Anexo de la presente Tesis.

<sup>33/</sup> El valor de uso de los terrenos, para cada alternativa, se debe considerar ya incorporado en su valorización monetaria como parte de los costos de inversión del proyecto.

<sup>34/</sup> Las tecnologías que requieren menor área para construir las PTAR tienen mayor costo de inversión, operación y mantenimiento. Los costos unitarios (inversión, operación y mantenimiento) de una PTAR que trata 200 litros/segundo con la tecnología de lodos activados podría costar 20 veces respecto a una PTAR que trata igual caudal con la tecnología de lagunas facultativas, según el “Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y Propuesta de Solución” SUNASS/PROAGUA 2008.

Cuadro N° III-12

**Preguntas sobre la DAP : tamaño de la PTAR**

Las preguntas a incluirse en el cuestionario de las entrevistas para establecer DAP diferenciadas para cada alternativa de tamaño de la PTAR serían las siguientes:

- 1 ¿Estaría dispuesto a pagar .....por mes a EMSAPUNO S.A. para que se pueda ejecutar el proyecto de descontaminación del Lago Titicaca en la Bahía Interior de Puno permitiendo la práctica de canotaje y pesca, utilizando un área de 30 has para construir la planta de tratamiento de aguas residuales (equivalente a un área 7 veces el estadio de fútbol de la ciudad de Puno)?
- 2 Existe la posibilidad de construir la planta de tratamiento con una tecnología diferente, que en vez de requerir 30 has necesita sólo 4 has, es decir sólo 1/7 del área de la primera planta y que igualmente permitiría la práctica de canotaje y pesca en la Bahía Interior de Puno, pero implicaría un mayor pago a EMSAPUNO S.A. respecto a la primera opción. En este caso ¿estaría dispuesto a pagar.... por mes a EMSAPUNO S.A.?.

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA METODOLOGICA DE EVALUACION BENEFICIO-COSTO EN PROYECTOS DE PTAR**

#### **4.1 Diseño metodológico**

Se utilizará el Método de Valoración Contingente, llamado también método de construcción de mercados hipotéticos, que a través de encuestas con preguntas directas de disponibilidad a pagar de las personas bajo escenarios que aún no se presentan en la realidad, busca averiguar y construir las preferencias de los individuos por el bien ambiental y/o recurso natural.

Este método intenta determinar la valoración que las personas otorgan a los cambios en el bienestar, derivados de una modificación en la oferta o calidad de un bien no transado en el mercado, a través de preguntas directas mediante encuestas, cuestionarios y entrevistas. Con la encuesta se simula una transacción de mercado donde el entrevistado está comprando un cambio en la oferta o calidad del bien. Las encuestas se utilizan para crear un mercado hipotético y se pregunta a las personas por la máxima DAP o mínima disposición a ser compensado (mdc) por dicho cambio.

#### **4.2 Fases y etapas de la propuesta metodológica**

La propuesta metodológica para la evaluación beneficio costo de proyectos de PTAR, aplicando el método de valoración contingente, comprende las fases, etapas e instrumentos que se detallan en el Cuadro N° IV-1.

##### **4.2.1 Fase de definición del bien que se desea valorar**

Se define el bien a valorar en unidades monetarias. El bien ambiental que se ofrece con la implementación del proyecto es la descontaminación del curso de agua (mejora de su calidad), al tratarse las aguas residuales de la localidad, antes de su disposición final.

Cuadro N° IV-1

## Fases, etapas e instrumentos de la metodología de evaluación beneficio-costo

Fases		Etapas	Instrumentos
4.2.1	Definición del bien que se desea valorar	-	-
4.2.2	Definición de la población relevante para la encuesta	-	-
4.2.3	Simulación del mercado	Descripción del mercado hipotético	Focus Group Encuesta Piloto
		Redacción del cuestionario	
		Selección de la modalidad de la entrevista	-
4.2.4	Estimación del tamaño de la muestra	-	-
4.2.5	Realización de las entrevistas	-	Formato de Encuesta
4.2.6	Procesamiento de datos	Elaboración de la base de datos	Paquete estadístico SPSS (Vista de Variables)
		Análisis de variables	Paquete estadístico SPSS (Análisis de correlación de variables y análisis factorial)
		Estimación y evaluación de los modelos	Paquete estadístico EVIEW. Prueba t de Student indicadores de bondad de ajuste, para la evaluación de los modelos.
4.2.7	Estimación de la DAP y beneficios del proyecto	Estimación de la DAP	Paquete estadístico EVIEW y Microsoft Excel
		Estimación de beneficios del proyecto	
4.2.8	Evaluación beneficio costo de proyectos de PTAR	-	Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia

La descontaminación del curso de agua permite:

- Mejorar la calidad del agua del río (mejorando los indicadores físico-químicos, oxígeno disuelto, DBO, coliformes fecales) y así permitir su uso para diversos fines sin riesgos en la salud.
- Mejorar el paisaje.
- Eliminar malos olores.
- Recuperar la flora y fauna.
- Contribuir a la prevención de enfermedades.

#### 4.2.2 Fase de definición de la población relevante para la encuesta

En el caso de proyectos de tratamiento de aguas residuales la población relevante son todos los habitantes de la localidad.

### 4.2.3 Fase de simulación del mercado

Comprende las tres etapas siguientes:

#### a. Etapa de descripción del mercado hipotético

En esta etapa se define lo siguiente:

- i. **Cantidad y calidad del bien.** La cantidad del bien a valorar en el mercado hipotético, corresponde a la instalación, ampliación o mejoramiento de PTAR (s). La calidad del bien está asociada a la descontaminación del curso de agua y al uso de mismo, a través del tratamiento <sup>35/</sup> de las aguas residuales en la PTAR del proyecto.
- ii. **Forma de provisión.** Corresponde al periodo que se requeriría para que la PTAR entre en operación, que entidad administradora de servicio de saneamiento local será responsable de la ejecución, operación y mantenimiento a través de un proyecto (generalmente un proyecto de inversión pública).
- iii. **Vehículo de pago (forma de pago).** Es el cargo adicional en el recibo mensual del servicio de agua potable y alcantarillado que las familias pagarán a la entidad administradora de servicio de saneamiento local.
- iv. **Formato de la pregunta.** Debe utilizarse el formato discreto o cerrado (referéndum, binario, dicotómico) para averiguar la disposición a pagar de la persona entrevistada, por el bien que se ofrece.

#### Ejemplos:

- Está dispuesto a pagar S/ ... como incremento a su tarifa mensual por los servicios de agua potable y alcantarillado que paga a la empresa de saneamiento local, para que la calidad del agua del río Aguasclaras sea tal que usted y su familia puedan bañarse en él sin riesgo para la salud?. O alternativamente,
- Está dispuesto a pagar S/ ... como incremento a su tarifa mensual por los servicios de agua potable y alcantarillado que paga a la empresa de saneamiento local, para lograr la descontaminación del río Aguas Claras?

---

<sup>35/</sup> Ver numeral 3.10 de la presente Tesis.

## **b. Etapa de redacción del cuestionario**

La formulación del cuestionario se estructura teniendo en cuenta las siguientes partes:

- i.** Descripción del escenario del mercado hipotético del bien que se pretende valorar y valoración del bien. Incluye la presentación al entrevistado de fotografías que ilustran la situación actual de la contaminación ambiental, que el proyecto permitirá revertir.
- ii.** Preguntas para contar con información socioeconómica de la familia entrevistada. La principal información a registrar en este rubro es el ingreso familiar, las demás suelen ser el nivel de estudios, número de miembros del hogar, disponibilidad de servicios higiénicos, tipo de piso de la vivienda, distancia de la vivienda a la planta de tratamiento de aguas residuales, edad del encuestado y similares. Esta información sirve para explicar las razones de las respuestas y comprobar su coherencia.
- iii.** Preguntas a responder por la persona que realiza la encuesta, tales como, su nombre, tiempo requerido para realizar la entrevista, día, hora y lugar en el que se ha desarrollado. Además debe hacerse la anotación de cualquier incidencia importante que haya podido influir en las respuestas.

## **c. Etapa de Selección de la modalidad de la entrevista**

Debe aplicarse la entrevista personal, utilizando material gráfico para ayudar a comprender el bien y realizar la simulación del mercado.

### **4.2.4 Fase de estimación del tamaño de la muestra**

La selección de la muestra para estudios de valoración contingente debe efectuarse en forma aleatoria a fin de extrapolar sus resultados a toda la población de la localidad.

Para este fin el ámbito geográfico de la encuesta corresponde a la localidad y se planifica el muestreo, cuya unidad de análisis son los hogares.

La fórmula usual para estimar el tamaño de la muestra se presenta en el numeral 2 del Anexo N° 5, de la presente Tesis.

#### **4.2.5 Fase de realización de las entrevistas**

El desarrollo de las entrevistas debe estar a cargo de entidades o consultores con experiencia en desarrollo de encuestas. Previa a la realización de las entrevistas, se requiere el entrenamiento de los encuestadores, el cual se realiza en dos momentos; el primero antes de la prueba piloto y el segundo antes de la encuesta definitiva. La capacitación incluye una breve descripción del proyecto, lectura del cuestionario y presentación de las ayudas visuales, enseñanza sobre como hacer las preguntas de la disposición a pagar así como aclaración de las dudas, es aconsejable que el investigador a cargo del estudio de valoración contingente participe en dichas reuniones para que logre tener una apreciación general del proceso.

La entidad o experto que tiene bajo su responsabilidad el desarrollo de las encuestas, debe tener la capacidad necesaria para organizar y controlar todo el proceso y asegurar su realización dentro de un calendario razonable.

Al finalizar la encuesta definitiva, el investigador a cargo del estudio debe conducir una nueva reunión con los encuestadores para tomar nota y discutir todo lo relevante que haya podido suceder durante las entrevistas.

#### **4.2.6 Fase de procesamiento de datos**

##### **a. Etapa de elaboración de la base de datos**

Confeccionado el cuestionario definitivo y realizadas las entrevistas, el siguiente paso es el procesamiento de datos y elaboración de los resultados.

Para ello, se traslada la información contenida en los cuestionarios a una base de datos manejable con programas estadísticos de computadora, tal como el SPSS <sup>36/</sup>. Se organiza esta base de datos en forma de matriz, considerando como filas a las observaciones correspondientes a cada cuestionario o persona entrevistada y como columnas a c/u. de las distintas variables (datos) recogidas en los cuestionarios. El Cuadro N° IV-2 muestra el ejemplo de la matriz de datos para cinco observaciones y tres variables.

---

<sup>36/</sup> Este programa estadístico constituye el instrumento.



Cuadro N° IV-2  
Ejemplo de matriz de datos

Encuesta	Variable 1	Variable 2	Variable 3
N° 1	2	10000	1
N° 2	4	0	1
N° 3	1	4500	0
N° 4	2	20000	1
N° 5	5	99999	0

Fuente: Elaboración propia.

Obtenida la matriz y elegido el programa estadístico de computación a utilizar, la siguiente etapa es el análisis de variables.

A modo de ejemplo, en el Cuadro Anexo N° A-5.1 y en el Anexo N° 6 se pueden apreciar en forma parcial modelos de base de datos de la información recolectada en la encuesta.

#### **b. Etapa de análisis de variables**

Obtenida la información de la base de datos resultante de la encuesta, se explotan sus resultados para construir los modelos, para lo cual se sigue la secuencia que se detalla a continuación.

##### **i. Especificación de las variables utilizadas**

Las variables que se especifiquen deben ser en particular aquellas que han resultado estadísticamente significativas en estudios de valoración contingente de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, desarrollados a nivel internacional y del país, conforme lo señalado en el Capítulo III, ítem 3.7 de la presente Tesis.

##### **ii. Análisis de correlación entre variables**

A partir de la información de la base de datos, con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences) se elabora la matriz de correlación entre pares de variables. Las correlaciones resultantes miden cómo están relacionadas o asociadas las variables. Mide a su vez si su relación es directa o inversa (aspecto denotado por el signo de la correlación de Pearson).

##### **iii. Análisis factorial de variables**

A partir de la información de la base de datos, con el paquete estadístico SPSS se efectúa el análisis factorial de variables con el objetivo de reducir, mediante una

serie de dimensiones compuestas (factores), el número de variables originales, identificando las variables estadísticamente más significativas.

### **c. Etapa de estimación y evaluación de los modelos**

#### **i. Estimación de los modelos**

A partir de la información recogida en las encuestas y utilizando el programa Eviews (Econometrics Views), se estiman los modelos econométricos requeridos para calcular la DAP de los entrevistados. Para calcular la media y mediana de la disposición a pagar, se usa el programa Excel.

La forma funcional que se recomienda es el modelo logit.

Para especificar las variables a incluir en los modelos, se tienen en cuenta los resultados del análisis de correlación entre variables y el análisis factorial de variables.

#### **ii. Evaluación de los modelos**

- **Análisis de las variables de los modelos logit**

##### **Coherencia teórica**

Los signos de los coeficientes deben ser concordantes con la teoría económica: negativo en el caso correspondiente a la variable precio hipotético, y positivo en el caso de la variable ingresos.

##### **Significancia estadística de los coeficientes de las variables (Prueba t-Student)**

Los coeficientes de los modelos evaluados a través de la prueba t-estadístico, deben ser estadísticamente significativos. Usualmente el nivel de confianza esperado es al menos del 95%.

- **Análisis comparativo de los modelos logit**

Los modelos evaluados mediante la prueba t-Student, cuyos coeficientes son significativos al nivel de confianza esperado, deben ser comparados entre sí para seleccionar al mejor modelo. Para la evaluación de la bondad entre

modelos logit, se aplican criterios y reglas de decisión de la teoría econométrica (ver numeral 4.3.3.c.ii de la presente Tesis).

Para comparar los modelos, adicionalmente debe tenerse en cuenta que:

- Son comparables modelos que tienen la misma forma de la variable dependiente. Por ejemplo: los modelos:  $Y = a + bx$  ,  $\log Y = a + bx$ , no son comparables.
- Es conveniente seleccionar “modelos parsimoniosos”. Implica que si se tienen dos modelos que explican suficientemente bien los datos, se debe escoger el modelo más simple de los dos. Por ejemplo entre los modelos:  $Y = a + bx$ ,  $Y = ab^x$ , el primero es el parsimonioso.
- Para comparar modelos que tienen diferentes números de variables independientes, es conveniente tener en cuenta en forma especial los criterios para medir la bondad de los modelos logit, que incorporan en su cálculo el número de parámetros. Dichos criterios son: el criterio de información de Akaike, criterio Bayesiano de Schwartz y el Hannan-Quinn.

#### 4.2.7 Fase de estimación de la DAP y beneficios del proyecto

##### a. Etapa de estimación de la DAP

Alternativamente, la máxima DAP se puede estimar de la siguiente manera:

##### i. Forma resumida

La Media de la DAP y Mediana de la DAP, se calculan a partir de  $Z = \alpha + \beta_1 * A_1 + \beta_2 * A_2 + \beta_3 * A_3 + \dots + \beta_i * A_i + \eta$ .

La Media de la DAP se calcula considerando la siguiente relación:

$$\frac{\alpha + \beta_2 * (\text{media de } A_2) + \beta_3 * (\text{media de } A_3) + \dots + \beta_i * (\text{media de } A_i)}{-\beta_1} = \frac{\delta}{-\beta_1}$$

La Mediana de la DAP se calcula considerando la siguiente relación:

$$\frac{\alpha + \beta_2 * (\text{mediana de } A_2) + \beta_3 * (\text{mediana de } A_3) + \dots + \beta_i * (\text{mediana de } A_i)}{-\beta_1} = \frac{\phi}{-\beta_1}$$

Donde:

DAP, es la disposición a pagar por familia. Se expresa en soles/mes/familia.

$\alpha$ , es la constante del modelo.

$\beta_i$ , es el coeficiente asociado a la variable independiente  $A_i$ .  $i = 2,3,4$ , etc.

$\beta_1$  es el coeficiente asociado a la variable independiente  $A_1$  (precio hipotético).

$\delta$ ,  $\phi$ , son los coeficientes que resulta de agregar al valor del coeficiente  $\alpha$ , la sumatoria del resultado del producto de la media (o mediana) de la variable  $A_i$ <sup>37/</sup> por su respectivo coeficiente.

La media y mediana de la variable  $A_i$ , se estiman con la información correspondiente a todos los encuestados. Un ejemplo para estimar en forma resumida la media y mediana de la DAP se, muestra en el numeral 4.a del Anexo N° 5.

## ii. Forma detallada

La media y la mediana de la DAP se calculan a partir de la DAP de c/u. de los encuestados, y del total de ellos. Un ejemplo para estimar en forma detallada la media y mediana de la DAP se, se muestra en el numeral 4.a del Anexo N° 5.

## b. Etapa de estimación de los beneficios

La DAP calculada permite establecer los beneficios del proyecto de PTAR. Para este fin la DAP unitaria (soles/familia/mes) se multiplica por el número de familias de la localidad. Para analizar la DAP de alternativas de nivel de tratamiento, localización y tamaño, tener en cuenta el numeral 3.11 de la presente Tesis.

## 4.2.8 Fase de evaluación beneficio costo de proyectos de PTAR

En esta fase se calculan los indicadores de rentabilidad del proyecto a partir de los flujos de beneficios y costos correspondientes.

## 4.3 Instrumentos

### 4.3.1 Instrumentos fase de simulación del mercado

#### a. Etapa de descripción del mercado hipotético

- i. **Focus group.** El desarrollo de este instrumento puede verse en numeral 1.a.i del Anexo N° 5.

---

<sup>37/</sup> Sin incluir la variable  $A_1$ , que corresponde al precio hipotético, y cuyo coeficiente, para un bien normal es negativo, en concordancia con la teoría económica.

- ii. **Encuesta piloto.** El desarrollo de este instrumento puede verse en numeral 1.a.ii del Anexo N° 5.

#### **4.3.2 Instrumentos de la fase de realización de las entrevistas**

Corresponde al formato de la encuesta que, a manera de ejemplo se muestra en el Anexo N° 7 de la presente Tesis.

#### **4.3.3 Instrumentos de la fase de procesamiento de datos**

##### **a. Etapa de elaboración de la base de datos**

El instrumento de este análisis es el paquete estadístico SPSS.

##### **b. Etapa de análisis de variables**

###### **i. Análisis de correlación de variables**

El instrumento de este análisis es el paquete estadístico SPSS, con las opciones: Analizar, Correlaciones, Bivariadas, tal como se muestra en el Cuadro Anexo N° A-5.2 de la presente Tesis.

###### **ii. Análisis factorial de variables**

El instrumento de este análisis es el paquete estadístico SPSS. Las opciones para realizar el análisis factorial pueden verse en el Cuadro Anexo N° A-5.3.

Complementariamente se elabora la matriz de componentes rotados, cuya estimación con el programa SPSS puede verse en el Cuadro Anexo N° A-5.4.

##### **c. Etapa de estimación y evaluación de los Modelos**

###### **i. Estimación de los modelos**

El instrumento para esta fase se muestra en el numeral 3.c.i del Anexo N° 5, en el cual se aplica el programa estadístico EVIEWS, para estimar los modelos y sus indicadores de bondad estadística.

###### **ii. Evaluación de los modelos.**

- **Análisis de las variables de los modelos logit.** El instrumentos para este análisis es la prueba t- Student, tal como se muestra en el ejemplo presentado en el numeral 3.c.ii del Anexo N° 5.

- **Análisis comparativo de los modelos logit.** Para la evaluación de la bondad entre modelos Logit, se han seleccionado los criterios econométricos y reglas de decisión, que se muestran en el Cuadro N° V-3. Ejemplos para estimar los indicadores para establecer la bondad de los modelos logit, se muestra en el numeral 3.c.iii del Anexo 5.

Cuadro N° IV-3

Listado de criterios para elegir entre modelos logit alternativos

Criterio	Fórmula	Criterio de Selección (valor)
Chi2 ó Likelihood Ratio (LR statistic (df))	$2 * (\text{LogL} - \text{LogL0})$	Máximo
McFadden R-squared	$R / U = 1 - \text{LogL} / \text{LogL0}$	Máximo
Akaike info criterion	$-(2 * \text{LogL}) / N + 2K / N$	Mínimo
Schwartz criterion	$-(2 * \text{LogL}) / N + \ln(N) / N * K$	Mínimo
Hannan-Quinn criter.	$-(2 * \text{LogL}) / N + 2K \ln(\ln(N)) / N$	Mínimo
Avg. Log likelihood	$\text{LogL} / N$	Máximo
Bondad de Ajuste	$\frac{\text{Pronósticos acertados}}{\text{Total casos observados}} * 100$	Máximo

Donde: LogL = Log likelihood  
 LogL0 = Restricted log likelihood  
 R = Chi2 ó Likelihood Ratio (LR statistic ( df))  
 N = Número de observaciones  
 U =  $-2 * \text{LogL0}$   
 K = Número de parámetros estimados  
 exp = Valor de e = 2,71828182845905 (Antilogaritmo neperiano de 1).

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Instrumentos de la fase de la DAP y beneficios del proyecto

Para las dos etapas de esta fase, los instrumentos son el paquete estadístico EVIEW y el programa Microsoft Excel. Un ejemplo de estimación gráfica de la mediana de la DAP, se presenta en la Figura Anexo N° A-5.1 del Anexo N° 5. Un programa con el paquete EVIEW, para calcular la DAP se muestra en el numeral 4.a. del Anexo N° 5.

#### 4.3.5 Instrumentos de la fase de evaluación beneficio costo de proyectos de PTAR

El instrumento corresponde al programa Microsoft Excel.

## **CAPÍTULO V**

### **APLICACIÓN DE METODOLOGIA AL PROYECTO PTAR CUSCO**

#### **5.1 Resumen del proyecto**

##### **5.1.1 Ubicación y población**

El área de influencia del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cusco, comprende el ámbito de prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado de la Entidad Prestadora de Servicios del Cusco S.A. (EPS SEDACUSCO S.A.) en la ciudad de Cusco, la cual se localiza en la provincia y departamento de Cusco. La población urbana de dicha ciudad alcanzó a 350 942 habitantes en el año 2007. En dicho año, el promedio de los ingresos familiares mensuales fue de S/. 1 024.

##### **5.1.2 Servicio actual de saneamiento básico**

###### **a. Sistema de agua potable**

El sistema de abastecimiento de agua potable, consta de 4 sub-sistemas de abastecimiento (sistema Piurai, sistema Vilcanota, sistema Salkantay y sistema Jaquita), dos plantas de tratamiento, 40 reservorios y 360 Km. de redes de distribución. La cobertura del servicio de agua potable en la zona del proyecto en el año 2007 fue de 80% y se proyecta que en el año 2015 alcanzará a 95%.

La continuidad del servicio es de de 21 horas/día.

###### **b. Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales**

La cobertura de alcantarillado en el año 2007 fue de 75% y se proyecta que en el año 2015 alcanzará a 90%.

Las aguas residuales de la ciudad son conducidas a la planta de tratamiento de San Jerónimo mediante el Interceptor General y el Interceptor Huatanay. Este último

permite la recolección primaria de aguas residuales que hasta hace unos años se vertían directamente al río Huatanay.

SEDACUSCO opera la planta de tratamiento de aguas residuales de San Jerónimo (PTAR San Jerónimo) construida en el año 1983, localizada en el distrito de San Jerónimo sector Huaccoto, localizada a 10 Km. del centro de la ciudad del Cusco, y que ocupa un área total de 7,2 Ha.

La PTAR existente cuenta con las siguientes unidades: cámara de rejas (01) gruesas, desarenador gravitacional (01), sedimentador primario (01), filtros percoladores (01) y sedimentador secundario (01).

La oferta de tratamiento de la PTAR existente, establecida con base a la capacidad de tratamiento del filtro percolador, es de 65 lps.

### **5.1.3 Problemática de la PTAR existente**

Los problemas de la PTAR son los siguientes:

- Tiene capacidad para tratar sólo el 13 % del volumen de aguas residuales generadas en la ciudad.
- Bajas remociones de DBO<sub>5</sub> y SS <sup>38/</sup> de 59% y 40% respectivamente, con lo cual se obtiene efluentes de muy baja calidad, inaceptables en una planta de tratamiento secundario.
- El agua residual insuficientemente tratada se vierte directamente al río Huatanay, lo cual constituye un importante problema ambiental en la ciudad del Cusco, al generar impactos negativos, entre ellos el deterioro de la calidad del agua del río Huatanay, que aguas abajo se utiliza en el riego de hortalizas y otros cultivos cuyo consumo puede potenciar la transmisión de enfermedades.
- Unidades de la planta en estado de colapso por falta de mantenimiento y deterioro de estructuras.

### **5.1.4 Objetivo**

El objetivo del proyecto, de acuerdo a SEDACUSCO S.A., es el adecuado servicio de tratamiento de aguas residuales por parte de dicha empresa, a través de la eficiente remoción de la DBO, coliformes fecales y sólidos sedimentables.

---

<sup>38/</sup> DBO (demanda bioquímica de oxígeno) SS (sólidos sedimentables).



### 5.1.5 Balance oferta-demanda de tratamiento de aguas servidas

El balance de la oferta y la demanda de tratamiento de aguas residuales se detallan en el Cuadro N° V-1.

Cuadro N° V-1

Balance oferta – demanda de tratamiento de aguas residuales  
en la situación sin proyecto

Año	Demanda	Oferta	Déficit
	Caudal (l/s)		
0	517,50	65	452,50
5	563,54	65	498,54
10	575,98	65	510,98
15	600,92	65	535,92
20	637,86	65	572,86

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO. 2007-2008

### 5.1.6 Alternativas técnicas del Proyecto

El estudio de factibilidad del proyecto analiza y evalúa las alternativas técnicas que se muestran en el Cuadro N° V-2.

Cuadro N° V-2

Proceso de tratamiento preliminar, primario y de lodos de las alternativas

N°	Alternativas (tratamiento secundario)	Tratamiento preliminar	Tratamiento primario	Tratamiento de lodos
1	Filtros percoladores	Rejas mecanizadas.	Sedimentación primaria.	Lodo secundario.
2	Lodos activados con aireación extendida	Rejas mecanizadas.	No	Lodo secundario.
3	Lodos activados convencional	Rejas mecanizadas.	No	Lodo secundario.

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007-2008.

### 5.1.7 Costos de inversión, operación y mantenimiento

En el Cuadro N° V-3 se presentan los costos de inversión de las tres alternativas.

En el Cuadro N° V-4 se presentan los costos de operación y mantenimiento incrementales de las tres alternativas.

Cuadro N° V-3

Resumen de las inversiones totales por alternativa  
(Soles)

Alternativa	Precio de mercado (S/.)
Alternativa N° 1: Planta de filtros percoladores	47 559 902
Alternativa N 2: Planta de lodos activados con aireación extendida	34 542 596
Alternativa N 3: Planta de lodos activados convencional	37 649 766

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007-2008.

Cuadro N° V-4

Resumen de costos de operación y mantenimiento a nivel de alternativas  
(Soles/año)

Año	N° 1: Planta de filtros percoladores	N° 2: Planta de lodos activados con aireación extendida	N° 3: Planta de lodos activados convencional
	A precios de mercado	A precios de mercado	A precios de mercado
1	2 614 351	4 632 224	5 674 278
5	2 767 126	4 922 322	6 033 011
10	3 289 447	6 124 397	7 494 322
15	3 403 699	6 370 390	7 798 583
20	3 435 611	6 440 384	7 885 420

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007-2008

Un mayor detalle de la descripción del proyecto puede verse en el Anexo N° 8.

### 5.1.8 Evaluación económica nacional del proyecto bajo la metodología costo eficiencia

#### a. Consideraciones para el cálculo

La evaluación económica nacional bajo la metodología costo eficiencia se ha efectuado comparando el Índice Costo Eficiencia (ICE) de cada alternativa con la “línea de corte” utilizada por el Sistema Nacional de Inversión Pública, para los proyectos de tratamiento de aguas residuales, a precios sombra.

De acuerdo a la metodología usada por el Sector Saneamiento, el ICE corresponde al costo per cápita por poblador que se beneficia con el proyecto de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{ICE} = \frac{\text{VAC de inversión, O y M.}}{\text{Población Beneficiada}}$$

Donde:

- ICE= Índice Costo Eficiencia.
- VAC de inversión, O y M es el valor actual de los costos de inversión, operación y mantenimiento, a precios sombra, considerando la tasa de descuento del 11%.
- La población beneficiada es el promedio de la población de la localidad durante el periodo de evaluación del proyecto.

Como “línea de corte” se utiliza el costo referencial (costo per cápita) del Anexo SNIP 08: Parámetros y Normas Técnicas para Formulación de la Ampliación del Servicio de Alcantarillado, aprobado mediante la Resolución Directoral N° 002-2007-EF/68.01, que alcanza a S/ 230,3 a precios sombra, tal como se muestra en el Cuadro N° V-5.

**Cuadro N° V-5**  
“Línea de Corte” de plantas de tratamiento de aguas residuales

Componente	Valor referencial		
	SNIP 08	SNIP 08	A precio sombra
	US\$/./Hab.	S/./Hab. <sup>1/</sup>	S/./Hab.
Planta de Tratamiento	109	327	230,3

Fuente: Estudio de pre inversión del Proyecto Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO. 2007-2008.

<sup>1/</sup> Considerando S/ 3/US \$, como tipo de cambio

## b. Resultados

Los resultados de la evaluación costo eficiencia se muestran en el Cuadro N° V-6.

**Cuadro N° V-6**  
Evaluación costo-eficiencia de las alternativas: a precios sombra  
(Miles de nuevos soles/hab.)

Alternativa	Evaluación costo eficiencia	Ranking	Diferencia % con la alternativa ganadora
N° 1: Planta de filtros percoladores	118.2	1	
N° 2: Planta de lodos activados con aireación extendida	132	2	12%
N° 3: Planta de lodos activados convencional	154.1	3	30%

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007-2008.

El ICE de cada una de las tres alternativas se encuentra por debajo de la “línea de corte” (S/230,3 por habitante), por lo cual individualmente serían viables en el SNIP.

Se selecciona la alternativa de Planta de Filtros Percoladores, por tener el menor ICE (S/ 118,2 por hab.).

El detalle de los cálculos de la evaluación costo eficiencia de las alternativas, puede verse en los cuadros del Anexo N° 9.

## **5.2 Aplicación de la metodología de evaluación beneficio costo**

El proceso de diseño de la encuesta para el estudio de valoración contingente desarrollado en la presente Tesis, se detalla a continuación:

### **5.2.1 Definición del bien que se desea valorar**

El mercado hipotético simulado corresponde a la descontaminación del río Huatanay atribuible al mejoramiento y ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco (PTAR San Jerónimo). La descontaminación del río permite:

- Mejorar la calidad del agua del río Huatanay y del río Vilcanota, medible a través de indicadores físico químicos (oxígeno disuelto, DBO, coliformes fecales) y así permitir su uso sin riesgos en la salud.
- Mejorar el paisaje e incrementar el valor de la propiedad en el entorno del río Huatanay.
- Mejorar la imagen de la ciudad, con impacto positivo en el turismo.
- Eliminar los malos olores en las inmediaciones del río Huatanay.
- Recuperar la flora y fauna del río Huatanay.
- Contribuir a la prevención de enfermedades y reducción de gastos médicos de la población directamente beneficiada (población de la ciudad del Cusco).

El vehículo de pago propuesto es un cargo adicional en el recibo mensual, que los usuarios conectados al servicio de agua potable y alcantarillado pagan a la Empresa Prestadora de los Servicios de Saneamiento SEDACUSCO S.A. Este cobro adicional sería destinado a cubrir los costos incrementales de infraestructura y operación y mantenimiento de la PTAR.

### **5.2.2 Población relevante**

La población relevante son los habitantes de la ciudad del Cusco, quienes se benefician por la descontaminación del río Huatanay.

### **5.2.3 Simulación del mercado**

#### **a. Descripción del mercado hipotético**

Para el diseño del mercado hipotético, se considera:

- Que la cantidad del bien a valorar en el mercado hipotético, corresponde al mejoramiento y ampliación de la PTAR de aguas residuales de la ciudad del Cusco.

La situación alternativa es no implementar el mejoramiento y ampliación de dicha planta.

- Que el bien se proveerá en 3 años.
- SEDACUSCO S.A. es la entidad responsable de proveer el bien a través de un proyecto de inversión pública.
- El vehículo de pago, es el cargo adicional en el recibo mensual del servicio de agua potable y alcantarillado que las familias pagarán a SEDACUSCO S.A.

En la encuesta se aplicó el formato de subasta (que combina preguntas del formato abierto y formato cerrado), para preguntar a las personas entrevistadas sobre cuál sería la cantidad de dinero que las respectivas familias pagarían mensualmente como aporte para la descontaminación del río Huatanay, al evitarse la descarga de aguas residuales sin tratar. Esto sería posible a través de la implementación del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cusco, por SEDACUSCO S.A.

El punto de partida del precio hipotético de la encuesta aplicada, se determinó en 8 soles por mes por familia <sup>39/</sup> a partir de: (1) los resultados preliminares sobre DAP del bloque de preguntas de percepción ambiental incluida en la encuesta socioeconómica realizada en el marco del estudio de preinversión del citado proyecto <sup>40/</sup>. (2) El pago mensual que tendría que realizar cada familia para cubrir los costos totales del proyecto (inversión, operación y mantenimiento) tomando como referencia los resultados preliminares de costos establecidos por el citado estudio en la fecha en que se realizó la encuesta.

Según dicho formato, al entrevistado que expresaba su disposición a pagar, se le planteaba un determinado precio hipotético en soles y preguntaba si estaría dispuesto a pagar:

- i) esa cantidad,
- ii) más de esa cantidad, o
- iii) menos de esa cantidad.

Si la elección era (i), aquí se terminaba esta segunda parte de la encuesta.

---

<sup>39/</sup> Los valores actualizados de la DAP por planta de tratamiento de aguas residuales de los estudios de factibilidad que elaboró el PRONAP el año 1996 en Piura y Paita alcanzan valores similares a S/. 8,30 para Paita y de S/. 7,53 para Catacaos.

<sup>40/</sup> En dicha encuesta se incluyeron preguntas abiertas sobre DAP por el proyecto.

Si escogía (ii) o (iii) se formulaba una segunda pregunta en parecidos términos (ver Cuadro N° V-7).

Cuadro N° V-7  
Pregunta sobre DAP con formato subasta

¿La máxima cantidad de dinero por mes que pagaría para que se pueda realizar el proyecto de descontaminación del río Huatanay sería ... ?						
a.	S/. 8	>>>>				
b.	Más de S/. 8	>>>>	Sería S/. 10	>>		
			Más de S/. 10	>>	¿Cuál sería su disposición de pago considerando que es más de S/. 10 por mes?	S/.
			Menos de S/. 10	>>	¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que es más de S/. 8 pero menos de S/. 10 por mes?	S/.
c.	Menos de S/. 8	>>>>	Sería S/. 6	>>		
			Más de S/. 6	>>	¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que por mes es más de S/. 6 pero menos de S/. 8?	S/.
			Menos de S/. 6	>>	¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que es menos de S/.6 por mes?	S/.

Fuente: Elaboración propia

### b. Redacción del cuestionario

Para redactar el cuestionario, se consideró la descripción del escenario de simulación del mercado del bien detallado en el numeral V.5.2.3.a., así como el formato de presentación de la pregunta sobre DAP, que se muestra en el Cuadro N° V-7.

La encuesta aplicada, comprendió dieciocho preguntas básicas, algunas de las cuales están diseñadas para registrar más de un dato. Las principales variables registradas en las encuestas realizadas a las familias, fueron las siguientes:

- i. Disposición de pago hipotético asignado por el entrevistado.
- ii. Ingreso familiar.
- iii. Educación del entrevistado.
- iv. Mayor nivel educativo en hogar.
- v. Conexión a red pública del servicio higiénico.

vi. Tipo de piso de la vivienda.<sup>41/</sup>

La parte final del cuestionario incluye información proporcionada por la persona que realiza la encuesta, tales como, apreciaciones sobre el nivel económico de la familia entrevistada y observaciones complementarias <sup>42/</sup>.

### c. Selección de la modalidad de la entrevista

La encuesta fue realizada mediante la modalidad de entrevista personal. Esta tiene la ventaja de resolver dudas del entrevistado sobre el cuestionario, mantener el orden de las preguntas y utilizar material gráfico para ayudar al entrevistado a comprender el bien que se le ofrece y la simulación que se pretende del mercado, garantizando así la calidad de la aplicación de la encuesta.

#### 5.2.4 Estimación del tamaño de la muestra

Se seleccionó una muestra representativa, con base a métodos estadísticos, tomando en consideración además el presupuesto asignado para esta actividad.

En tanto la orientación del pago hipotético se dirige a los hogares, ellos constituyen la unidad a encuestar para fines de aplicación del método de valoración contingente.

La fórmula utilizada para estimar el tamaño de la muestra fue:

$$n = \left( \frac{z * s}{YE} \right)^2$$

Donde:

n : Tamaño de la Muestra.

Z : Límite de confianza requerido para generalizar los resultados. Para encontrar el valor de “Z”, se hace uso de la tabla de áreas bajo la curva normal tipificada de 0 a Z. Se tomó a un nivel del 95% de confianza= 1,96.

S : Desviación estándar de los ingresos fue estimada en S/. 644,3, según la encuesta socioeconómica del estudio de preinversión del proyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-Cusco”.

Y : Ingreso promedio en la zona de estudio, estimada en S/. 1 202, según dicha encuesta socioeconómica.

E : Nivel de precisión para generalizar los resultados, permite calcular el intervalo en donde se encuentran los verdaderos valores de la población. Para el análisis se consideró un 6%.

---

<sup>41/</sup> Esta variable permite relacionar la condición económica del entrevistado, considerándose que las familias de los estratos de mayores ingresos viven en viviendas con pisos por ejemplo de parquet, loseta o vinílico. El “Marco Macroeconómico Multianual 2009-2011 del Crecimiento Económico al Bienestar Social” elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas, y aprobado en mayo del 2008, señala que las viviendas de los hogares más “acomodados” tienen pisos de losetas y cemento, de parquet y vinílico; en tanto las familias más pobres viven en viviendas con pisos de tierra.

<sup>42/</sup> El formato y fotografías de la encuesta aplicada, pueden verse en el Anexo N° 7.

Reemplazando los datos se obtiene:

$$n = \left( \frac{1,96 * 644,3}{1202 * 0,06} \right)^2 = 307$$

El tamaño de la muestra de 307, se incrementó con un margen del 7% (22 encuestas) en previsión de la posible existencia de encuestas que por datos incompletos o inconsistencias podrían ser excluidas del análisis. Así se fijó así su número en 329.

El número total de encuestas se distribuyó a nivel distrital considerando la proporción que representa la población distrital respecto a la población total de la ciudad del Cusco, tal como se detalla en el Cuadro N° V-8.

Cuadro N° V-8

Distribución de la muestra dentro del ámbito geográfico en análisis

Distrito	Población		Total de familias (2)	Número de encuestas (3)	Con margen 7% adicional (4)
	Número (1)	%			
Cusco	106 530	32%	19 475	98	105
San Jerónimo	21 234	6%	3 882	20	21
San Sebastián	50 748	15%	9 277	47	50
Santiago	90 165	27%	16 483	83	89
Wanchaq	65 574	20%	11 988	60	64
Totales	334 251	100%	61 105	307	329

(1) Población distrital con base a información del INEI.

(2) Se estimó con un promedio de 5,47 personas por familia.

(3) Constituye la parte proporcional en relación al tamaño de la muestra.

(4) Se consideraron encuestas adicionales en previsión de descartarse algunas, por falta de datos o inconsistencias.

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007-2008.

Las rutas de trabajo fueron compatibilizadas con el criterio de asignación de encuestadores por áreas próximas y accesibilidad y se llevó a cabo de manera simultánea en los cinco (5) distritos seleccionados. La encuesta fue distribuida en forma proporcional al tamaño de población de cada distrito, y los hogares fueron elegidos en forma aleatoria.

### 5.2.5 Realización de las entrevistas

La supervisión y monitoreo de las encuestas estuvieron a cargo de dos profesionales capacitados y con experiencia en el desarrollo, organización y control de encuestas, uno de ellos fue el coordinador del proceso.

Se convocó, evaluó, seleccionó a encuestadores <sup>43/</sup> de los últimos ciclos de dos universidades de la ciudad del Cusco. Habiéndose contratado por dos días a 15 encuestadores. Para fines de

<sup>43/</sup> / Estudiantes universitarios.



la encuesta la zona se dividió en dos brigadas, c/u. de las cuales estuvo bajo la supervisión de un profesional.

Antes del desarrollo de las encuestas los profesionales capacitaron a los entrevistadores sobre la forma de presentarse y conducirse ante el entrevistado, el conocimiento de los conceptos involucrados en las preguntas del cuestionario, la finalidad de las mismas, y la consistencia interna de las respuestas. Además se resolvieron dudas de los encuestadores.

El periodo de duración de las entrevistas fue de dos días. Habiéndose llevado a cabo el 22 y el 23 de febrero del 2007.

## 5.2.6 Procesamiento de los datos

### a. Elaboración de la base de datos

Realizadas las entrevistas, el siguiente paso fue el procesamiento de datos y elaboración de los resultados. Para ello, se trasladó la información contenida en los cuestionarios a una base de datos, la cual se estructuró usando el paquete estadístico SPSS <sup>44</sup>/.

Dicha base se organizó en forma de matriz, considerando:

- 316 filas, correspondiendo c/u. de ellas a las observaciones de cada cuestionario o persona entrevistada; y
- 10 columnas correspondiendo c/u. de ellas a las variables (preguntas o derivación de las mismas) contenidas en el cuestionario, que a continuación se señalan:

Variables
SI_NO
PRE_HIP
INGRESOS
ING_PER_CA
PRE_HIP_ING_TOT
LN_PRE_HIP
ED_ENC
ED_MA_HO
SERV_HIG
SI_TI_PI_1

La descripción de las variables se presenta en el Cuadro N° V-9.

<sup>44</sup> / La base de datos parcial elaborada con información de la encuesta, puede verse en el Anexo N° 8.

Cuadro N° V-9

Especificación de las variables utilizadas	
SI_NO	: Variable Dicótoma SI = 1. Si tiene disposición de pago para la descontaminación del río Huatanay al evitarse la descarga de aguas residuales sin tratar a través de la implementación del proyecto planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cusco. NO = 0. No tiene disposición de pago por el proyecto.
PRE_HIP	: La cantidad de dinero que en forma adicional a su pago actual haría el encuestado a SEDACUSCO S.A. (expresado en nuevos soles) para la descontaminación del río Huatanay.
INGRESOS	: Ingresos totales mensuales por familia.
ING_PER_CA	: Ingreso per cápita resultante de dividir los ingresos totales mensuales entre el número de personas que conforman la familia.
PRE_HIP_ING_TOT	: Proporción del ingreso total mensual de la familia, que se destinaría al pago mensual para implementarse el proyecto, obtenido de dividir el precio hipotético mensual entre los ingresos totales mensuales.
LN_PRE_HIP	: Logaritmo neperiano de la disposición de pago.
ED_ENC	: Variable Dicótoma: No = 0, el encuestado no tiene Educación Universitaria. Si = 1, el Encuestado sí tiene Educación Universitaria.
ED_MA_HO	: Variable Dicótoma: No = 0, el mayor nivel educativo de un miembro del hogar no es Educación Universitaria. Si = 1, el mayor nivel educativo de un miembro del hogar es Educación Universitaria.
SERV_HIG	: Variable Dicótoma: No = 0, en el hogar no se tiene servicio higiénico. Si = 1, en el hogar si se tiene servicio higiénico.
SI_TI_PI_1	: Variable Dicótoma: No = 0, el material del piso de la vivienda no es de parquet o madera pulida. Si = 1, el material del piso de la vivienda es de parquet o madera pulida.

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis se efectuaron utilizando modelos econométricos. De acuerdo a las recomendaciones para este tipo de estudios, se utilizó el modelo de regresión LOGIT, que relaciona una variable dependiente dicótoma con variables explicativas que pueden ser cuantitativas o cualitativas.

Principales resultados de la encuesta:

De las 329 encuestas realizadas se descartaron 13 (4% respecto del total), 10 porque los entrevistados no respondieron a la totalidad de preguntas y 3 porque los encuestados se negaron a revelar su disposición de pago. En consecuencia se analizaron un total de 316 encuestas. Ver el Cuadro N° V-10.

Cuadro N° V-10

## Distribución de la muestra y encuestas analizadas

Distrito	Encuestas realizadas	Encuestas analizadas
Cusco	105	95
San Jerónimo	21	19
San Sebastián	50	60
Santiago	89	83
Wanchaq	64	59
Totales	329	316

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta realizada.

De los 316 entrevistados, 79 (25%) manifestaron su disposición de no pago y 237 (75%) su disposición de pago. Ver el Cuadro N° V-11.

Cuadro N° V-11

## Disposición a pagar dicotómica

Disposición de pagar	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No = 0	79	25%	25%	25,0
Si = 1	237	75%	75%	100,0
Total	316	100%	100%	

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta realizada.

De los 79 entrevistados que establecieron su disposición de no pago, 76 especificaron sus razones, y de estos 43 (57%) fijaron limitaciones de ingreso. Ver Cuadro N° V-12.

Cuadro N° V-12

## Razones de no aceptar pago

Razón de no pago	Frecuencia	Porcentaje
Limitaciones de ingreso	43	57%
Considera no será beneficiario	06	8%
Costo del servicio	05	7%
Otros deben asumir el pago	05	7%
No cuenta con el servicio	04	5%
Desacuerdo con el Proyecto	02	3%
Es papel de la Empresa	02	3%
Disconformidad con Empresa	02	3%
Otra razón	07	9%
Total	76	100%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta realizada

De los 237 entrevistados que establecieron su disposición de pago, 228 especificaron sus razones, de este ultimo, el 38% lo relacionó con la disminución de riesgos en la

salud, un 23% con la eliminación de malos olores, un 23% con el evitar la contaminación, un 15% con el mejoramiento estético del río y un 5% especificaron otras razones entre las que estaban el beneficio social y sus efectos sobre el hábitat. Tal como se muestra en el Cuadro N° V-13.

Cuadro N° V-13  
Razones de aceptación de pago

Razón de pago	Frecuencia	Porcentaje
Disminución riesgos salud	87	38%
Eliminación malos olores	52	23%
Evitar Contaminación	43	19%
Mejoramiento estético río	34	15%
Otra razón	12	5%
Total	228	100%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta.

Los dieciséis (16) montos declarados como precios hipotéticos de pago en nuevos soles, tienen un rango entre S/. 1 a S/. 13. La mayor frecuencia fue de S/. 8 (21,52% de encuestados), tal como se detalla en el Cuadro N° V-14.

Cuadro N° V-14  
Frecuencia de aceptación o no aceptación a pago

N°	Precio (S/.) hipotético	Aceptación pago		No aceptación pago		Total	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
01	1,00	07	2,95%	01	1,27%	08	2,53%
02	2,00	14	5,91%	01	1,27%	15	4,75%
03	2,50	01	0,42%	01	1,27%	02	0,63%
04	3,00	25	10,55%	01	1,27%	26	8,23%
05	4,00	17	7,17%	07	8,86%	24	7,59%
06	5,00	50	21,10%	01	1,27%	51	16,14%
07	6,00	39	16,46%	17	21,52%	56	17,72%
08	6,50	01	0,42%	01	1,27%	02	0,63%
09	7,00	03	1,27%	01	1,27%	04	1,27%
10	7,50	01	0,42%	01	1,27%	02	0,63%
11	8,00	55	23,21%	13	16,46%	68	21,52%
12	9,00	01	0,42%	16	20,25%	17	5,38%
13	10,00	20	8,44%	05	6,33%	25	7,91%
14	11,00	01	0,42%	08	10,13%	09	2,85%
15	12,00	01	0,42%	01	1,27%	02	0,63%
16	13,00	01	0,42%	04	5,06%	05	1,58%
Totales		237	100,00%	79	100,00%	316	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta realizada.

Del total de personas encuestadas, 79 señalaron que no tenían disposición a pagar por el proyecto, por lo cual bajo el formato utilizado en la encuesta no tenían un precio hipotético asociado a dicha negativa a pagar.

Para establecer los precios a los cuales los encuestados no tendrían disposición de pago, se consideró primero que las frecuencias de dichas respuestas con sus respectivos precios estaban en relación inversa a las frecuencias de voluntad afirmativa de pago. Posteriormente los precios asociados a cada frecuencia, se asignaron de manera aleatoria a los encuestados sin disposición de pago.

## **b. Análisis de variables**

### **i. Especificación de las variables utilizadas**

Las variables consideradas para estimar los modelos con la función logit, se detallan en el Cuadro N° V-9.

Donde la variable dicotómica SI\_NO es la variable dependiente de los modelos, y toma los valores 0 ó 1, de acuerdo con la respuesta dada a la pregunta sobre la DAP.

PRE\_HIP, es la variable explicativa que corresponde al valor monetario de disposición a pagar. El resto de las variables explicativas corresponden a variables socioeconómicas.

Las variables antes mencionadas, son consistentes con aquellas que resultaron estadísticamente significativas en estudios de valoración contingente de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, desarrollados a nivel internacional y del país, conforme lo señalado en el Capítulo III, ítem 3.7 de la presente Tesis.

### **ii. Análisis de correlación entre variables**

El análisis de correlación bivariada calcula el coeficiente de correlación de Pearson, con sus niveles de significación. Las correlaciones miden cómo están relacionadas o asociadas las variables. Miden a su vez si la relación entre las mismas es directa o inversa (aspecto denotado por el signo de la correlación de Pearson).

Constituye una primera aproximación que permite seleccionar las variables que están asociadas, a partir de lo cual se generan los modelos con mayor significancia estadística.

A partir de la información de la Base de Datos resultantes de la encuesta, y procesándola con el Paquete Estadístico SPSS se ha elaborado la Matriz de Correlación entre pares de variables, la cual se presenta en el Cuadro N° V-15.

De acuerdo a dicha Matriz se puede efectuar las siguientes inferencias sobre el grado de asociación de la variable dicotómica SI\_NO (que luego se considerará variable dependiente para fines de elaborar los modelos):

- Significativa al nivel 0,01 (bilateral) con el Precio Hipotético, inversa, coherente con la teoría económica que indica que la aceptación de pago es mayor a menores precios.
- Significativa al nivel 0,01 (bilateral) con los Ingresos Totales, directa, coherente con la teoría económica que indica que la aceptación de pago es mayor a mayores ingresos.
- Significativa al nivel 0,01 (bilateral) con los Ingresos per capita, Precios hipotéticos / Ingresos Totales, Precios hipotéticos / Ingresos per cápita y con la transformación en logaritmos neperianos efectuada tanto a Ingresos como Precios.
- Significación al nivel 0,05 (bilateral), directa con la variable dicótoma 1 = El encuestado tiene Educación Superior y 0 = El encuestado no tiene Educación Superior.
- No es significativa a los niveles 0,01 y 0,05 (bilateral) con:
  - La variable dicótoma 1 = En el hogar el máximo nivel educativo es superior, 0 = En el hogar el máximo nivel educativo no es superior.
  - La variable dicótoma 1 = El hogar sí tiene servicios higiénicos, 0 = El hogar no tiene servicios higiénicos.
  - La variable dicótoma 1 = Los pisos de la vivienda son de Parquet o Madera Pulida, 0 = 1 = Los pisos de la vivienda no son de Parquet o Madera Pulida.
  - A partir de lo anteriormente mencionado, se anticipa que las variables precio e ingreso tienen la mayor significancia estadística para los modelos que se desarrollen, lo cual es teóricamente consistente. Por el contrario, como primera aproximación al modelo logit, se verifica que para niveles de confianza del 95% y 99%, no existe asociación entre la variable dicotómica SI\_NO y las variables mayor nivel educativo del hogar, disponibilidad de servicios higiénicos en el hogar y tipo de piso de la vivienda.

Cuadro N° V-15

## Análisis de correlaciones bivariadas

Salida		Salida 1: Dicotómica Si_No Pago	Salida 2: Precio Hipotético S/.	Salida 3: Ingresos Totales	Salida 4: Ingresos Per Cápita	Salida 5: Precio Hipotético/Ingre sos Totales	Salida 6: Logaritmo Neperiano Precio Hipotético	Salida 7: Inversa Precio Hipotético	Salida 8: Dicotómica : Educ. Encuest. SI = Superior	Salida 9: Dicotómica: Educ. Hogar SI = Superior	Salida 10: Dicotómica: Servicios Higiénicos. SI = Superior	Salida 11: Pisos de vivienda Parquet o Madera Pulida = 1
Salida 1: Dicotómica Si_No Pago	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 316										
Salida 2: Precio Hipotético S/.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-0,319** 0.000 316	1 316									
Salida 3: Ingresos Totales	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	0,271** 0.000 316	0,172** 0.002 316	1 316								
Salida 4: Ingresos Per Cápita	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	0,233** 0.000 316	0.066 0.244 316	0,771** 0.000 316	1 316							
Salida 5: Precio Hipotético/Ingresos Totales	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-0,425** 0.000 316	0,296** 0.000 316	-0,556** 0.000 316	-0,451** 0.000 316	1 316						

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

...Continuación

Análisis de Correlaciones Bivariadas

Salida		Salida 1: Dicotómica Si_No Pago	Salida 2: Precio Hipotético S/.	Salida 3: Ingresos Totales	Salida 4: Ingresos Per Cápita	Salida 5: Precio Hipotético/Ingre sos Totales	Salida 6: Logaritmo Neperiano Precio Hipotético	Salida 7: Inversa Precio Hipotético	Salida 8: Dicotómica : Educ. Encuest. SI = Superior	Salida 9: Dicotómica: Educ. Hogar SI = Superior	Salida 10: Dicotómica: Servicios Higiénicos. SI = Superior	Salida 11: Pisos de vivienda Parquet o Madera Pulida = 1
Salida 6: Logaritmo Neperiano Precio Hipotético	Correlación de Pearson	-0,268**	0,946**	0,172**	0,052	0,302**	1					
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,002	0,361	0,000						
	N	316	316	316	316	316	316					
Salida 7: Inversa Precio Hipotético	Correlación de Pearson	0,183**	-0,757**	-0,152**	-0,015	-0,260**	-0,921**	1				
	Sig. (bilateral)	0,001	0,000	0,007	0,792	0,000	0,000					
	N	316	316	316	316	316	316	316				
Salida 8: Dicotómica: Educ. Encuest. SI = Superior	Correlación de Pearson	0,136*	0,087	0,334**	0,261**	-0,185**	0,095	-0,082	1			
	Sig. (bilateral)	0,015	0,125	0,000	0,000	0,001	0,093	0,148				
	N	316	316	316	316	316	316	316	316			
Salida 9: Dicotómica: Educ. Hogar SI = Superior	Correlación de Pearson	0,043	0,114*	0,311**	0,178**	-0,180**	0,124*	-0,124*	0,454**	1		
	Sig. (bilateral)	0,450	0,043	0,000	0,001	0,001	0,027	0,028	0,000			
	N	316	316	316	316	316	316	316	316	316		
Salida 10: Dicotómica: Servicios Higiénicos. SI = Superior	Correlación de Pearson	0,090	-0,068	0,029	0,032	-0,210**	-0,071	0,063	0,073	0,049	1	
	Sig. (bilateral)	0,111	0,226	0,606	0,574	0,000	0,207	0,268	0,196	0,382		
	N	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	
Salida 11: Pisos de vivienda Parquet o Madera Pulida = 1	Correlación de Pearson	0,084	0,082	0,231**	0,182**	-0,144*	0,076	-0,055	0,244**	0,187**	0,027	1
	Sig. (bilateral)	0,134	0,145	0,000	0,001	0,010	0,178	0,326	0,000	0,001	0,639	
	N	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia



En los siguientes ítems se establecen y prueban estadísticamente relaciones múltiples (de varias variables) mediante modelos logit, lo cual complementa y amplía el análisis bivariado (entre dos variables).

### iii. Análisis factorial de variables

A partir de la información de la base de datos, con el paquete estadístico SPSS se ha efectuado el Análisis Factorial de Variables cuyo objetivo fundamental es encontrar una manera de resumir la información contenida en una serie de variables originales, mediante una serie de dimensiones compuestas (factores).

Para determinar la solución se tomó en cuenta que de acuerdo al Análisis de Correlaciones Bivariadas, las variables significativas al nivel 0,01 (bilateral) con la variable dicotómica SI\_NO, son las siguientes: el Precio Hipotético, Ingresos (Totales) y Educación del Encuestado. Considerando su correlación positiva con el Nivel de Ingresos se incluyó también a la variable Máximo Nivel Educativo de un Miembro del Hogar.

Para decidir el número de factores que conviene analizar, se utiliza el porcentaje de la varianza acumulada de los datos, de tal manera que el porcentaje de varianza de las variables a emplear, deben explicar al menos un porcentaje que consideremos válido. En las ciencias sociales es normal considerar una proporción mayor al 60 %-65% de la varianza acumulada <sup>45/</sup>.

El análisis de la varianza explicada se muestra en el Cuadro N° V-16 de acuerdo al cual los tres primeros componentes explican un 86 % de la varianza acumulada, lo cual se considera un porcentaje válido pues solo se estaría dejando de explicar 13.6 % de la varianza total.

Cuadro N° V-16

Varianza total explicada

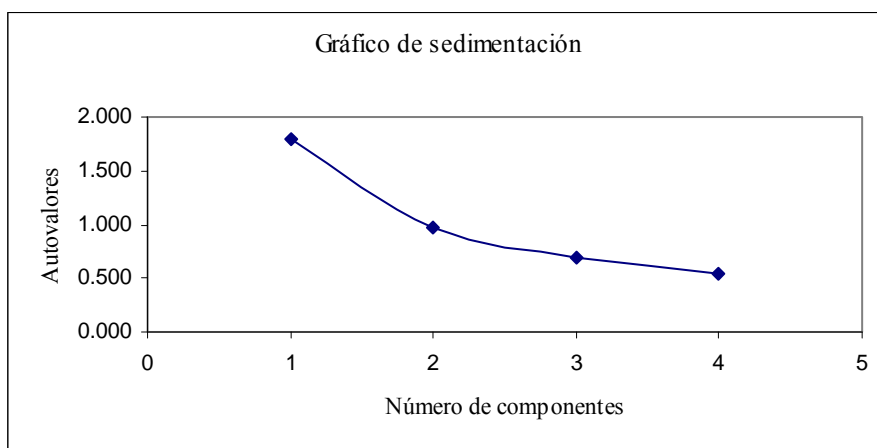
Componente	Autovalores iniciales		
	Total	%de la varianza	% acumulado
1	1,792	44,809	44,809
2	0,964	24,092	68,9
3	0,701	17,515	86,416
4	0,543	13,584	100,000

Fuente: Elaboración propia

<sup>45/</sup> Fuente: Análisis Multivariante para Sociólogos mediante SPSS. [www.ugr.es/~ramongs/sociologia/tema10\\_factorial.pdf](http://www.ugr.es/~ramongs/sociologia/tema10_factorial.pdf).

El Gráfico de Sedimentación que se muestra en la Figura N° V-1 relaciona los autovalores con el número de componentes. Siguiendo la regla, que señala que se añada componentes a analizar hasta que la pendiente de la recta tienda a ser paralela al Eje del Número de Componentes, se concluye que tres componentes son suficientes para el correspondiente análisis de variables.

Figura N° V-1



Fuente: Elaboración propia.

El paso siguiente fue elaborar la Matriz de Componentes Rotados. Para este proceso se utilizó el método de rotación varimax del SPSS. Los resultados se presentan en el Cuadro N° V-17.

Cuadro N° V-17

Matriz de componentes rotados

Rubro	Componente		
	1	2	3
Salida 2: Precio hipotético S/.	0,054	0,080	0,994
Salida 3: Ingresos totales	0,207	0,972	0,087
Salida 8: Dicotómica: Educación encuestado SI = Superior	0,816	0,211	-0,002
Salida 9: Dicotómica: Educación hogar SI = Superior	0,859	0,091	0,086

Fuente: Elaboración propia.

En dicha Matriz las variables con cargas más altas en un componente indican una estrecha correlación entre las variables y el respectivo componente que las incluye. En consecuencia se seleccionan las variables con valores más altos de cargas factoriales.

De acuerdo a los resultados se confirma que los factores (variables) relevantes para el análisis son básicamente los siguientes:

- De acuerdo al componente 1: Máximo Nivel Educativo de un Miembro del Hogar
- De acuerdo al componente 2: Ingresos Totales
- De acuerdo al componente 3: Precio Hipotético

### **c. Estimación y evaluación de los modelos**

El procesamiento de la información recogida en las encuestas se efectuó con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences).

Posteriormente, se amplió el análisis inicial efectuado con el SPSS, utilizando los Programas Eviews (Econometrics Views) y el LIMDEP (Limited Dependent variables), lo cual permitió la estimación de los modelos econométricos que explican la DAP a partir de la información recogida en las encuestas. Para el cálculo de la media y la mediana de la disposición a pagar se usó el Programa Excel.

A partir de las variables citadas en el Cuadro N° V-18, los datos recogidos en la Encuesta, y haciendo uso de los programas estadísticos antes señalados, se estimaron 9 modelos para explicar la disposición a pagar, a partir de distintas combinaciones lógicas de las variables explicativas <sup>46/</sup>.

Para el planteamiento de los modelos se tuvo en cuenta además los resultados del análisis de Correlación entre Variables y el Análisis Factorial de Variables, presentados en el presente ítem.

Un resumen de los modelos, sus variables, coeficientes, la probabilidad asociada al t-Student calculado de cada variable, se muestran en el Cuadro N° V-18.

Los reportes de los modelos estimados en el paquete econométrico EVIEWS, pueden verse en el Anexo N° 10.

---

<sup>46/</sup> Los resultados de los modelos obtenidos, corresponden a  $\Delta V = Z = \alpha + \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 + \dots + \eta$ , conforme lo señalado en el Capítulo III numeral 3.6.3.b de la presente Tesis.

Cuadro N° V-18

## Resumen de los modelos estimados

Variable Dependiente (*): Si No			
Modelo	Variable (s) independiente (s)	Valores de parámetros	Probabilidad t-estadístico
<b>Modelo 1</b>			
Constante		3.171772303	0.000
	PRE_HIP	-0.304494893	0.000
<b>Modelo 2</b>			
Constante		4.174004193	0.000
	LN_PRE_HIP	-1.675244336	0.000
<b>Modelo 3</b>			
Constante		2.286150156	0.000
	PRE_HIP	-0.404721001	0.000
	INGRESOS	0.001735693	0.000
<b>Modelo 4</b>			
Constante		2.409970539	0.000
	PRE_HIP	-0.360638435	0.000
	ING PER CA	0.005554926	0.000
<b>Modelo 5</b>			
Constante		2.359152641	0.000
	PRE_HIP_ING_TOT	-120.560023300	0.000
<b>Modelo 6</b>			
Constante		3.153873484	0.000
	PRE_HIP	-0.318006374	0.000
	SI_TI_PI_1	0.917809146	0.046
<b>Modelo 7</b>			
Constante		2.277896893	0.000
	PRE_HIP	-0.411686472	0.000
	INGRESOS	0.001641951	0.000
	ED_ENC	0.430316658	0.206
<b>Modelo 8</b>			
Constante		2.327621006	0.000
	PRE_HIP	-0.403016704	0.000
	INGRESOS	0.001765708	0.000
	ED_MA_HO	-0.122311788	0.704
<b>Modelo 9</b>			
Constante		1.634229662	0.049
	PRE_HIP	-0.402830173	0.000
	INGRESOS	0.001721866	0.000
	SERV_HIG	0.680107128	0.339

(\*)Corresponde a la variable dicótoma No = 0 y Si = 1, de acuerdo a que si “no acepta pagar” o “acepta pagar”.

Fuente: Elaboración propia.

## **i. Análisis de las variables de los modelos logit**

### **• Coherencia teórica**

En todos los modelos estimados, el signo de los coeficientes asociados a la variable Precio Hipotético, es negativo. Los coeficientes asociados a la variable ingresos por familia son positivos. Estos resultados son concordantes con la teoría económica.

En el Modelo 6, el signo del coeficiente de la variable material del piso de la vivienda (SI\_TI\_PI\_1) es positivo, lo cual es consistente por considerarse que existe una correlación positiva entre dicha variable, el nivel de ingresos de las familias y su disposición a pagar.

En el Modelo 7, el signo del coeficiente de la variable nivel educativo universitario del encuestado (ED\_ENC) es positivo, lo cual es consistente por considerarse que existe una correlación positiva entre dicha variable y su disposición a pagar.

En el Modelo 9, el coeficiente de la variable disponibilidad de servicio higiénico en el hogar (SERV\_HIG) es positivo, lo cual es consistente por considerarse que existe una correlación positiva entre dicha variable, el nivel de ingresos de las familias y su disposición a pagar.

En el Modelo 8, el coeficiente de la variable mayor nivel educativo de un miembro del Hogar (ED\_MA\_HO) es negativo. Cabe indicar que tal como se señala en el Capítulo III numeral 3.7, de la presente Tesis, la significancia estadística de dicha variable no ha sido uniforme en modelos de valoración contingente de proyectos de saneamiento, habiendo sido descartado en varios casos.

### **• Significancia estadística de los coeficientes de las variables (Prueba t)**

Evalrados los modelos a través de la probabilidad del t-Estadístico <sup>47/</sup>, se deduce lo siguiente:

---

<sup>47/</sup> El t-estadístico permite contrastar la hipótesis nula de que el verdadero parámetro es igual cero, evaluando cada coeficiente de manera independiente. La hipótesis nula es  $H_0 : \beta_i = 0$  (el coeficiente no es estadísticamente significativo, al nivel de confianza del 95%).

Se debe evaluar si la probabilidad asociada es menor a 0,05, y si es así, cabe afirmar que no existe suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula y por tanto se acepta la hipótesis alternante, de que el coeficiente asociado a la respectiva variable es estadísticamente significativo.

- Modelo 7: El coeficiente asociado a la variable ED-ENC (Educación Universitaria del Encuestado) no es estadísticamente significativo, al exigirse un nivel de significancia del 0,05.
- Modelo 8: El coeficiente asociado a la variable ED\_MA\_HO (nivel educativo universitario de un miembro del Hogar) igualmente no es estadísticamente significativo, con un nivel de significancia de 0,05. Además el signo (negativo) del coeficiente de esta variable, no es consistente, considerando que a mayor nivel educativo debía esperarse una mayor disposición de pago.
- Modelo 9: El coeficiente asociado a la variable SERV\_HIG (disponibilidad de servicios higiénicos en la vivienda) no es estadísticamente significativo, al exigirse un nivel de significancia de 0,05.
- De acuerdo a la significancia de los parámetros, se descartan los modelos identificados como 7, 8 y 9.

• **Análisis comparativo de los modelos logit**

Seis de los modelos econométricos estimados, pasan las pruebas de coherencia teórica y de significancia estadística de sus parámetros. Para la evaluación de la bondad entre modelos logit, se han aplicado los criterios econométricos y reglas de decisión, detallados en el Cuadro N° IV-3 del numeral N° 4.3.3.c.ii de la presente Tesis.

De acuerdo con la evaluación realizada con los criterios econométricos y regla de decisión antes señaladas, el mejor Modelo es el N° 3.

Modelo 3:  $Z = 2,286150 - 0,404721 \text{ PRE\_HIP} + 0,001736 \text{ INGRESOS}$

Ji Cuadrado	76,1045
Bondad de Ajuste	82%
Akaike	0,9028
McFadden	0,2141

Bajo los citados criterios de evaluación y regla de decisión, los modelos en segundo y tercer orden de prelación son el Modelo N° 4 y Modelo N° 5.

Modelo 4:  $Z = 2,409967 - 0,360638 \text{ PRE\_HIP} + 0,00555 \text{ ING\_PER\_CA}$

Modelo 5:  $Z = 2,359827 - 120,6032 \text{ PRE\_HIP\_ING\_TOT}$

Los criterios econométricos de evaluación y selección del mejor modelo Logit, se detallan en el Cuadro N° V-19.

Cuadro N° V-19

## Criterios econométricos de evaluación y selección del mejor modelo Logit

Criterios para medir la Bondad	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Ji Cuadrado	33,30411	27,77786	76,10453	62,84586	57,84433	37,84521
Bondad de ajuste	0,7816	0,7595	0,8196	0,8133	0,8006	0,7532
Log likelihood	-161,0459	-163,8090	-139,6456	-146,2750	-148,7757	-158,7753
Pseudos R <sup>2</sup>						
- Akaike	1,031936	1,049424	0,902821	0,947780	0,954277	1,023894
- McFadden	0,093710	0,078160	0,214140	0,176833	0,162760	0,106487
<b>Selección del modelo</b>						
Mayor Ji cuadrado			76,10453			
Mayor bondad de ajuste			0,82			
Menor valor del indicador Akaike			0,902821			
Mayor valor del indicador McFadden			0,214140			
Decisión: se selecciona			<b>Modelo 3</b>			

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.7 Estimación de la disposición a pagar y beneficios del proyecto

### a. Estimación de la DAP

Sobre la base del modelo seleccionado (Modelo 3), se calcula la Media de la DAP y Mediana de la DAP.

$$\text{Modelo 3: } Z = \alpha + \beta_1 \text{ PRE\_HIP} + \beta_2 \text{ INGRESOS}$$

La media de la DAP se calcula a partir de la esperanza matemática de las disposiciones de pago calculadas por el modelo.

La estimación de la media de la disposición a pagar a partir del modelo 3, se efectuó considerando la siguiente relación:

$$\text{Media de la DAP} = \frac{\alpha + \beta_2 * \text{Media de Ingresos Totales}}{-\beta_1}$$

La mediana de la DAP se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Mediana de la DAP} = \frac{\alpha + \beta_2 * \text{Mediana de Ingresos Totales}}{-\beta_1}$$

Donde:

$\alpha$  = Constante del modelo,  $\beta_2$  = Parámetro asociado a la variable ingresos totales.

$\beta_1$  = Parámetro asociado a la variable precio hipotético

En este caso, se requirió estimar la media y mediana de los ingresos familiares mensuales de los 316 entrevistados, a partir de la información de la encuesta <sup>48/</sup>.

La media y mediana de las variables explicativas utilizadas para los modelos, obtenidos a partir de las 316 encuestas, pueden verse en el Anexo N° 11.

Las estimaciones de la media de la DAP y de la mediana de la DAP del Modelo 3, calculados en forma resumida se presentan en el Cuadro N° V-20.

Con similar procedimiento se calculó la media y la mediana de la DAP del resto de los Modelos, cuyos resultado se detallan en el Cuadro N° V-21. La disposición a pagar según los modelos econométricos seleccionados, pueden verse en el Anexo N° 12.

---

<sup>48/</sup> La media de las variables explicativas, entre ellas el ingreso, se obtiene de los reportes de los modelos obtenidos con el Programa LIMDEP.



Cuadro N° V-20  
Estimación de la media y mediana de la DAP:  
Modelo 3

Rubro	Variables independientes	Valores de parámetros	Mediana de los ingresos (S./mes)	Media de los ingresos (S./mes)
Constante		$\alpha = 2,286150$		
	PRE_HIP	$\beta_1 = -0,404721$		
	INGRESOS	$\beta_2 = 0,001736$	900	1024
Media de la DAP (S./mes/familia)		10,04		
Mediana de la DAP (S./mes/familia)		9,51		

Fuente: Elaboración propia con base a las funciones del Cuadro N° V-18.

Cuadro N° V-21  
Disposición a pagar a nivel de modelos

Rubro	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
DAP						
Media (soles/mes/familia)	10.42	12.08	10.04	10.37	20.03	10.32
Mediana (soles/mes/familia)	10.42	12.08	9.51	9.57	17.61	9.92
Índice de la media	103.76	120.33	100.00	103.27	199.52	102.79
Índice de la mediana	109.55	127.05	100.00	100.65	185.22	104.30

Fuente: Elaboración propia, con base a las funciones de los modelos seleccionados.

## b. Estimación de los beneficios del proyecto

Habiéndose seleccionado el Modelo 3 como el mejor, la mediana de la DAP estimada con dicho modelo (S/. 9,51 por familia mes), será utilizada para cuantificar los beneficios del proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cusco, considerando como beneficiarios a la población de la localidad del Cusco (ver siguiente numeral)

### 5.2.8 Evaluación beneficio costo del proyecto

#### a. Consideraciones para el cálculo

La evaluación económica nacional bajo la metodología Beneficio Costo, se ha efectuado calculando el Valor Actual Neto (VAN) a precios sombra de cada alternativa, utilizada por el Sistema Nacional de Inversión Pública para los proyectos de tratamiento de aguas residuales.

Para la evaluación Beneficio Costo de la alternativa seleccionada, se consideró como horizonte de evaluación 23 años que incluye 3 años para la ejecución de inversión y 20 años de operación. Los beneficios se determinaron a través de la máxima disposición a pagar de los usuarios beneficiados (total de la población), considerando la mediana de la máxima DAP (S/9,51 por familia/mes).

Los costos correspondieron a las inversiones y los costos incrementales de operación y mantenimiento, a precios sombra.

Los beneficios y los costos de operación se consideraron constantes a partir del año 16.

La tasa de descuento considerada es del 11%

Bajo las consideraciones señaladas se determinó el flujo de beneficios y costos y se cálculo del Valor Actual Neto (VAN), a precios sombra.

#### **b. Resultados**

Los resultados de la evaluación económica nacional bajo la metodología Beneficio Costo, se muestran en el Cuadro N° V-22 de acuerdo al cual la mejor alternativa es la Planta de Filtros Percoladores, al tener el mayor Valor Actual Neto.

Cuadro N° V-22

Evaluación beneficio costo de las alternativas  
(Miles de nuevos soles)

Alternativa	VAN a precios sombra	Ranking	Observaciones
N° 1: Planta de filtros percoladores	11 586 696	1	
N° 2: Planta de lodos activados con aireación extendida	3 760 028	2	
N° 3: Planta de lodos activados convencional	-6 184 798	3	Alternativa no rentable

Fuente: Elaboración propia en en base al estudio de preinversión del proyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-Cusco”. SEDACUSCO S.A. 2007-2008

Los cuadros de evaluación beneficio costo con la estimación del VAN de cada alternativa, pueden verse en el Anexo N° 13.

## **5.3 Comparación de los criterios de evaluación aplicados a bienes ambientales**

### **5.3.1 Análisis costo eficiencia**

El análisis de costo-eficiencia (ACE) se basa en el principio que los recursos (escasos) deberían ser asignados de forma tal que permitan obtener el mayor número de resultados o beneficios al menor costo posible, dadas determinadas opciones tecnológicas.

Se considera aplicable cuando la valorización de los beneficios de un proyecto es dificultosa o costosa.

Su principal supuesto es que todas las alternativas a evaluarse presentan iguales beneficios.

#### **a. Ventajas del análisis de costo eficiencia**

Resulta más fácil aplicarlo cuando el objetivo o meta (un estándar en el caso de un bien ambiental) está ya establecido. El ACE compara los costos de las diferentes alternativas, para seleccionar aquella cuyo costo es el menor.

Su análisis sólo requiere información de los costos requeridos para alcanzar determinada meta.

#### **b. Limitaciones del ACE**

- i.** El análisis se restringe a la oferta (soluciones técnicas y sus costos) y sólo considera en forma indirecta los beneficios del proyecto a través del número de beneficiarios, unidades o cobertura de servicio a alcanzar.
- ii.** No siempre las alternativas que se plantean y evalúan bajo el criterio de ACE tienen los mismos beneficios, lo cual restringe la plena aplicabilidad del criterio de mínimo costo para evaluar alternativas y seleccionar la mejor.
- iii.** El ACE evalúa el valor de uso de los bienes ambientales, pero no le es posible tener en cuenta el valor de no uso o existencia.
- iv.** La práctica común en el caso de proyectos de bienes ambientales, es que la normatividad defina un estándar o nivel ambiental de exigencia al que tengan que adecuarse las soluciones técnicas de dichos proyectos. En general los estándares exigidos se establecen por legislación comparada u opinión de expertos, sin considerar necesariamente su racionalidad económica, en términos de la relación entre los costos ambientales evitados, los costos que implica cumplir dichos estándares y los beneficios que obtiene la sociedad.

- v. La aplicación del Análisis Costo Eficiencia hace necesario contar con numerosas líneas de corte para evaluar la amplia gama de soluciones tecnológicas y tamaños de los proyectos. En el país, para el ACE de proyectos del sector saneamiento se considera una única línea de corte, independientemente del tamaño de proyectos, lo cual limita su consistencia ante la existencia de economías de escala en función del tamaño de los componentes de los proyectos de agua potable y alcantarillado (ver el siguiente ejemplo 2).

### **Ejemplo 1**

En la ciudad de Arequipa existen dos alternativas de localización del proyecto de una nueva PTAR, que contempla implementar SEDAPAR S.A. <sup>49/</sup>.

La primera localización alternativa son las zonas de Escalerilla y Los Hurtados. Este último cercano al poblado de Uchumayo. En este caso el proyecto tiene un costo de inversión de US \$ 113 millones.

La segunda localización alternativa de la PTAR es la zona de Pampa Estrella (a 12 Kms de Arequipa Metropolitana). En este caso el costo de inversión es de US \$ 136 millones.

Existe oposición de autoridades y sectores de la población para implementar la alternativa más barata (Escalerilla y los Hurtados) debido a que se argumenta afectaría ambientalmente a la población de Uchumayo y distritos vecinos, lo cual implica un “costo” no incorporado en la evaluación de ACE del proyecto. La evaluación económica de alternativas incorporando beneficios derivados del valor de uso y de existencia de bienes ambientales, necesarios en este caso, caen fuera del ámbito del ACE.

### **Ejemplo 2**

Para evaluar los proyectos de tratamiento de aguas residuales por el SNIP <sup>50/</sup>, se viene utilizando como “línea de corte” un solo costo unitario, pese a la existencia de diversas alternativas técnicas de plantas de tratamiento de aguas residuales, con significativas diferencias de costos unitarios entre ellas <sup>51/</sup>. Al respecto, debe indicarse que la existencia de factores de economía de escala, en función del tamaño de la PTAR y tipo

---

<sup>49/</sup> Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa S.A.

<sup>50/</sup> Establecido en US \$109.0 por persona según el Anexo SNIP 08: Parámetros y Normas Técnicas para Formulación de la Ampliación del Servicio de Alcantarillado.

<sup>51/</sup> Según el documento “Diagnóstico Situacional de los Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales”, SUNASS, GTZ, 2008, los costos unitarios de inversión, operación y mantenimiento de los diversos tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales secundarias-excluyendo lagunas facultativas- tienen una relación de 1 a 5.

de tecnología, implica la necesidad de contar con un amplio rango de costos unitarios de dicho componente para que pueda aplicarse adecuadamente el ACE.

A manera de ejemplo, un reciente estudio de costos de inversión de proyectos de agua potable y saneamiento <sup>52/</sup>, ha establecido que los costos totales de las plantas de tratamiento de aguas residuales con lagunas tienen un factor de economía de escala de 0,71. A partir de dicho resultado, se han calculado los índices de variación de costos de dichas plantas ante diversos tamaños. Los resultados se muestran en el Cuadro N° V-23.

Cuadro N° V-23

Índices de variación del costo unitario de plantas de  
tratamiento de aguas residuales según su tamaño

Proporción del tamaño de la planta (a)	Índice del costo total (b)	Índice del costo unitario c)=(b)/(a) *100
1	1,00	100
2	1,64	82
3	2,18	73
4	2,68	67
5	3,14	63
6	3,57	59
7	3,98	57
8	4,38	55
9	4,76	53
10	5,13	51

Factor de economía de escala de plantas de tratamiento de aguas residuales: 0.71

Costo Total de PTAR= (Tamaño)<sup>0,71</sup>

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados mostrados se evidencia que considerando un rango de tamaños de 1 a 10 en las plantas de tratamiento, sus respectivos costos unitarios varían (inversamente) en relación de 2 a 1 (ver Cuadro N° V-23). En este contexto fijar una única línea de corte resulta arbitraria y evidencia una limitación práctica de la evaluación costo eficiencia.

### 5.3.2 Análisis beneficio costo

El análisis beneficio costo (ABC) proporciona un conjunto de herramientas que apoyan la decisión de ejecución de políticas públicas orientadas a maximizar el valor neto económico asociado con el uso de los recursos naturales y ambientales.

<sup>52/</sup> Dirección Nacional de Saneamiento. “Informe final del Estudio de Costos de Inversión de Proyectos de Agua y Saneamiento”. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú. Marzo, 2009.

Según Radoslav Barzev el análisis beneficio costo es actualmente “la principal herramienta para la evaluación económica de programas públicos en la administración de recursos naturales, tales como proyectos para el control de inundaciones, irrigación, fuerza hidroeléctrica, mejoramientos de puertos y proyectos alternativos de suministro de energía. El análisis beneficio costo forma parte integral del proceso de análisis del impacto ambiental diseñado para evaluar los impactos de los desarrollos públicos y privados en los recursos ambientales”<sup>53/</sup>.

#### **a. Ventajas del análisis beneficio costo**

Incorpora la valoración del impacto del proyecto en el bienestar de los beneficiarios.

Permite evaluar técnicamente alternativas de nivel de tratamiento, localización y tamaño, a fin de seleccionar la más ventajosa<sup>54/</sup>.

Brinda mayores elementos de juicio que el ACE para decidir sobre la viabilidad económica de los proyectos al incorporar el punto de vista de los beneficiarios y la potencial contribución de ellos a la sostenibilidad de los mismos.

Metodologías, como la de valoración contingente, tienen la ventaja de incluir en la evaluación de los proyectos tanto el valor de uso como el de no uso del bien ambiental (por ejemplo el cuerpo receptor como el río, lago o el mar), tal como lo señala Juan Carlos Mendieta<sup>55/</sup>.

#### **b. Limitaciones y desventajas del análisis beneficio costo**

El análisis beneficio costo (ABC) de bienes ambientales presenta las siguientes desventajas y limitaciones:

- i.** Existen dificultades metodológicas para cuantificar todos los beneficios de proyectos de inversión asociados a mejoras ambientales. Las respuestas que proporciona el análisis costo beneficio son parciales e imprecisas, cuando existen limitaciones en la disponibilidad de información y los métodos de valoración de beneficios utilizados no son los adecuados.
- ii.** Existen diferencias notables en los resultados obtenidos al medir los beneficios de un proyecto según el método empleado.

---

<sup>53/</sup> Barzev Radoslav Dimitrov, “Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano.” 2002.

<sup>54/</sup> Sobre este aspecto, ver el numeral 3.11 de la presente Tesis.

<sup>55/</sup> Mendieta Juan Carlos. “Valoración Económica de Bienes no Mercadeables: Aspectos Generales. La Economía Ambiental a la Luz de la Política Ambiental en Colombia. Concepto y Aplicaciones”. Horst Wattenbach (Ed.), GTZ , 2001.

- iii.** Los mayores costos en que se incurriría de realizar los estudios de costo beneficio de un proyecto, pueden no justificarse en determinada magnitud de los mismos.
- iv.** Específicamente en cuanto a la metodología de valoración contingente para establecer los beneficios de proyectos de tratamiento de aguas residuales Vaughan, W. J. y Sergio Ardila <sup>56/</sup> señalan lo siguiente: “La captura de los beneficios del tratamiento de aguas residuales ha demostrado ser extremadamente difícil de hacer. Una de las principales razones ha sido tratar de establecer una estrecha relación entre las mejoras reales en la calidad del agua que los proyectos podrían lograr sobre la base de las medidas técnicas (demanda bioquímica de oxígeno-DBO, etc.) y el cambio descrito en términos menos técnicos por los estudios de valoración contingente (VC). En algunos estudios recientes de VC con la intención de medir los beneficios de la mejora de la calidad del agua, resultó que el grado de mejoramiento en las encuestas de VC era mucho mayor que lo que el proyecto podría lograr tal como se le había diseñado”.

### **5.3.3 Comparación de la evaluación económica nacional del proyecto PTAR Cusco**

En el caso de la evaluación económica nacional a precios sombra del proyecto de la PTAR del Cusco, bajo los criterios de ACE y ABC se comenta lo siguiente:

- a.** Ambos criterios confirmaron a la alternativa de filtros percoladores como la mejor solución desde el punto de vista económico.
- b.** Bajo el ACE las tres alternativas evaluadas (filtros percoladores, lodos activados con aireación extendida y lodos activados convencional) resultaron ser aceptables en la medida que sus respectivos Índices Costo Eficiencia estaban por debajo de la línea de corte establecida por el SNIP.
- c.** Bajo el ABC resultaron económicamente rentables dos de las alternativas (filtros percoladores y lodos activados con aireación extendida). El VAN de la tercera alternativa (lodos activados convencional) resultó negativa.
- d.** Los resultados de la DAP del ABC permitieron evaluar la sostenibilidad del proyecto y los requerimientos de subsidio. Este análisis es más limitado si se realiza exclusivamente con base a la evaluación costo eficiencia, en tanto se aplica solamente el análisis de capacidad de pago de la población.

---

<sup>56/</sup> Vaughan William J., Ardila Sergio. “Análisis Económico de los Aspectos Ambientales de Proyectos de inversión. Inter-American Development Bank . Sectores Productivos y Sub Departamento Ambiental División de Protección Ambiental”. Diciembre, 1993.

### 5.3.4 Comentarios finales

Tanto los resultados de ACE o ABC dependen fundamentalmente de la fiabilidad de la información técnica de las alternativas y de los estudios de costos correspondientes que preceden a la evaluación económica. En primer lugar, los efectos potenciales de la intervención (una política, regulación, o un proyecto de inversión concreto) deben estar debidamente identificados y cuantificados en términos físicos y técnicos.

El ABC no excluye al ACE. El Análisis Costo Beneficio incorpora o tiene como punto de partida el ACE, en lo referente al análisis de mínimo costo, de manera que la mayoría de los analistas imparciales la consideran como un soporte para la toma de decisiones, pero no indican que se debería dejar de lado el ACE.

La complementariedad de la evaluación costo eficiencia y costo beneficio se muestra gráficamente en la Figura N° V-2. En el ejemplo el análisis costo eficiencia establece las alternativas técnicamente viables, sus respectivos costos y selecciona aquella de mejor costo. El análisis costo beneficio complementa el análisis y a partir de sus resultados (medición de la disponibilidad a pagar-DAP) permite:

- a. Confirmar la selección de la alternativa seleccionada en el análisis de mínimo costo (por ejemplo la laguna aireada).
- b. La posibilidad de seleccionar una alternativa no necesariamente de menor costo, en tanto sus beneficios lo justifiquen (en el caso por ejemplo de que los mayores beneficios de la alternativa de planta de filtros percoladores justifique incurrir en mayores costos respecto a las lagunas aireadas), utilizando para este fin el criterio del valor actual neto (VAN).
- c. Descartar alternativas (caso de lodos activados convencional), cuyo VAN es negativo.

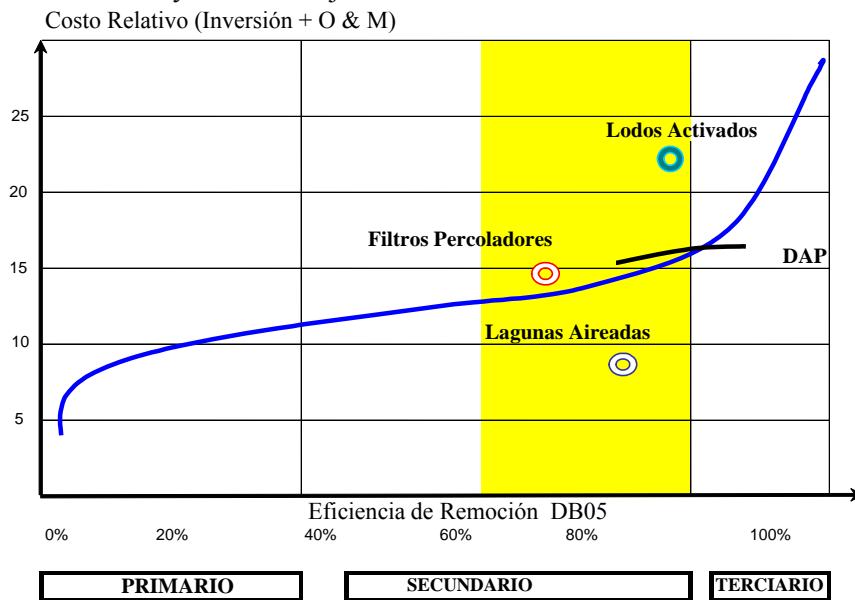
Teniendo en cuenta lo señalado, el análisis costo beneficio tiene ventajas respecto al análisis costo eficiencia, sin embargo resulta necesario que sus procedimientos metodológicos y resultados sean confiables a fin que pueden ser de utilidad para orientar la toma de decisiones.

Es probable que no se justifique el costo requerido para identificar y cuantificar los beneficios para aplicar el ABC, en el caso de proyectos con pequeños efectos ambientales o bajos costos de mitigación, tal como lo señalan Vaughan, W. J. y Sergio Ardila.



Figura N° V-2

Alternativas de PTAR identificadas bajo el criterio de mínimo costo y acotadas bajo el criterio beneficio costo



Fuente: Elaboración propia con base a información del Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú, elaborado por SUNASS-GTZ. 2008.

Las principales enseñanzas de la experiencia práctica con las aplicaciones del análisis costo-beneficio en proyectos de mejora de calidad ambiental sugieren que es aconsejable:

- Obtener la información técnica y entenderla. Identificar el problema técnico que requiere ser resuelto y los medios alternativos disponibles para resolverlo.
- Dedicarle tiempo a desarrollar encuestas fiables y estadísticamente representativas, consultando con expertos en investigación de encuestas.
- Ensayar previamente encuestas piloto. En el caso del método de valoración contingente, debe darse especial énfasis en establecer el rango de precios hipotéticos y su distribución en las encuestas a realizar. Asimismo, debe efectuarse la verificación ex post para establecer si el tamaño de la encuesta fue el adecuado respecto al nivel de confianza estadística y de error previstos en la situación ex ante, lo cual podría hacer necesario realizar encuestas complementarias <sup>57/</sup>.
- Explorar las implicancias de las especificaciones de modelos econométricos alternativos para establecer la DAP por el proyecto, los cuales deben ser evaluados respecto a su consistencia y fiabilidad.

<sup>57/</sup> Un análisis de verificación ex post sobre el tamaño de la muestra, para el caso del proyecto de PTAR Cusco, se muestra en el Anexo 14 de la presente Tesis.

## CAPÍTULO VI

### DISPOSICIÓN A PAGAR Y VIABILIDAD EMPRESARIAL

La evaluación empresarial del proyecto, a precios de mercado, se realiza desde los puntos de vista económico y financiero.

#### 6.1. Evaluación empresarial económica

Este enfoque evalúa los costos e ingresos del proyecto, considerando la inversión total, sin incluir el impacto de los esquemas de financiamiento.

Los flujos de costos e ingresos para esta evaluación han tomado en cuenta lo siguiente:

- a. Los ingresos anuales se establecen multiplicando la DAP por familia por el número de conexiones proyectadas del servicio alcantarillado en la ciudad del Cusco.
- b. Los costos de inversión, operación y mantenimiento incrementales a precios de mercado, corresponden a la alternativa seleccionada (Filtros Percoladores, contenida en el estudio de factibilidad del proyecto PTAR del Cusco).

Descontando sus respectivos flujos netos proyectados con la tasa de descuento del 9% <sup>58/</sup> resulta un Valor Actual Neto Económico de S/. -10 608 786, lo cual indica que el proyecto no es rentable y que requeriría de subsidios para poder ser implementado (ver Cuadro N° VI-1).

El VAC Costo Total, VAC Inversión, VAC O&M y VA de conexiones, a la tasa de descuento del 9%, de dicha alternativa se presenta en forma resumida en el Cuadro N° VI-2.

Donde:

- VAC Costo Total : Valor actual del flujo proyectado de costos totales.  
VAC Costo Inversión : Valor actual del flujo proyectado de inversiones.  
VAC O&M : Valor actual del flujo proyectado de Costos de operación y mantenimiento.  
VA Conexiones : Valor actual del flujo proyectado de conexiones domiciliarias de alcantarillado.

---

<sup>58/</sup> Aplicada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), para establecer tarifas de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento del país.

### Cuadro N° VI-1

Flujo de evaluación económica empresarial  
 alternativa seleccionada : planta de filtros percoladores  
 (En nuevos soles)

Año	Población beneficiada	Cobertura	Población servida	Nº de conexiones	DAP por conexión (S./mes/conex)	Total ingresos por año	Inversiones	Costos de operación y mantenimiento	Total costos	Flujo Neto Económico
-2	0	0	0	0	0	0	2.600.458	0	2.600.458	-2.600.458
-1	0	0	0	0	0	0	29.841.294	0	29841294	-29.841.294
0	0	0	0	0	0	0	15.118.150	0	15118150	-15.118.150
1	351.800	79%	277.922	50.808	9,51	5.798.256	0	2.614.351	2614351	3.183.905
2	356.198	82%	292.082	53.397	9,51	6.093.682	0	2.661.261	2661261	3.432.421
3	360.650	84%	302.946	55.383	9,51	6.320.329	0	2.708.198	2708198	3.612.131
4	365.158	87%	317.687	58.078	9,51	6.627.878	0	2.755.587	2755587	3.872.291
5	369.723	90%	332.751	60.832	9,51	6.942.141	0	2.767.126	2767126	4.175.015
6	374.344	91%	340.653	62.277	9,51	7.107.006	0	3.021.124	3021124	4.085.882
7	379.024	92%	348.702	63.748	9,51	7.274.933	0	3.033.101	3033101	4.241.832
8	383.761	94%	360.735	65.948	9,51	7.525.981	0	3.261.589	3261589	4.264.392
9	388.558	95%	369.130	67.483	9,51	7.701.120	0	3.275.286	3275286	4.425.834
10	393.415	96%	377.678	69.045	9,51	7.879.462	0	3.289.447	3289447	4.590.015
11	398.136	96%	382.211	69.874	9,51	7.974.016	0	3.301.425	3301425	4.672.591
12	402.914	96%	386.797	70.713	9,51	8.069.712	0	3.308.488	3308488	4.761.224
13	407.749	96%	391.439	71.561	9,51	8.166.549	0	3.358.441	3358441	4.808.108
14	412.642	96%	396.136	72.42	9,51	8.264.548	0	3.372.165	3372165	4.892.383
15	417.594	96%	400.890	73.289	9,51	8.363.728	0	3.403.699	3403699	4.960.029
16	422.605	96%	405.701	74.168	9,51	8.464.091	0	3.435.611	3435611	5.028.480
17	422.605	96%	405.701	74.168	9,51	8.464.091	0	3.469.181	3469181	4.994.910
18	422.605	96%	405.701	74.168	9,51	8.464.091	0	3.503.155	3503155	4.960.936
19	422.605	96%	405.701	74.168	9,51	8.464.091	0	3.537.537	3537537	4.926.554
20	422.605	96%	405.701	74.168	9,51	8.464.091	0	3.572.331	3572331	4.891.760
<b>Valor Actual</b>				485.562	-	55.412.366	42.702.436	23.318.716	66.021.153	<b>-10.608.786</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Cuadro N° VI-2

Valor actual de costos de la alternativa seleccionada (filtros percoladores)

Rubro	Monto en soles
Valor Actual del Costo Total (*) (VAC Total)	66.021.153
Valor Actual del Costo de Inversión (VAC Inversión)	42.702.436
Valor Actual de los Costo de O & M (VAC O&M)	23.318.716

Rubro	Número conexiones
Valor Actual de Conexiones (VA Conexiones)	485.562

(\*) Incluye los costos de inversión y O&M.

Fuente: Elaboración Propia

Con base a los resultados del Cuadro N° VI-2, se ha estimado el pago mensual por conexión (o familia), requerido para cubrir los costos totales del proyecto, la inversión así como los costos de operación y mantenimiento (O&M). Los resultados se muestran en el Cuadro N° VI-3. El pago mensual por familia para cubrir en forma integral los costos del proyecto (inversión, O&M) alcanza a S/.11,33/mes/conexión. Dicho pago resulta mayor a la DAP (9,51 /mes/conexión) y requiere de un subsidio de S/.1,82/mes/conexión para financiar la implementación del proyecto. En el año 10 del horizonte de planeamiento, considerando las 69 945 conexiones proyectadas en dicho año el subsidio ascendería a S/. 1 508 536 (ver Cuadro N° VI-3).

Cuadro N° VI-3

Costo mensual, DAP y subsidio requerido por conexión

Rubro	Fórmula	Soles/mes/conexión			Soles/año
		Costo/conexión/mes (A)	DAP /conexión/ mes (B)	Subsidio requerido (C)=(B)-(A)	Subsidio Requerido en el año 10 D= (C)* 69 045
Costo Total	$\frac{VAC \text{ Total}}{12} \div VA \text{ CONEXIONES}$	11,33	9,51	-1,82	-1.508.536
Costo de Inversión	$\frac{VAC \text{ Inversión}}{12} \div VA \text{ CONEXIONES}$	7,33	9,51	No requerido	-
Costo de O&M	$\frac{VAC \text{ O \& M}}{12} \div VA \text{ CONEXIONES}$	4,00	9,51	No requerido	-

Fuente: Elaboración Propia, con base a las consideraciones de Padilla Rojas, Pérez Rincón, Peña Varón. “La Valoración Contingente: Una alternativa para determinar la Viabilidad Financiera de Proyectos de Tratamiento de Aguas Residuales en Zonas Rurales de países Tropicales”. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2001.

El cobro mensual por el servicio, fijado en un monto equivalente a la DAP (S/. 9,51/conexión/mes), permitiría cubrir el 100% de los costos de O&M del proyecto (S/.4/conexión/mes) y alrededor del 75% (S/. 5,51/mes/conexión) del costo de la inversión.

## 6.2. Evaluación empresarial financiera

Este enfoque evalúa el proyecto considerando el aporte propio de la empresa y el impacto de los esquemas de financiamiento (servicio de la deuda).

Esta evaluación se efectúa a partir del flujo neto económico de la Evaluación Económica Empresarial desarrollada en el anterior numeral, a la cual se le ha incorporado el impacto que tendría el uso del Préstamo JBIC PE-P29 por S/. 39 966 305, destinado a financiar la

ejecución las obras de la PTAR del proyecto. Dicho préstamo externo se encuentra concertado por el Gobierno Peruano y sus condiciones financieras se muestran en el Cuadro N° VI-4.

Cuadro N° VI-4  
Condiciones financieras del préstamo PE-P29

Concepto	Condiciones
Periodo de repago (plazo)	40 años
Periodo de gracia	10 años
Tasa de interés (pagadero semestralmente)	0,75% anual

Fuente: Elaboración propia.

En esta evaluación, al igual que en la evaluación económica empresarial, los ingresos anuales se establecen multiplicando la DAP por familia por el número de conexiones proyectadas del servicio alcantarillado. Los flujos correspondientes, se muestran en el Cuadro N° VI-5.

Cuadro N° VI-5  
Flujo de evaluación empresarial financiera  
alternativa seleccionada : planta de filtros percoladores  
(En nuevos soles)

Año	Flujo Neto Económico	Préstamo JBIC			Flujo neto financiero
		Desembolsos	Intereses-comisiones	Amortización de deuda	
-2	-2.600.458	2.185.259	-5.963		-421.162
-1	-29.841.294	25.076.718	-88.056		-4.852.632
0	-15.118.150	12.704.328	-263.552		-2.677.374
1	3.183.905		-296.694	-1.332.210	1.555.001
2	3.432.421		-286.721	-1.332.210	1.813.490
3	3.612.131		-276.748	-1.332.210	2.003.173
4	3.872.291		-266.775	-1.332.210	2.273.306
5	4.175.015		-256.803	-1.332.210	2.586.002
6	4.085.882		-246.830	-1.332.210	2.506.842
7	4.241.832		-236.857	-1.332.210	2.672.765
8	4.264.392		-226.884	-1.332.210	2.705.298
9	4.425.834		-216.911	-1.332.210	2.876.713
10	4.590.015		-206.938	-1.332.210	3.050.867
11	4.672.591		-196.965	-1.332.210	3.143.416
12	4.761.224		-186.992	-1.332.210	3.242.022
13	4.808.108		-177.019	-1.332.210	3.298.879
14	4.892.383		-167.046	-1.332.210	3.393.127
15	4.960.029		-157.073	-1.332.210	3.470.746
16	5.028.480		-147.100	-1.332.210	3.549.170
17	4.994.910		-137.128	-1.332.210	3.525.572
18	4.960.936		-127.155	-1.332.210	3.501.571
19	4.926.554		-117.182	-1.332.210	3.477.162
20	4.891.760		-630.787	-14.654.312	-9.763.183
<b>VAN</b>	<b>-10.608.786</b>				<b>10.890.844</b>

Nota: Los intereses y amortizaciones del año 20 incluyen el servicio de la deuda de los años 21 al 30.

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° VI-5 se han descontando los flujos netos proyectados con la tasa de descuento, del 9% resultando una Valor Actual Neto Financiero de S/. 10 890 844 soles, lo cual indica que el proyecto es empresarialmente rentable cuando se favorece de las condiciones blandas del Préstamo JBIC PE-P29, cubriendo íntegramente sus costos de inversión y CO&M.

Desde punto de vista regulatorio, el pago por los servicios de saneamiento se fija de manera que cubran exactamente los costos de inversión, costos O&M, y una rentabilidad implícita en la tasa de descuento que incorpora el efecto del esquema de financiamiento. Bajo esta consideración, se ha calculado el pago mensual por familia requerido para cumplir dicho requerimiento (valor actual del flujo neto financiero igual a cero) en el contexto de la evaluación empresarial financiera. Dicho pago alcanza a S/ 7,64/mes/conexión (Ver Cuadro N° VI-6).

#### Cuadro N° VI-6

Flujo de evaluación empresarial financiera: VAN igual a cero  
alternativa seleccionada : planta de filtros percoladores (en nuevos soles)

Año	N° de Conexiones	Pago por conexión (S/mes/conex.)	Total Ingresos por año (soles)	Total Costos (*)	Flujo Neto Económico	Flujo del Préstamo JBIC PE-P29	Flujo Neto Financiero
-2	0	0,00	0	-2.600.458	-2.600.458	2.179.296	-421.162
-1	0	0,00	0	-29.841.294	-29.841.294	24.988.662	-4.852.632
0	0	0,00	0	-15.118.150	-15.118.150	12.440.776	-2.677.374
1	50.808	7,64	4.658.652	-2.614.351	2.044.301	-1.628.904	415.397
2	53.397	7,64	4.896.014	-2.661.261	2.234.753	-1.618.931	615.822
3	55.383	7,64	5.078.115	-2.708.198	2.369.917	-1.608.959	760.958
4	58.078	7,64	5.325.218	-2.755.587	2.569.631	-1.598.986	970.645
5	60.832	7,64	5.577.714	-2.767.126	2.810.588	-1.589.013	1.221.575
6	62.277	7,64	5.710.177	-3.021.124	2.689.053	-1.579.040	1.110.013
7	63.748	7,64	5.845.099	-3.033.101	2.811.998	-1.569.067	1.242.931
8	65.948	7,64	6.046.805	-3.261.589	2.785.216	-1.559.094	1.226.122
9	67.483	7,64	6.187.522	-3.275.286	2.912.236	-1.549.121	1.363.115
10	69.045	7,64	6.330.812	-3.289.447	3.041.365	-1.539.148	1.502.217
11	69.874	7,64	6.406.783	-3.301.425	3.105.358	-1.529.175	1.576.183
12	70.713	7,64	6.483.670	-3.308.488	3.175.182	-1.519.202	1.655.980
13	71.561	7,64	6.561.474	-3.358.441	3.203.033	-1.509.229	1.693.804
14	72.420	7,64	6.640.212	-3.372.165	3.268.047	-1.499.257	1.768.790
15	73.289	7,64	6.719.900	-3.403.699	3.316.201	-1.489.284	1.826.917
16	74.168	7,64	6.800.536	-3.435.611	3.364.925	-1.479.311	1.885.614
17	74.168	7,64	6.800.536	-3.469.181	3.331.355	-1.469.338	1.862.017
18	74.168	7,64	6.800.536	-3.503.155	3.297.381	-1.459.365	1.838.016
19	74.168	7,64	6.800.536	-3.537.537	3.262.999	-1.449.392	1.813.607
20	74.168	7,64	6.800.536	-3.572.331	3.228.205	-15.285.099	-12.056.894
<b>VAN</b>			<b>44.521.477</b>	<b>66.021.153</b>	<b>-21.499.676</b>		<b>0</b>

(\*) Incluye costos de inversión y de O&M.

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido es de S/. 7,64 por mes/conexión, equivale al 80% de la DAP por el proyecto (S/. 9,51 soles/mes/conexión).

### 6.2.1. Análisis de capacidad de pago

En el caso del estudio de valoración contingente de la PTAR del Cusco la media y la mediana de los ingresos y de la DAP calculados con el modelo seleccionado (Modelo 3) se muestran en el Cuadro N° VI-7.

Cuadro N° VI-7

Ingresos familiares y DAP: modelo seleccionado

Soles/mes/familia		
Indicador	Ingresos	DAP
Media	1.024	10,04
Mediana	900	9,53

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el Cuadro N° VI-8, dependiendo del valor de la media o mediana (tanto de la DAP como de los ingresos) la relación DAP/Ingresos varía entre 0,9% y 1,1%, lo cual resulta bastante consistente, en la medida que las entidades nacionales e internacionales ligadas al sector saneamiento <sup>59/</sup>, 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 la misma se descompone en 3% para el servicio de agua potable y 2% para alcantarillado <sup>60/</sup>.

Cuadro N° VI-8

Relación entre la DAP y los ingresos familiares

Relación Porcentual (%)			
Media DAP/media ingreso	Media DAP/mediana ingreso	Mediana DAP/media ingreso	Mediana DAP/mediana ingreso
1,0	1,1	0,9	1,1

Fuente: Elaboración propia

<sup>59/</sup> Organización Panamericana de la Salud (OPS), BID, SUNASS, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, entre otros.

<sup>60/</sup> Comentarios sobre la relación entre la disposición a pagar y la capacidad de pago relacionados con proyectos de saneamiento, pueden verse en el Anexo N° 15.

Cabe indicar además que el modelo 5, que relaciona Precio Hipotético (DAP) con el Nivel de ingresos, da como resultado 2%, lo que puede interpretarse como una proporción límite de la disposición a pagar por el proyecto respecto a los ingresos mensuales.

### **6.2.2. Comentarios**

Como conclusión, se debe indicar que el proyecto es empresarialmente viable siempre y cuando se cuente con un subsidio directo a la inversión o se financie con un préstamo en condiciones blandas.

Al respecto cabe indicar que la estrategia de inversión contenida en el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, considera que la ampliación de las coberturas de tratamiento de aguas residuales debería cubrirse preferentemente con financiamiento no reembolsable.

De otro lado, se puede concluir que la proporción de los ingresos familiares que se comprometerían para el pago del proyecto de PTAR del Cusco, con base a la DAP, se encuentran dentro de los estándares de capacidad de pago recomendados por la OPS y el Organismo Regulador de los Servicios de Saneamiento del país (SUNASS).



## CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 7.1. Contratación de las hipótesis específicas

- **Hipótesis específica 1:** Es posible sistematizar, con base a la economía del bienestar, la metodología beneficio costo para la evaluación económica de proyectos de PTAR (aplicándolo al caso del proyecto PTAR Cusco).

Si es posible dicha sistematización y ha sido desarrollada en la presente Tesis utilizando el método de valoración contingente para estimar la DAP y los beneficios de proyectos de PTAR para la evaluación económica de dichos proyectos.

La propuesta metodológica ha sido desarrollada precisando las fases siguientes: definición del bien que se desea valorar; definición de la población relevante para la encuesta; simulación del mercado; estimación del tamaño de la muestra; realización de las entrevistas; procesamiento de datos; estimación de la DAP y beneficios del proyecto; evaluación beneficio costo de proyectos de PTAR. Las fases han sido divididas en etapas y se han establecido los instrumentos metodológicos para cada una de ellas.

La aplicación de la metodología beneficio costo propuesta en el proyecto de PTAR Cusco, establece que desde el punto de vista de la evaluación de eficiencia económica nacional, la mejor alternativa es la Planta de Filtros Percoladores, al tener el mayor valor actual neto (S/. 11.59 millones).

- **Hipótesis específica 2:** La DAP estimada con la metodología beneficio costo tiene relación con la viabilidad empresarial de los proyectos de PTAR (aplicándolo al caso del proyecto PTAR Cusco).

La DAP estimada con la metodología beneficio costo permite la evaluación de la viabilidad empresarial de los proyectos de PTAR, favoreciendo el análisis de la sostenibilidad de dichos proyectos (habiendo sido aplicada al caso de PTAR del Cusco).

En el caso del proyecto de PTAR Cusco, los flujos de costos e ingresos para dicha evaluación han considerado el producto de la DAP / familia por el número de conexiones proyectadas del servicio alcantarillado, así como los costos a precios de mercado.

Desde el punto de vista de evaluación económica empresarial, el proyecto no es rentable, en tanto, el valor actual neto económico resultante es de S/. -10,6 millones.

Desde el punto de vista de evaluación empresarial, el proyecto es viable en la medida que cuente con un subsidio directo a la inversión o se financie con un préstamo en condiciones blandas.

## **7.2. Contrastación de la hipótesis general**

- **Hipótesis general:** La Metodología Beneficio Costo es más apropiada que la Metodología Costo Eficiencia para la evaluación económica de proyectos de PTAR.

La Tesis constata dicha hipótesis al concluirse lo siguiente:

- a. Da mayores elementos de juicio para decidir la viabilidad económica de los proyectos al incorporar la valoración del proyecto en el bienestar de los beneficiarios y la potencial contribución de ellos a la sostenibilidad de los proyectos.
- b. La metodología beneficio costo incorpora el análisis y selección de la alternativa de menor costo, y sobre dicha base evalúa si el proyecto es rentable.
- c. Supera la restricción de la metodología costo eficiencia que supone que todas las opciones tienen los mismos beneficios.
- d. Resulta más eficaz que la metodología costo eficiencia para seleccionar (descartar) alternativas técnicas.
- e. A través del método de valoración contingente permite incorporar el valor de uso, de opción y de existencia de la preservación de los cursos de agua, cuando se evalúa los beneficios de su descontaminación a través de un proyecto de PTAR.

## **7.3. Aportes**

En el marco del cumplimiento de los objetivos planteados en el desarrollo de la Tesis, se considera como valor agregado, los siguientes aportes:

### **7.3.1. Sistematización de la aplicación de la metodología B/C para proyectos de PTAR**

Se presenta en detalle las Fases, Etapas e Instrumentos para estimar la DAP. Se ha detallado a manera de Guía los comandos en el Paquete Estadístico EWIES para establecer las funciones econométricas del modelo Logit incluyendo un Programa para calcular la media y mediana de la DAP.

### **7.3.2. Incorporación del análisis factorial de variables**

Se ha incorporado el Análisis Factorial de Variables, para identificar un número reducido de variables estadísticamente significativas para elaborar las funciones econométricas.

### **7.3.3. Análisis ex post del error de tamaño de la muestra**

Con base a la información del valor promedio y desviación estándar de los precios hipotéticos de la encuesta se establece estadísticamente si el tamaño de la muestra utilizado en la encuesta cumple las exigencias de error pre-establecido.

### **7.3.4. Propuesta para relacionar un índice objetivo de calidad del agua con índices de calidad percibidos por las personas para encontrar la DAP**

Con base a revisión bibliográfica se presenta la Escalera de Calidad del Agua que relaciona un índice objetivo de calidad del agua (basado en una combinación ponderada de parámetros científicos de calidad) con índices de calidad percibidos por las personas, con lo cual se proponen preguntas para evaluar la DAP de alternativas de nivel de tratamiento de proyectos de PTAR.

### **7.3.5. Propuesta para tratar análisis de alternativas técnicas de nivel de tratamiento, localización y tamaño de PTAR**

Se han incorporado preguntas para evaluar la DAP de la población sobre alternativas de nivel de tratamiento, localización y tamaño de la PTAR. En los dos últimos casos las preguntas están relacionadas a casos concretos del país.

### **7.3.6. Reducción de riesgo del embedding en la aplicación del MVC en proyectos de PTAR**

La propuesta de preguntas para evaluar la DAP de alternativas de nivel de tratamiento de proyectos de PTAR, permitiría evitar la presencia del efecto incrustación (embedding effect) al aplicar el MVC en dichos proyectos.

## 7.4. Alcances y limitaciones

### 7.4.1. Alcances de la presente Tesis

Los alcances de la presente Tesis, de acuerdo a los objetivos propuestos son:

- a. Establecer una propuesta Metodológica Beneficio costo que supere las limitaciones que la Metodología Costo Eficiencia para la evaluación económica de proyectos de PTAR.
- b. Sistematizar, con base a la economía del bienestar, la aplicación de la Metodología Beneficio Costo para la evaluación económica de proyectos de PTAR, (caso del proyecto PTAR Cusco).
- c. Establecer la relación entre la disposición a pagar (DAP) estimada con la Metodología Beneficio Costo y la viabilidad empresarial de los proyectos de PTAR (caso del proyecto PTAR Cusco).

### 7.4.2. Limitaciones del método de valoración contingente

De acuerdo a la bibliografía revisada, las coincidencias de apreciación sobre las limitaciones del MVC son las siguientes:

#### a. Sesgos

- i. **Complacencia con el entrevistador.** Se origina cuando el encuestado no revela su DAP, sino responde valores mayores con los que cree que complacerá al entrevistador, en tanto siente una presión, voluntaria o involuntaria ejercida por el encuestador.
- ii. **De la información.** El sesgo se origina cuando el entrevistado está insuficientemente informado del escenario que propone la mejora del bien ambiental, por lo cual no declara su máxima DAP. Este sesgo se soluciona entregando información adecuada antes de proceder con las preguntas. Además requiere que el encuestador sea capaz de transmitir el escenario bajo el cual se está realizando el estudio.
- iii. **Hipotético.** Se refiere a que dada la naturaleza hipotética de las preguntas de la encuesta, se obtendrían respuestas puramente hipotéticas. Este tipo de sesgo constituye uno de los más difíciles de verificar al no existir pagos reales como marco de referencia. Este sesgo se evita, describiendo adecuadamente el bien ambiental, recomendándose que la redacción del escenario sea informativa, comprendida con claridad; realista al apoyarse en modelos de comportamiento establecidos y en instituciones legales.

**iv. Estratégico.** Se presenta cuando el encuestado posee un interés especial vinculado a la problemática objeto de la encuesta, por ello su respuesta no es honesta sino estratégica y entrega valores distintos de su verdadera DAP porque considera que con esta respuesta tendrá incidencia en el resultado final, y en consecuencia, se verá favorecida. Una variedad de este sesgo es la del “free rider”. Una variante, sucede cuando el encuestado responde un valor superior del que verdaderamente piensa para influir positivamente sobre la provisión del proyectos del bien ambiental

El formato de pregunta cerrada o dicotómica se encuentra libre de este problema.

**b. Efecto incrustación (embedding effect) ), “efecto todo-parte”**

El efecto embedding, desarrollado por Kahneman y Knetsch <sup>61/</sup>, se refiere al argumento de que el MVC es incapaz de demostrar alcance y por lo tanto no resulta confiable para obtener información útil en la valoración de bienes ambientales <sup>62/</sup>. El concepto de alcance consiste en que los valores de DAP obtenidos con el MVC tenderían a ser similares para diferentes cantidades del bien ambiental, contradiciendo los supuestos de la teoría económica.

Carson y Mitchell <sup>63/</sup>, en base al análisis de resultados de estudios de VC en USA sobre bienes ambientales, consideran que las respuestas de los encuestados muestran amplio rango de variación de DAP, para dichos bienes ambientales, lo cual contradice la argumentación del efecto incrustación. Sin embargo señalan que el MVC no está exento de dicho riesgo y para evitarlo recomiendan que los encuestados deben: i) Entender claramente las características del bien que valorar, ii) Encontrar que los elementos del escenario de la VC relacionados con el bien que se ofrece sean creíbles y iii) Responder las preguntas de VC de una manera libre y consistente.

#### **7.4.3. Limitaciones de la presente Tesis**

**a.** El Estudio de Factibilidad del proyecto de la PTAR de la ciudad de Cusco, que se tomó como información base para el desarrollo de la presente Tesis, tiene las siguientes restricciones:

---

<sup>61/</sup> Según Cristeche Estela y Penna Julio A en “Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales”, Estudios Económicos de los Sistemas Productivos y Recursos Naturales, Instituto de Economía y Sociología (IES), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Diciembre 2007.

<sup>62/</sup> El término embedding, se utiliza como sinónimo de “satisfacción moral”, “warm glow” “valor ideológico”.

<sup>63/</sup> Carson Richard y Mitchell Robert. “The Issue of Scope in Contingent Valuation Studies”. American Journal of Agricultural Economics. Vol 75, N° 5, Proceedings issue. USA. Diciembre 1993.

- i.** Formato Subasta de la Encuesta. Se utilizó dicho formato en vez del formato dicotómico. Esta restricción generó la necesidad de establecer los precios a los cuales los encuestados no tendrían disposición de pago, para lo cual se consideró primero que las frecuencias de dichas respuestas con sus respectivos precios estaban en relación inversa a las frecuencias de voluntad afirmativa de pago. Posteriormente los precios asociados a cada frecuencia, se asignaron de manera aleatoria a los 79 encuestados que no señalaron un precio en las encuesta.

En la propuesta metodológica de la presente Tesis (Capítulo 4.2.3) se plantea utilizar el formato dicotómico para futuros estudios.

- ii.** No tiene alternativas de nivel de tratamiento, localización y tamaño evaluables bajo la metodología beneficio-costos. Las opciones tecnológicas proponen en los 3 casos un nivel de tratamiento secundario. La localización es única debido a la inexistencia de disponibilidad de terreno en otra zona para reubicar la actual PTAR de San Jerónimo, lo cual condiciona que el tamaño de la planta proyectada se restrinja a las 7.2 hectáreas disponibles.

En el numeral 3.11 de la presente Tesis, sobre análisis beneficio costo de alternativas de PTAR con el MVC, se presenta la propuesta metodológica para estimar la DAP diferenciadas de nivel de tratamiento de aguas residuales, localización y tamaño en proyectos de PTAR, cuando sea pertinente y se requieran dichos análisis.

## **CAPÍTULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 Conclusiones**

1. La metodología beneficio costo es recomendable que se aplique en forma complementaria al análisis de mínimo costo, para mejorar las decisiones en la asignación de recursos destinados a financiar proyectos de tratamiento de aguas residuales.
2. La metodología beneficio costo y en particular el método de valoración contingente permiten evaluar adecuadamente alternativas que tienen diferentes beneficios; la medición de la disposición a pagar por el proyecto favorece el análisis de la sostenibilidad de los proyectos de PTAR al ser incorporada en la evaluación de su viabilidad financiera.
3. La metodología beneficio costo propuesta, aplicada a la evaluación económica del proyecto PTAR Cusco, resulta más eficiente respecto a la evaluación costo eficiencia en la medida que a partir de la DAP estimada (en S/. 9.51 por mes por conexión), permite establecer las alternativas rentables y no rentables desde el punto de vista de eficiencia nacional. Así mismo la DAP estimada ha permitido la evaluación de la viabilidad empresarial del proyecto de PTAR Cusco, relacionándola con la capacidad de pago de la población, favoreciendo el análisis de la sostenibilidad del mismo.
4. El análisis de opciones técnicas y de sus respectivos costos de inversión, operación y mantenimiento dan soporte a la aplicación tanto de la metodología costo eficiencia como la de beneficio costo.
5. La metodología costo eficiencia aplicada a proyectos de PTAR tiene las siguientes restricciones:
  - a. No toma en cuenta el punto de vista de los potenciales beneficiarios del proyecto, aspecto fundamental para la sostenibilidad de un proyecto.





- d. La medición de los beneficios de los proyectos de tratamiento de aguas residuales puede ser imprecisa debido a la falta de relación entre las mejoras reales en la calidad del agua que el proyecto podría lograr sobre la base de las medidas técnicas (demanda bioquímica de oxígeno –DBO-, etc.) y el cambio descrito en términos menos técnicos en las encuestas de los estudios de valoración contingente.

## **8.2 Recomendaciones**

1. Para la adecuada aplicación del método de valoración contingente para estimar los beneficios de PTAR es recomendable:
  - a. Identificar claramente el problema técnico que requiere ser resuelto y los medios alternativos disponibles para resolverlo. El grado de mejora de la calidad del curso de agua que se plantea en las encuestas de valoración contingente debe corresponder exactamente al que plantea el diseño técnico que propone el proyecto.
  - b. Desarrollar encuestas fiables y estadísticamente representativas, ensayando previamente encuestas piloto, dando especial énfasis en establecer el rango de precios hipotéticos y su distribución en las encuestas a realizar. Asimismo, efectuar la verificación ex post para establecer si el tamaño de la encuesta fue adecuado respecto al nivel de confianza estadística y de error previstos en la situación ex ante.
  - c. La forma de la pregunta sobre disposición de pago debe ser necesariamente tipo referéndum y guardar relación con la calidad proyectada del curso del río.
  - d. Explorar las implicancias de las especificaciones de modelos econométricos alternativos para establecer la DAP por el proyecto, los cuales deben ser evaluados respecto a su consistencia y fiabilidad.
2. Se recomienda que la sistematización de la evaluación económica en base a la metodología beneficio costo, contenida en la presente Tesis, sea considerada como una orientación para facilitar la toma de decisiones para la implementación de proyectos de PTAR.

## Bibliografía

1. Ardila Sergio. “Guía para la Utilización de Modelos Económicos en Aplicaciones del Método de Valoración Contingente”. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C. Diciembre, 1993.
2. Azqueta Oyarzun Diego, y Field Barry C. “Economía y Medio Ambiente”. Tomos 1, 2 y 3. Edición McGraw Hill. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia, 1998.
3. Barzev Rado. “Guía Práctica sobre el Uso de Modelos Económicos para los Métodos de Valoración Contingente y el Costo del Viaje-a través del Programa Económico LIMDEP”. Julio de 2004.
4. Barzev Radoslav Dimitrov. “Tesis para optar el Título de Magister en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente”. Universidad de Concepción. Concepción, Chile, 1988.
5. Carson Richard y Mitchell Cameron “An Experiment in Determining Willingness to Pay for National Water Quality Improvements”. Apéndice B del Estudio. Draft Report to The U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. 1981
6. Carson Richard y Mitchell Cameron. “The Value de Clean Water: The Public’s Willingness to pay for Boatable, Fishable, and Swimmable Quality Water”. Water Resource Research, Vol 29. July, 1993
7. Carson Richard y Mitchell Robert. “The Issue of Scope in Contingent Valuation Studies”. American Journal of Agricultural Economics. Vol 75, N° 5, Proceddings issue. USA. Diciembre 1993.
8. Castro Rodríguez Raúl. “Evaluación Económica y Social de Proyectos de Inversión”. Ediciones Uniandes. Santa Fé de Bogotá D.C., Colombia.1998.
9. Cristeche Estela y Penna Julio A. “Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales”. Estudios Económicos de los Sistemas Productivos y Recursos Naturales. Instituto de Economía y Sociología (IES). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Diciembre, 2007.
10. Dimas Leopoldo y Herrador Doribel. “Valoración Económica del Agua para el Área Metropolitana de San Salvador”. PRISMA. El Salvador. 2001.
11. Dirección Nacional de Saneamiento, EPS SEDACUSCO S.A. “Estudio de Factibilidad del Proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco”. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú. 2007.
12. Dirección Nacional de Saneamiento. “Informe final del Estudio de Costos de Inversión de Proyectos de Agua y Saneamiento”. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú. Marzo, 2009.
13. Dixon John y Pagiola Stefano. “Análisis Económico y Evaluación Ambiental” publicado en Environmental Assessment Sourcebook, UPDATE N° 23, Banco Mundial. Abril, 1998.
14. Ducci Jorge. “Saneamiento Ambiental de Montevideo- Anexo Técnico. Metodología de Cuantificación de Beneficios. Incluido en Lecturas de Valuación Contingente”. Universidad de los Andes. BID. Santa Fe de Bogotá. 1991.
15. Gujarati Damodar N. “Econometría Básica”. Mc Graw-Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 1999.

16. León Suematsu Guillermo. “Tecnología de Tratamiento de Agua Residuales Usadas en América Latina y el Caribe. Criterios de Selección de Tecnologías. Separatas. Material de Clases - Facultad de Ingeniería Ambiental UNI”. 2001.
17. Malarin Héctor y Vaughan William “An Approach to the Economic Analysis of Solid Waste Disposal Alternatives”. N° ENV-119. BID. Washington, D.C. December, 1997.
18. Mendieta López Juan Carlos. “Facultad de Economía de la Universidad de Los Andes. IX Simposio Internacional de Avalúos. CEDES. Lonja de Propiedad Raíz de Bogotá”. Colombia. 2003.
19. Mendieta Juan Carlos. “Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables. Aplicaciones de las Técnicas de Valoración No Mercadeables y Análisis Costo Beneficio y Medio Ambiente”. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico – Universidad de los Andes. Santa Fé de Bogotá D.C.Colombia. Junio, 2 001.
20. Mendieta Juan Carlos. “Valoración Económica de Bienes no Mercadeables: Aspectos Generales. La Economía Ambiental a la Luz de la Política Ambiental en Colombia. Concepto y Aplicaciones”. Horst Wattenbach (Ed.), GTZ. 2001.
21. Ministerio de Economía y Finanzas. Marco Macroeconómico Multianual 2009-2011 del Crecimiento Económico al Bienestar Social. Lima. Mayo, 2008.
22. Organización Panamericana de la Salud OPS. “Proyecto de Alcantarillado Sanitario del Area Metropolitana de San José”. Octubre, 2003
23. Padilla Rojas, Pérez Rincón, Peña Varón. “La Valoración Contingente: Una alternativa para determinar la Viabilidad Financiera de Proyectos de Tratamiento de Aguas Residuales en Zonas Rurales de países Tropicales”. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2001.
24. PRONAP. Estudios de Factibilidad de los Planes de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de Piura. Lima, 1997.
25. Riera Pere Micalo. Manual de Valoración Contingente. Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales, Universidad Autónoma de Barcelona. España. 1994.
26. Russell, Vaughan y Otros en “Investing in Water Quality” A decade de IDB Experience in Review, Measuring Benefits, Costs an Risks. BID. Washington, 2001.
27. Smith, V. Kerry y William Desvousges. “Measuring Water Quality Benefits”. Kluwer, Nijhoff. Boston, 1986.
28. SUNASS, GTZ. “Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución”. Lima, Perú, 2008.
29. Van Houtven George, Powers Jhon y otros. “Valuing Water Quality Improvements in the United States Using Meta-Analysis: Is the Glass Half-Full or Half-Empty for National Policy Analysis?”. United States Environmental Protection Agency. University of Nebraska. Lincoln. USA, 2007.
30. Vaughan William J., Ardila Sergio. “Análisis Económico de los Aspectos Ambientales de Proyectos de inversión”. Inter-American Development Bank. Sectores Productivos y Sub Departamento Ambiental División de Protección Ambiental. Diciembre, 1993

# **ANEXOS**

## Anexo N° 1

# PRINCIPALES MÉTODOS INDIRECTOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE BIENES AMBIENTALES <sup>64/</sup>

### 1. Método del costo de viaje

Este método se aplica en los casos que se requiera la valoración social de un espacio de interés natural (bien) que cumple la función de recreación, que la gente visita para esparcimiento, por ejemplo un parque nacional. Su origen se encuentra en una petición hecha en 1949 por el Servicio de Parques Naturales de los Estados Unidos, que pedía sugerencias sobre como medir los beneficios de tales parques.

Aunque el precio de entrada para disfrutar del espacio de interés natural sea cero o un monto simbólico, el visitante incurre en gastos para poder disfrutar de ellos: los costos de viaje. Se trata, por tanto de intentar estimar como varía la demanda del espacio de interés natural (número de visitantes, por ejemplo), ante cambios en los costos de viaje para disfrutarlo. Con ello se tendría la curva de demanda del bien, y se podría analizar los cambios en el excedente del consumidor, que una modificación en el mismo (su cierre o daño ecológico sobre un espacio recreativo de interés natural por ejemplo) produciría <sup>65/</sup>. El excedente del consumidor corresponde a la valoración del espacio natural.

El método permite construir la función de demanda del espacio natural, relacionando el número de visitantes (cantidad) y los costos de viaje (precio) al lugar y estimar el excedente del consumidor. La relación entre dichos costos y el número de visitantes es inversa, cuanto más cerca se reside del espacio cuyo disfrute se quiere valorar, menores son los gastos en que se incurre y mayor es, el número relativo de visitantes. En cambio, la relación entre la distancia al espacio recreativo y los costos de viaje es directa, es decir, cuanto más cerca se resida a dicho espacio que se quiere valorar, menor será el gasto en que incurre el visitante.

Para estimar los costos de viaje al citado espacio, se puede seleccionar una muestra representativa de visitantes anuales, según su zona de procedencia, y estimar los respectivos costos. La intersección entre el costo de viaje desde una zona con el respectivo número de personas que se desplazan al espacio natural, permite identificar y dibujar

---

<sup>64/</sup> Anexo del Capítulo III.

<sup>65/</sup> Este método mide los cambios en la valoración de los visitantes al producirse un daño ecológico sobre un espacio natural. El número de visitantes descendería, al igual que el valor del excedente del consumidor. Observando la variación del excedente del consumidor, en las dos situaciones (sin y con daño ecológico), se estima la variación total.

distintos puntos de la curva de demanda correspondiente. Con los puntos de costos de viaje, número de visitantes generados, y mediante procedimientos econométricos, se obtiene la función de demanda. Las funciones más sencillas, relacionan el número de visitantes en función del costo del viaje, la renta y algunas variables socioeconómicas.

Los costos de viaje pueden incluir: los precios pagados por el transporte público, transporte privado (combustible, depreciación del vehículo), valor del tiempo invertido (en el viaje y en el propio lugar de recreación), costo de alojamiento, costo de alimentación, y otros.

Algunas complicaciones que aparecen para estimar los costos de viaje, son por ejemplo: ¿qué rubros de costos deben considerarse para estimar el costo de desplazamiento (valor del tiempo de viaje, costo de alojamiento, costo de alimentación y/o otros)? Cuando se quiere incluir como costo el valor del tiempo, este puede variar enormemente de una persona a otra, entonces ¿qué magnitud en unidades monetarias debe tomar este rubro? En el caso de que el viaje del visitante abarque más de un lugar de interés natural. ¿Qué parte del costo de desplazamiento debe adjudicarse al lugar que se pretende valorar?

Una de las mayores limitaciones de la metodología es que sólo puede aplicarse a lugares concretos. Esta característica geográfica es esencial en el método. Una diferencia entre un bien que se transa en el mercado y, por ejemplo, un determinado espacio de interés natural, es que el precio del primero no difiere significativamente de un grupo de consumidores a otro, mientras que el precio del segundo suele estar sujeto a fuertes variaciones en el costo de disfrutarlo según la distancia que haya que recorrer para acceder a él. Esta diversidad en el precio implícito es la que ofrece la posibilidad de observar distintos puntos de la curva de demanda del bien.

Este método pierde efectividad cuando los gastos del viaje son marginales, como en el caso de la mayoría de parques urbanos. A pesar de sus limitaciones y dificultades, el método del costo de viaje se ha aplicado principalmente para estimar el valor recreativo de espacios naturales.

## **2. Método de los precios hedónicos**

Este método desglosa el precio de un bien privado, de mercado, en función de varios atributos (características), los cuales tienen un precio implícito cuya suma determina el precio del bien de mercado que se observa. Por ejemplo, el precio final de una propiedad ( $Pr_v$ ), puede determinarse por la suma de los precios implícitos de los atributos que posee:

$$Pr_v = \text{función}(S, N, X)$$

Donde:

S: Vector de atributos estructurales de la vivienda: metros cuadrados del terreno, material de construcción, número de dormitorios, ascensor, número de baños, antigüedad, etc.

N: Vector de atributos del vecindario: proximidad del centro comercial, colegios, centros recreativos, composición de la población, nivel de seguridad ciudadana, distancia al centro de la ciudad, etc.

X: Vector de atributos ambientales del entorno: calidad del agua, nivel de ruido, proximidad a zonas verdes, atractivo del paisaje, nivel de contaminación atmosférica.

Utilizando el análisis de regresión se relaciona el valor de la propiedad (precio de venta o alquiler) y sus atributos; asimismo se calcula su incidencia en la determinación del precio del bien. Especificada la función, la derivada parcial con respecto a cualquiera de los atributos, indica la disposición marginal a pagar por una unidad adicional del mismo: su precio implícito.

Un ejemplo de aplicación de este método, corresponde a la cuantificación de la externalidad negativa que produce el ruido y riesgo de accidentes de los aviones sobre las viviendas próximas a aeropuertos. El valor de la pérdida de bienestar debido al ruido y riesgo de accidentes se puede medir por la disminución en el precio de la vivienda por este concepto. Ello implica que viviendas idénticas, pero ubicadas en una zona sin ruido y riesgo de accidentes de los aviones, tendrían precios mayores. Así, variaciones en la cantidad de tal atributo comportan diferencias medibles en soles, en el bienestar de las personas.

Las aplicaciones más comunes de estas técnicas están orientadas a la valoración de propiedades o bienes raíces entre diferentes zonas o localidades, relacionados siempre con conceptos de calidad de vida.

Las aplicaciones de este método son limitadas debido a que la dificultad en la obtención de datos lo hace menos atractivo. Otra limitación que contribuye a su poca aplicación, es que la valoración del bien ambiental (por ejemplo el nivel de contaminación ambiental) depende del nivel de consumo de un bien privado (valor de la propiedad) con un mercado bien definido. De hecho, esta relación entre bien ambiental y bien privado forma parte de la esencia del método de los precios hedónicos.

### **3. Método de los costos evitados o inducidos**

El hecho de carecer de mercado no impide que los bienes ambientales estén relacionados con bienes que si lo tienen. El bien ambiental puede estar relacionado con algún bien de mercado entrando a formar parte de la función de producción de éste, como un insumo productivo más.

Según lo señalado, la calidad del bien ambiental puede influir en la producción de un bien de mercado. Por ejemplo, la calidad del aire puede influir (a través de la calidad química de la precipitación) en la productividad de la tierra. Se tienen entonces los elementos para analizar los beneficios o costos generados por un cambio en su calidad o en su cantidad.

La primera cuestión es conocer cómo afecta el cambio en la calidad del bien ambiental al rendimiento de los factores de producción del bien de mercado, lo que se entiende como función dosis-respuesta (o función de daño). Por ejemplo, cuando la producción de aluminio genera la emisión de flúor en la atmósfera, puede ocasionar la reducción del rendimiento productivo (carne o leche) de la ganadería. Ello, debido a que el flúor, que aparece como un insumo productivo más, al ser arrastrado al suelo por la lluvia, reduce la calidad de los pastos (hierba), provocando la fluorosis en los bovinos que lo consumen.

Este es un fenómeno que queda establecido en las funciones dosis-respuesta: una información sobre como se ve afectado un determinado receptor (por ejemplo, un cultivo, ganadería, salud de los seres humanos) por la calidad del medio ambiente (distintos niveles de sustancias contaminantes por ejemplo, en el agua, aire, suelo). El conocimiento de estas funciones dosis-respuesta que proporciona la ciencia básica, con ayuda de la inferencia estadística, permite una primera aproximación a la valoración económica de un cambio en la calidad ambiental, aunque sujeta a severas limitaciones.

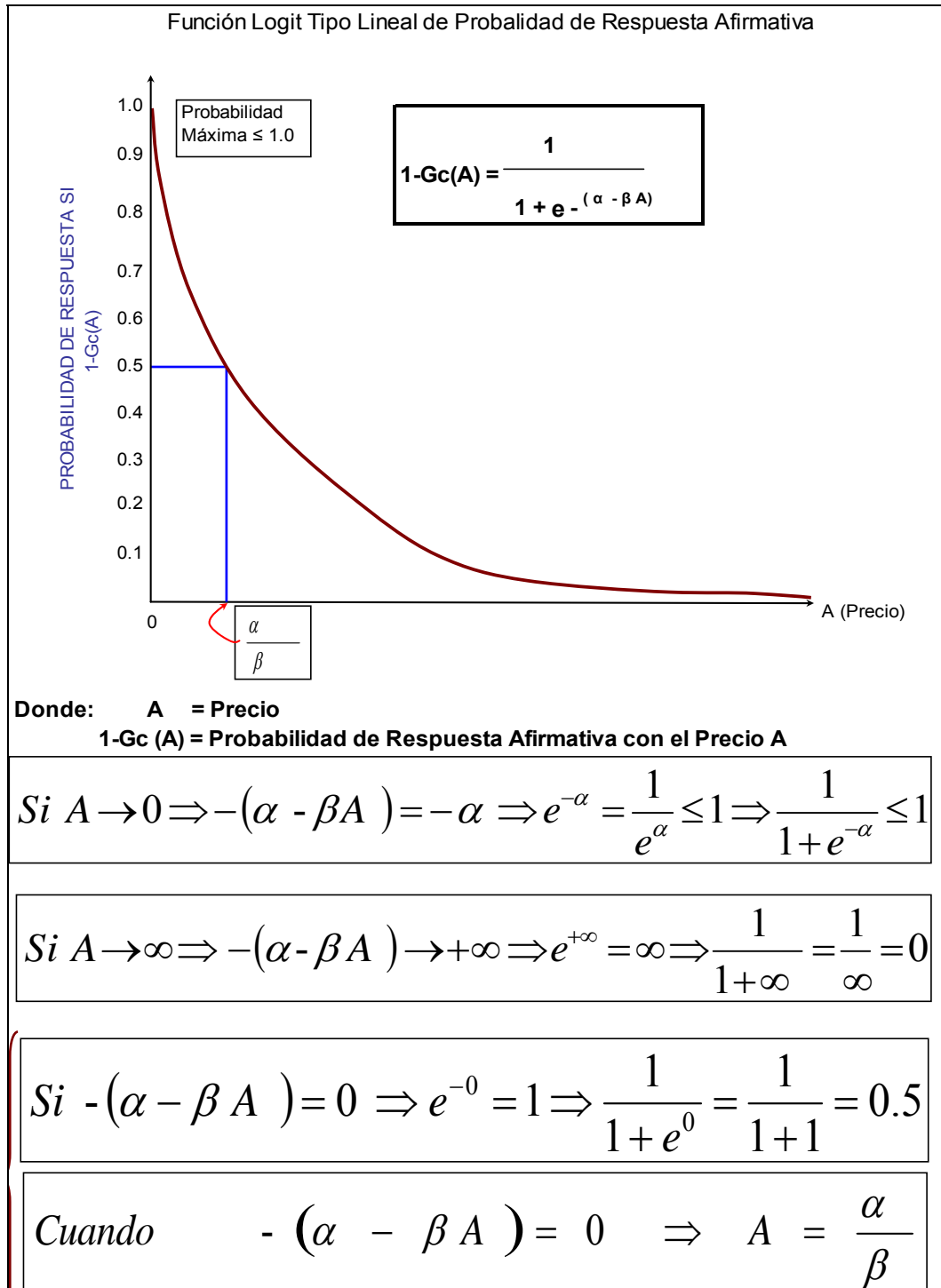
Es de suponer que la eliminación del flúor, permitirá recuperar los niveles normales de producción, por lo que si se multiplica el resultado de los incrementos esperados de productividad (carne/leche) por su precio, se tendría una expresión económica del beneficio total atribuible a la medida adoptada. Es un procedimiento aparentemente sencillo: conocidas las funciones dosis-respuestas correspondientes, y medidos los niveles de contaminación atmosférica en la zona (partículas en suspensión, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, flúor, etc.), se recoge el impacto que tiene la medida propuesta sobre las distintas actividades productivas afectadas, dadas las características del entorno analizado (temperatura, humedad, régimen de vientos, etc.).



El método tiene limitaciones. Se ha supuesto que se mantienen constantes tanto la composición de la producción (el ganado, en el caso de la contaminación atmosférica por emisiones de flúor) como la cantidad y composición del resto de los factores productivos utilizados. Este sin embargo no suele ser el caso. El productor, ante el empeoramiento de las condiciones de producción (normalmente el deterioro de la calidad ambiental será gradual), lo más probable es que tome una serie de medidas defensivas, como la introducción de especies más resistentes a la contaminación (ganado más resistente a enfermedades) o reorientación de la producción (abandonando la carne y sustituyéndola por leche para las que la nuevas razas estén mejor dotadas). Además, puede introducir nuevos factores de producción que disminuyan el efecto negativo de la contaminación (introduciendo pastos industriales cuando los niveles de contaminación así lo recomiendan).

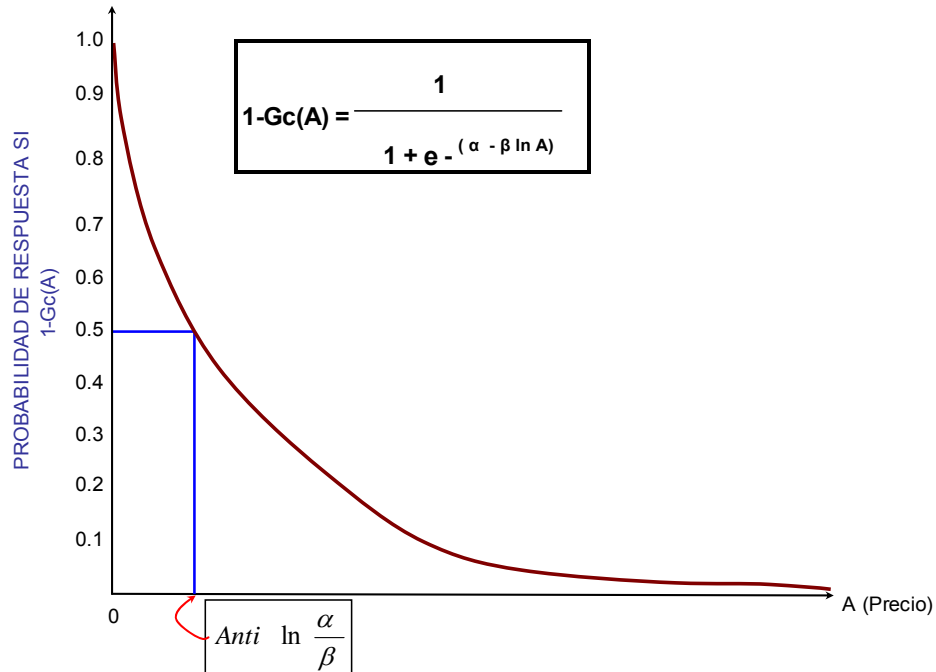
## Anexo N° 2

### GRÁFICOS DE FUNCIONES LOGIT DE PROBABILIDAD <sup>66/</sup>



Fuente: Elaboración propia

Función Logit de Probabilidad de Respuesta Afirmativa con Logaritmo de Precio



Donde: **A** = Precio

**1-Gc (A)** = Probabilidad de Respuesta Afirmativa con el Precio A

$$\text{Si } A \rightarrow 0 \Rightarrow -(\alpha - \beta \ln A) \rightarrow -\infty \Rightarrow e^{-\infty} = \frac{1}{e^{\infty}} = 0 \Rightarrow \frac{1}{1+e^{-\infty}} = 1$$

$$\text{Si } A \rightarrow \infty \Rightarrow -(\alpha - \beta \ln A) \rightarrow +\infty \Rightarrow e^{+\infty} = \infty \Rightarrow \frac{1}{1+\infty} = \frac{1}{\infty} = 0$$

$$\text{Si } -(\alpha - \beta \ln A) = 0 \Rightarrow e^{-0} = 1 \Rightarrow \frac{1}{1+e^0} = \frac{1}{1+1} = 0.5$$

$$\text{Cuando } \beta \ln A = \alpha \Rightarrow \ln A = \frac{\alpha}{\beta} = A = e^{\frac{\alpha}{\beta}} = \text{Anti ln } \frac{\alpha}{\beta}$$

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 3

### CRITERIOS PARA MEDIR LA BONDAD DE LOS MODELOS

#### LOGIT <sup>67/</sup>

En la práctica, el investigador identifica y selecciona los modelos adecuados, así como las variables explicativas correspondientes. Para llevar a cabo dicha selección se utilizan criterios para medir la bondad de los modelos. A continuación se señalan los criterios utilizados para medir la bondad de modelos logit, indicándose en cada caso la regla de decisión para seleccionar el mejor de ellos.

Cabe indicar que para que los modelos sean comparables entre sí, las variables dependientes deben tener la misma forma <sup>68/</sup>. A fin de incluir en la medición de la bondad de los modelos, la diferencia en el número de variables explicativas, los indicadores tales como Akaike, Hannan-Quinn y Bayesiano de Schwarz, incorporan el número de parámetros utilizados en cada modelo.

A continuación se describen los principales indicadores considerados en los reportes de los programas estadísticos utilizados en la presente Tesis, para medir la bondad de los modelos logit.

#### **1. Logaritmo de la función de verosimilitud (log likelihood function)- LogL**

Representa la probabilidad conjunta en el modelo. Si la muestra es aleatoria y las observaciones son independientes entre sí, la probabilidad de que un sujeto de la muestra experimente el suceso es independiente de lo que le ocurra a cualquier otro, por lo que la probabilidad conjunta se calcula como el producto de las probabilidades individuales y de esa forma se obtiene la función de verosimilitud, que tiene en cuenta todos los datos de forma global, y será función únicamente de los coeficientes. Su cálculo se efectúa con el procedimiento siguiente:

- Con la función de distribución logística (acumulativa) se calcula la probabilidad de ocurrencia del “Si”, para cada caso individual de la muestra, utilizando la fórmula:

---

<sup>67/</sup> Anexo del Capítulo III.

<sup>68/</sup> “Econometría Básica“, Mc Graw-Hill, Damodar N. Gujarati, Santa Fé de Bogotá, Colombia, 1999. Asimismo según el apéndice del tutorial del software Econometrics EViews (EViews), debe indicarse que la comparación requiere que la unidad de medida de la variable dependiente sea la misma. Por ejemplo no se puede comparar un modelo que tenga como variable dependiente Y con otro modelo cuya variable dependiente sea log Y.

$$P_i = 1 - G_c(A) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}$$

Donde, por ejemplo, para un modelo logit con la variable explicativa precio hipotético (A) <sup>69/</sup>, el desarrollo es:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha - \beta A)}} \quad (\lambda)$$

Para cada encuestado se establece lo siguiente:

- La respuesta dicotómica  $W_i = (1, 0)$  observada en la encuesta, es decir 1=SI y 0=NO.
- La probabilidad pronosticada  $P_i$  con la función  $(\lambda)$ .
- La probabilidad pronosticada  $1 - P_i$ .

Con dichos datos se calcula LogL, con la siguiente ecuación:

$$\text{LogL} = \sum_{i=1}^n \ln P_i * W_i + \ln(1 - P_i) * (1 - W_i)$$

Donde, n es el número de encuestados.

**Regla:** Grandes valores de log likelihood function indican un mejor ajuste, su valor obtenido permite calcular el Chi-cuadrado, usando por ejemplo el programa LIMDEP.

## **2. Logaritmo de verosimilitud restringido (restricted log likelihood)- LogL<sub>0</sub>**

Representa la probabilidad conjunta en el modelo, por efecto sólo de la constante.

Para su cálculo se estima el modelo logit sólo con el coeficiente del intercepto  $(\alpha)$ .

El procedimiento para estimar el LogL<sub>0</sub> es similar al indicado para el caso del LogL.

**Regla:** Grandes valores de Restricted log likelihood indican un mejor ajuste, su valor obtenido permite calcular el Chi-cuadrado, usando por ejemplo el programa LIMDEP.

## **3. Chi-cuadrado**

Es una medida que relaciona el Log likelihood function y el Restricted log likelihood, para hallar un indicador de confianza del modelo y que se distribuye según un Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ). Se le denomina el ratio de verosimilitud (Likelihood Ratio) o Chi-cuadrado.

Su fórmula es:

---

<sup>69/</sup> El signo del coeficiente  $\beta$  corresponde al resultado esperado de acuerdo a la teoría económica.

$$\text{Chi-cuadrado} = 2 * (\text{Log likelihood function} - \text{Restricted log likelihood})$$

$$\text{Chi-cuadrado} = 2 * (\text{LogL} - \text{LogL}_0)$$

**Regla:** Grandes valores de la  $\chi^2$  indican un mejor ajuste del modelo.

#### 4. Average log likelihood

Es una medida que relaciona el Log likelihood function y el número de observaciones (N): su fórmula es:  $\text{LogL}/N$

**Regla:** Elegir el indicador de mayor valor.

#### 5. Bondad de ajuste

Indicador que establece la proporción (%) de aciertos o coincidencias de las respuestas dicotómicas de la disposición a pagar SI\_NO generadas por el modelo de pronóstico logit, respecto a las frecuencias observadas.

Los programas Eviews y Nlogit <sup>70/</sup>, efectúan un análisis más detallado de los valores previstos para el modelo logit, que se muestra en el Cuadro Anexo N° A-3.1.

**Cuadro N° A-3.1**

Tabla de predicción o valores previstos

Actual	0	1	Total
0	a	c	g
1	b	d	h
Total	e	f	i

Fuente: Elaboración propia

Para la tabla anterior, se ha codificado con letras los valores de las celdas a efectos de poder describirlas. A partir de las intersecciones de filas y columnas, por ejemplo a = frecuencia de datos correctamente pronosticados dado que en los datos observados el encuestado contestó NO como disposición de pago, d= frecuencia de datos correctamente pronosticados considerando que en los datos observados el encuestado contestó SI como disposición de pago, c = frecuencia de datos incorrectamente pronosticados (se pronosticó

<sup>70/</sup> Es una versión actualizada del software econométrico LIMDEP.

como SI), siendo que en los datos observados el encuestado contestó NO como disposición de pago, similar criterio es el utilizado para la intersección definida como b.

La bondad de ajuste constituye el indicador más importante de la tabla anterior y son los casos correctamente pronosticados  $(a + d) / i$ , que mide en conjunto cuántos pronósticos coinciden con los datos observados (SI\_NO pronosticados versus SI\_NO observados).

**Regla:** Elegir el modelo con la mayor bondad de ajuste.

## 6. Efron

Es igual al cuadrado de la correlación entre los valores previstos y los valores reales.

**Regla:** Elegir el indicador de mayor valor.

## 7. McFadden's

Su fórmula es igual a  $1 - \frac{\text{LogL}}{\text{LogL}_0}$ .

Este valor tiende a ser menor de R-cuadrado (=1 como máximo) y los valores de 0,2 a 0,4 se consideran muy satisfactorios.

**Regla:** Si se comparan dos modelos, se selecciona el que tenga el mayor valor de McFadden, al indicar que es el modelo con la mayor probabilidad.

## 8. Criterio de información de Akaike (AIC)

Estadístico que permite decidir el orden de un modelo. AIC toma en consideración tanto el ajuste del modelo a los datos observados como el número de parámetros utilizados en el ajuste.

Su fórmula de cálculo es:  $-(2 * \text{LogL}) / N + 2K / N$ . Donde LogL corresponde al Log likelihood function, N es el número de observaciones y K el número de parámetros estimados.

Regla: Elegir el de modelo de menor valor AIC.

## 9. Criterio de Hannan-Quinn

Su fórmula de cálculo es:  $-(2 * \text{LogL}) / N + 2K \ln(\ln(N) / N)$ . Donde LogL corresponde al Log likelihood function, N es el número de observaciones, K el número de parámetros estimados y ln es el logaritmo neperiano.

Regla: Elegir el de modelo de menor ratio.

## **10. Criterio Bayesiano de Schwarz-CBS (Schwarz I.C.)**

Estadístico que ayuda a decidir el orden de un modelo. CBS tiene en cuenta tanto la bondad de ajuste del modelo respecto a la serie observada como el número de parámetros utilizados en el ajuste. Debe buscarse el modelo que describa adecuadamente la serie y que tenga el mínimo CBS. Este criterio se basa en consideraciones bayesianas (de máxima verosimilitud).

Su fórmula es:  $-(2 * \text{Log}L/N) + K * \ln(N)/N$ . Donde: LogL corresponde al Log likelihood function, N es el número de observaciones y K el número de parámetros estimados.

**Regla:** Elegir el de menor valor CBS.

## **11. Criterio Ben-Akiva y Lerman**

Su fórmula es igual a  $1 - \frac{\text{Log}L - k}{\text{Log}L_0}$ , donde k es el número de variables independientes.

**Regla:** Elegir el modelo de mayor ratio.



## Anexo N° 4

# ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES <sup>71/</sup>

### 1. Características.

#### a. Tratamiento primario

Se designa a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos y puede ser por sedimentación o flotación. De estos procesos el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de aguas residuales es la sedimentación. Las unidades o dispositivos de tratamiento que utilizan el proceso de sedimentación son:

- i. Tanques sépticos**, se utilizan cuando no existe una red de alcantarillado, como pueden ser viviendas de campo, condominios, campos de recreo, restaurantes. En el medio rural se utilizan para tratar aguas residuales de tipo doméstico en flujos no mayores al equivalente de 250-300 habitantes. Combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia <sup>72/</sup>. El efluente resultante aún lleva consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo cual requiere de un tratamiento posterior, siendo más usual el sistema de infiltración (pozas o zanjas).
- ii. Tanques imhoff**, apropiados para comunidades de 5,000 habitantes o menos, integran la sedimentación del agua y la digestión de lodos sedimentados en la misma unidad, tienen una operación muy simple y no requieren partes mecánicas. Convenientes en climas calurosos, pues facilita la digestión de lodos. Puede producir olores desagradables. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, luego de lo cual se entierran o se utilizan para mejoramiento de suelos. El tanque Imhoff elimina del 40-50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO <sup>73/</sup> de 25 a 35 %.
- iii. Sedimentadores primarios**, a diferencia de los Tanque Imhoff y de las fosas sépticas, en estas unidades no se tratan lodos, por esta razón se recomienda su uso

---

<sup>71/</sup> Anexo del Capítulo III.

<sup>72/</sup> Procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno.

<sup>73/</sup> La DBO es el parámetro de medición de la contaminación orgánica. Está relacionada a la medición del oxígeno disuelto que consumen los micro organismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Mide la eficacia de los procesos de tratamiento.

como primera etapa de un posterior tratamiento secundario. Su eficiencia de remoción de sólidos es de 55%. Los sólidos depositados en el fondo son recolectados por rastras giratorias que los conducen a una tolva de donde se extraen, generalmente por bombeo, para su tratamiento y disposición. Por lo general requieren equipo electromecánico para mover las rastras que colectan los sólidos.

## **b. Tratamiento secundario**

Se denomina así a los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos de procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno). Los procesos aerobios son generalmente más rápidos pero requieren condiciones favorables que permitan el desarrollo de microorganismos y la alimentación continua de oxígeno; son los más usados. Los procesos anaerobios son más lentos y son utilizados cuando la cantidad de materia orgánica es muy alta y el suministro de oxígeno se vuelve costoso; se utilizan como una depuración preliminar.

Existe una segunda clasificación: procesos de cultivo en suspensión, aquellos en los cuales los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica se mantienen en suspensión dentro del líquido y procesos de cultivo fijo, aquellos en los cuales los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica están fijados a un cuerpo inerte tal como piedras, escorias o materiales cerámicos o plásticos especialmente diseñados para tal función.

### **Procesos secundarios:**

#### **i. Lagunas de estabilización**

Se conoce con esta denominación a cualquier laguna o estanque o grupo de ellos proyectados para un tratamiento biológico. Pueden ser:

- **Lagunas anaeróbicas**

Se utilizan generalmente como una primera etapa de depuración; consiste en estanques de 3-4 metros de profundidad; se pueden considerar como un gran digestor ya que se le aplican cantidades de materia orgánica por unidad de volumen, de manera que prevalezcan las condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno). La

eficacia de remoción de DBO es de 75%-95% con 1-5 días de retención hidráulica. La eficiencia de estas lagunas decrece con temperaturas menores a 15° C. Una desventaja de estas lagunas es la producción de malos olores.

- **Lagunas facultativas**

Se diseñan con una profundidad entre 1,5 -2,5 metros y una cantidad de materia orgánica por unidad de superficie que permita el crecimiento de organismos que pueden reproducirse ante la presencia o ausencia de oxígeno y algas microscópicas que gracias al fenómeno de la fotosíntesis producen el oxígeno requerido para la estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. No produce los malos olores de las lagunas anaerobias. Su eficiencia de reposición de DBO es de 60-85 %, dependiendo de la temperatura. La eficiencia de remoción de bacterias es del 99,99 % con periodos de retención de 10 días.

- **Lagunas aireadas**

En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aireación y por la acción fotosintética de las algas y por la transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua. Este tipo de laguna es usado para aumentar la capacidad de las lagunas facultativas sobrecargadas o cuando la disponibilidad de terrenos es reducida, generalmente se diseñan con profundidades de 2-6 metros y tiempos de retención de 3-10 días.

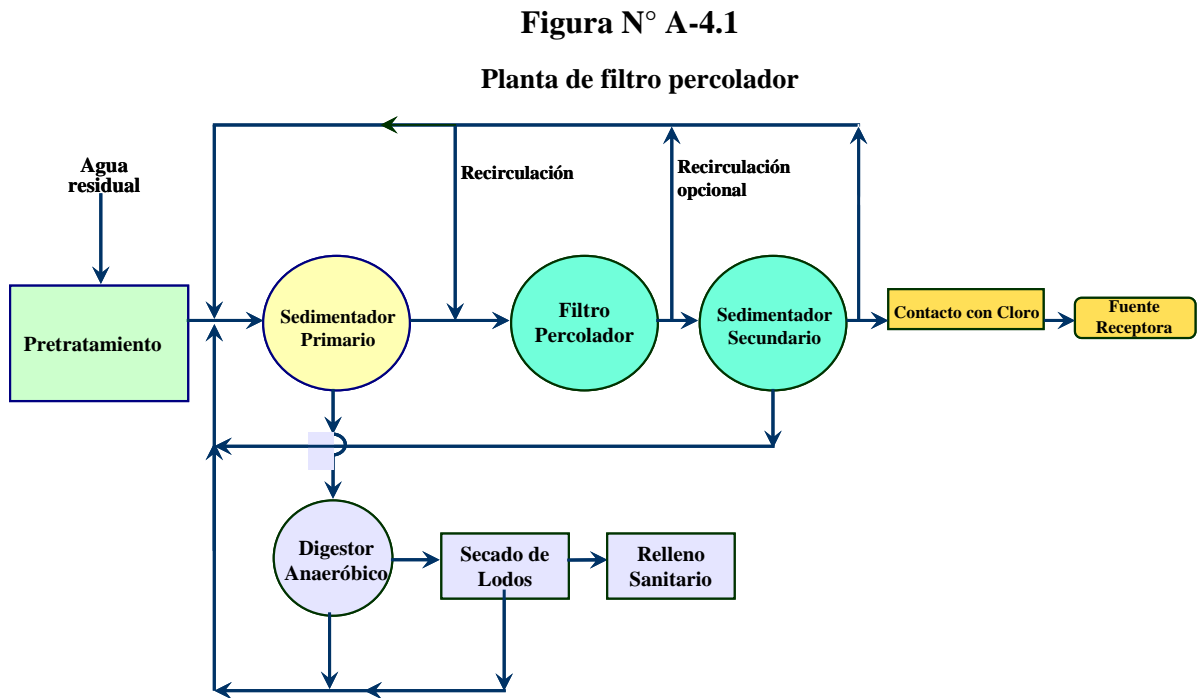
Requiere equipos de aireación. La eficiencia de remoción de DBO es del orden del 80-90 %

## **ii. Filtros percoladores**

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado ingresan a las unidades de tratamiento preliminar, luego reciben tratamiento biológico, la cual se realiza por medio de unidades de crecimiento biológico adherido llamados filtros percoladores de una etapa, rellenos con medio granular de piedra granítica o de media plástica; las aguas residuales en forma de lluvia mediante brazos distribuidores bañan la media produciendo el crecimiento bacteriano sobre la media, las aguas residuales pasan luego a un sedimentador secundario.

El exceso de crecimiento biológico (bio-película) o lodo mezclado con el líquido percolador, pasa a un proceso de clarificación secundaria, donde el líquido sobrenadante sigue hacia el proceso de desinfección con cloro y luego de un período de reacción en el tanque de contacto, es descargado al río.

Los lodos sedimentados y espesados en el fondo del clarificador, son derivados hacia un tratamiento de lodos. La eficacia de remoción de DBO de estas lagunas varía entre 60% y 90%. El respectivo esquema se muestra en la Figura N° A-4.1.



Fuente: Elaboración propia

### iii. Lodos activados con aireación extendida

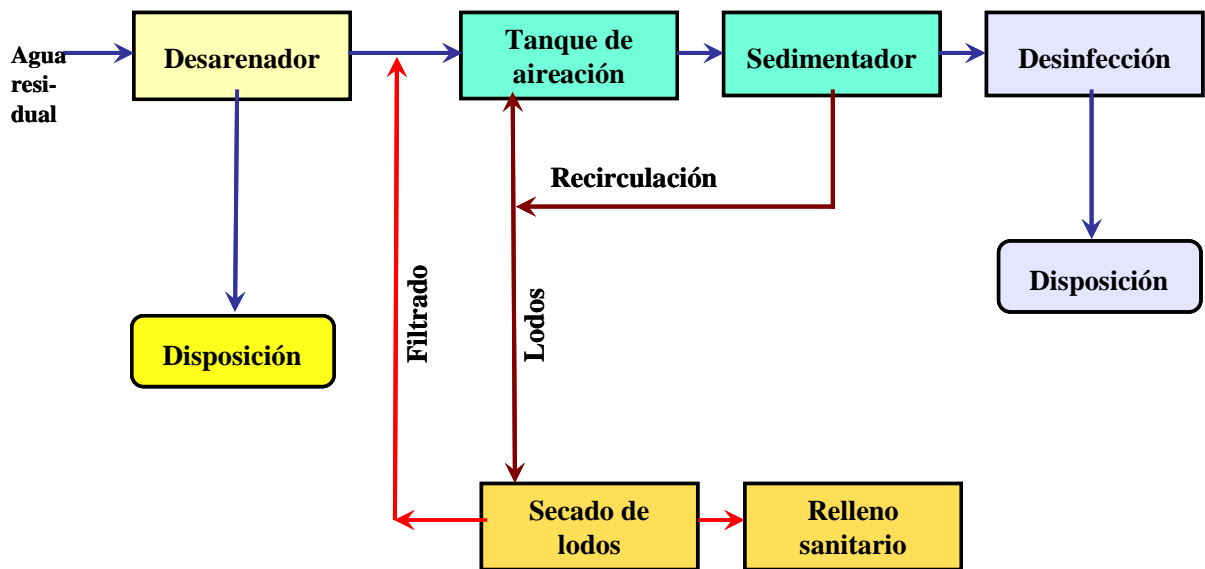
Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado ingresan a los tanques de aireación previo paso por las unidades de tratamiento preliminar compuesto por rejas y desarenador aireado. Luego las aguas residuales ingresan al tanque de aireación donde son aireadas y mezcladas mediante equipos de aireación superficial cuya función es la de inyectar oxígeno a las aguas residuales para que se produzca la biofloculación biológica y se genere una mezcla completa.

Seguidamente las aguas residuales floculadas pasan a sedimentadores secundarios donde se sedimentan y son recirculadas hacia el ingreso del tanque de aireación para enriquecer las aguas crudas y acelerar la floculación.

Las aguas clarificadas del sedimentador son derivadas hacia el proceso de desinfección con cloro y luego de un período de reacción en el tanque de contacto, son descargadas al río.

Los lodos en exceso generados por este proceso son derivados directamente hacia los tanques espesadores donde la concentración de los lodos es elevado al 3,5 por ciento pasándolos hacia la compactación de lodos a una concentración de 25 por ciento mediante equipos de filtro banda para posteriormente disponerlos como residuo sólido. El respectivo esquema se muestra en la Figura N° A-4.2.

**Figura N° A-4.2**  
**Lodos activados de aireación extendida**



Fuente: Elaboración propia

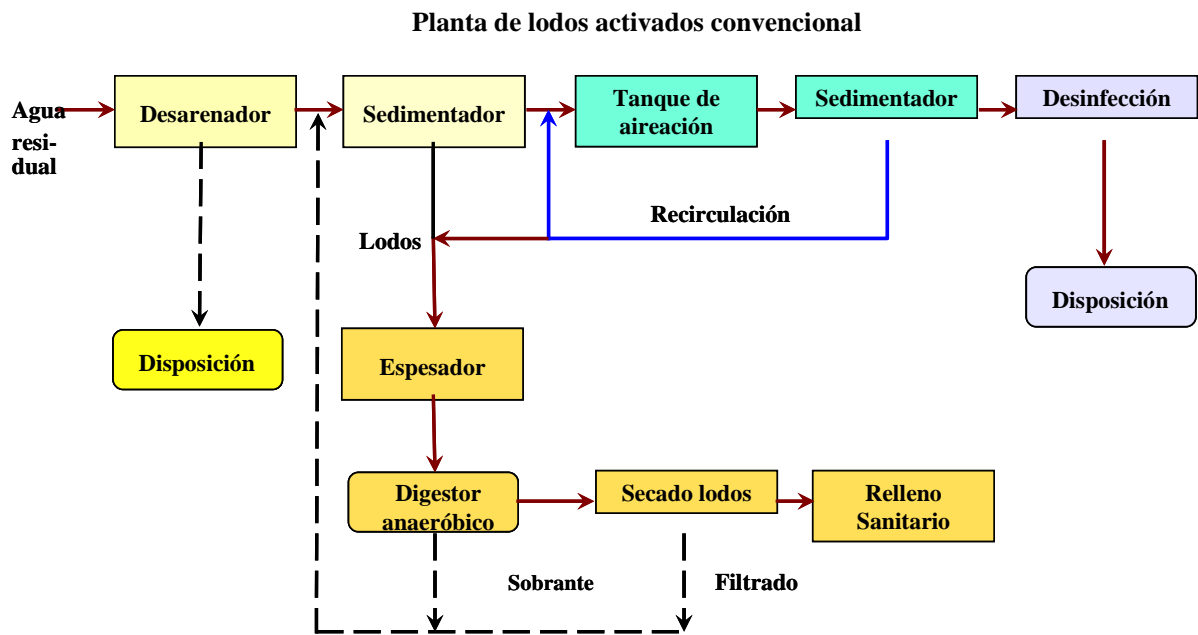
#### iv. Lodos activados convencional

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado llegan a los tanques de aireación previo pase por las unidades de tratamiento preliminar compuestas por rejillas y desarenador aireado donde los sólidos inertes y las arenas son eliminados para que no afecten la planta de tratamiento. Las aguas en el tanque de aireación son aireadas y mezcladas mediante equipos de aireación superficial cuya función es la de inyectar oxígeno a las aguas residuales para que se produzca la biofloculación biológica y producir una mezcla completa. La eficacia de remoción de DBO de estas plantas varía entre 70% a 98%.

Las aguas aireadas salen de los tanques de aireación hacia los sedimentadores donde se produce la separación agua-sólido, generándose dos tipos de efluentes en dichos tanques, el primero el lodo sedimentado y concentrado, una parte de éste es

recirculado al ingreso de los tanques de aireación y otro es derivado a un tanque de digestión aerobia. El lodo producido mediante este proceso es mayor que el generado por el proceso de lodos activados de aireación extendida y con un menor grado de mineralización, razón por la cual se requiere digestión aerobia del lodo. El respectivo esquema se muestra en la Figura N° A-4.3.

**Figura N° A-4.3**



Fuente: Elaboración propia

Las aguas clarificadas del sedimentador son derivadas hacia el proceso de desinfección con cloro y luego de un período de reacción en el tanque de contacto, son descargadas al río.

Los lodos en exceso generados en este proceso biológico, son derivados del fondo del tanque de sedimentación hacia otro tanque para oxidarlos aeróbicamente, produciendo la mineralización del lodo.

Los lodos digeridos aeróbicamente pasan hacia los tanques espesadores donde la concentración de los lodos es elevada al 3,5 por ciento, pasando luego a la unidad de deshidratación de lodos hasta alcanzar una concentración de 25 por ciento mediante el uso de equipos de filtro banda, pudiendo ser dispuestos a rellenos sanitarios o para utilizarse como mejoradores de suelos.

### **c. Tratamiento terciario**

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-químico-biológica adecuada para el uso al que se destina el agua residual o para descargas a cuerpos de agua que requieran la remoción de ciertos compuestos tales como nutrientes o inorgánicos disueltos que no fueron removidos en el tratamiento secundario.

Las aguas residuales domésticas en general no utilizan el tratamiento terciario, a menos que el reuso de las aguas tratadas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos de contaminación de lagos y/o acuíferos.

### **d. Desinfección**

Tratamiento suplementario cuando las aguas residuales tratadas se descargan en cuerpos de agua que van a utilizarse como fuentes de abastecimiento de público o para propósitos recreativos, para destruir organismos patógenos y sean mínimos los peligros en la salud. Existe desinfección física (filtración, ebullición, rayos ultravioletas) y químicas (aplicando cloro, bromos, yodos, ozono, iones, etc.).

Las características de los procesos de tratamiento más comunes y sus grados de tratamiento (eficiencia de remoción) se muestran en los Cuadros Anexo N° A-4.1 y A-4.2.

## **2. Criterios de selección de alternativas de tratamiento**

De acuerdo al Ing. Guillermo León Suematsu <sup>74/</sup> la selección de la alternativa de tratamiento se condiciona principalmente a los requerimientos y exigencias de las normas ambientales, en función de los usos a los cuales se destinen las aguas residuales tratadas y a los usos de los cuerpos receptores de éstos, tomándose en cuenta además la disponibilidad de terrenos.

## **3. Ventajas y desventajas de alternativas de tratamiento**

Los requerimientos de área de terreno para construir las PTAR, varían significativamente de acuerdo a la tecnología que se adopte. Ver el Cuadro Anexo N° A-4.3.

Las restricciones en disponer de terrenos están restando competitividad, en el país, a la alternativa de lagunas facultativas <sup>75/</sup>.

---

<sup>74/</sup> Fuente: Tecnología de Tratamiento de Agua Residuales Usadas en América Latina y el Caribe. Criterios de Selección de Tecnologías. Separatas. Material de Clases Facultad de Ingeniería Ambiental UNI, Ing. Guillermo León Suematsu.

<sup>75/</sup> Como es el caso del proyecto de PTAR de la ciudad de Puno.

### Cuadro N° A-4.1

Características de los procesos de tratamiento de aguas residuales más comunes

Tipo de planta	Nivel de tratamiento	Objetivo de los procesos de tratamiento	Procesos previos requeridos	Costos		Grado de dificultad en operación y mantenimiento
				Construcción	Operación y mantenimiento	
Tanque Imhoff	Primario	Remoción de SS y DBO <sup>a/</sup> Digestión de lodos	Rejillas y desarenador	Bajos	Bajos	Mínimos
Sedimentador primario	Primario	Remoción SE SS <sup>b/</sup> Remoción patógenos	Rejillas y desarenador	Bajos	Medios	Medios <sup>c/</sup>
Laguna de estabilización	Secundario	Remoción DBO	Ninguno	Bajos	Bajos	Mínimo
Zanjas de oxidación	Secundario	Remoción DBO	Rejillas, desarenador y sedimentador	Medios	Medios	Medios <sup>c/</sup>
Lagunas aireadas	Secundario	Remoción DBO	Rejillas, desarenador, Sedimentador primario <sup>d/</sup>	Medios	Medios	Medios <sup>c/</sup>
Filtros percoladores	Secundario	Remoción DBO	Rejillas, desarenador, sedimentador primario <sup>d/</sup>	Altos	Altos	Alto <sup>c/</sup>
Lodos activados	Secundario	Remoción DBO	Rejillas, desarenador, sedimentador primario <sup>d/</sup>	Altos	Altos	Alto <sup>c/</sup>

<sup>a/</sup> DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno; SS= Sólidos Sedimentables

<sup>b/</sup> En forma indirecta se remueve DBO

<sup>c/</sup> Requiere manejo y disposición de lodos

<sup>d/</sup> Requiere de Sedimentación secundaria y cloración (procesos posteriores)

<sup>e/</sup> Requiere mantenimiento periódico para remover y disponer lodos acumulados

Fuente: Guillermo León Suematsu. Obra citada.



## Cuadro N° A-4.2

### Grado de tratamiento alcanzado según diferentes procesos

Unidades de tratamiento o combinaciones	Eficiencia de remoción (%)							
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	P <sub>TOTAL</sub>	N <sub>ORG</sub>	NH <sub>3</sub>	Bacterias	Coliformes
1. Tratamiento preliminar	Pequeña (a) <sup>1/</sup> 5 – 10 (b)	Pequeña (a) <sup>1/</sup>	Pequeña (a) <sup>1/</sup> 5 – 20 (b)	Pequeña (a) <sup>1/</sup>	Pequeña (a) <sup>1/</sup>	Pequeña (a) <sup>1/</sup>	Pequeñas (a) 10 – 20 (b)	Pequeñas (a)
2. Sedimentación primaria	30 – 40 (a) 25 – 40 (b) 25 – 40 (c)	30 – 40 (a)	50 – 65 (a) 40 – 70 (b) 40 – 70 (c)	10 – 20 (a)	10 – 20 (a)	0 (a)	25 -75 (b) 25 – 75 (c)	40 – 60 (b)
3. Lodos activados convencionales	80 – 85 (a) 75 – 95 (b) 70 – 98 (c)	80 – 85 (a)	80- 90 (a) 85 – 95 (b) 85 – 98 (c)	10 – 25 (a)	15 -50 (a)	8 -15 (a)	90 -98 (b) 95 – 98 ( c )	
4. Filtro percolador de alta tasa	60 -80 (a) 65 – 90 (b) 60 – 85 (c)	60 – 80 (a)	60 – 85 (a) 65 – 92 (b) 70 – 90 (c)	8 – 12 (a)	15 -50 (a)	8 -15 (a)	70 -90 (b) 90 – 95 ( c )	80 – 90 (b)
5. Laguna de estabilización <sup>2/</sup>	90 (b) 75 – 95 (c) 78 (d) <sup>3/</sup>	70 (d) <sup>3/</sup>	90 – 99 ( c ) 62 (d) <sup>3/</sup>	41 (d) <sup>3/</sup>	45 (d) <sup>3/</sup>		99 (b) 90 – 95 (c)	99,99 (d) <sup>3/</sup>
6. Zanja de oxidación	92 – 95 (b)		95 – 98 (b)		60 – 75 (b)			98 – 99 (b) (con cloración)
7. Desinfección cloración de AR cruda o decantada cloración de AR de efluentes secundarios	Pequeña 15 – 30 (b)	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Pequeña	90 – 95 (b) 98 – 99 (c)	80 – 99 (b)
8. Coagulación y sedimentación después de (1) o (3) o (4)	40 – 70 (a) 50 -85 (b) 50 – 85 (c) 40 – 70 (e)	40 – 70 (a) 30 – 60 (b)	50 – 80 (a) 70 – 90 (b) 70 – 90 (c) 80 – 90 (e)	70 -90 (a)	50- 90 (a)	0 (a)	40- 80 (b) 40 – 80 (c) 80 – 90 (e)	60 – 90 (b)

NOTA: DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) Ptotal (Fósforo total), Ntotal (Nitrógeno Total), NH<sub>3</sub> (Amoníaco), SST (Sólidos Sedimentables totales).

1/ La remoción de DBO puede variar si se emplea un desmenuzador y/o un lavado de arenas. Sin estos medios la remoción de DBO5 puede ser de 0,5% y la SST de 5 – 10 %

2/ Lagunas de estabilización formando un sistema de lagunas.

3/ Eficiencias obtenidas de las lagunas en serie (primaria + secundarias + terciarias).

(a) Datos tomados de los libros de Syed R Qasim "Wastewater Treatment Plants".

(b) Datos tomados del libro de Constantino Arruda Pessoa y Eduardo Pacheco Jordao "Tratamiento de Esgostos Domésticos "Río de Janeiro, ABES 1982.

(c) Datos tomados de la publicación de Fabián Yanez "Criterios de Selección para Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales" CEPIS 1976.

(d) Tomados del resumen ejecutivo del proyecto de investigación "Recursos en Acuicultura de las Aguas Residuales Tratadas en las Lagunas de Estabilización de San Juan, CEPIS, Perú, Oct/1991

(e) Datos tomados de los manuales del curso sobre "Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales" CNA- IMTA México Ago/ 1993

Fuente: Guillermo León Suematsu. Obra citada.

### Cuadro N° A-4.3

Area Requerida por diferentes tecnologías para tratar 500 litros/segundo de aguas residuales por día

Tecnología de tratamiento	T (días)	Profundidad (metros)	Area promedio (hectáreas)
I. Lodos activado	0,6 - 2	<5	1,87
II. Lagunas de tratamiento			
Facultativas	10 - 20	1,5	43,2
Lagunas aireada	2 - 7	2,5 - 5	4,86
Lagunas anaerobia	1 - 5	2,5 - 5	3,46
	<b>Carga (m3/m2/día)</b>		
III Filtros Percoladores	1 - 3		2,16

Fuente. Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas de Agua Potable del Perú y Propuestas de Solución. SUNASS.2008

Las ventajas y desventajas más notables de las tecnologías de lodos activados, filtros percoladores y lagunas de estabilización se muestra en el Cuadro Anexo A-4.4.

#### 4. Tratamiento requerido en función al cuerpo receptor

La selección de procesos de tratamiento de aguas residuales debe realizarse normativamente como consecuencia de la definición de un objetivo de calidad de los efluentes, el cual debe ser compatible con los usos del cuerpo receptor aguas abajo de la descarga. En el caso del uso del agua para fines de riego de vegetales, su calidad correspondiente está determinada por el tipo de cultivo.

Los parámetros que debe cumplir el agua para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto se muestran en el Cuadro Anexo N° A-4.5.

El Reglamento Nacional de Construcciones en su Norma OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Decreto Supremo N° 001-2006-VIVIENDA) establece que:

- “El requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor”.
- “En el caso de aprovechamiento de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, el grado de tratamiento se determinará de conformidad con los requisitos de calidad para cada tipo de aprovechamiento de acuerdo a norma”.

### Cuadro N° A-4.4

#### Ventajas y desventajas de algunos procesos de tratamiento de aguas residuales

Proceso de tratamiento	Cuadro Comparativo	
	Ventajas	Desventajas
<b>1. Sistema de Lodos Activados Convencional</b>	<p>Alta calidad del efluente tratado debido al control de flujo de aguas residuales, el oxígeno y la densidad bacteriana (lodo activado).</p> <p>Mayor eficiencia en el tratamiento, comparado con los lechos biológicos, debido a la mayor independencia de la temperatura (flexibilidad operacional).</p> <p>Menor aérea comparada a la requerida por los filtros biológicos. Periodos más cortos de arranque (menos de dos semanas) en comparación con el de lechos biológicos (4 a 6 semanas). No produce olores desagradables ni atraen moscas.</p>	<p>Requerimiento de energía para la aireación. Altos costos de operación y mantenimiento. Necesidad de utilizar personal operador especializado.</p> <p>Sistema sensible a sobrecargas y cambios bruscos en la calidad del efluente.</p> <p>Necesidad de un complejo control operacional (análisis de laboratorio frecuentes, medición de flujo etc.).</p>
<b>2. Filtros Percoladores o Rociadores</b>	<p>No necesita de un equipo para suministro de oxígeno. Baja producción de lodos.</p> <p>Menor área superficial de construcción, considerando la alta producción de biomasa generada en la gran área superficial de contacto del medio filtrante.</p> <p>No se requiere personal altamente calificado.</p>	<p>Estructuras altas (más de 3 m) que generalmente obligan a bombear las Aguas Residuales desde el sedimentador.</p> <p>Área superficial relativamente grande.</p> <p>Pueden existir problemas de olor especialmente en las zonas más cálidas.</p> <p>Presencia de larvas de moscas, que desarrolladas en exceso pueden obstaculizar el proceso de clarificación y crear molestias en las viviendas</p>
<b>3. Lagunas de Estabilización</b>	<p>Pueden recibir y retener grandes cantidades de aguas residuales, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tratamientos.</p> <p>Formación de biomasa mas efectiva y variada que en otros procesos de tratamiento.</p> <p>No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.</p> <p>Debido a los periodos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.</p> <p>Mínimo mantenimiento.</p> <p>No requiere de personal calificado.</p>	<p>Necesita de mayor aérea de terreno.</p>

Fuente: Guillermo León Suematsu. Obra citada.

### Cuadro N° A-4.5

Parámetros para Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto

Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor
<b>Fisicoquímicos</b>			<b>Inorgánicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370	Aluminio	mg/L	5
Calcio	mg/L	200	Arsénico	mg/L	0,05
Carbonatos	mg/L	5	Bario total	mg/L	0,7
Cloruros	mg/L	100-700	Boro	mg/L	0,5-6
Conductividad	(uS/cm)	< 2000	Cadmio	mg/L	0,005
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	Cianuro Wad	mg/L	0,1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	Cobalto	mg/L	0,05
Fluoruros	mg/L	1	Cobre	mg/L	0,2
Fosfatos-P	mg/L	1	Cromo (6+)	mg/L	0,1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10	Hierro	mg/L	1
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0.05	Litio	mg/L	2,5
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 4	Magnesio	mg/L	150
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	Manganeso	mg/L	0,2
Sodio	mg/L	200	Mercurio	mg/L	0,001
Sulfatos	mg/L	300	Níquel	mg/L	0,2
Sulfuros	mg/L	0,05	Plata	mg/L	0,05
			Plomo	mg/L	0,05
			Selenio	mg/L	0,05
			Zinc	mg/L	2

Parámetros para riego de vegetales

Parámetros	Unidad	Vegetales tallo bajo Valor	Vegetales tallo alto Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	2000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5000	5000
Enterococos	NMP/100mL	20	100
Escherichia coli	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevos/litro	< 1	< 1
Salmonella sp.	-	Ausente	Ausente

Fuente: Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Ministerio del Ambiente.

- “En ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. El tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga, deberá ser el tratamiento primario”.
- “Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos. Se dará especial consideración a la remoción de parásitos intestinales, en caso de requerirse. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad, reduciendo al mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitando al máximo la importación de partes y equipos”.

## Anexo N° 5

### **INSTRUMENTOS Y AYUDAS PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA METODOLOGICA DE EVALUACION BENEFICIO COSTO EN PROYECTOS DE PTAR <sup>76/</sup>**

#### **1. Fase de simulación del mercado**

##### **a. Etapa de descripción del mercado hipotético**

Los instrumentos de esta etapa son los siguientes:

##### **i Focus Group**

Se constituye un grupo de personas, entre 8 y 12 participantes y un moderador, donde se planea discutir sobre el proyecto. Las personas elegidas deben ser parte del grupo a ser beneficiado por el proyecto. La duración de la reunión es de una a dos horas.



Fuente: Elaboración propia

---

<sup>76/</sup> Anexo del Capítulo IV.

La dinámica de la reunión se inicia con la presentación de los participantes. A continuación se describen los principales problemas de la comunidad, la situación del abastecimiento del agua potable y del servicio de alcantarillado sanitario, la problemática ambiental causada por los vertimientos de aguas residuales sin tratar a los cursos de agua, la explicación del planteamiento técnico del proyecto.

La pregunta sobre la disposición a pagar se plantea después de presentar el proyecto, precisar los beneficios ambientales para la colectividad atribuibles a su implementación así como del esclarecimiento de las dudas de los participantes.

Luego del Focus Group se efectúa una Ayuda Memoria de la reunión destacando los principales aspectos tratados y comentados.

## **ii Encuesta piloto**

Se debe realizar la encuesta piloto en la localidad (se recomienda unas treinta encuestas como mínimo) para probar la funcionalidad de la encuesta y conocer la actitud de la población respecto al desarrollo de la encuesta.

Se recomienda que los precios hipotéticos de la encuesta, sean identificados a través de la encuesta piloto, preguntando al entrevistado, en términos abiertos (formato continuo), sobre el precio hipotético que estaría dispuesto a pagar por el bien. Los precios hipotéticos identificados y validados en las prueba piloto, evitan disponer de un abanico de valores muy bajos (que induzcan una elevada proporción de respuestas afirmativas) o excesivamente altos (que induzcan una elevada proporción de respuestas negativas), o excesivamente concentrado o disperso.

Los resultados de la encuesta piloto permiten efectuar ajustes al formulario, a fin de lograr la receptividad positiva de las familias. Los precios hipotéticos resultantes se incorporaran en el cuestionario definitivo.

## **2. Fase de estimación del tamaño de la muestra**

La fórmula utilizada para estimar el tamaño de la muestra es la siguiente:

$$n = \left( \frac{z * s}{YE} \right)^2$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra.

Z : Límite de confianza requerido para generalizar los resultados. Para encontrar el valor de “Z”, se hace uso de la tabla de áreas bajo la curva normal tipificada de 0 a Z. Se considera un nivel del 95% de confianza= 1,96.

s : Desviación estándar de precios hipotéticos o ingresos familiares registrados en la encuesta piloto.

Y : Promedio de los precios hipotéticos o ingresos familiares registrados en la encuesta piloto.

E : Nivel de precisión para generalizar los resultados. Se recomienda sea del 5%.

La muestra es bietápica, considerando a las manzanas como unidad primaria de muestreo y a las viviendas como unidades secundarias de muestreo.

### 3. Fase de procesamiento de datos

#### a. Etapa de elaboración de la base de datos

En el Cuadro Anexo N° A.5-1, se presenta un ejemplo de base de datos de la información recolectada mediante la encuesta.

**Cuadro N° A-5.1**

Base de datos parcial elaborada con información de la encuesta

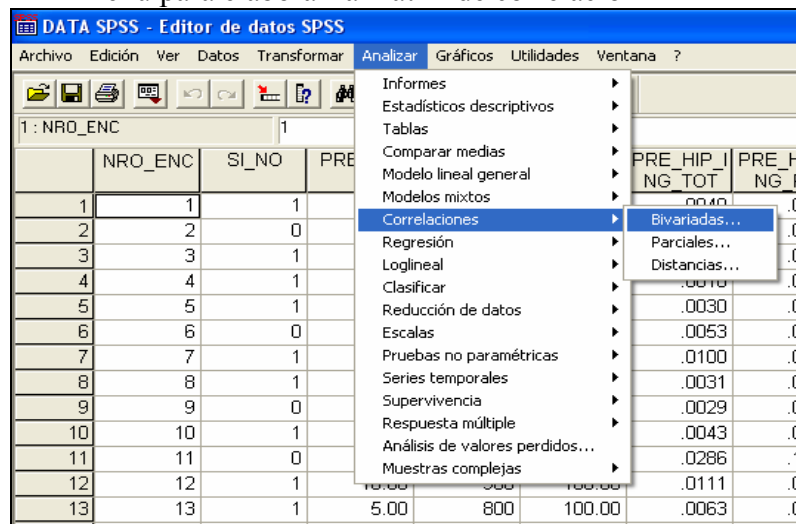
NRO_ENC	SI_NO	PRE_HIP	INGRESOS	ING_PER_CA	PRE_HIP_ING_TOT
1	1	12,00	2970	495,00	0,0040
2	0	11,00	670	223,33	0,0164
3	1	8,00	600	150,00	0,0133
4	1	2,50	2500	416,67	0,0010
5	1	6,00	2000	400,00	0,0030
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
100	1	3,00	1600	160,00	0,0019
101	0	1,00	400	66,67	0,0025
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
304	1	10,00	2400	400,00	0,0042
305	1	4,00	800	160,00	0,0050
310	0	4,00	900	180,00	0,0044
311	0	8,00	500	125,00	0,0160
312	1	8,00	1600	533,33	0,0050
313	1	8,00	1900	380,00	0,0042
314	1	6,00	2800	466,67	0,0021
315	1	10,00	900	150,00	0,0111
316	1	10,00	1300	185,71	0,0077

Fuente: Elaboración propia.

**b. Etapa de análisis de variables**

En el Cuadro Anexo N° A.5-2, se presenta el menú de comandos para realizar el análisis de correlación entre variables con el programa SPSS.

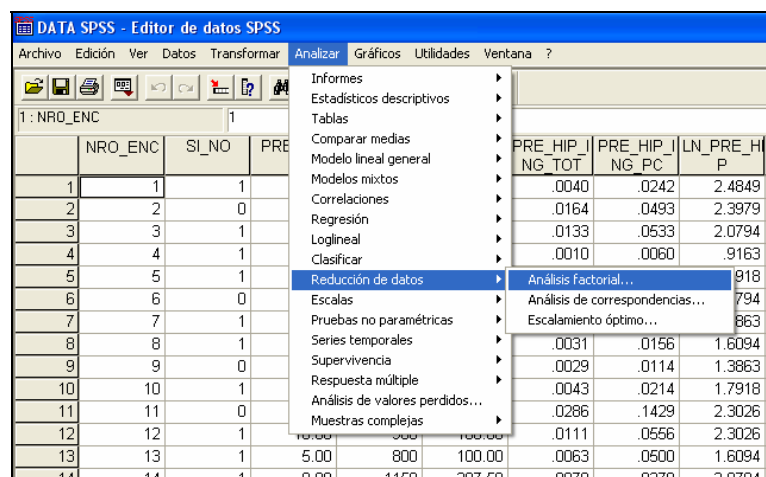
**Cuadro N° A-5.2**  
Menú para elaborar la matriz de correlación



Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro Anexo N° A.5-3, se presenta el menú de comandos para realizar el análisis factorial de variables con el programa SPSS. Las opciones del paquete estadístico SPSS para dicho análisis son: Analizar, Reducción de Datos, Análisis Factorial, tal como se muestra a continuación.

**Cuadro N° A-5.3**  
Análisis factorial de variables

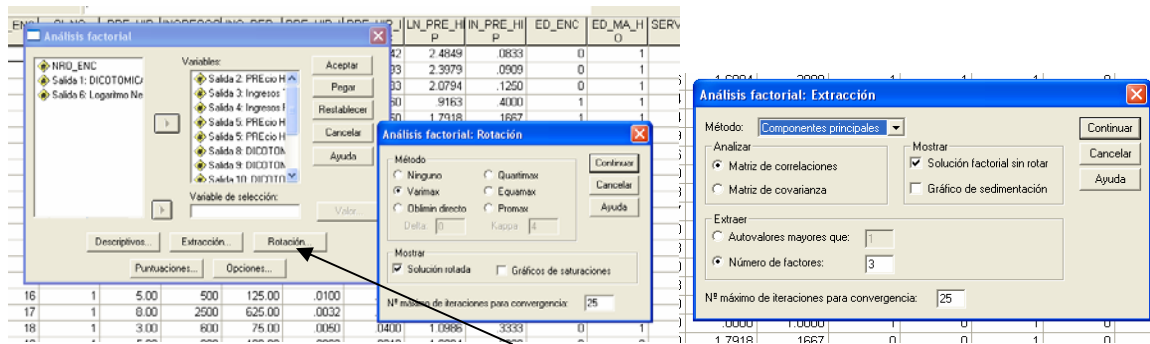


Fuente: Elaboración propia.



En el Cuadro Anexo N° A-5.4, se presenta el menú de comandos para elaborar la matriz de Componentes Rotados. Para este proceso se utiliza el método de Rotación VARIMAX del SPSS.

**Cuadro N° A-5.4**  
Matriz de componentes rotados



Se selecciona el conjunto de variables que se quiere analizar y se traslada al cuadro del lado derecho (lista de variables), considerando el número de rotados (3 en este caso).

En dicha matriz las variables con cargas más altas en un componente indican una estrecha correlación entre las variables y el respectivo componente que las incluye. En consecuencia se seleccionan las variables con valores más altos de cargas factoriales. Ver ejemplo en el Cuadro Anexo N° A-5.5, de acuerdo al cual se seleccionan las variables Ingresos Totales, Precios Hipotéticos y Educación del Encuestado.

**Cuadro N° A-5.5**

Matriz de componentes rotados

Rubro	Componente		
	1	2	3
Salida 2: Precio hipotético S/.	0,026	<b>0,914</b>	0,097
Salida 3: Ingresos totales	<b>0,899</b>	0,159	0,243
Salida 4: Ingresos per cápita	0,891	0,063	0,102
Salida 5: Precio hipotético/ingresos totales	-0,703	0,433	-0,176
Salida 8: Dicotómica: Educ. encuest. SI = superior	0,161	0,035	<b>0,785</b>
Salida 9: Dicotómica: Educ. hogar SI = superior	0,100	0,076	0,779
Salida 10: Dicotómica: Servicios higiénicos. SI = superior	0,004	-0,263	0,279
Salida 11: Pisos de vivienda parquet o madera pulida = 1	0,148	0,045	0,506
Salida 7: Inversa precio hipotético	-0,001	-0,898	-0,102

Fuente: Elaboración propia.

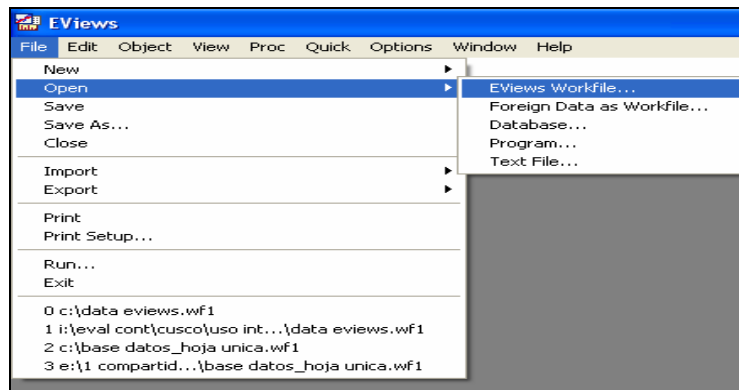
### c. Etapa de estimación y evaluación de los modelos

#### i. Estimación de los modelos

Utilizando el programa Econometrics Views EViews, se formulan los modelos econométricos con la función logit y sus indicadores de bondad estadística, siguiendo los pasos que se detallan a continuación.

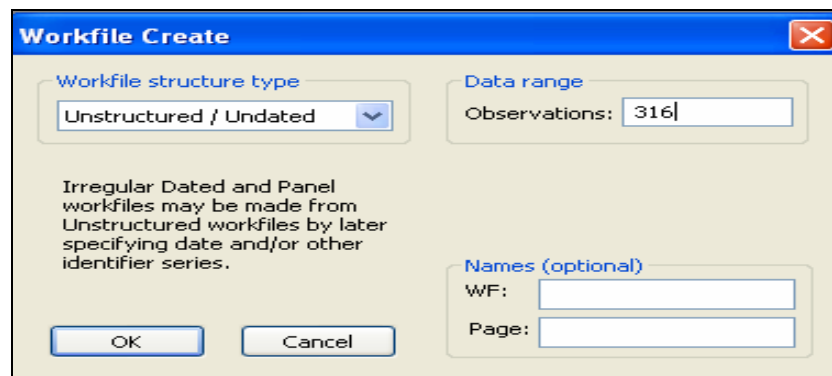
- **Abrir, introducir y archivar datos**

- Los datos de un archivo existente tienen extensión wf1.  
Opción: File/Open/Eviews Workfile



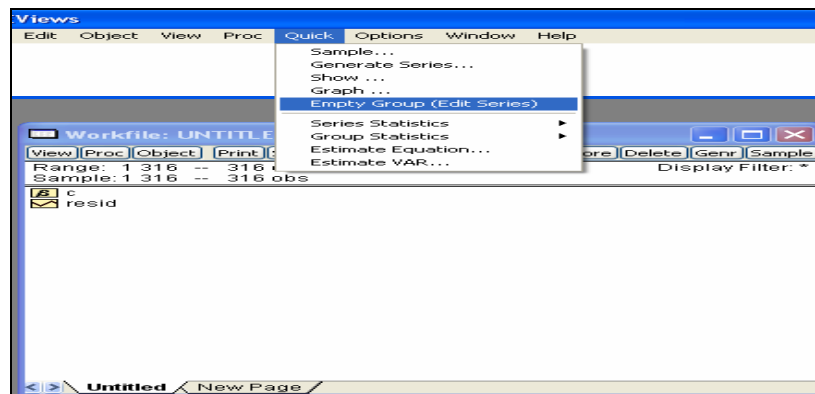
- Si no existiera un archivo,  
Opción: File/New/Workfile

Seguidamente en la ventana que se mostrará la opción Workfile structure type, para el caso de la valoración contingente, por tratarse de datos transversales, seleccionar la opción Unstructured / Undated y fijar el número de observaciones.



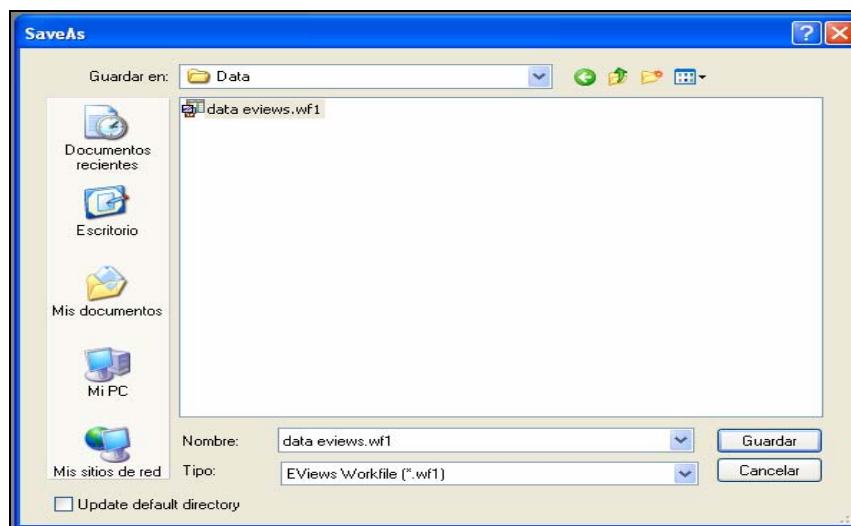
Definido el número de variables que tendrá la base de datos, crear las variables e ingresar los datos:

Opción: Quick/



Se apertura así una ventana en la cual se ingresan los datos para la variable.

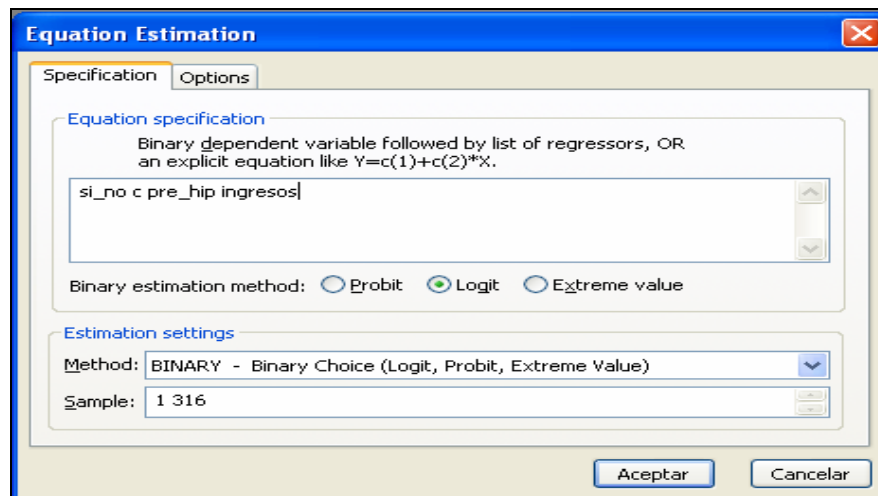
- Para archivar los datos o los resultados:  
Opción: File/Save As, asignar un nombre y guardar.



## • Análisis de regresión

Opción: Quick/Estimate Equation

En la ventana que aparece, se ingresa la forma definida para la ecuación de regresión, de manera ordenada, primero la variable dependiente, para especificar que se debe calcular la constante ingresar “c” y luego las variables independientes. Luego en el menú Method, se selecciona la opción BINARY – Binary Choice (Logit, Probit, Extreme Value), y aparece la opción Binary estimation method, y se selecciona la opción Logit. Luego Aceptar.

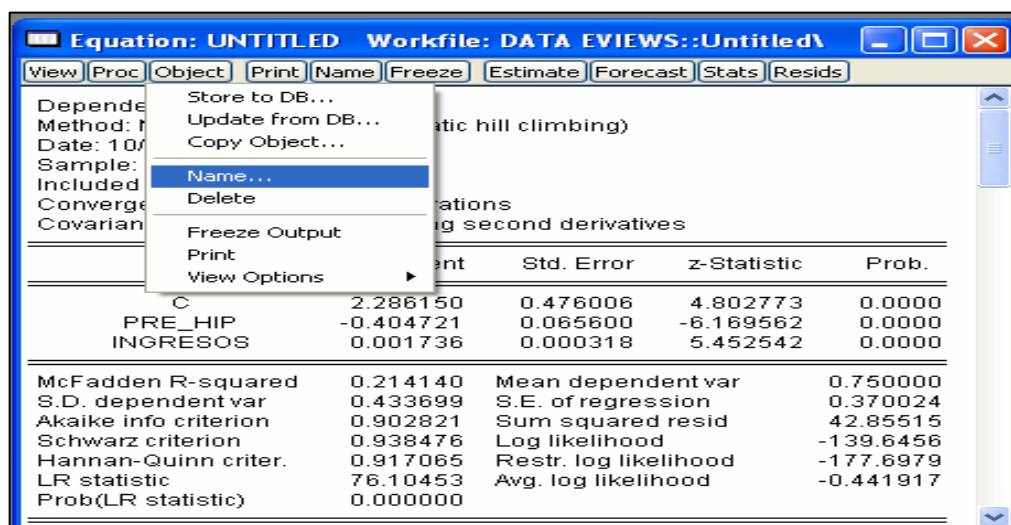


Se obtiene como salida, los resultados del modelo, tal como se muestra a continuación.

Dependent Variable: SI_NO				
Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)				
Date: 10/10/09 Time: 00:40				
Sample: 1 316				
Included observations: 316				
Convergence achieved after 4 iterations				
Covariance matrix computed using second derivatives				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2,286150	0,476006	4,802773	0,000000
PRE_HIP	-0,404721	0,065600	-6,169562	0,000000
INGRESOS	0,001736	0,000318	5,452542	0,000000
McFadden R-squared	0,214140	Mean dependent var		0,750000
S.D. dependent var	0,433699	S.E. of regression		0,370024
Akaike info criterion	0,902821	Sum squared resid		42,85515
Schwarz criterion	0,938476	Log likelihood		-139,6456
Hannan-Quinn criter.	0,917065	Restr. log likelihood		-177,6979
LR statistic	76,10453	Avg. log likelihood		-0,441917
Prob(LR statistic)	0,000000			

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se guardan en la misma hoja, en una carpeta específica con la opción: Object/Name.



Fuente: Elaboración propia.

Se presenta una ventana donde se da un nombre al modelo.

## ii. Evaluación de los modelos-análisis de variables

A continuación se presente un ejemplo sobre el análisis de la significancia estadística de las variables del modelo 6.

**Modelo 6:** SI\_NO C PRE\_HIP SI\_TI\_PI\_1

Dependent Variable: SI_NO					
Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)					
Date: 10/06/09 Time: 21:47					
Sample: 1 316					
Included observations: 316					
Convergente achieved after 3 iterations					
Covariance matrix computed using second derivatives					
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	Comentario
C	3.153873	0.436170	7.230835	0.00000	Coef. significativo por ser la prob menor a 0,05
PRE_HIP	-0.318006	0.057902	-5.492160	0.00000	Coef. significativo por ser la prob menor a 0,05
SI_TI_PI_1	0.917809	0.460435	1.993353	0.0462	Coef. significativo por ser la prob menor a 0,05

Fuente: Elaboración propia.

### iii. Evaluación de los modelos-análisis comparativo de modelos

#### - Modelo logit: probabilidad de la DAP y aplicaciones

Tomando como referencia la base de datos de la encuesta y el Modelo 3, se calcula la probabilidad de la DAP de los encuestados, y su aplicación para estimar la bondad de ajuste, el Chi cuadrado así como la mediana de la DAP correspondientes.

#### - Probabilidad estimada de la DAP

Las funciones Logit del Modelo 3 para estimar la probabilidad de la DAP, son las siguientes:

$$\Pr(P = 1=SI) = \frac{1}{1 + e^{-Z}} = \frac{1}{1 + e^{-(2.286150 - 0.404721 \text{ Precio Hipotetico} + 0.001736 \text{ Ingresos})}}$$

$$\Pr(P = 0=NO) = \frac{1}{1 + e^Z} = \frac{1}{1 + e^{+(2.286150 - 0.404721 \text{ Precio Hipotetico} + 0.001736 \text{ Ingresos})}} = 1 - \Pr(P=1)$$

Reemplazando en las ecuaciones el valor de las variables, a nivel de c/u. de los encuestados, se obtienen como resultados las probabilidades dicotómicas pronosticadas que se muestran en el Cuadro Anexo N° A-5.6.

#### - Bondad de ajuste

A partir de la comparación de las probabilidades dicotómicas observadas y pronosticadas de c/u. de los encuestados, que se detallan en el Cuadro Anexo N° A-5.7, se ha elaborado la matriz de doble entrada del Cuadro Anexo N° A-5.8 que establece el número de probabilidades acertadas y erradas que pronostica el modelo.

#### - Cálculo del Chi Cuadrado

Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Chi Cuadrado} = 2 * (\text{LogL} - \text{LogL}_0)$$

Donde:

LogL= log likelihood function

LogL<sub>0</sub>= Restricted log likelihood

**Cuadro N° A-5.6**

Probabilidades dicotómicas pronosticadas: Modelo

N° de Encuesta	Probabilidad Pronosticada Pr (P=1)	Probabilidad Pronosticada Pr (P=0)
1	0.93	0.07
2	0.27	0.73
3	0.52	0.48
4	1	0
5	0.97	0.03
6	0.84	0.16
14	0.74	0.26
.	.	.
.	.	.
305	0.89	0.11
306	0.27	0.73
307	0.69	0.31
308	0.78	0.22
309	0.59	0.41
310	0.9	0.1
311	0.48	0.52
312	0.86	0.14
313	0.91	0.09
314	0.99	0.01
315	0.45	0.55
316	0.62	0.38

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° A-5.7**

Valores dicotómicos observados y pronosticados: Modelo 3

N° de Encuesta	Dicotómico observado		Probabilidad pronostica			Valores dicotómicos pronósticos acertados		Valores dicotómicos pronósticos errados	
	Si	No	Continuo	Dicotómico		Si	No	Si	No
				Si	No				
1	1		0.93	1		Y			
2		0	0.27		0		Y		
3	1		0.52	1		Y			
4	1		1	1		Y			
5	1		0.97	1		Y			
6		0	0.84	1					X
14	1		0.74	1		Y			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
305	1		0.89	1		Y			
306		0	0.27		0		Y		
307	1		0.69	1		Y			
308	1		0.78	1		Y			
309	1		0.59	1		Y			
310		0	0.9	1					X
311		0	0.48		0		Y		
312	1		0.86	1		Y			
313	1		0.91	1		Y			
314	1		0.99	1		Y			
315	1		0.45		0			X	
316	1		0.62	1		Y			
Total casos	237	79		268	48	224	35	13	44

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° A-5.8**  
Bondad de ajuste del Modelo 3

		Observado		
		0	1	Total
Pronosticado	0	35	13	48
	1	44	224	268
	Total	79	237	316

Fuente: Elaboración propia

Bondad de Ajuste = Porcentaje de aciertos =  $(35 + 224)/316 = 82 \%$

**- Cálculo del log likelihood function- LogL**

A partir de la siguiente función logit,  $= \frac{1}{1 + e^{-z}}$  se calcula la probabilidad  $Pr_i = 1$ .

Por ejemplo, para el caso del Modelo 3, la función es la siguiente:

$$= \frac{1}{1 + e^{-(2.286150 - 0.404721 \text{ Precio Hipotetico} + 0.001736 \text{ Ingresos})}}$$

El LogL, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{LogL} = \sum_{i=1}^n \text{Ln } Pr_i * W_i + \ln(1 - Pr_i) * (1 - W_i)$$

Donde:

- Ln, es logaritmo neperiano.
- $Pr_i$  es la probabilidad pronosticada de Pr (P=1) con la función logit, para el encuestado i.
- $W_i=(1,0)$ , es la respuesta dicotómica observada en la encuesta, es decir 1=SI y 0=NO.

El cálculo detallado del LogL, se muestra en el Cuadro Anexo N° A-5.9.

**- Cálculo del restricted log likelihood)- LogL<sub>0</sub>**

A partir de la siguiente función logit,  $= \frac{1}{1 + e^{-z}}$  donde  $z = \alpha$  (coeficiente del intercepto) se calcula la probabilidad  $Pr_i=1$ .

Para el caso del Modelo 3, la función es la siguiente:

$$= \frac{1}{1 + e^{-\alpha}} = \frac{1}{1 + e^{-(1.09861)}} = 0,75$$



### Cuadro N° A-5.9

Cálculo del Log likelihood function (LogL): Modelo 3

Observación	Dicotómico Observado (a)	Probab. Pronosticada (Prob. SI) (b)	Prob. NO (1 - Prob.SI) (c)	Ln (b) x (a) (d)	Ln (c) x (1-(a)) (e)	(d) +(e) (f)
1	1	0.93	0.070	-0.073	0.000	-0.073
2	0	0.27	0.73	0.000	-0.313	-0.313
3	1	0.52	0.48	-0.649	0.000	-0.649
4	1	1.00	0.00	-0.004	0.000	-0.004
5	1	0.97	0.03	-0.035	0.000	-0.035
6	0	0.84	0.16	0.000	-1.828	-1.828
7	1	0.80	0.20	-0.228	0.000	-0.228
8	1	0.95	0.05	-0.047	0.000	-0.047
9	0	0.96	0.04	0.000	-3.142	-3.142
10	1	0.91	0.09	-0.097	0.000	-0.097
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
309	1	0.59	0.41	-0.533	0.000	-0.533
310	0	0.90	0.10	0.000	-2.332	-2.332
311	0	0.48	0.52	0.000	-0.652	-0.652
312	1	0.86	0.14	-0.149	0.000	-0.149
313	1	0.91	0.09	-0.091	0.000	-0.091
314	1	0.99	0.01	-0.009	0.000	-0.009
315	1	0.45	0.55	-0.798	0.000	-0.798
316	1	0.62	0.38	-0.476	0.000	-0.476
<b>LogL</b>						<b>-139.650</b>

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la fórmula para estimar el  $\text{LogL}_0$  son similares al indicado para el caso del LogL.

El cálculo detallado del  $\text{LogL}_0$ , se muestra en el Cuadro Anexo N° A-5.10.

- Cálculo del ratio Chi cuadrado

$$\text{Chi Cuadrado} = 2 * (\text{LogL} - \text{LogL}_0)$$

$$\text{Chi cuadrado} = 2 (-139,650 - (-177,698)) = 76,1$$

**Cuadro N° A-5.10**

Cálculo del restricted log likelihood (LogL<sub>0</sub>)

Observación	Dicotómico Observado (a)	Probab. Pronosticada (Prob. SI) (b)	Prob. NO (1 - Prob.SI) (c)	Ln (b) x (a) (d)	Ln (c ) x (1-(a)) (e)	(d)+(e) (f)
1	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
2	0	0.75	0.25	0.000	-1.386	-1.386
3	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
4	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
5	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
6	0	0.75	0.25	0.000	-1.386	-1.386
7	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
304	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
305	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
306	0	0.75	0.25	0.000	-1.386	-1.386
307	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
308	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
309	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
310	0	0.75	0.25	0.000	-1.386	-1.386
311	0	0.75	0.25	0.000	-1.386	-1.386
312	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
313	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
314	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
315	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
316	1	0.75	0.25	-0.288	0.000	-0.288
<b>LOGL<sub>0</sub></b>						<b>-177.698</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Fase de estimación de la DAP y beneficios del proyecto

##### a. Estimación de la DAP

- **Estimación gráfica de la mediana de la DAP**

A continuación se presenta el procedimiento para estimar la mediana de la DAP a partir de la representación gráfica de la función Logit. Dicho procedimiento es el siguiente:

- Ordenar los precios hipotéticos de menor a mayor y seleccionar una muestra de la base de datos en la que estén representados entrevistados de todo el rango de precios hipotéticos.
- Estimar la probabilidad del SI y correspondiente probabilidad del NO, con la función logit, para dicha muestra.
- Representar gráficamente dichas probabilidades.
- Identificar gráficamente el intercepto de las gráficas que corresponde a la probabilidad de 0,5.
- El precio hipotético asociado a la probabilidad de 0,5 corresponde a la mediana de la DAP del universo de los entrevistados.

Los precios hipotéticos y probabilidades obtenidos a partir de una muestra del Modelo 3, se muestran en el Cuadro Anexo N° A-5.11. La representación gráfica correspondiente, se observan en la Figura Anexo N° A-5.1.

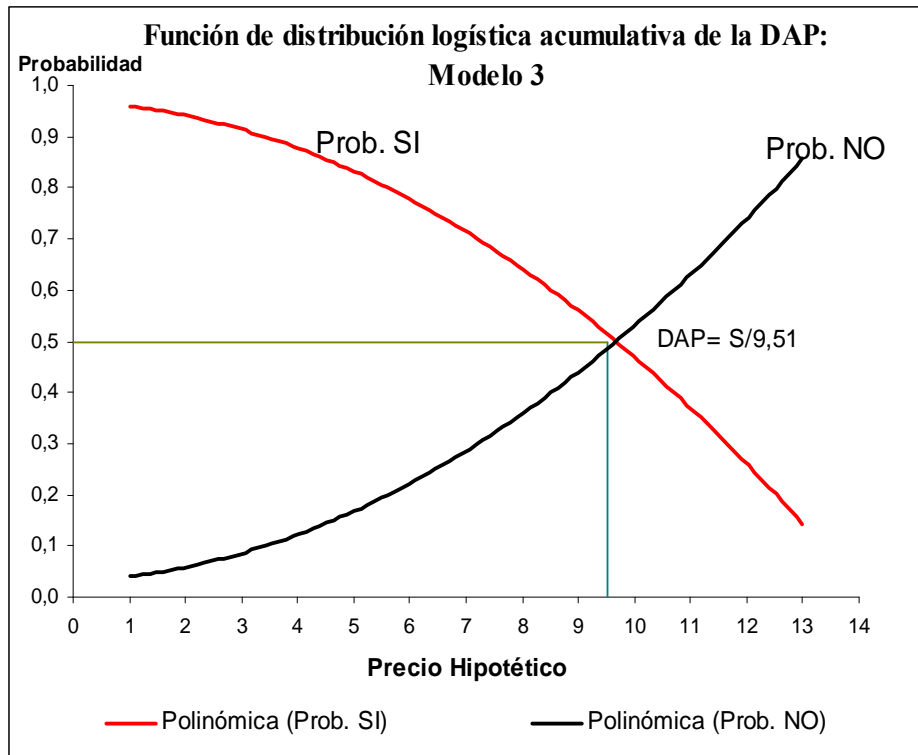
**Cuadro N° A-5.11**

Precios hipotéticos y probabilidades de la muestra

N° encuestado	Pre-hip	Probab, Si	Probab, No
40	1	0.949	0.051
118	2	0.9461	0.0539
103	3	0.933	0.067
260	4	0.8865	0.1135
260	5	0.8611	0.1389
156	6	0.7613	0.2387
249	6.5	0.6279	0.3721
25	8	0.7561	0.2439
151	9	0.4647	0.5353
105	10	0.6214	0.3786
23	11	0.2787	0.7213
247	13	0.1468	0.8532

Fuente: Elaboración propia

Figura N° A-5.1



Fuente: Elaboración propia

- **Estimación de la DAP: forma resumida**

A continuación se presenta un ejemplo de estimación de la media y mediana de la DAP, para el caso del Modelo 6, cuya función econométrica es  $Z = \alpha + \beta_1 * PRE\_HIP + \beta_2 * SI\_TI\_PI\_1$  (ver Cuadro Anexo N° A-5.12).

La media de la DAP en forma resumida, se calcula de la siguiente manera:

- ❖ Se reemplaza en Z el valor de los respectivos coeficientes del Cuadro Anexo N° A-5.12, (excepto PRE\_HIP) y se iguala a cero, resultando:

$$Z = 3,153873 - 0,318006374 * PRE\_HIP + 0,917809 * 0,139 = 0$$

- ❖ La media de la DAP se calcula a partir de la ecuación anterior, despejando PRE\_HIP, resultando:

$$= \frac{\alpha + \beta_2 * (media\ de\ A_2)}{-\beta_1} = \frac{3,1539 + 0,9178 * (0,139)}{-(-0,3180)} = \frac{3,282}{0,3180} = 10,32 \text{ soles/mes/familia}$$

Donde:

- PRE\_HIP (en nuevos soles/mes/familia) es la cantidad de dinero que en forma adicional a su pago actual haría una familia encuestada a SEDACUSCO S.A., y cuya media asciende a S/ 6,326/mes/familia. Se estima con información de los precios hipotéticos de los 316 encuestados.
- SI\_TI\_PI\_1, (designado  $A_2$ ) es la variable dicotómica material del piso de la vivienda de parquet o madera pulida, cuya media asciende a 0,139. Se estima considerando la información de dicha variable de los 316 encuestados.
- $\delta$  es igual a 3,28216697. Se calcula sumando al valor de la constante del modelo (3,153873), el resultado de multiplicar el coeficiente de la variable SI\_TI\_PI\_1 (0,917809146) por la media de la variable de ésta (0,139).
- $\beta_1$  es el coeficiente asociado a la variable independiente PRE\_HIP, estimado en -0,318006374.

Los resultados obtenidos sobre la media de la DAP por el proyecto, en soles/mes/familia, se muestra en el Cuadro Anexo N° A-5.12.

**Cuadro N° A-5.12**

Modelo 6: función econométrica

Variable Dependiente:		SI NO			
Rubro	Variable independiente	Coeficiente		Media de variable independiente	Mediana de variable independiente
Constante		$\alpha$	3.153873484		
	PRE_HIP	$\beta_1$	-0.31800637	6.326	6.0000
	SI_TI_PI_1	$\beta_2$	0.917809146	0.139	0.0000
Media DAP (soles/mes/familia)		10.32			
Mediana DAP (soles/mes/familia)		9.92			

Fuente: Elaboración propia, en base al Modelo 6 y a la media y mediana de la variable correspondiente.

- La Mediana de la DAP se calcula, de igual forma que la DAP de la media, reemplazando en la siguiente ecuación, los respectivos valores del Cuadro Anexo N° A-5.12. resultando:

$$\text{Mediana de DAP} = \frac{\alpha + \beta_2 * (\text{mediana de } A_2)}{-\beta_1} = \frac{3,153873484 + (0,91780915 * 0,00)}{-(-0,31800637)}$$

$$= \frac{3,15387348}{0,31800637} = 9,92 \text{ soles/mes/familia}$$

Los resultados obtenidos de la mediana de la DAP por el proyecto, en soles por mes y por familia, se muestra en el Cuadro Anexo N° A-5.12.

- **Estimación de la DAP: forma detallada**

Un ejemplo de cálculo de la DAP de cada encuestado y del total de ellos, se detalla en el Cuadro Anexo N° A-5.13.

- **Estimación de la DAP con un programa utilizando el software Eview**

La programación se efectúa siguiendo el siguiente procedimiento:

- Aperturar la base de datos.
- Ir a:  
Opción: File/New/Program
- Escribir el Programa.
- Desde la ventana donde se generó el programa grabar con:  
Opción: Save
- Se generará así un archivo que tiene la extensión prg
- El programa se ejecutará con la primera opción que aparece en la ventana contenedora del programa: Run.
- Cuando se desee correr nuevamente el programa, estará disponible:  
Opción: File/Open/Program

En el Cuadro Anexo N° A-5.14, se presenta el programa para calcular la DAP, probabilidades del SI y del NO, así como los valores individuales de la función de verosimilitud Log likelihood. En el Cuadro Anexo N° A-5.15 se detallan las salidas correspondientes.

### Cuadro N° A-5.13

Calculo de la DAP : Modelo 6

$$\begin{aligned}
 Z &= \alpha + \beta_1 \times \text{PRE\_HIP} + \beta_2 \times \text{SI\_TI\_PI\_1} \\
 Z &= 3,15387 + (-0,31801) \times \text{PRE\_HIP} + 0,91781 \times \text{SI\_TI\_PI\_1}_i \\
 \delta &= 3,15387 + 0,91781 \times \text{SI\_TI\_PI\_1}_i
 \end{aligned}$$

N° Encuesta	$\alpha + \beta_2 \times \text{SI\_TI\_PI\_1}_i$	$\delta$	$\beta_1$	$DAP = \frac{\delta}{-\beta_1}$	
1	3,15387 + 0,91781	1	4,0717	-0,31801	12,80
2	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
3	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
4	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
5	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
6	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
7	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
8	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
9	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
303	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
304	3,15387 + 0,91781	1	4,0717	-0,31801	12,80
305	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
306	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
307	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
308	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
309	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
310	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
311	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
312	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
313	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
314	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
315	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
316	3,15387 + 0,91781	0	3,1539	-0,31801	9,92
MEDIA DAP					10,32
MEDIANA DAP					9,92

Fuente: Elaboración propia.

## Cuadro N° A-5.14

### Programa utilizando el software Eview

#### Modelo 3

```
'Programa para estimar la Disposición a Pagar (DAP)
'MODELO 3: SI_NO = f (PRE_HIP, INGRESOS)
'Programado por: Freddy y Jorge Toledo
'Octubre del 2009
'Generar el modelo Logit
'Aperturada la base de datos ejecutar el programa con la opción Run
EQUATION Z_MODELO_3.Logit SI_NO C PRE_HIP INGRESOS
'Cálculo de la Probabilidad del SI
GENR Z_PROB_SI_3=1-@CLOGISTIC(-(C(1)+C(2)*PRE_HIP + C(3)*INGRESOS))
'Cálculo de la Probabilidad del NO
GENR Z_PROB_NO_3=@CLOGISTIC(-(C(1) +C(2)*PRE_HIP+C(3)*INGRESOS))
'Cálculo de los valores individuales para la función de verosimilitud Log likelihood.

GENR Z_PROB_L0_3=LOG(Z_PROB_SI_3)*SI_NO+LOG(1-Z_PROB_SI_3)*(1-SI_NO)
'La Tabla Z_Log_Likelihood, listará el valor del Log likelihood como Sum
FREEZE(Z_Log_Likelihood_3) Z_PROB_L0_3.STATS
'Cálculo de las Disposiciones a Pagar (DAPs) individuales
GENR Z_DAP_Ind_3=(C(1)+C(3)*INGRESOS)/-C(2)
'Se generan los Estadísticos, la DAP total corresponde a la Media y a la Mediana
FREEZE(Z_DAP_Tot_3) Z_DAP_Ind_3.STATS
```

Fuente: Elaboración propia.

Las salidas del programa, se detallan en el Cuadro Anexo N° A-5.15



### Cuadro N° A-5.15

#### Salida del programa EVIEW: Modelo 3

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 11/08/09 Time: 14:25  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergence achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2,286150	0,476006	4,802773	0,0000
PRE_HIP	-0,404721	0,065600	-6,169562	0,0000
INGRESOS	0,001736	0,000318	5,452542	0,0000
Mean dependent var	0,750000	S.D. dependent var	0,433699	
S.E. of regression	0,370024	Akaike info criterion	0,902821	
Sum squared resid	42,85515	Schwarz criterion	0,938476	
Log likelihood	-139,6456	Hannan-Quinn criter.	0,917065	
Restr. log likelihood	-177,6979	Avg. log likelihood	-0,441917	
LR statistic (2 df)	76,10453	McFadden R-squared	0,214140	
Probability(LR stat)	0,000000			
Obs with Dep=0	79	Total obs	316	
Obs with Dep=1	237			

#### Media y mediana de la DAP

Date: 11/08/09 Time: 14:25

Sample: 1 316

	Z_DAP_IND_3
Mean	10,03926
Median	9,508460
Maximum	18,51455
Minimum	6,077568
Std. Dev.	2,781735
Skewness	0,915944
Kurtosis	3,227513
Jarque-Bera	44,86637
Probability	0,000000
Sum	3172,405
Sum Sq. Dev.	2437,486
Observations	316

#### Log likelihood del modelo

Date: 11/08/09 Time: 14:25

Sample: 1 316

	Z_PROB_L0_3
Mean	-0,441917
Median	-0,231156
Maximum	-0,001873
Minimum	-4,554767
Std. Dev.	0,616793
Skewness	-3,13896
Kurtosis	15,06358
Jarque-Bera	2435,074
Probability	0
Sum	-139,6456
Sum Sq. Dev.	119,8368
Observations	316

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo N° 6

### BASE DE DATOS PARCIAL ELABORADA CON INFORMACIÓN DE LA ENCUESTA <sup>77/</sup>

NRO_ENC	SI_NO	PRE_HIP	INGRESOS	ING_PER_CA	PRE_HIP_ING_TOT	PRE_HIP_ING_PC	LN_PRE_HIP	IN_PRE_HIP	ED_ENC	ED_MA_HO	SERV_HIG	SI_TI_PI_1
1	1	12,00	2970	495,00	0,0040	0,0242	2,4849	0,0833	0	1	1	1
2	0	11,00	670	223,33	0,0164	0,0493	2,3979	0,0909	0	1	1	0
3	1	8,00	600	150,00	0,0133	0,0533	2,0794	0,1250	0	1	1	0
4	1	2,50	2500	416,67	0,0010	0,0060	0,9163	0,4000	1	1	1	0
5	1	6,00	2000	400,00	0,0030	0,0150	1,7918	0,1667	1	1	1	0
100	1	3,00	1600	160,00	0,0019	0,0188	1,0986	0,3333	0	1	1	0
101	0	1,00	400	66,67	0,0025	0,0150	0,0000	1,0000	0	1	1	0
102	1	2,00	340	85,00	0,0059	0,0235	0,6931	0,5000	0	0	1	0
103	1	3,00	900	180,00	0,0033	0,0167	1,0986	0,3333	0	0	1	0
104	1	2,00	759	253,00	0,0026	0,0079	0,6931	0,5000	0	1	1	0
105	1	10,00	1300	185,71	0,0077	0,0538	2,3026	0,1000	1	1	1	0
200	1	4,00	300	75,00	0,0133	0,0533	1,3863	0,2500	0	0	1	0
201	0	6,00	700	140,00	0,0086	0,0429	1,7918	0,1667	1	1	1	1
202	1	8,00	800	114,29	0,0100	0,0700	2,0794	0,1250	0	1	1	0
203	1	5,00	1000	333,33	0,0050	0,0150	1,6094	0,2000	1	1	1	0
204	1	10,00	1700	283,33	0,0059	0,0353	2,3026	0,1000	0	1	1	0
205	1	5,00	700	140,00	0,0071	0,0357	1,6094	0,2000	1	1	1	0
300	1	8,00	1750	291,67	0,0046	0,0274	2,0794	0,1250	0	1	1	0
301	1	8,00	1600	266,67	0,0050	0,0300	2,0794	0,1250	1	1	1	0
302	1	10,00	2200	366,67	0,0045	0,0273	2,3026	0,1000	1	1	1	0
303	1	8,00	150	30,00	0,0533	0,2667	2,0794	0,1250	1	1	1	0
304	1	10,00	2400	400,00	0,0042	0,0250	2,3026	0,1000	1	1	1	1
305	1	4,00	800	160,00	0,0050	0,0250	1,3863	0,2500	0	0	1	0
310	0	4,00	900	180,00	0,0044	0,0222	1,3863	0,2500	0	1	1	0
311	0	8,00	500	125,00	0,0160	0,0640	2,0794	0,1250	0	0	1	0
312	1	8,00	1600	533,33	0,0050	0,0150	2,0794	0,1250	0	1	1	0
313	1	8,00	1900	380,00	0,0042	0,0211	2,0794	0,1250	0	1	1	0
314	1	6,00	2800	466,67	0,0021	0,0129	1,7918	0,1667	1	1	1	0
315	1	10,00	900	150,00	0,0111	0,0667	2,3026	0,1000	0	1	1	0
316	1	10,00	1300	185,71	0,0077	0,0538	2,3026	0,1000	0	1	1	0

Fuente: Elaboración propia, con base a los resultados de la encuesta.

<sup>77/</sup> Anexo del Capítulo IV.

## Anexo N° 7

### FORMATO Y FOTOGRAFÍAS DE LA ENCUESTA <sup>78/</sup>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CUSCO

ENCUESTA DE VALORACIÓN CONTINGENTE

CUESTIONARIO CONFIDENCIAL  
AMPARADO EN EL DECRETO LEGISLATIVO N° 604 - SECRETO ESTADÍSTICO

#### 10. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y MUESTRAL

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CÓDIGO	B. UBICACIÓN MUESTRAL		CÓDIGO
1. DEPARTAMENTO	CUSCO		5. ESTRATO ZONAL		
2. PROVINCIA	CUSCO		6. ZONA N°		
3. DISTRITO			7. ENCUESTA N°		
4. CENTRO POBLADO	NOMBRE		8. TOTAL DE HOGARES QUE TIENE LA VIVIENDA		
	CATEGORÍA		9. TOTAL DE PERSONAS QUE RESIDEN EN LA VIVIENDA		

#### 20. NOMBRE DEL ENCUESTADO Y DIRECCIÓN DE LA VIVIENDA

NOMBRES Y APELLIDOS DEL ENCUESTADO (A)						
NOMBRE, CALLE, AV., JR.	N°	INTER.	PISO	MANZANA	LOTE	TELÉFONO

30. INFORMACIÓN PARA CONTROL	FECHA LABOR	HORA INICIO	HORA TÉRMINO
ENTREVISTADOR :			
SUPERVISOR :			
CRÍTICO CODIFICADOR :			
DIGITADOR :			
VERIFICADOR :			

PROBLEMAS
SOLUCIONES

**MÁXIMA DISPOSICIÓN A PAGAR POR EL PROYECTO Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE**

**LEER: "SEDACUSCO VIENE DESARROLLANDO UN PROYECTO PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE DESCONTAMINACIÓN Y/O LIMPIEZA DE LOS DESAGÜES PARA LUEGO DEVOLVER AL RÍO HUATANAY UN AGUA DESCONTAMINADA QUE TRAERÍA BENEFICIOS A LA POBLACIÓN, YA QUE LA CONTAMINACIÓN AFECTA ENTRE OTROS SU SALUD Y LA DE SU FAMILIA. HAY QUE TENER EN CUENTA QUE ESTAS OBRAS SÓLO SE REALIZARÁN SI LA POBLACIÓN APORTA UNA CUOTA MENSUAL (VER FOTOS 1, 2, 3)**

<p><b>1. ¿QUÉ VALOR TOMARÍA PARA UD. EL PROYECTO ANTES MENCIONADO?</b></p> <p>1. Mucho <input type="checkbox"/></p> <p>2. Poco <input type="checkbox"/></p>	<p><b>2. ¿LE INTERESA REALMENTE LA DESCONTAMINACIÓN DEL RÍO?</b></p> <p>1. Si <input type="checkbox"/></p> <p>2. No <input type="checkbox"/></p>
---	--

<sup>78/</sup> Anexo del Capítulo IV.

**3. ¿CONSIDERANDO LOS BENEFICIOS QUE IMPLICA EL TRATAMIENTO ADECUADO DE LOS DESAGÜES, UD. ESTARÍA DISPUESTO A CONTRIBUIR CON UNA APORTACIÓN ECONÓMICA MENSUAL ADICIONAL A LA QUE ACTUALMENTE HACE A SEDACUSCO, PARA LA DESCONTAMINACIÓN / LIMPIEZA ADECUADA DEL AGUA DE LOS DESAGÜES QUE SE ARROJA AL RÍO HUATANAY?**

1. Si  → (PASE A LA PGTA 4)  
 2. No  → (PASE A LA PGTA 7)  
 3. No responde → (PASE A LA PGTA 8)

---

**4. ¿LA MÁXIMA CANTIDAD DE DINERO POR MES QUE PAGARÍA PARA QUE SE PUEDA REALIZAR EL PROYECTO DE DESCONTAMINACIÓN DEL RÍO HUATANAY SERÍA ... ? (NOTA: SÓLO UNA OPCIÓN DEBERÁ QUEDAR REGISTRADA)**

Marcar		Marcar	
1. S/. 8	>>>>	Sería S/. 10	>>>> PGTA. 5
2. Más de S/. 8	>>>>	Más de S/. 10	>>>> ¿Cuál sería su disposición de pago considerando que es más de S/. 10 por mes? S/.
		Menos de S/. 10	>>>> ¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que es más de S/. 8 pero menos de S/. 10 por mes? S/.
3. Menos de S/. 8	>>>>	Sería S/. 6	>>>> PGTA. 5
		Más de S/. 6	>>>> ¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que por mes es más de S/. 6 pero menos de S/. 8? S/.
		Menos de S/. 6	>>>> ¿Cuál sería su disposición de Pago considerando que es menos de S/.6 por mes? S/.

---

**5. ¿SI TENDRÍA QUE DETERMINAR EL PAGO MÍNIMO QUE HARÍA AL MES, A CUÁNTO ASCENDERÍA?**

S/.

**6. ¿POR QUÉ ESTA DISPUESTO A PAGAR POR ESTE PROYECTO? (NO LEER ESPERAR RESPUESTA)**

1. Eliminación de malos olores causados por el agua contaminada.  
 2. Mejoramiento estético del río.  
 3. Disminución de riesgos a la salud.  
 4. No sabe / no responde  
 5. Otra razón \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICAR

**PASE A PGTA. 9**

**7. ¿CUAL ES EL MOTIVO PRINCIPAL POR LA CUAL NO ESTARÍA DISPUESTO A PAGAR? (NO LEER ESPERAR RESPUESTA)**

1. Considera que no será beneficiario.  
 2. Limitaciones de ingreso.  
 3. Desacuerdo con el Proyecto.  
 4. Otra razón \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICAR

**PASE A PGTA. 9**

**8. ¿PODRÍA INDICARNOS CUAL ES EL MOTIVO PRINCIPAL POR LA CUAL NO RESPONDE? (NO LEER ESPERAR RESPUESTA)**

1. No sabe.  
 2. No es de su competencia.  
 3. Está en desacuerdo con el Proyecto  
 4. Otra razón \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICAR

**PASE A PGTA. 9**

**9. ¿CUÁL ES EL NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO POR UD.?**

1. Ninguno.  
 2. Inicial.  
 3. Primaria.  
 4. Secundaria.  
 5. Técnica.  
 6. Universitaria.

**10. ¿CUÁL ES EL MAYOR NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO POR UN MIEMBRO DEL HOGAR?**

1. Ninguno.  
 2. Inicial.  
 3. Primaria.  
 4. Secundaria.  
 5. Técnica.  
 6. Universitaria.

**11. EL SERVICIO HIGIÉNICO QUE TIENE ...**

1. Está conectado a la red pública.  
 2. No está conectado a la red pública.  
 3. No tiene.

**12. ¿CUANTAS PERSONAS VIVEN PERMANENTEMENTE EN SU HOGAR O VIVIENDA Y DEPENDEN DE UN MISMO INGRESO FAMILIAR?**

Personas

**13. ¿CUÁNTOS NIÑOS ENTRE 0 Y 12 AÑOS TIENE EN EL HOGAR?**

Niños

**14. ¿EL MATERIAL PREDOMINANTE EN LOS PISOS DE SU VIVIENDA ES ....?**

1. Parquet o madera pulida.  
 2. Láminas asfálticas, vinílicos o similares.  
 3. Losetas terrazos o similares.  
 4. Maderas (entablados).  
 5. Cemento.  
 6. Tierra.  
 Otro \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICAR

15. ¿PODRÍA POR FAVOR MENCIONARNOS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYEN AL INGRESO FAMILIAR Y EL MONTO MENSUAL? (RECORDARLE QUE INFORMACIÓN SE MANTENDRÁ EN RESERVA POR SER CONFIDENCIAL)

	Ocupación Principal (*)	¿Con cuánto? S/. MES	SOLO JEFE DE FAMILIA Y ENTREVISTADO	
			Marcar X	Indicar Edad
Padre				
Madre				
Hijo 1				
Hijo 2				
Hijo 3				
Otro 1				
Otro 2				

(\*) CÓDIGO:

- |             |                  |                 |                 |
|-------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1. Obrero   | 3. Comerciante   | 5. Ama de casa. | 7. Construcción |
| 2. Empleado | 4. Transportista | 6. Estudiante   | 8. Jubilado     |
|             |                  |                 | 9. Otro         |

ESPECIFICAR \_\_\_\_\_

16. ¿QUE OTROS INGRESOS TIENE LA FAMILIA?

	¿Cuánto? S/.	FRECUENCIA (Indicar: mes, semestre año, etc.)
Agricultura		
Ganadería		
Artesanía		
Comercio		
Ayudas		
Otros		

**APRECIACIONES DEL ENTREVISTADOR**

A. LA VIVIENDA PERTENECE AL NIVEL ECONÓMICO

- |           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 1. Alto.  | CRITERIO DE EVALUACIÓN ¿Por qué? |
| 2. Medio. |                                  |
| 3. Bajo.  |                                  |

B. LA ZONA EN QUE ESTA UBICADA LA VIVIENDA PERTENECE AL NIVEL ECONÓMICO

- |           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 1. Alto.  | CRITERIO DE EVALUACIÓN ¿Por qué? |
| 2. Medio. |                                  |
| 3. Bajo.  |                                  |

17. ¿LOS INGRESOS QUE PERCIBE (N) MENSUALMENTE LES PERMITE AHORRAR?

1. Si  ¿Cuánto al MES en % con respecto al total del Ingreso Familiar?  %
2. No

18. ¿CUÁNTO GASTAN EN SU HOGAR MENSUALMENTE EN: .....?

GASTO	MES S/.
a) Energía eléctrica	
b) Agua y desagüe	
c) Teléfono	
d) Energía para la cocina (Gas, Kerosene, otro)	
e) Educación	
TOTAL	

OBSERVACIONES:

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN EN ESTA ENCUESTA, QUE SERÁ DE MUCHA UTILIDAD PARA EVALUAR EL PROYECTO.

**Fotografías para información al entrevistado**



Foto 1  
Arrojo de los desagües al río Huatanay



Foto 2  
Estado de contaminación del río Huatanay

**Fotografías para información al entrevistado**



Foto 3  
Contaminación de la flora y fauna del río Huatanay



Foto 4  
Construcción del interceptor Huatanay para recolectar los desagües

**Fotografías para Información al entrevistado**



Foto 5  
PTAR: sedimentador primario



Foto 6  
PTAR: filtro percolador



**Fotografías para información al entrevistado**



Foto 7  
PTAR: digestor de lodos



Foto 8  
Arrojo de las aguas tratadas al río Huatanay

## Anexo N° 8

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO <sup>79/</sup>

#### 1. Área de influencia del proyecto.

##### a. Ubicación y población

El área de influencia del proyecto PTAR de Cusco, comprende el ámbito de prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado de la Entidad Prestadora de Servicios del Cusco S.A. (EPS SEDACUSCO S.A.) en la ciudad de Cusco, la cual se localiza en la provincia y departamento de Cusco. La ciudad del Cusco abarca los distritos de Cusco, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago y Wanchaq, los cuales cubren una superficie de 385,1 km<sup>2</sup>, que representa el 0,5 % de la superficie del departamento del Cusco (71 986,5 Km<sup>2</sup>).

Las características generales de la zona de influencia se muestran en el Cuadro Anexo N° A-8.1.

**Cuadro N° A-8.1**

Características generales de la zona de influencia

Zona de Influencia		Población 2007 (Hab.)	Superficie km2	Densidad poblacional. Hab./Km2	Altitud m.s.n.m.	Latitud sur	Longitud oeste
Distrito	Capital						
Cusco	Cusco	106 530	116.2	916.78	3 399	13°30'45"	71°58'33"
San Jerónimo	San Jerónimo	21 234	103.3	205.56	3 244	13°32'24"	71°53'00"
San Sebastián	San Sebastián	50 748	89.4	567.65	3 299	13°31'33"	71°56'09"
Santiago	Santiago	90 165	69.7	1 293,62	3 400	13°31'26"	71°58'47"
Wanchaq	Wanchaq	65 574	6.4	10 245,94	3 366	13°31'12"	71°57'36"
Total		334 251	385.1	867.96	3 368		

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007

##### b. Crecimiento demográfico

De acuerdo a los Censos de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población urbana de la ciudad del Cusco fue de 191 976 hab., 255 568 hab. y 334 251 hab., en los años 1982, 1993 y 2007, respectivamente.

<sup>79/</sup> Anexo del Capítulo V.

### **c. Niveles de ingreso**

El promedio de los ingresos familiares mensuales en el área de influencia, asciende a S/. 1 024 de acuerdo a los resultados de la encuesta sobre disposición a pagar desarrollada por el estudio de preinversión del proyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-Cusco”.

## **2. Servicio actual de saneamiento básico**

### **a. Sistema de agua potable**

El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cusco, esta conformado por 4 sub-sistemas de abastecimiento: Sistema Piuray, Sistema Vilcanota, Sistema Salkantay y Sistema Jaquita, dos plantas de tratamiento, 40 reservorios y alrededor de 360 Km. de redes de distribución, el número de conexiones de agua potable activas al año 2004 es de 42 747. La cobertura de agua potable en la ciudad del Cusco en el año 2007 fue de 80% y se proyecta que en año 2015 alcanzará a 95% (64 212 conexiones).

La cantidad producida de agua abastece normalmente a la ciudad de Cusco, con una continuidad de 21 horas/día; la calidad de agua se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

### **b. Sistema de alcantarillado (red)**

Según el estudio del proyecto PTAR de Cusco, la cobertura de alcantarillado en dicha ciudad en el año 2007 fue de 75% y se proyecta que en el año 2015 alcanzará a 90% (60832 conexiones).

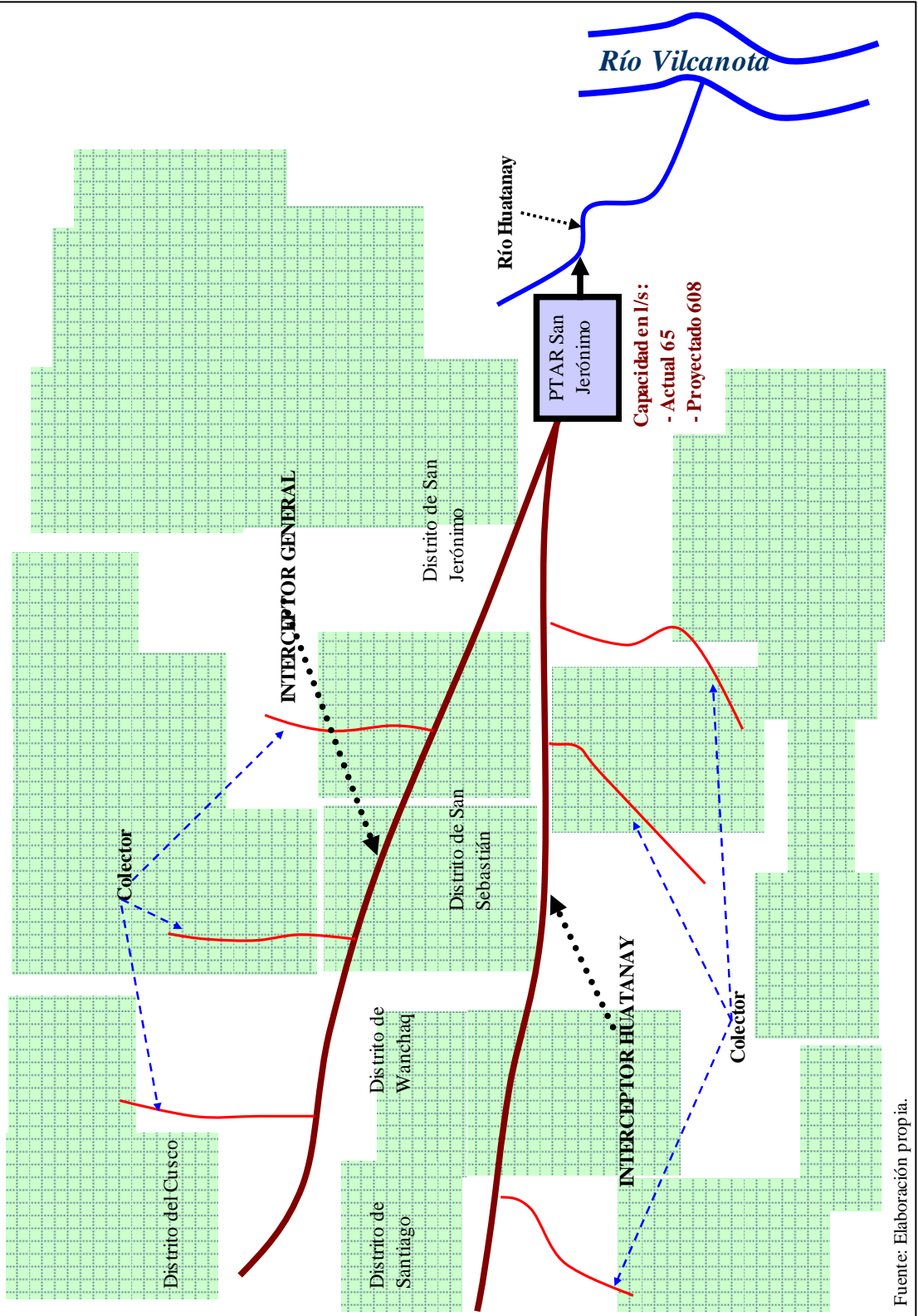
Las aguas residuales de la ciudad son conducidas a la planta de tratamiento de San Jerónimo mediante el Interceptor General y el Interceptor Huatanay. Este último permite la recolección primaria de aguas residuales que hasta unos años se vertían directamente al río Huatanay.

### **c. Sistema de tratamiento de aguas residuales**

SEDACUSCO opera la planta de tratamiento de aguas residuales de San Jerónimo (PTAR San Jerónimo) construida en el año 1983, localizada en el distrito de San Jerónimo sector Huaccoto, a 10 Km. del centro de la ciudad del Cusco, y que ocupa un área total de 7,2 Ha. (ver Figura Anexo N° A-8.1. y Figura Anexo N° A-8.2).

Figura N° A-8.1

Esquema del sistema de drenaje de aguas residuales de la ciudad del Cusco



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° A-8.2**  
PTAR existente en San Jerónimo



Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007

La PTAR existente cuenta con las siguientes unidades: cámara de rejillas gruesas (01), desarenador gravitacional (01), sedimentador primario (01), filtros percoladores (01) y sedimentador secundario (01).

La oferta de tratamiento de la PTAR existente, establecida con base a la capacidad de tratamiento del filtro percolador, es de 65 lps. En el año 2007, el volumen de aguas residuales generado en la ciudad del Cusco alcanzó un caudal promedio de 480 l/s, muy por encima de la capacidad de diseño de la planta (65 l/s), la cual se encuentra operando sobrecargada, con remociones de DBO<sub>5</sub> y SS <sup>80/</sup> de 59% y 41% respectivamente, inaceptables en una planta de tratamiento secundario. Las temperaturas observadas en el afluente varían entre 14 °C y 18 °C.

En consecuencia, dicha PTAR tiene capacidad para tratar sólo el 13 % del volumen de aguas residuales generadas en la ciudad. El mayor caudal de aguas residuales no tratadas así como el agua residual insuficientemente tratada, se vierten directamente al río Huatanay, lo cual constituye un importante problema ambiental en la ciudad del Cusco, al generar impactos negativos, entre ellos el deterioro de la calidad del agua del río

---

<sup>80/</sup> DBO (demanda bioquímica de oxígeno) SS (sólidos en suspensión)

Huatanay, que aguas abajo se utiliza en el riego de hortalizas y otros cultivos cuyo consumo puede potenciar la transmisión de enfermedades.

Los caudales observados en el río Huatanay en época de estiaje aguas arriba de la PTAR alcanzan los 3 m<sup>3</sup>/seg. La concentración de materia orgánica a lo largo del río varía entre 11 y 445,5 mg. DBO<sub>5</sub>/l <sup>81/</sup> y la concentración de nitrógeno amoniacal de 0 a 49 mg./l. La concentración de oxígeno disuelto por litro (O<sub>2</sub>/l) en algunos puntos del río es de 0 a 0,5 mgO<sub>2</sub>/l.

#### **i. Procesos en la PTAR San Jerónimo**

La PTAR San Jerónimo cuenta con procesos preliminares (desbaste, cribado y desarenado), procesos de tratamiento primario (sedimentación primaria), procesos de tratamiento biológico que incluyen biofiltros y clarificación y finalmente un proceso de tratamiento de biosólidos (estabilización por digestión anaerobia y deshidratación en lechos de secado).

#### **ii. Descripción de las unidades de la PTAR San Jerónimo y de su funcionamiento**

La PTAR cuenta con las siguientes unidades:

- **Canal de aproximación**

Es de concreto de sección rectangular de 16,4 m de longitud, 1,45 m de ancho y 1,45 m de altura.

- **Cámara de rejillas**

Las cámaras de rejillas son de 1,7 m de altura y 1,5 m de ancho, disponen de 2 unidades paralelas con aberturas de 1 pulg., y de 0,5 pulg.

- **Desarenadores**

Cuenta con 2 unidades de concreto armado de sección rectangular, conectados directamente al medidor parshall, son de 15 m de longitud, 1,2 m de ancho y 1,75 m de altura.

- **Sedimentador primario**

Sedimentador primario de 42,7 m. de diámetro y 2,75 m. de profundidad, con un área superficial de 1 432 m<sup>2</sup> con un volumen promedio de 5 300 m<sup>3</sup>.

---

<sup>81/</sup> mgDBO<sub>5</sub>/l significa la DBO en miligramos/litro considerando un periodo de retención de 5 días.

- **Biofiltro (filtro percolador)**

Unidad de 50 m de diámetro, 1,7 m de profundidad, provisto de un molinete mecánico de cuatro brazos accionados por la fuerza hidráulica del agua que se encarga de distribuir el agua en forma uniforme sobre la superficie de piedra.

El medio filtrante es piedra chancada de 4” y 6” con una profundidad de 1,40 metros.

Presenta los siguientes problemas: falta de ventilación e intermitencia en el funcionamiento de los brazos, cuando no existe caudal suficiente para que se produzca movimiento de dicho elemento.

- **Sedimentador secundario**

Similar en dimensiones al sedimentador primario, dotado de un equipo de barredor de lodos, en esta unidad se logra remover los lodos producidos en el filtro percolador.

Presenta los siguientes problemas: la recirculación de lodo no está trabajando adecuadamente y la recirculación biológica de lodos del sedimentador secundario al filtro, es deficiente.

- **Digestores**

Existen 2 digestores: uno primario y uno secundario de 24,4 m de diámetro interior y de 6,4 m de profundidad de forma cónica, con una capacidad de 2 300 m<sup>3</sup>.

Presenta los siguientes problemas: la cubierta metálica de los digestores se encuentra colapsada debido principalmente a la falta de mantenimiento y deterioro de las estructuras de acero.

- **Lechos de secado**

Consta de 10 unidades de concreto armado en forma rectangular, de 10 m de ancho por 30 m de largo.

Presenta los siguientes problemas: gran parte de los lechos requieren reconstrucción y están expuestos al medio ambiente sin techo que los cubra durante el periodo de lluvias.

### iii. Eficiencia actual de la PTAR San Jerónimo

Las deficiencias en el funcionamiento de las unidades de la PTAR del Cusco y su insuficiente capacidad de tratamiento descritas anteriormente, se manifiestan en un bajo porcentaje de remoción al compararse el valor de los parámetros básicos de calidad del efluente al ingreso y salida de la planta, tal como se muestra en el Cuadro Anexo N° A-8.2.

**Cuadro N° A-8.2**

Eficiencia de remoción de la PTAR San Jerónimo

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	% de remoción
DBO	mg./l	253	99.12	59.4
Coliformes	NMP/100 ml.	5.30E+07	3.00E+06	43.4
Sólidos sedimentables	ml/l	2.07	0.07	94.4
Sólidos totales	mg/l	1 100,17	886.417	18.3
Sólidos volátiles	mg/l	228	192.08	15.4
Sólidos en suspensión	mg/l	550.83	318.33	41.3

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007.

### 3. Problema central a resolver con el proyecto

El problema central que se plantea resolver con el proyecto es el deficiente servicio de tratamiento de aguas residuales por parte de la empresa SEDACUSCO S.A. que en términos técnicos se expresa en un bajo porcentaje de remoción de la DBO, coliformes fecales, sólidos sedimentables, entre otros. El Arbol de Causas y Efectos se muestra en la Figura N° A-8.3.

### 4. Objetivos del proyecto

En concordancia con el Arbol de Causas y Efectos, el objetivo central del proyecto es el adecuado servicio de tratamiento de aguas residuales por parte de SEDACUSCO S.A. a través de la eficiente remoción de la DBO, coliformes fecales y sólidos sedimentables. Los medios fundamentales comprenden el adecuado funcionamiento de la planta (mediante la recuperación de su capacidad operativa y su adecuada operación y mantenimiento) así como dotarla de una adecuada capacidad, mediante su ampliación. Ver Figura N° A-8.4.

#### a. Medios fundamentales y acciones

**Medio fundamental 1.** Recuperación de capacidad operativa de las unidades de la PTAR.

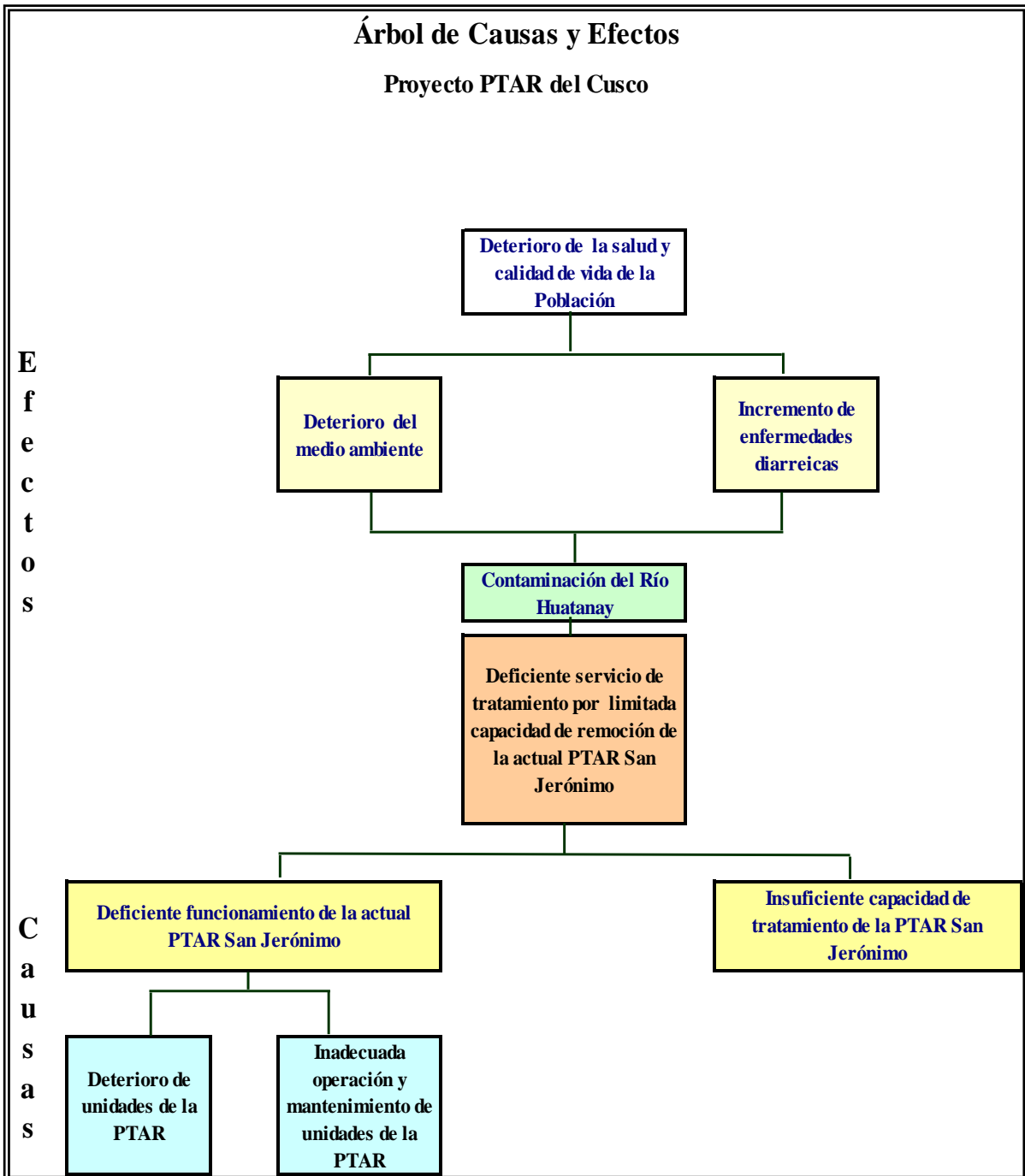
**Acción:** Rehabilitación de unidades de la actual PTAR (tiene carácter de imprescindible).

**Medio fundamental 2.** Adecuada Operación y Mantenimiento de la PTAR.



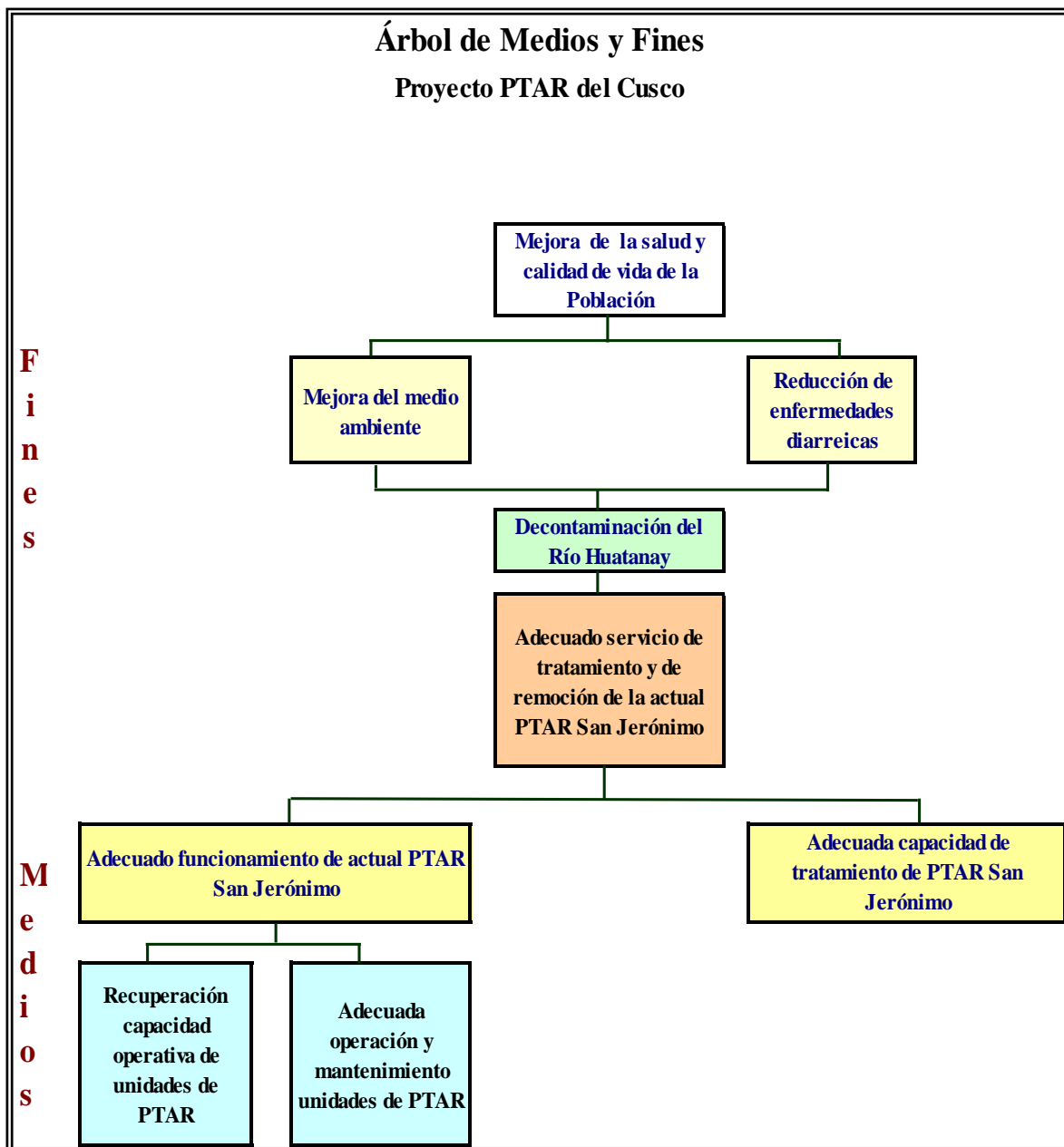
**Acción:** Optimización del funcionamiento de la actual PTAR. (Tiene el carácter de imprescindible).

**Figura N° A-8.3**



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° A-8.4



Fuente: Elaboración propia.

**Medio fundamental 3.** Adecuada capacidad de la PTAR.

**Acciones mutuamente excluyentes:**

- Ampliación de la PTAR de filtros percoladores.
- Ampliación de la PTAR de lodos activados de aireación extendida.
- Ampliación de la PTAR de lodos activados convencional.

**b. Alternativas del proyecto**

**Alternativa 1:** Rehabilitación de la PTAR + Optimización de la PTAR + Ampliación de la PTAR mediante filtros percoladores.

**Alternativa 2:** Rehabilitación de la PTAR + Optimización de la PTAR + Ampliación de la PTAR mediante lodos activados con aireación extendida.

**Alternativa 3:** Rehabilitación de la PTAR + Optimización de la PTAR + Ampliación de la PTAR mediante lodos activados convencional.

**5. Oferta y demanda de tratamiento de aguas residuales**

**a. Proyección de la demanda de tratamiento de aguas residuales**

Los criterios y parámetros para la proyección de la demanda de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco, considerados en el estudio de preinversión del proyecto planta de tratamiento de aguas residuales de Cusco, fueron los siguientes:

- Tasa de crecimiento de la población del Cusco: 1,3 %.
- Cobertura del servicio de alcantarillado proyectada al año 2026 (periodo de diseño de 16 años): 96 %.
- Aporte del sistema de alcantarillado: 80% del agua consumida.
- Aporte por infiltración de agua subterránea por longitud de tubería: 0,014 l/s/ml.
- Aporte como infiltración de agua de lluvia por buzón: de 0,004 l/s/buzón.

En el Cuadro Anexo N° A-8.3, se presenta la proyección de la demanda de tratamiento de aguas residuales.

**b. Balance oferta - demanda**

La oferta de tratamiento aguas residuales de la PTAR del Cusco es de 65 l/s.

La demanda de tratamiento de aguas residuales corresponde al caudal promedio generado por los usuarios conectados al servicio de alcantarillado en la ciudad del Cusco, medido en litros/segundo.

El balance de la oferta y la demanda de tratamiento de aguas residuales, se detalla en el Cuadro Anexo N° A-8.3.

### Cuadro N° A-8.3

Balance oferta – demanda de tratamiento de aguas residuales en la situación sin proyecto

Año	Demanda	Oferta	Déficit
	Caudal (l/s)		
0	517.50	65	452.50
5	563.54	65	498.54
10	575.98	65	510.98
15	600.92	65	535.92
20	637.86	65	572.86

Fuente: Estudio de Preinversión del Proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO. 2007.

En el Cuadro Anexo N° A-8.3 se puede apreciar que en el año 0 (año 2010) existe un déficit de tratamiento de 452,5 l/s, que se incrementa 572,86 al año 20 de proyección (año 2030)

## 6. Alternativas técnicas

La descripción de las principales tecnologías de tratamiento de aguas residuales, se detalla en el Anexo N° 4.

### a. Alternativas técnicas del proyecto

Las alternativas técnicas han sido planteadas con la finalidad de lograr que las aguas residuales que ingresan a la PTAR del Cusco logren los estándares de calidad establecidos en la normatividad ambiental. Los parámetros correspondientes se muestran en el Cuadro Anexo N° A-8.4.

Para el proyecto de la PTAR del Cusco se preseleccionaron 3 tipos de tecnologías de tratamiento: filtros percoladores, lodos activados con aireación extendida y lodos activados convencional, todas las cuales consideran la rehabilitación y utilización de las instalaciones existentes, así como la optimización de su operación y mantenimiento

**Cuadro N° A-8.4**  
Características de las aguas residuales

Parámetros	Unid.	Desagüe crudo	PTAR actual	PTAR nueva
		(1)	(2)	(3)
Caudal (Q)	l/s	368.80	368.8	<= 638
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Mg/l	253	99.12	< 15 (*)
Oxígeno Disuelto (OD)	Mg/l	0.00	0.17	> 0,17
Coliformes Totales	NMP/100 ml.	6.90E+07	3.30E+07	< 5 000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml.	4.90E+07	3.20E+07	< 1 000

- 1) Al ingreso de la PTAR (afuente)
- 2) A la salida de la PTAR (efluente)
- 3) Efluente de la PTAR con la implementación del proyecto.

(\*) Valor esperado de DBO después de la desinfección

Nota: NMP: número más probable por 100 mililitros.

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto PTAR de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007.

#### **b. Diferencias cualitativas de las tecnologías alternativas planteadas**

El resumen comparativo de los procesos de tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento de lodos, de c/u. de las alternativas se presenta en el Cuadro Anexo N° A-8.5.

**Cuadro N° A-8.5**

Proceso de tratamiento preliminar, primario y de lodos de las alternativas

N°	Alternativas (*)	Tratamiento preliminar	Tratamiento primario	Tratamiento de lodos
1	Filtros percoladores	Rejas mecanizadas (rejas media y militamicos 3 mm) y desarenador aireado.	Sedimentación primaria-Sólo el sistema existente	Lodo secundario, espesamiento, deshidratación en laguna de lodos.
2	Lodos activados con aireación extendida	Rejas mecanizadas (rejas media y militamicos 3mm) y desarenador aireado.	No	Lodo secundario (digestión aerobia) espesamiento, deshidratación.
3	Lodos activados convencional	Rejas mecanizadas (rejas media y militamicos 3 mm) y desarenador aireado.	No	Lodo secundario (digestión aerobia) espesamiento, deshidratación.

(\*) Estas alternativas están asociadas al tratamiento secundario.

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007

En el Cuadro Anexo N° A-8.6 se comparan las alternativas calificando la incidencia de factores relacionadas a su operación y mantenimiento, entre ellos consumo de energía,

producción de olores, dificultad en la operación y mantenimiento. La mayor incidencia de un factor se califica con mayor número de cruces.

**Cuadro N° A-8.6**

Evaluación de factores de operación y mantenimiento de las tecnologías alternativas

N°	Alternativas	Consumo de Energía	Producción de olores (1)	Presencia de vectores (2)	Producción de biosólidos	Dificultad operac. y manten.	Confiabilidad de proceso	Redundancia (3)	Área lechos de secado	Dificultad en tratamiento biosólidos
1	Filtros percoladores	+	+	+	+	+	+		++	Requiere estabilización
2	Lodos activados con aireación extendida	++++			+	+	+++	+	++	Lodos estabilizados
3	Lodos activados convencional	+++++			++	++	++	+	+++	Requieren estabilización

(1) Probable generación de olores.

(2) Problemas operativos por presencia de moscas.

(3) Con una unidad fuera de servicio.

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007.

## 7. Costos de inversión, operación y mantenimiento

En el Cuadro Anexo N° A-8.7 se presentan los costos de inversión de las tres alternativas, a precios de mercado y a precios sombra.

En el Cuadro Anexo N° A-8.8 se presentan los costos de operación y mantenimiento incrementales de las tres alternativas, a precios de mercado.

### Cuadro N° A-8.7

Resumen de las inversiones totales por alternativa  
(en nuevos soles)

Alternativa	Precios de mercado (S/.)	Precios sombra (S/.)
<b>Alternativa N° 1: Planta de Filtros Percoladores</b>		
a. Inversiones en la planta	41 585 957	29 284 200
b. Inversiones complementarias	5 847 710	4 516 755
c. Inversiones en medidas de mitigación	126 236	106 038
Sub Total	47 559 902	33 906 993
<b>Alternativa N 2: Planta de Lodos Activados con Aireación Extendida</b>		
a. Inversiones en la planta	28 510 225	20 402 721
b. Inversiones complementarias	5 847 710	4 516 755
c. Inversiones en medidas de mitigación	184 661	155 115
Sub Total	34 542 596	25 074 592
<b>Alternativa N 3: Planta de Lodos Activados Convencional</b>		
a. Inversiones en la planta	31 617 395	22 664 264
b. Inversiones complementarias	5 847 710	4 516 755
c. Inversiones en medidas de mitigación	184 661	155 115
Sub Total	37 649 766	27 336 134

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007.

### Cuadro N° A-8.8

Resumen de costos de operación y mantenimiento a nivel de alternativas  
(soles/año)

Año	N° 1: Planta de filtros percoladores		N° 2: Planta de lodos activados con aireación extendida		N° 3: Planta de lodos activados convencional	
	A precios de mercado	A precios sombra	A precios de mercado	A precios sombra	A precios de mercado	A precios sombra
1	2 614 351	2 159 764	4 632 224	3 853 445	5 674 278	4 725 710
5	2 767 126	2 288 094	4 922 322	4 122 307	6 033 011	5 030 446
10	3 289 447	2 721 935	6 124 397	5 097 090	7 494 322	6 248 565
15	3 403 699	2 817 906	6 370 390	5 303 724	7 798 583	6 504 144
20	3 435 611	2 844 713	6 440 384	5 362 519	7 885 420	6 577 087

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S.A. 2007

## Anexo N° 9

### EVALUACIÓN COSTO EFICIENCIA <sup>82/</sup>

#### Cuadro N° A-9.1

Evaluación costo eficiencia a precios sombra  
 Alternativa seleccionada : planta de filtros percoladores  
 (en nuevos soles)

Año	Población beneficiada	Inversiones	Costos de operación y mantenimiento	Flujo total costos
-2		1 695 350		1 695 350
-1		21 361 406		21 361 406
0		10 850 238		10 850 238
1	351 800		2 159 764	2 159 764
2	356 198		2 199 168	2 199 168
3	360 650		2 238 595	2 238 595
4	365 158		2 278 402	2 278 402
5	369 723		2 288 094	2 288 094
6	374 344		2 496 543	2 496 543
7	379 024		2 506 604	2 506 604
8	383 761		2 698 534	2 698 534
9	388 558		2 710 040	2 710 040
10	393 415		2 721 935	2 721 935
11	398 136		2 731 996	2 731 996
12	402 914		2 737 929	2 737 929
13	407 749		2 779 890	2 779 890
14	412 642		2 791 418	2 791 418
15	417 594		2 817 906	2 817 906
16	422 605		2 844 712	2 844 712
17	422 605		2 844 712	2 844 712
18	422 605		2 844 712	2 844 712
19	422 605		2 844 712	2 844 712
20	422 605		2 844 712	2 844 712
<b>VAC</b>				<b>45 781 014</b>
<b>Poblac Prom</b>	<b>387 203</b>	<b>habitantes</b>		
<b>ICE</b>	<b>118,2</b>	<b>Soles/hab</b>		

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007

<sup>82/</sup> Anexo del Capítulo V.



### Cuadro N° A-9.2

Evaluación costo eficiencia a precios sombra  
 Alternativa N° 2: planta de lodos activados con aireación  
 (En nuevos soles)

Año	Población beneficiada	Inversiones	Costos de operación y mantenimiento	Flujo total costos
-2		1 371 580		1 371 580
-1		15 731 799		15 731 799
0		7 971 213		7 971 213
1	351 800		3 853 445	3 853 445
2	356 198		3 928 677	3 928 677
3	360 650		4 004 152	4 004 152
4	365 158		4 080 239	4 080 239
5	369 723		4 122 307	4 122 307
6	374 344		4 171 841	4 171 841
7	379 024		4 189 744	4 189 744
8	383 761		5 050 354	5 050 354
9	388 558		5 073 319	5 073 319
10	393 415		5 097 090	5 097 090
11	398 136		5 118 170	5 118 170
12	402 914		5 130 039	5 130 039
13	407 749		5 187 461	5 187 461
14	412 642		5 245 626	5 245 626
15	417 594		5 303 724	5 303 724
16	422 605		5 362 518	5 362 518
17	422 605		5 362 518	5 362 518
18	422 605		5 362 518	5 362 518
19	422 605		5 362 518	5 362 518
20	422 605		5 362 518	5 362 518
<b>VAC</b>				<b>51 097 992</b>
<b>Poblac Prom</b>	<b>387 203</b>	<b>habitantes</b>		
<b>ICE</b>	<b>132,0</b>	<b>Soles/hab</b>		

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007

### Cuadro N° A-9.3

Evaluación costo eficiencia a precios sombra  
 Alternativa N° 3: planta de lodos activados convencional  
 (En nuevos soles)

Año	Población beneficiada	Inversiones	Costos de operación y mantenimiento	Flujo total costos
-2		1 495 287		1 495 287
-1		17 150 690		17 150 690
0		8 690 157		8 690 157
1	351 800		4 725 710	4 725 710
2	356 198		4 822 249	4 822 249
3	360 650		4 915 742	4 915 742
4	365 158		5 009 962	5 009 962
5	369 723		5 030 445	5 030 445
6	374 344		5 120 465	5 120 465
7	379 024		5 142 287	5 142 287
8	383 761		6 191 508	6 191 508
9	388 558		6 219 541	6 219 541
10	393 415		6 248 565	6 248 565
11	398 136		6 274 518	6 274 518
12	402 914		6 289 013	6 289 013
13	407 749		6 360 086	6 360 086
14	412 642		6 432 066	6 432 066
15	417 594		6 504 144	6 504 144
16	422 605		6 577 087	6 577 087
17	422 605		6 577 087	6 577 087
18	422 605		6 577 087	6 577 087
19	422 605		6 577 087	6 577 087
20	422 605		6 577 087	6 577 087
<b>VAC</b>				<b>59 664 321</b>
<b>Poblac Prom</b>	<b>387 203</b>	<b>habitantes</b>		
<b>ICE</b>	<b>154,1</b>	<b>Soles/hab</b>		

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007

## Anexo N° 10

# MODELOS ESTIMADOS EN EL PAQUETE ECONOMETRICO EVIEWS <sup>83/</sup>

### Modelo 1: SI\_NO C PRE\_HIP

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:42  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergence achieved after 3 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std Error	z-Statistic	Prob
C	3.171772	0.432737	7.329554	0.000000
PRE_HIP	-0.304495	0.056838	-5.357230	0.000000

McFadden R-squared	0.093710	Mean dependent var	0.750000
S D dependent var	0.433699	S.E. of regression	0.409357
Akaike info criterion	1.031936	Sum squared resid	52.618060
Schwarz criterion	1.055706	Log likelihood	-161.0459
Hannan-Quinn criter	1.041432	Restr, Log likelihood	-177.6979
LR statistic */	33.30411	Avg. log likelihood	-0.509639
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado  
 Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification  
 Equation: UNTITLED  
 Date: 10/06/09 Time: 21:43  
 Success cutoff: C = 0 5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	13	3	16
P(Dep=1)>C	66	234	300
Total	79	237	316
Correct	13	234	247
% Correct	16.46	98.73	78.16
% Incorrect	83.54	1.27	21.84

Fuente: Elaboración Propia

<sup>83/</sup> Anexo del Capítulo V.

## Modelo 2: SI\_NO C L1N\_PRE\_HIP

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML – Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:43  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergence achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob,
--	-------------	------------	-------------	-------

C	4.174004	0.714849	5.839000	0.000000
LN_PRE_HIP	-1.675244	0.365711	-4.580792	0.000000

McFadden R-squared	0.078155	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.412444
Akaike info criterion	1.049430	Sum squared resid	53.414480
Schwarz criterion	1.073200	Log likelihood	-163.8099
Hannan-Quinn criter,	1.058926	Restr, Log likelihood	-177.6979
LR statistic */	27.77605	Avg, log likelihood	-0.518386
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:44

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	4	1	5
P(Dep=1)>C	75	236	311
Total	79	237	316
Correct	4	236	240
% Correct	5.06	99.58	75.95
% Incorrect	94.94	0.42	24.05

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 3: SI\_NO C PRE\_HIP INGRESOS

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/07/09 Time: 09:58  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergence achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob,
C	2.286150	0.476006	4.802773	0.000000
PRE_HIP	-0.404721	0.065600	-6.169562	0.000000
INGRESOS	0.001736	0.000318	5.452542	0.000000

McFadden R-squared	0.214140	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.370024
Akaike info criterion	0.902821	Sum squared resid	42.855150
Schwarz criterion	0.938476	Log likelihood	-139.6456
Hannan-Quinn criter,	0.917065	Restr, Log likelihood	-177.6979
LR statistic */	76.10453	Avg, log likelihood	-0.441917
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/07/09 Time: 09:58

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	35	13	48
P(Dep=1)>C	44	224	268
Total	79	237	316
Correct	35	224	259
% Correct	44.3	94.51	81.96
% Incorrect	55.7	5.49	18.04

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 4: SI\_NO C PRE\_HIP ING\_PER\_CA

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:45  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob,
C	2.409971	0.461343	5.223811	0.000000
PRE_HIP	-0.360638	0.061840	-5.831822	0.000000
ING_PER_CA	0.005555	0.001218	4.559611	0.000000

McFadden R-squared	0.176833	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.383911
Akaike info criterion	0.944779	Sum squared resid	46.132220
Schwarz criterion	0.980434	Log likelihood	-146.2750
Hannan-Quinn criter,	0.959023	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	62.84575	Avg, log likelihood	-0.462896
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:45

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	32	12	44
P(Dep=1)>C	47	225	272
Total	79	237	316
Correct	32	225	257
% Correct	40.51	94.94	81.33
% Incorrect	59.49	5.06	18.67

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 5: SI\_NO C PRE\_HIP\_ING\_TOT

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:46  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std, Error	z-Statistic	Prob,
C	2.359153	0.255074	9.248878	0.000000
PRE_HIP_ING_TOT	-120.560000	20.413050	-5.906028	0.000000

McFadden R-squared	0.162706	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.384057
Akaike info criterion	0.954338	Sum squared resid	46.314840
Schwarz criterion	0.978109	Log likelihood	-148.7854
Hannan-Quinn criter,	0.963834	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	57.82498	Avg, log likelihood	-0.470840
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:46

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	24	8	32
P(Dep=1)>C	55	229	284
Total	79	237	316
Correct	24	229	253
% Correct	30.38	96.62	80.06
% Incorrect	69.62	3.38	19.94

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 6: SI\_NO C PRE\_HIP SI\_TI\_PI\_1

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:47  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 3 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob,
C	3.153873	0.436170	7.230835	0.000000
PRE_HIP	-0.318006	0.057902	-5.492160	0.000000
SI_TI_PI_1	0.917809	0.460435	1.993353	0.046200

McFadden R-squared	0.106487	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.406495
Akaike info criterion	1.023894	Sum squared resid	51.719590
Schwarz criterion	1.059550	Log likelihood	-158.7753
Hannan-Quinn criter,	1.038139	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	37.84521	Avg, log likelihood	-0.502453
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:47

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	17	16	33
P(Dep=1)>C	62	221	283
Total	79	237	316
Correct	17	221	238
% Correct	21.52	93.25	75.32
% Incorrect	78.48	6.75	24.68

Fuente: Elaboración Propia



### Modelo 7: SI\_NO C PRE\_HIP INGRESOS ED\_ENC

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:49  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std, Error	z-Statistic	Prob,
C	2.277897	0.476010	4.785395	0.000000
PRE_HIP	-0.411686	0.066400	-6.200113	0.000000
INGRESOS	0.001642	0.000324	5.071051	0.000000
ED_ENC	0.430317	0.340006	1.265615	0.205700

McFadden R-squared	0.218734	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.368216
Akaike info criterion	0.903984	Sum squared resid	42.301830
Schwarz criterion	0.951525	Log likelihood	-138.8294
Hannan-Quinn criter,	0.922976	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	77.73697	Avg, log likelihood	-0.439334
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:49

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	36	14	50
P(Dep=1)>C	43	223	266
Total	79	237	316
Correct	36	223	259
% Correct	45.57	94.09	81.96
% Incorrect	54.43	5.91	18.04

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 8: SI\_NO C PRE\_HIP INGRESOS ED\_MA\_HO

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 21:49  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std, Error	z-Statistic	Prob,
C	2.327621	0.489524	4.754867	0.000000
PRE_HIP	-0.403017	0.065676	-6.136423	0.000000
INGRESOS	0.001766	0.000329	5.364183	0.000000
ED_MA_HO	-0.122312	0.321950	-0.379909	0.704000

McFadden R-squared	0.214548	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.371078
Akaike info criterion	0.908691	Sum squared resid	42.962020
Schwarz criterion	0.956232	Log likelihood	-139.5732
Hannan-Quinn criter,	0.927684	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	76.24936	Avg, log likelihood	-0.441687
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 21:50

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	36	14	50
P(Dep=1)>C	43	223	266
Total	79	237	316
Correct	36	223	259
% Correct	45.57	94.09	81.96
% Incorrect	54.43	5.91	18.04

Fuente: Elaboración Propia

### Modelo 9: SI\_NO C PRE\_HIP INGRESOS SERV\_HIG

Dependent Variable: SI\_NO  
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)  
 Date: 10/06/09 Time: 23:24  
 Sample: 1 316  
 Included observations: 316  
 Convergente achieved after 4 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob,
C	1.634230	0.828758	1.971902	0.048600
PRE_HIP	-0.402830	0.065734	-6.128230	0.000000
INGRESOS	0.001722	0.000318	5.421073	0.000000
SERV_HIG	0.680107	0.711217	0.956258	0.338900

McFadden R-squared	0.216681	Mean dependent var	0.750000
S,D, dependent var	0.433699	S,E, of regression	0.369422
Akaike info criterion	0.906292	Sum squared resid	42.579470
Schwarz criterion	0.953833	Log likelihood	-139.1941
Hannan-Quinn criter,	0.925284	Restr, log likelihood	-177.6979
LR statistic */	77.00766	Avg, log likelihood	-0.440488
Prob(LR statistic)	0.000000		

Obs with Dep=0	79	Total obs	316
Obs with Dep=1	237		

\*/ Chi-cuadrado

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: UNTITLED

Date: 10/06/09 Time: 23:24

Success cutoff: C = 0,5

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	37	14	51
P(Dep=1)>C	42	223	265
Total	79	237	316
Correct	37	223	260
% Correct	46.84	94.09	82.28
% Incorrect	53.16	5.91	17.72

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo N° 11

### MEDIA Y MEDIANA DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS <sup>84/</sup>

Rubro	Variables				
	PRE_HIP (en soles)	INGRESOS (en soles/familia)	ING_PER_CA (soles/persona)	PRE_HIP_ING_TOT (proporción)	LN_PRE_HIP (en soles)
Media	6,3259	1023,77	239,2246	0,009782	1,733344
Mediana	6	900	187,5	0,006491	1,791759

Rubro	Variables dicotómicas			
	ED_ENC (Educ. encuestado)	ED_MA_HO (Educ. hogar)	SERV_HIG (Servicios higiénicos)	SI_TI_PI_1 (Pisos de vivienda)
Media	0,37	0,67	0,97	0,14
Mediana	0	1	1	0

Fuente: Elaboración propia con la base de datos de la encuesta (Programa SPSS).

<sup>84/</sup> Anexo del Capítulo V.

## Anexo N° 12

### DISPOSICIÓN A PAGAR CON LOS MODELOS ECONOMÉTRICOS SELECCIONADOS <sup>85/</sup>

**Disposición a pagar - Modelo 1**

Variable dependiente : SI_NO		
Rubro	Variable independiente	Valores de parámetros
Constante		3,171772303
	PRE_HIP	-0,304494893
Mediana		10,42

Fuente: Elaboración Propia

**Disposición a Pagar - Modelo 2**

Variable dependiente: SI_NO		
Rubro	Variable independiente	Valores de parámetros
Constante		4,174004193
	LN_PRE_HIP	-1,675244336
Mediana		12,08

Fuente: Elaboración Propia

**Disposición a pagar - Modelo 3**

Variable dependiente : SI_NO				
Rubro	Variables independientes	Valores de parámetros	Mediana	Media
Constante		2,286150156		
	PRE_HIP	-0,404721001		
	INGRESOS	0,001735693	900	1023,77
Media		10,04		
Mediana		9,51		

Fuente: Elaboración Propia

**Disposición a pagar - Modelo 4**

Variable dependiente : SI_NO				
Rubro	Variables independientes	Valores de parámetros	Mediana	Media
Constante		2,409970539		
	PRE_HIP	-0,360638435		
	ING_PER_CA	0,005554926	187,5	239,22
Media		10,37		
Mediana		9,57		

Fuente: Elaboración Propia

<sup>85/</sup> Anexo del Capítulo V.

### Disposición a pagar - Modelo 5

Variable dependiente :SI_NO				
Rubro	Variable independiente	Valores de parámetros	Mediana	Media
Constante		2,359152641		
	PRE_HIP_ING_TOT	-120,5600233	900,00	1023,769
Media		20,03		
Mediana		17,61		

Fuente: Elaboración Propia

### Disposición a pagar - Modelo 6

Variable dependiente :SI_NO				
Rubro	Variables independientes	Valores de parámetros	Mediana	Media
Constante		3,153873484		
	PRE_HIP	-0,318006374		
	SI_TI_PI_1	0,917809146	0,00	0,14
Media		10,32		
Mediana		9,92		

Fuente: Elaboración Propia

DAP de los modelos seleccionados		
Modelo	Disposición a pagar (S./mes)	
	Media	Mediana
Modelo 1	10,42	10,42
Modelo 2	12,08	12,08
Modelo 3	10,04	9,51
Modelo 4	10,37	9,57
Modelo 5	20,03	17,61
Modelo 6	10,32	9,92
Desviación Estándar	3,9	3,13
Promedio	12,21	11,52
Coefficiente de Variación	0,320	0,272

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo N° 13

### CUADROS DE EVALUACIÓN BENEFICIO COSTO <sup>86/</sup>

**Cuadro N° A-13. 1**

Evaluación beneficio costo a precios sombra  
 Alternativa N° 1: planta de filtros percoladores  
 (en nuevos soles)

Año	Beneficios	Inversiones	Costo de O &M incrementales	Costos totales	Flujo neto de beneficios costos
-2	0	1 695 350	0	1 695 350	-1 695 350
-1	0	21 361 406	0	21 361 406	-21 361 406
0	0	10 850 238	0	10 850 238	-10 850 238
1	7 339 564	0	2 159 764	2 159 764	5 179 800
2	7 431 319	0	2 199 168	2 199 168	5 232 151
3	7 524 201	0	2 238 595	2 238 595	5 285 606
4	7 618 251	0	2 278 402	2 278 402	5 339 849
5	7 713 490	0	2 288 094	2 288 094	5 425 396
6	7 809 897	0	2 496 543	2 496 543	5 313 354
7	7 907 535	0	2 506 604	2 506 604	5 400 931
8	8 006 363	0	2 698 534	2 698 534	5 307 829
9	8 106 442	0	2 710 040	2 710 040	5 396 402
10	8 207 773	0	2 721 935	2 721 935	5 485 838
11	8 306 267	0	2 731 996	2 731 996	5 574 271
12	8 405 950	0	2 737 929	2 737 929	5 668 021
13	8 506 822	0	2 779 890	2 779 890	5 726 932
14	8 608 904	0	2 791 418	2 791 418	5 817 486
15	8 712 217	0	2 817 906	2 817 906	5 894 311
16	8 816 758	0	2 844 712	2 844 712	5 972 046
17	8 816 758	0	2 844 712	2 844 712	5 972 046
18	8 816 758	0	2 844 712	2 844 712	5 972 046
19	8 816 758	0	2 844 712	2 844 712	5 972 046
20	8 816 758	0	2 844 712	2 844 712	5 972 046
				<b>VAN</b>	<b>11 586 696</b>

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007 y DAP estimada.

<sup>86/</sup> Anexo del Capítulo V.

### Cuadro N° A-13. 2

Evaluación beneficio costo a precios sombra  
 Alternativa N° 2: planta de lodos activados con aireación extendida  
 (en nuevos soles)

Año	Beneficios	Inversiones	Costo de O&M incrementales	Costos totales	Flujo neto de beneficios costos
-2	0	1 371 580	0	1 371 580	-1 371 580
-1	0	15 731 799	0	15 731 799	-15 731 799
0	0	7 971 213	0	7 971 213	-7 971 213
1	7 339 564	0	3 853 445	3 853 445	3 486 119
2	7 431 319	0	3 928 677	3 928 677	3 502 642
3	7 524 201	0	4 004 152	4 004 152	3 520 049
4	7 618 251	0	4 080 239	4 080 239	3 538 012
5	7 713 490	0	4 122 307	4 122 307	3 591 183
6	7 809 897	0	4 171 841	4 171 841	3 638 056
7	7 907 535	0	4 189 744	4 189 744	3 717 791
8	8 006 363	0	5 050 354	5 050 354	2 956 009
9	8 106 442	0	5 073 319	5 073 319	3 033 123
10	8 207 773	0	5 097 090	5 097 090	3 110 683
11	8 306 267	0	5 118 170	5 118 170	3 188 097
12	8 405 950	0	5 130 039	5 130 039	3 275 911
13	8 506 822	0	5 187 461	5 187 461	3 319 361
14	8 608 904	0	5 245 626	5 245 626	3 363 278
15	8 712 217	0	5 303 724	5 303 724	3 408 493
16	8 816 758	0	5 362 518	5 362 518	3 454 240
17	8 816 758	0	5 362 518	5 362 518	3 454 240
18	8 816 758	0	5 362 518	5 362 518	3 454 240
19	8 816 758	0	5 362 518	5 362 518	3 454 240
20	8 816 758	0	5 362 518	5 362 518	3 454 240
				<b>VAN</b>	<b>3 760 028</b>

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007 y DAP estimada.



### Cuadro N° A-13. 3

Evaluación beneficio costo a precios sombra  
 Alternativa N° 3: planta de lodos activados convencional  
 (en nuevos soles)

Año	Beneficios	Inversiones	Costo de O&M incrementales	Costos totales	Flujo neto de beneficios costos
-2	0	1 495 287	0	1 495 287	-1 495 287
-1	0	17 150 690	0	17 150 690	-17 150 690
0	0	8 690 157	0	8 690 157	-8 690 157
1	7 339 564	0	4 725 710	4 725 710	2 613 854
2	7 431 319	0	4 822 249	4 822 249	2 609 070
3	7 524 201	0	4 915 742	4 915 742	2 608 459
4	7 618 251	0	5 009 962	5 009 962	2 608 289
5	7 713 490	0	5 030 445	5 030 445	2 683 045
6	7 809 897	0	5 120 465	5 120 465	2 689 432
7	7 907 535	0	5 142 287	5 142 287	2 765 248
8	8 006 363	0	6 191 508	6 191 508	1 814 855
9	8 106 442	0	6 219 541	6 219 541	1 886 901
10	8 207 773	0	6 248 565	6 248 565	1 959 208
11	8 306 267	0	6 274 518	6 274 518	2 031 749
12	8 405 950	0	6 289 013	6 289 013	2 116 937
13	8 506 822	0	6 360 086	6 360 086	2 146 736
14	8 608 904	0	6 432 066	6 432 066	2 176 838
15	8 712 217	0	6 504 144	6 504 144	2 208 073
16	8 816 758	0	6 577 087	6 577 087	2 239 671
17	8 816 758	0	6 577 087	6 577 087	2 239 671
18	8 816 758	0	6 577 087	6 577 087	2 239 671
19	8 816 758	0	6 577 087	6 577 087	2 239 671
20	8 816 758	0	6 577 087	6 577 087	2 239 671
				<b>VAN</b>	<b>-6 184 798</b>

Fuente: Estudio de preinversión del proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cusco. SEDACUSCO S A 2007 y DAP estimada.

## Anexo N° 14

### ESTIMACIÓN EX POST DEL ERROR DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA <sup>87/</sup>

Con la información obtenida de la encuesta, se verifica en forma ex post si el tamaño de la muestra utilizada en la encuesta, cumple las exigencias de error estadístico planteadas cuando se dimensionó la muestra.

Dicha verificación ex post, se realiza comparando la correspondencia entre el tamaño de la muestra y el error estadístico estimado, con base al promedio y la desviación estándar del precio hipotético, obtenidos mediante la encuesta. En el caso de que el nivel de error estadístico se considere no adecuado, se tendría que incrementar el número de encuestas.

El cálculo ex post del error estadístico de la muestra, para el caso del estudio de valoración contingente del proyecto de la PTAR Cusco, se presenta en el Cuadro Anexo N° A-14.1.

Asumiendo un error ex post de estimación de 0,05, el tamaño de la muestra que cumple esa exigencia es de 267 encuestas. En la medida que en el estudio se realizaron 316 encuestas, se concluye que dicho tamaño ha sido adecuado.

**Cuadro N° A-14.1**

Cálculo del tamaño de la muestra - muestreo simple			
Valoración Contingente Cusco - Comprobación del Tamaño Muestra			
DATOS			
Población muestral	N	61.105	
Nivel de Confianza		95,00%	
Promedio Precio Hipotetico (*)	$\bar{X}$	6,33	
Desviación Estándar Precio Hipotetico (*)	s	2,64	
Error de Estimación	e	0,05	
Área bajo la curva Normal	Z	1,96	
(*) Valores calculados con resultados de la encuesta de la valoración contingente			
RESULTADOS			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	FÓRMULA	RESULTADO
Muestra Inicial	n	$n = \left( \frac{z * s}{\bar{X} * e} \right)^2$	267
Muestra Corregida por ser Población FINITA (*)	no	$n_o = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$	NO SE CORRIGE por ser Población Infinita

(\*) Se considera Población Finita cuanto la Población < 30 000.

<sup>87/</sup> Anexo del Capítulo V.

## Anexo N° 15

# RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICIÓN A PAGAR Y LA CAPACIDAD DE PAGO <sup>88/</sup>

Son dos conceptos que suelen usarse en forma indistinta siendo diferentes, aunque guardan relación entre sí.

La principal diferencia es que la disposición a pagar es una medida asociada al criterio de la eficiencia económica mientras la capacidad de pago es una medida asociada a la equidad (o criterio distributivo)

La vinculación entre ambas es la intervención del ingreso familiar en su cálculo. En la medición de la capacidad de pago interviene el ingreso en forma explícita. En la medición de la disposición también participa el ingreso aunque puede serlo en forma menos explícita, como se comenta más adelante.

### 1. Definiciones y comentarios

#### a. Capacidad de pago

Este concepto corresponde a un criterio operativo del ámbito del enfoque de equidad o distributivo que fija la máxima proporción de los ingresos que se considera deben ir destinados al pago de un servicio esencial, tal como los servicios de saneamiento (en este caso se considera el 5%).

Es fijado con cierto grado de arbitrariedad (como una proporción fija de los ingresos, independiente del nivel de esta última), no conociéndose mayormente su sustento económico, sin que eso signifique que carezca de razonabilidad, lo cual explica su amplia aceptación <sup>89/</sup>.

Su ventaja es la fácil aplicación que tiene para establecer el techo de los pagos mensuales por un servicio (en función de los ingresos familiares mensuales), por lo cual se le incluye como uno de los criterios al analizar la sostenibilidad de un proyecto de saneamiento.

---

<sup>88/</sup> Anexo del Capítulo VI.

<sup>89/</sup> En el sector saneamiento se considera que la capacidad de pago de las familias es del 5% de sus ingresos familiares y es utilizada por el SNIP, la SUNASS, el MVCS y los organismos financieros internacionales, como el BID, KFW.

## b. Disposición a pagar (DAP)

Es un concepto del ámbito del enfoque de la eficiencia económica en tanto permite establecer el nivel de bienestar atribuible a la mayor disponibilidad de un bien o la mejora en la calidad del mismo. En los bienes que se transan en el mercado, la DAP se mide usualmente bajo el área bajo la curva de la demanda, mientras que en los bienes sin mercado (caso de los bienes ambientales) una de sus medidas (monetarias) es la variación compensada.

El ingreso interviene en la medición de la disposición a pagar tanto a través de la formulación de curvas de demanda como en el planteamiento de la variación compensada, aún cuando en la función de demanda o la función del cambio en el bienestar utilizada por la valoración contingente, respectivamente, no pueda aparecer de forma explícita.

- Por ejemplo si se formula una función de demanda de agua potable de la forma Consumo de agua  $Q = a - bP$ .

Si bien la función no incluye el ingreso como variable explicativa, la función es representativa de los consumidores que poseen el ingreso promedio de la población asociada a la estimación de la función (toda la localidad o un sector de la misma).

Por dicha razón si existen diferencias importantes en el nivel de ingresos de la población demandante, es conveniente incluir al ingreso como variable explicativa de la función.

- En un modelo de valoración contingente podría no aparecer la variable ingresos en el modelo explicativo de la disposición a pagar (sólo el precio hipotético), ¿esto significa que el ingreso no interviene en la disposición a pagar?

La respuesta es NO. Los aspectos teóricos de la valoración contingente, se fundan en la valoración compensada. El entrevistado para dar respuesta (positiva o negativa) sobre su disposición a pagar por el bien ambiental que se le ofrece, evalúa si la disminución de su presupuesto (ingreso) para comprar otros bienes al preferir el bien ambiental (pagando el precio hipotético que se le plantea), justifica el cambio de bienestar que le permitirá el bien.

Por lo tanto, la respuesta del entrevistado sobre su disposición a pagar por el bien ambiental ya incorpora una evaluación de los cambios en su presupuesto (que se considera fijo).

Correspondientemente, en el numeral 3.6.2. del Capítulo III de la presente Tesis, la variación compensada se plantea como sigue:

Si el entrevistado acepta pagar \$ C para disfrutar de la mejora en la calidad de agua, debe cumplirse entonces que,

$$V(1, Y-C; S) + \epsilon_1 = V(0, Y; S) + \epsilon_0$$

Donde C es el valor que toma la variación compensada para un entrevistado,  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_0$  son errores en la situación con proyecto y situación sin proyecto, respectivamente. Y es el nivel de ingresos del entrevistado

Cabe indicar que la función de la disposición a pagar tiene como principal variable explicativa el precio del bien. Adicionalmente se incluyen como variables explicativas datos socioeconómicos (ingresos, nivel educativo, tamaño de la familia, etc.), los cuales se omiten si no tienen significancia estadística. La omisión del ingreso en un modelo, no significa de acuerdo a lo comentado, que no haya sido tomada en cuenta en la medición de la disposición a pagar.

## **2. Relación entre DAP y capacidad de pago**

La vinculación entre la DAP y capacidad de pago es la participación del ingreso familiar en la medición de ambas.

La ventaja conceptual de la DAP es que en su medición, además del ingreso, intervienen el precio y otras variables socioeconómicas

El método de la valoración contingente, en su base teórica y proceso de aplicación, toma en cuenta como variable los ingresos de la población entrevistada, sin embargo, los resultados de un modelo de valoración contingente pueden omitir dicha variable.

Debe tenerse en cuenta que los ingresos familiares, además del bien bajo estudio, deben destinarse a todos los demás bienes y servicios, por lo cual la sumatoria de la disposición a pagar por el total de bienes y servicios que consume una familia debe guardar correspondencia con el total de sus ingresos familiares.

En consideración a lo anterior, para asegurar su consistencia, en algunos modelos de valoración contingente se acota la DAP para que no sea mayor a una determinada proporción de los ingresos.

En conclusión, para evaluar la fiabilidad de los resultados de la medición de la disposición a pagar es conveniente relacionarla con la capacidad de pago.