

**Unidad de Coordinación de Cooperación Técnica y Financiera –  
UCCTF  
Ministerio de Economía y Finanzas - MEF**

**Banco Interamericano de Desarrollo  
Cooperación Técnica Nº 2703/OC-PE**

**“Mejoramiento de la Gestión de la Inversión Pública Territorial”**

**Componente: 2. Mejoramiento de la Gestión de los Entes Rectores  
Actividad: 2.2 Mejoramiento del marco metodológico de la  
inversión pública  
(2.2.1 Desarrollo de metodologías sectoriales de preinversión)**

**“Actualización del cálculo de la tasa social de descuento de largo  
plazo”**

**Coordinador del Proyecto: Eco. Joanna Noelia Kamiche Zegarra  
Contrato Nº I-410-0-2703**

**Analista de Datos: Eco. Jacques C. Diderot Julien  
Contrato Nº I-411-0-2703**

**Entregable: 3 de 3  
Informe Final**

**Diciembre 2018**

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>12</b>
2.1    MARCO GENERAL .....	12
2.2    METODOLOGÍA DE LA TSD HIPERBÓLICA – WEITZMAN (2001) .....	17
2.3    METODOLOGÍA DE RAMSEY (1928).....	19
<b>3. REVISIÓN DE METODOLOGÍAS UTILIZADAS EN LATINOAMÉRICA.....</b>	<b>20</b>
<b>4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO Y ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS .....</b>	<b>23</b>
4.1    METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL ESTUDIO.....	23
4.2    ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS.....	24
<b>5. CÁLCULO DE LA TSD-LP A TRAVÉS DE DIVERSAS METODOLOGÍAS .....</b>	<b>29</b>
5.1    METODOLOGÍA DE WEITZMAN.....	29
5.2    TASA DE DESCUENTO DECRECIENTE CON ESTIMACIÓN DE PREFERENCIA INTERTEMPORAL.....	33
5.3    TASA DE DESCUENTO DECRECIENTE .....	37
5.4    APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE RAMSEY .....	41
<b>6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>	<b>43</b>
6.1    METODOLOGÍA DE WEITZMAN (2001): ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	44
6.2    PARA LA ESTIMACIÓN CON TASA DE PREFERENCIA INTERTEMPORAL: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	46
6.3    METODOLOGÍA DE TASA DE DESCUENTO DECRECIENTE: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	47
<b>7. SELECCIÓN DE LA TSD-LP Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN .....</b>	<b>48</b>
7.1    PROPUESTA DE TSD - LP .....	48
7.2    EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA TSD-LP .....	50
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>10. REFERENCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>

## Tablas

TABLA N° 1: VALOR PRESENTE DE 1000 SOLES A DIFERENTES PERIODOS EN EL FUTURO Y A DIFERENTES TASAS DE DESCUENTO .....	13
TABLA N°2: TAMAÑO DE MUESTRA Y TASA DE RESPUESTA POR GRUPO DE PROFESIONALES .....	24
TABLA N° 3: SECTOR AL CUAL DIRIGE 60% O MÁS DE SU TRABAJO .....	28
TABLA N°4: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA TSD-LP PROPUESTA POR LOS ENCUESTADOS, POR GRUPO .....	29
TABLA N°5: PARÁMETROS ESTIMADOS A PARTIR DE LA FUNCIÓN GAMMA, PARA UNA TSD CONSTANTE .....	30
TABLA N°6: TSD – LP ESTIMADA POR QUINQUENIOS A PARTIR DE UNA TASA CONSTANTE, POR GRUPO .....	31
TABLA N°7: TSD – LP ESTIMADA POR PERÍODOS, A PARTIR DE UNA TASA CONSTANTE, POR GRUPO .....	31
TABLA N° 8: CRITERIOS PROPUESTOS POR LOS ENCUESTADOS PARA DEFINIR UNA TSD-LP CONSTANTE .....	33
TABLA N° 9: VALOR DE LA TSD-LP SUBYACENTE, EN FUNCIÓN A LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL .....	35
TABLA N° 10: NÚMERO DE OBSERVACIONES POR CADA NIVEL DE TSD-LP SUBYACENTE .....	35
TABLA N° 11: ESTIMACIONES DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN GAMMA, CON PREFERENCIA INTERTEMPORAL .....	36
TABLA N°12: TSD – LP ESTIMADA POR PERÍODOS, A PARTIR DE LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL, POR GRUPO DE PROFESIONALES .....	36
TABLA N° 13: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS TASAS DECRECIENTES POR PERÍODO .....	38
TABLA N° 14: TASA DECRECIENTE PROPUESTAS POR ACADÉMICOS, EXPERTOS Y ESPECIALISTAS .....	38
TABLA N° 15: ESTIMACIONES DE PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN GAMMA, CON TASAS DECRECIENTES .....	40
TABLA N° 16: TASA DECRECIENTE ESTIMADA PARA PERÍODOS AGREGADOS .....	40
TABLA N° 17: TASA DECRECIENTE ESTIMADA, POR PERÍODOS AGREGADOS .....	41
TABLA N° 18: PARÁMETROS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN DE RAMSEY .....	42
TABLA N° 19: ESTIMACIÓN DE LA TSD-LP A TRAVÉS DE LA ECUACIÓN DE RAMSEY .....	43
TABLA N° 20: ESTIMACIÓN DE TSD-LP CON LOS VALORES MEDIOS, TASA CONSTANTE .....	44
TABLA N°21: TSD – LP ESTIMADA, A PARTIR DE UNA TASA CONSTANTE, CON VALORES PROMEDIO .....	45
TABLA N° 22: ESTIMACIÓN DE TSD-LP CON LOS VALORES MEDIOS, CONSIDERANDO LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL .....	46
TABLA N°23: TSD – LP ESTIMADA, A PARTIR DE LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL, CON VALORES PROMEDIO .....	47
TABLA N°24: TSD – LP ESTIMADA, A PARTIR DE LAS TASAS DECRECIENTES, CON VALORES PROMEDIO .....	47
TABLA N°25: COMPARACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA TSD-LP, UTILIZANDO LAS DIFERENTES METODOLOGÍAS .....	48
TABLA N°26: PROPUESTA DE TSD - LP .....	50
TABLA N°27: ALTERNATIVAS PARA EL PROYECTO DE FERROCARRIL .....	51
TABLA N°28: FLUJO DE BENEFICIOS POR TIPO PARA EL PROYECTO DE FERROCARRIL .....	53
TABLA N°29: FLUJO DE BENEFICIOS NETO PARA EL PROYECTO DE FERROCARRIL .....	54
TABLA N°30: FACTORES DE DESCUENTO PARA TSD-LP PROPUESTA Y TSD DE 8%, FERROCARRIL .....	55
TABLA N°31: COSTOS DE INVERSIÓN Y DE MANTENIMIENTO PARA PROYECTO DE REFORESTACIÓN .....	59
TABLA N°32: COSTOS DE INVERSIÓN Y DE MANTENIMIENTO PARA PROYECTO DE REFORESTACIÓN .....	59

TABLA N°33: FACTORES DE DESCUENTO PARA EL PROYECTO DE REFORESTACIÓN .....	60
TABLA N°34: VAN CON UNA TASA CONSTANTE Y CON UNA TASA DECRECIENTE.....	60

## Figuras

FIGURA N° 1: DISTRIBUCIÓN POR SEXO Y GRUPO DE ESPECIALISTAS .....	25
FIGURA N° 2: DISTRIBUCIÓN POR GRADO ACADÉMICO Y GRUPO .....	26
FIGURA N° 3: DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR GRADO ACADÉMICO .....	26
FIGURA N° 4: CARRERA DEL MÁS ALTO GRADO ACADÉMICO, POR GRUPO .....	27
FIGURA N° 5: AÑOS DE EXPERIENCIA, (N = 154) .....	28
FIGURA N° 6: TSD-LP PARA ACADÉMICOS, EXPERTOS Y ESPECIALISTAS, SOBRE UNA TASA CONSTANTE (N = 54).....	32
FIGURA N° 7: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA DEFINIR LA TASA SUBYACENTE DE PREFERENCIA INTERTEMPORAL	34
FIGURA N° 8: TASA DE DESCUENTO, A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL .....	37
FIGURA N° 9: TASA DECRECIENTE PROPUESTAS POR ACADÉMICOS, EXPERTOS Y ESPECIALISTAS (N = 69) 39	39
FIGURA N° 10: EXPECTATIVA DE TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL EN EL 2045 .....	42
FIGURA N° 11: COMPARACIÓN DE LA TSD-LP ESTIMADA CON LA FUNCIÓN GAMMA VS. VALORES PROMEDIO, TASA CONSTANTE.....	45

## Resumen ejecutivo

Dentro de los parámetros nacionales que debe aprobar la Dirección General del Inversión Pública para la evaluación de proyectos en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones se encuentra la Tasa Social de Descuento (TSD) que representa el costo de oportunidad que tiene el país cuando utiliza recursos públicos para financiar proyectos de inversión pública (MEF, 2016).

El valor de la TSD depende de las condiciones de la economía y por ello, se realizan estudios periódicos para actualizar su valor; el último estudio realizado en el 2017 actualizó el valor a 8.0%, la cual se aplica a proyectos cuyo horizonte de evaluación no supera los 20 años. De otro lado, en el 2011, se desarrolló el estudio que estimó la TSD para proyectos ambientales en 3.77%, siguiendo la metodología de Ramsey y Feldstein (Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2011). Este estudio sustentó la aprobación de una TSD de 4% para proyectos que contribuyen para la reducción y/o mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero.

Teniendo en cuenta que la TSD de 8.0% se aplica generalmente a proyectos cuyo horizonte de evaluación es como máximo de 20 años, el objetivo del presente estudio es calcular la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo para el Perú (TSD-LP), la cual se aplicará no sólo a proyectos relativos a temas ambientales, sino también a proyectos que tienen altos costos presentes y beneficios en el muy largo plazo (más de 20 años), como ferrocarriles, carreteras, embalses, rellenos sanitarios, entre otros.

En este contexto, se ha analizado detalladamente las metodologías más utilizadas en estudios mundiales como los de Weitzman (2001); Martínez-Paza, Almansa, Casasnovas, y Coli (2016); Drupp, Freeman, Groom y Nesje (2017) y las utilizadas en estudios en Latinoamérica (Edwards, 2016; Correa, 2008; Jimenez, 2014).

En este estudio se utilizan diversas metodologías para el cálculo de este parámetro, con fines comparativos:

- i. La metodología de Weitzman, para la estimación de TSD hiperbólica, pero con dos formulaciones alternativas:
  - ✓ siguiendo el trabajo de Weitzman (2001), es decir, una sola pregunta directa; y,

- ✓ siguiendo el trabajo de Edwards (2016), en el cual se les dará claridad sobre las tasas de sustitución intertemporal.
- ii. una metodología directa, en la que se le pide las tasas por periodos de tiempo de largo plazo (Drupp, Freeman, Groom y Nesje, 2017; Jimenez, 2014); y,
- iii. la metodología de Ramsey.

El estudio incluye la recopilación de información primaria a través de la realización de una encuesta online dirigida a profesionales que tienen experiencia en proyectos de inversión pública. Los profesionales son académicos, expertos en temas de inversión pública y formuladores de proyectos en el marco del Invierte.pe. Se enviaron un total de 724 encuestas y se tuvo una tasa de respuesta de 19.4%, superior a algunos estudios de similares características.

Sobre la base de la información primaria obtenida de 154 encuestas se ha estimado la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo bajo 4 metodologías: i) La metodología de Weitzman con pregunta directa sobre la tasa; ii) La estimación de las tasas de preferencia intertemporal a través de la selección de proyectos de acuerdo con los beneficios y el plazo en el que perciben; iii) la consulta directa sobre tasas decrecientes, para tramos que van de 25 a 50 años, de 50 a 75 años, de 75 a 100 años y más de 100 años; y, finalmente, iv) la aplicación de la ecuación de Ramsey, utilizando información primaria y secundaria. En los 3 primeros casos, se han estimado los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de una función gamma, para luego determinar la media y la varianza de la función, en términos de esos parámetros. Dichos parámetros permiten calcular una tasa de descuento para cada periodo  $t$ , con la fórmula:

$$R(t) = \frac{\mu}{1 + \frac{t\sigma^2}{\mu}}$$

Esta formula fue utilizada para estimar las tasas de descuento anuales para el período de 20 a 349 años. El resumen de los resultados se muestra en la siguiente tabla:

Período	M1. Tasa Constante			M2. Tasa preferencia Intertemporal			M3. Tasa Decreciente n = 66	M4. Estimación de Ramsey	
	n = 22	n = 10	n = 54	n = 58	n = 32	n = 153		Expertos	MMM
	Acad.	Expertos	Promedio	Acad.	Expertos	Promedio	Tasa Decreciente por período		
[20 -49 años]	5.30%	4.70%	<b>5.40%</b>	3.50%	3.30%	3.60%	<b>5.78%</b>	6.75%	7.60%
[50 a 74 años]	3.90%	3.40%	<b>3.70%</b>	3.20%	3.00%	3.30%	<b>3.29%</b>	6.75%	7.60%
[75 a 99 años]	3.20%	2.80%	<b>2.90%</b>	3.00%	2.80%	3.10%	<b>1.89%</b>	6.75%	7.60%
[100 a 149 años]	2.50%	2.20%	<b>2.20%</b>	2.70%	2.50%	2.80%	<b>1.13%</b>	6.75%	7.60%
[150 a 199 años]	1.90%	1.70%	<b>1.70%</b>	2.40%	2.20%	2.50%	<b>0.88%</b>	6.75%	7.60%
[200 años a más]	1.30%	1.20%	<b>1.20%</b>	2.00%	1.80%	2.10%	<b>0.61%</b>	6.75%	7.60%

Fuente: Elaboración propia

La similitud en las tasas resultantes de las metodologías M1 y M3, pese a que han sido obtenidas considerando enfoques diferentes y que provienen de “fuentes” de datos diferentes (los grupos que respondieron a cada metodología son disjuntos), permiten aseverar que son resultados robustos y que la TSD-LP debería centrarse alrededor de dichos valores. Además, los resultados son relativamente similares a lo encontrado por Edwards (2012) y Jimenez (2014) para países de Latinoamérica.

La metodología M2, proporciona las tasas más bajas y ha sido calculada con la información proporcionada por casi todos los participantes de la encuesta. Además, en este caso, los que respondieron la encuesta han tenido que evaluar los beneficios netos en distintos periodos de tiempo para hacer su elección y eso es exactamente lo que se tendría que hacer cuando se evalúan proyectos de muy largo plazo. No obstante, una crítica a M2 podría ser que los valores escogidos como puntos de corte (4.49%, 3.45%, y 2.06%), podrían influenciar hacia abajo los resultados<sup>1</sup>. Sin embargo, se hicieron algunos análisis adicionales para verificar la robustez de los resultados, y éstos indicaron que los valores no son sensibles a dichos cambios.

En el caso de la Metodología de Ramsey (M4), las tasas estimadas son mucho mayores que las obtenidas con las otras metodologías y ello se debe a que se requieren muchos supuestos para escoger los parámetros para la estimación.

Después de analizar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías, se ha optado por proponer el uso de los resultados de la metodología M1 (bastante

<sup>1</sup> Ello, debido a que son menores a los utilizados en otros estudios similares como Edwards (2016) y Jimenez (2014). No obstante, en esos casos, las tasas de descuento de referencia en el país en cuestión son entre 2 y 4 puntos porcentuales más altas que en el Perú.

similares a las de la M3). Así, se propone las siguientes TSD-LP, con valores redondeados:

Período	Tasa propuesta (estimada)	Tasa propuesta (redondeada)
]20 -49 años]	5.40%	5.50%
[50 a 74 años]	3.70%	4.00%
[75 a 99 años]	2.90%	3.00%
[100 a 149 años]	2.20%	2.00%
[150 a 199 años]	1.70%	2.00%
[200 años a más[	1.20%	1.00%

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se ha incluido un análisis de sensibilidad para las metodologías con el fin de determinar la robustez de los resultados.

A manera de ejemplo, la fórmula para calcular el factor de descuento del año 110, sería:

$$FD_{110} = \frac{1}{(1 + 8\%)^{20} * (1 + 5.4\%)^{(49-20)} * (1 + 3.7\%)^{(74-49)} * (1 + 2.9\%)^{(99-74)} * (1 + 2.2\%)^{(110-99)}}$$

Las tasas propuestas han sido aplicadas a dos ejemplos: el proyecto de Ferrocarril Huancayo – Huancavelica, cuyo horizonte de evaluación se ha extendido (como ejemplo) a 110 años (con las correspondientes reinversiones); y un proyecto de reforestación, de 40 años. En ambos casos, y con fines de comparación, se ha calculado el VAN con una tasa constante de 8% y luego con las tasas decrecientes propuestas.

En estudios que requieren levantamiento de información primaria, y en particular en el uso de encuestas online, los plazos siempre deben ajustarse, porque es necesario esperar que los encuestados respondan y ello puede implicar varios recordatorios. En este caso, se hicieron 4 recordatorios y la encuesta estuvo abierta por 62 días y se tuvo una tasa de respuesta de 19.4%. Para lograr tasas más altas, se sugiere que para aquellos estudios que impliquen levantamiento de información primaria, se otorgue un mayor plazo para su realización.

Una combinación de metodologías contribuye a la discusión de los resultados porque permite contrastar y confirmar los resultados, para demostrar su grado de robustez.

El siguiente paso debería ser un proceso de socialización de los resultados del estudio y un proceso de capacitación hacia formuladores y evaluadores de proyectos, para el uso de las tasas propuestas, para proyectos de gran envergadura.

Se sugiere realizar las modificaciones necesarias para que el sistema informático de registro de los proyectos en el Banco de Inversiones sea capaz de capturar información sobre el horizonte de evaluación y las tasas de descuento utilizadas en cada uno de los proyectos, a fin de hacer un seguimiento sobre el nivel de uso de las tasas de descuento de largo plazo propuestas.

Finalmente, para facilitar la aplicación de los resultados de este estudio, se sugiere utilizar ejemplos amigables y elaborar cartillas con los factores de descuento para un horizonte de evaluación largo (quizás 150 años) y socializarlo entre los formuladores y evaluadores de proyectos, a fin de que se facilite su utilización y se reduzcan potenciales errores de cálculo.

## 1. Introducción

La Dirección General del Inversión Pública es la autoridad técnico-nORMATIVA del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (en adelante, Invierte.pe) y tiene entre sus funciones la aprobación de los parámetros de evaluación que se aplicarán en la formulación y evaluación de los proyectos de inversión pública.

Dentro de los parámetros nacionales se encuentra la Tasa Social de Descuento (TSD) que representa el costo de oportunidad que tiene el país cuando utiliza recursos públicos para financiar proyectos de inversión pública (MEF, 2016). El valor de la TSD depende de las condiciones de la economía y por ello, se realizan estudios periódicos para actualizar su valor; el último estudio realizado en el 2017 actualizó el valor a 8.0%, la cual se aplica a proyectos cuyo horizonte de evaluación no supera los 20 años.

En relación con los proyectos con un horizonte de evaluación de muy largo plazo, en el 2011, se desarrolló el estudio que estimó la TSD para proyectos ambientales en 3.77%, siguiendo la metodología de Ramsey y Feldstein (Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2011)<sup>2</sup>. Dicho estudio sirvió de base para aprobar la aplicación de una TSD de 4% para proyectos que contribuyen para la reducción y/o mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero.

En la literatura internacional existe una discusión desde hace casi dos décadas, sobre la necesidad de utilizar tasas de descuento mucho menores e incluso decrecientes, cuando los beneficios o costos se van a producir en el muy largo plazo. En ese sentido, Weitzman (2001) propone la utilización de una tasa de descuento hiperbólica (decreciente) cuando se considere proyectos cuya duración es de 50, 100 o 300 años. En este contexto, Stern (2006), propone -en el marco del Informe sobre la Economía del Cambio Climático- el uso de una tasa promedio de 1.4% para proyectos que tienen efectos relacionados con el cambio climático en el muy largo plazo.

---

<sup>2</sup> La metodología de Feldstein (1965) es una variante de la ecuación de Ramsey, en la cual la utilidad de la sociedad (por el consumo) crece menos que proporcionalmente en relación con el aumento de la población. En el estudio del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (2011) se incluye el detalle de las diferencias en ambas fórmulas.

En el caso de América Latina, existen estudios recientes que utilizaron la metodología de Weitzman (2001) para calcular TSD decrecientes. Así, por ejemplo, el estudio de Edwards (2016) encuentra para Chile una TSD - LP promedio de 4.92% y propone tasas decrecientes que empiezan en 5% (para proyectos de 21 a 32 años), hasta 1% para periodos superiores a 391 años. Asimismo, para Costa Rica, Jiménez (2014), encuentra tasas entre 5.9% y 7.3% y propone tasas decrecientes entre 6% y 1% para proyectos cuyos beneficios ocurrirán en el muy largo plazo.

En este contexto, el objetivo de este estudio es calcular la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo (TSD-LP), para ser utilizada para la evaluación de proyectos cuyos beneficios y/o costos van a ocurrir en periodos de tiempo superiores a los 20 años, en el marco del Invierte.pe

En la sección 2 del estudio se presenta el marco teórico y la revisión de la bibliografía, donde se describen las dos metodologías utilizadas en la literatura para estimar la TSD-LP. La sección 3 incluye la revisión de literatura específica para América Latina. En la sección 4, se presentan las metodologías a utilizar en el estudio, se explica el proceso de recopilación de la información primaria y se presentan las estadísticas descriptivas. En la quinta sección se calcula la TSD-LP bajo las diferentes metodologías propuestas y en la sección 6 se presenta el análisis de sensibilidad correspondiente. En la sección 7 se presentan 02 ejemplos de aplicación de las tasas propuestas. Las secciones 8 y 9 son las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **2. Marco Teórico y Revisión de Bibliografía**

Los objetivos de la revisión de la literatura existente sobre la estimación de la TSD - LP son:

- ✓ Determinar las metodologías utilizadas en otros países para la estimación de la TSD y de manera particular si se hace una distinción entre el corto y largo plazo.
- ✓ Determinar si existe algún patrón (metodológico o empírico) que distinga la estimación de la TSD en países desarrollados y países en desarrollo.
- ✓ Identificar los casos y tipos de proyectos en los cuales se utiliza la TSD de largo plazo.

### **2.1 Marco General**

La necesidad de una tasa social de descuento en la evaluación de proyectos radica en que permite convertir los efectos que ocurren en diferentes momentos del tiempo en el futuro en un monto equivalente en moneda actual (Weitzman, 2001, pág. 260).

La teoría del bienestar, que es la base conceptual para la evaluación social de proyectos, asume que los beneficios y costos de los proyectos se pueden medir en términos del consumo, y por tanto, los agentes prefieren los beneficios que se generan en el corto plazo en relación con aquellos que se generan en el mediano o largo plazo (Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2017, pág. 241). Esto implica que los agentes tienen una tasa marginal de preferencia intertemporal positiva. Adicionalmente, el consumir hoy los recursos, implica que hay un costo de oportunidad de los intereses que se dejan de ganar porque se consumen los recursos en lugar de invertirlos y tener una ganancia adicional en el futuro. Ello implica que la tasa marginal de rendimiento de la inversión privada es positiva. Estos dos conceptos son utilizados de manera individual o complementaria al momento de estimar la TSD (Seminario, 2017).

La importancia de definir apropiadamente la TSD en el marco del análisis costo-beneficio para la evaluación social de proyectos radica en que su valor tendrá implicancias en la asignación de recursos. Es decir, fijar una TSD muy alta implica que proyectos que pueden tener grandes beneficios sociales en el futuro sean

descartados, mientras que colocarla muy baja, implica que pueden ejecutarse proyectos que son económicamente ineficientes (Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman, 2007). Más aún, una TSD muy alta favorece proyectos cuyos beneficios se presentan en el “corto plazo”, en desmedro de los proyectos cuyos beneficios se realizan en el futuro más lejano, lo cual complica las decisiones de inversión, particularmente cuando los recursos financieros para inversión son limitados.

Dicho de otra manera, el horizonte de evaluación de un proyecto, (el tiempo de determinación de sus beneficios y costos) se ve afectado por la definición de la TSD (Hansen, 2006). Por ejemplo, en la Tabla N°1, se presenta el valor presente de 1000 soles, utilizando distintas tasas de descuento (desde 15% hasta 1%), para períodos entre 10 y 300 años. Como se observa, los beneficios (y/o costos) que se perciben en 20, 30 o 40 años, no tienen ninguna importancia si se utiliza una tasa de 15% o 12%. Más aún, los beneficios en 30 o 40 años son irrelevantes cuando se usa la tasa del 8%, que es la TSD que se utiliza actualmente para los proyectos en el marco del Invierte.pe.

**Tabla N° 1: Valor presente de 1000 soles a diferentes períodos en el futuro y a diferentes tasas de descuento**

Plazo (Años) / Tasa (%)	15%	12%	10%	8%	5%	2%	1%
hoy	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
10	247.18	321.97	385.54	463.19	613.91	820.35	905.29
20	61.10	103.67	148.64	214.55	376.89	672.97	819.54
<b>30</b>	<b>15.10</b>	<b>33.38</b>	<b>57.31</b>	<b>99.38</b>	<b>231.38</b>	<b>552.07</b>	<b>741.92</b>
<b>40</b>	<b>3.73</b>	<b>10.75</b>	<b>22.09</b>	<b>46.03</b>	<b>142.05</b>	<b>452.89</b>	<b>671.65</b>
50	0.92	3.46	8.52	21.32	87.20	371.53	608.04
60	0.23	1.11	3.28	9.88	53.54	304.78	550.45
70	0.06	0.36	1.27	4.57	32.87	250.03	498.31
80	0.01	0.12	0.49	2.12	20.18	205.11	451.12
90	0.00	0.04	0.19	0.98	12.39	168.26	408.39
100	0.00	0.01	0.07	0.45	7.60	138.03	369.71
150	0.00	0.00	0.00	0.01	0.66	51.28	224.80
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	19.05	136.69
250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	7.08	83.11
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	50.53

Fuente: Elaboración Propia.

Esta diferencia afecta las decisiones sobre proyectos que requieren elevados montos de inversión y brindan beneficios en períodos amplios como son proyectos tipo ferrocarriles, rellenos sanitarios, grandes obras de ingeniería; y también proyectos que brindan beneficios en el muy largo plazo como los proyectos de reforestación, de control de emisiones de gases efecto invernadero, entre otros, debido a que los beneficios ocurren en períodos superiores a los 20 años.

La discusión sobre la TSD-LP se ha intensificado recientemente por la preocupación que surge acerca de los impactos ambientales que tendrán en el futuro distintas intervenciones y acciones. Weitzman (2001) mencionaba la necesidad de discutir con mayor precisión la tasa de descuento a utilizar en proyectos ambientales, que estén relacionados al cambio climático, así como aquellos relativos a la disposición de residuos radioactivos, la pérdida de biodiversidad, la afectación de la capa de ozono, la contaminación de acuíferos, entre otros, ya que sus efectos serán percibidos por las futuras generaciones en 50, 100 y varios cientos de años. En su investigación, Weitzman (2001) ya planteaba la necesidad de pasar de una TSD constante (exponencial), a una TSD con distribución gamma (“gamma discounting”), para tomar en cuenta apropiadamente los efectos en el lejano y muy lejano largo plazo<sup>3</sup>.

Esta discusión se tornó mucho más complicada, cuando en el 2006, apareció el Informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático (Stern, 2006), que planteaba la urgente necesidad de tomar acciones para reducir las emisiones de gases efecto invernadero, para mitigar el cambio climático. Entre los elementos que generaron una gran discusión sobre el estudio de Stern, estuvo el uso de una TSD para efectos de largo plazo de 1.4%, en promedio. Muchos autores han criticado el uso de dicha tasa (Nordhaus, 2007; Gollier, 2009), porque lleva a exageraciones en la medición del valor presente de los impactos del cambio climático en la economía mundial. En el Perú, actualmente, el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones ([invierte.pe](http://invierte.pe)) utiliza una tasa de 4% para los proyectos que contribuyen a la reducción de gases efecto invernadero, (Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2011).

---

<sup>3</sup> La discusión de su propuesta matemática del descuento se realiza más adelante.

Es decir, la discusión ya no sólo se centra en la metodología para determinar la TSD sino también la metodología más apropiada para la TSD de LP. Weitzman (2001) fue de los primeros en trabajar el tema y propuso el modelo de descuento hiperbólico, que implica una TSD decreciente. Su estudio proponía que la TSD-LP tenía más que ver con un tema ético que con una estimación cuantitativa basada en mercados de capitales y estimaciones de crecimiento; por lo tanto, los que la definieran (que por lo general son economistas) debían hacerlo utilizando una estimación educada basada en sus instintos (Weitzman, 2001, pág. 271). Dicha posición es también la de Varian (2006), quien señala que la definición de la TSD-LP es una cuestión ética.

Es decir, tampoco existe consenso sobre la metodología para estimar la TSD-LP, y los pocos estudios cuantitativos existentes muestran resultados muy dispares (Correa, 2008; Edwards, 2016; Jimenez, 2014; Weitzman, Gamma Discounting, 2001; Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman, 2007).

En este contexto, Correa (2008, pág. 147) señala los argumentos que se esgrimen para una TSD decreciente en el tiempo:

- i) En el largo plazo, no se puede asumir una tasa de crecimiento económico exponencial.
- ii) La incertidumbre conduce a tasas de descuento decrecientes.
- iii) Los estudios empíricos demuestran que los individuos utilizan una tasa de descuento decreciente en el futuro.

Correa (2008) presenta evidencia sobre la cual se basan cada uno de estos argumentos (págs. 147-150).

Una de las críticas a la propuesta de utilizar una TSD hiperbólica, que implica el uso de una tasa de descuento decreciente, es el hecho de posibles inconsistencias en la medida que las personas podrían optar por no realizar lo que habían escogido antes, si es que se les da la oportunidad de reconsiderar su decisión cuando se llegue al periodo futuro correspondiente (Hansen, 2006). Dicho de otra manera, una opción escogida en la comparación *hoy* entre el consumo en  $t+10$  y  $t+25$ , puede no ser la escogida, cuando la persona ya esté en  $t+10$  y deba decidir. No obstante, Hansen (2006) demuestra analíticamente, que en una comparación de las decisiones entre  $t$  y  $t+\Gamma$  para una tasa decreciente, es posible esperar una tasa decreciente y baja que sea consistente, para los beneficios y costos que se presentan en el futuro.

Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman (2007) elabora una presentación bastante detallada de las distintas formas de calcular la TSD y un cuadro que resume los valores de la TSD para distintos países desarrollados (pag. 17-18). Aunque los autores no hacen especial énfasis en la TSD-LP, si es posible observar que la TSD está entre valores de 3% y 12%, mientras que la TSDLP gira entre 2 y 3% para proyectos que tienen impactos intergeneracionales en Estados Unidos, o para proyectos que tienen un plazo superior a 30 años para el caso de Gran Bretaña. Un elemento importante por considerar es que instituciones de un mismo país pueden utilizar tasas diferentes, en función a sus objetivos institucionales. Así, por ejemplo, la Oficina de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) utiliza tasas de 2% y 3%, mientras que la Oficina de Administración del Presupuesto utiliza una tasa de 7%, siendo ambas instituciones de los Estados Unidos.

En un estudio reciente, Martínez-Paza, Almansa, Casasnovas y Coli (2016), utilizan el Método Delphi para encuestar a 174 expertos a nivel mundial, para la determinación de la TSD-LP. Los autores incluyen un conjunto de preguntas cerradas (si/no) que pueden servir para determinar las partes de la TSD-LP siguiendo la metodología de Ramsey (que se verá más adelante). Adicionalmente, el estudio incluye preguntas abiertas sobre el valor de la TSD-LP que se debería utilizar cuando el horizonte de evaluación del proyecto es: i) 0-30 años; ii) 31-75 años; iii) 76-125 años; iv) 126-200 años; v) 201-300 años; vi) más de 300 años. La tasa de respuesta fue de 112 expertos en la primera ronda y 98 en la segunda ronda del proceso. Sus resultados también fueron consistentes con una TSD-LP decreciente.

Finalmente, Drupp, Freeman, Groom, & Nesje (2017) encuestan a 200 expertos acerca de los componentes de la TSD, a fin de tratar de encontrar el elemento común en sus respuestas. Sus resultados muestran que la mayoría de los encuestados no siguen la Regla de Ramsey, es decir, la agregación de las partes de la ecuación no lleva a la tasa de descuento escogida por los encuestados. En particular, los encuestados llegan a un valor mediano de la tasa social de descuento de 2%.

A continuación, se describen en detalle las metodologías más utilizadas en los estudios para la determinación de la TSD-LP.

## 2.2 Metodología de la TSD hiperbólica – Weitzman (2001)

El autor señala que la discusión sobre la determinación de la TSD tiene larga data y que no ha sido posible llegar a un acuerdo entre los economistas. Más aún, en el caso de la TSD-LP argumenta que no es posible esperar que se llegue a un consenso que permita solucionar el problema. Por ello propone que en lugar de promediar las TSD propuestas por los especialistas, lo que se promedie sea la distribución de los valores seleccionados, utilizando una función gamma para tal proceso.

Weitzman prueba su propuesta enviando una encuesta a 2800 economistas, de nivel PhD, con la siguiente única pregunta “*Tomando en consideración todos los aspectos relevantes, ¿cuál cree usted que debe ser la tasa que debe ser utilizada a lo largo del tiempo para descontar los beneficios y costos esperados de los proyectos que se propongan para mitigar los posibles efectos del calentamiento global?*” (Weitzman, 2001, pág. 271). La encuesta fue respondida por un total 2160 economistas alrededor del mundo, con tasas que fueron desde el -3% (negativa), hasta 27%, con una media de 3.96%, una desviación estándar de 2.94 y una moda de 2%<sup>4</sup>.

En términos matemáticos, ello quiere decir que la fórmula usual de agregación a una tasa constante de x, que usualmente se escribe, para el individuo j, como:

$$A_j(t) = e^{-x_j t} \quad (1)$$

Sea utilizada para conformar la “función de descuento efectiva para el tiempo t”, que se construye como:

$$A(t) = \int_0^\infty e^{-xt} f(x) dx \quad (2)$$

Donde la distribución de las tasas sigue una distribución gamma:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \quad (3), \text{ donde } \alpha \text{ y } \beta \text{ se estiman de los datos.}$$

Reemplazando (3) en (2) se tiene que:

$$A(t) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-(\beta+t)x} dx \quad (4)$$

Si se recuerdan las fórmulas de medias y varianzas:

---

<sup>4</sup> Una TSD negativa implica que el futuro debe valorarse más que el presente.

$$\mu = \int_0^{\infty} xf(x)dx \quad (5)$$

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx \quad (6)$$

Además, sabiendo por cálculo que utilizando los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ :

$$\int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-\beta y} dy = \frac{\Gamma(\alpha)}{\beta^{\alpha}} \quad (7), \text{ se puede llegar a que:}$$

$$\mu = \frac{\alpha}{\beta} \quad \text{y} \quad \sigma^2 = \frac{\alpha}{\beta^2}, \quad (8)$$

Por lo que, los parámetros que se necesitan para la estimación,  $\alpha$  y  $\beta$ , se pueden calcular, a partir del valor medio y la desviación estándar de los datos, como:

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (9)$$

$$\beta = \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (10)$$

De esta forma, con la media y la varianza estimada, utilizando los datos proporcionados por los expertos, es posible estimar la función de descuento a ser utilizada.

Reemplazando (7) en (4), se tiene:

$$A(t) = \left( \frac{\beta}{\beta+t} \right)^{\alpha} \quad (11)$$

y si reemplazamos (9) y (10) en (11), se tiene:

$$A(t) = \frac{1}{(1+t\frac{\sigma^2}{\mu})^{\mu^2/\sigma^2}} \quad (12)$$

Weitzman (2001) construye un histograma con las respuestas de los 2160 economistas y luego estima una distribución de probabilidad gamma (utilizando los valores de la media y la varianza de la muestra de datos) para fines de comparación; sus resultados muestran que ambos gráficos son bastante similares y abonan a su propuesta de utilizar la función gamma (pag. 268). Adicionalmente, el autor estima una “tasa de descuento equivalente constante”, que le permite calcular cual sería la tasa constante para utilizar en proyectos de muy largo plazo. Sus resultados muestran una tasa de 1.75% por año.

Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman (2007), quienes comparan las diferentes metodologías para estimar la TSD, incluida la de largo plazo, señalan que una tasa decreciente en el tiempo es más utilizada por académicos e investigadores que buscan determinar la TSD para proponer alternativas para la política pública, pero que su mayor crítica se refiere a la posibilidad de generar inconsistencias a lo largo del tiempo (pag. 22). En relación con las críticas a la metodología de Weitzman (1998)<sup>5</sup>, Gollier (2009) estudia los supuestos bajo los cuales las conclusiones de Weitzman (1998) son válidas y encuentra que en algunos casos la TSD-LP puede ser decreciente pero que en otros, puede ser constante. Finalmente, después de varias discusiones teóricas en diferentes investigaciones, Gollier & Weitzman (2010) proponen una solución al “Gollier-Weitzman puzzle” y concluyen que en general, la TSD-LP decreciente es el mejor mecanismo para tomar en cuenta los efectos de los beneficios y costos de las intervenciones en el largo plazo.

### **2.3 Metodología de Ramsey (1928)<sup>6</sup>**

La idea básica de la investigación de Ramsey (“A mathematical theory of saving”, 1928, basado en Gollier 2011), es que, a través de la inversión, el consumo crece a lo largo del tiempo. De esta forma, el decisor de políticas define el nivel de la inversión pública para maximizar el bienestar de la sociedad hoy y en el futuro. Bajo este enfoque, la tasa marginal de preferencia intertemporal de la sociedad ( $\rho$ ) es la suma de dos componentes: i) la tasa de preferencia intertemporal pura ( $d$ ); ii) preferencia de la sociedad por la suavización del consumo a lo largo del tiempo ( $g\eta$ ), donde  $g$  es la tasa de crecimiento del consumo per cápita y  $\eta$  es la elasticidad de la utilidad marginal del consumo. De esta forma, la fórmula<sup>7</sup> sería:

$$\rho_t = d + g_t\eta \quad (13)$$

Ciertamente, los autores no se ponen de acuerdo sobre como estimar los componentes de la fórmula, en particular el componente  $\eta$ . Así por ejemplo, Zhuang, Liang, Lin y De Guzman (2007) señalan que  $\eta$  es también conocida como el

---

<sup>5</sup> Este es uno de los primeros trabajos de Weitzman sobre el tema de la tasa social de descuento y allí propone que debido a la incertidumbre en el futuro, es necesario que las tasas de descuento sean decrecientes a lo largo del tiempo; y en particular que deban ser muy pequeñas en el muy largo plazo.

<sup>6</sup> Sección basada en Boardman, Greenberg, Vining y Weimer (2017).

<sup>7</sup> En el Anexo N°1 se incluye la derivación de la fórmula de Ramsey, basado en Gollier (2011)

coeficiente de aversión relativa al riesgo, mientras que Boardman, Greenberg, Vining y Weimer (2017) señalan que es una constante, sin especificar mayores detalles<sup>8</sup>.

Zhuang, Liang, Lin y De Guzman (2007) realizan una revisión bastante detallada de los estudios que estiman las TSD y encuentran que los estudios empíricos difieren en la manera como determinan los parámetros para estimar la ecuación de Ramsey. Por ejemplo,  $d$  es estimado como la tasa de mortalidad de largo plazo o el riesgo de catástrofes en el largo plazo, mientras que otros lo establecen en 0 (Stern, 2006); así también,  $\eta$  podría determinarse a partir de la progresividad de la estructura de impuestos (Jimenez, 2014) o la aversión al riesgo de un grupo etario (jóvenes o estudiantes). En cualquier caso, los valores difieren sustancialmente (ver Zhuang, Liang, Lin y De Guzman para más detalles).

### **3. Revisión de metodologías utilizadas en Latinoamérica**

Para la estimación de la TSD-LP, los estudios que se han realizado en Latinoamérica se han centrado fundamentalmente en el contexto de proyectos ambientales. A continuación, se hará una breve revisión de los estudios realizados y de las metodologías utilizadas.

Uno de los primeros esfuerzos publicados en TSD-LP es el de Correa (2008), que aplica la metodología de Weitzman (a través de la función gamma) para la estimación de la tasa ambiental para Colombia. El autor realizó 120 encuestas a igual número de economistas, y pudo calcular la tasa de descuento efectiva para proyectos con impactos ambientales, y, además, calculó tasas de descuento diferenciadas, considerando el horizonte de tiempo del proyecto. En este estudio, la pregunta que se hizo fue “*¿Cuál puede ser, desde su punto de vista, la tasa de descuento anual adecuada que debe usarse para descontar en el tiempo los beneficios y costos esperados de los proyectos que se propongan para el mejoramiento del medio ambiente?*”. En la información provista al encuestado se le indicaba la tasa de descuento (12%) y el horizonte temporal promedio de los proyectos evaluados por el Departamento Nacional de Planeamiento (DNP), que se ejecutan con recursos públicos.

---

<sup>8</sup> Como se ha mencionado, en el Anexo N°1 se incluye el detalle de la derivación de la fórmula de Ramsey, con algunas explicaciones sobre la estimación/uso de los parámetros.

El estudio tuvo una tasa de respuesta de 54 economistas, sobre un universo de 120. La moda en las respuestas fue de 12% y el promedio fue de 10.96%. Dado estos resultados, pareciera que la provisión de la información sobre la tasa de descuento que utilizaba el DNP podía haber sesgado los resultados. Los resultados muestran una TSD-LP decreciente, que parte de 10.76%, que se convierte en 5.89% para un horizonte de 30 años y de 2.86% para los 100 años. Finalmente, la tasa de descuento equivalente estimada (es decir, a partir de los datos se calcula una única tasa constante) es de 8%, muy superior a la encontrada por Weitzman (2001).

Otro estudio importante, es el de Edwards (2016), quien estima la TSD-LP para Chile, utilizando la metodología de Weitzman (2001), pero a través del uso de 3 preguntas que obligan al encuestado a comparar beneficios monetizados en períodos diferentes en el largo plazo. El autor había iniciado la discusión sobre la TSD-LP en Chile, en el 2002, señalando la necesidad de pensar en una tasa decreciente. En el estudio, Edwards (2016) sigue las recomendaciones de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) para estudios de valoración contingente aplicables a condiciones ambientales y señala que es necesario que el encuestado perciba claramente en la pregunta las tasas de sustitución intertemporal. En esta lógica, el autor utiliza tres preguntas claves:

- P1: Si usted tuviera que decidir hoy por un proyecto del gobierno que genera beneficios que se pueden valorar en UM. 1 millón dentro de 25 años y otro que genera beneficios que se pueden valorar en UM. 3 millones, pero dentro de 50 años, ¿Cuál elegiría?
- P2. Usted señaló que elegiría el proyecto que genera beneficios de UM 1 millón en 25 años. Si ahora le doy a escoger entre ese proyecto y otro que le da UM 5 millones en 50 años, ¿Cuál elegiría?
- P3. Usted señaló que elegiría el proyecto que genera beneficios de UM 3 millón en 50 años en lugar del otro proyecto. Si ahora le doy a escoger entre el proyecto que da UM 1 Millón en 25 años u otro que da UM 2 millones, pero en 50 años, ¿Cuál elegiría?

Estas tres preguntas están exigiendo que el encuestado compare las tasas de descuento en cada alternativa. A manera de ejemplo, y considerando la pregunta 1 (utilizando factor de descuento en lugar de la formulación exponencial):

$$\frac{1}{(1+x)^{25}} > \frac{3}{(1+x)^{50}} \quad (14)$$

Es decir, se está calculando el valor presente de cada alternativa. Si hacemos un cambio de variable para:

$$(1+x)^{25} = z \quad (15)$$

Entonces, (15) en (14) llevaría a que:

$$\frac{1}{z} > \frac{3}{z^2} \quad (16)$$

De (16) se observa que a través de la solución de una ecuación de segundo grado se puede llegar a que la tasa subyacente es de 4.49%. Las otras dos preguntas, bajo procedimientos similares llegan a 6.65% y 2.81%, respectivamente. La tasa promedio resultante fue de 5.05% y a partir de allí propone tasas marginales decrecientes, que van desde 5% para los años 21 a 32, hasta 1% para el año 391 en adelante. El autor finalmente propone algunas recomendaciones para la aplicación de la TSD-LP en el contexto del Sistema Nacional de Inversiones (SNI) de Chile. En particular, aunque la discusión de su investigación inicia en el contexto de los proyectos ambientales, el autor señala que la TSD-LP debe utilizarse para la evaluación de proyectos que tienen altos costos en el corto plazo y beneficios en el largo plazo, así como los que pueden tener beneficios en el corto plazo, pero altos costos en el largo plazo. En los primeros incluye las grandes obras de infraestructura, como ferrocarriles, carreteras, proyectos mineros, fundiciones, hospitales, colegios, aeropuertos, embalses, rellenos sanitarios, entre otros. En el segundo grupo están los proyectos que pueden afectar la biodiversidad (embalses, centrales hidroeléctricas, plantas nucleares), aquellos que pueden contaminar acuíferos, entre otros. Es importante notar que el autor menciona expresamente proyectos con grandes obras de infraestructura, porque usualmente, cuando se trata de estimar la TSD-LP, se piensa sólo en proyectos ambientales.

Otro elemento importante en el trabajo de Edwards (2016), a diferencia de Weitzman (2001), es que se requiere que el encuestado tenga claro que está actuando como un planificador. Es decir, se espera que sus respuestas sean "más sustentadas" o tengan más fundamento, aunque no tengan que sustentar o explicarlas en la encuesta. Es por ello por lo que en su muestra incluye no sólo a economistas expertos, sino también tomadores de decisión (del Congreso). La baja tasa de

respuesta de este último grupo no permitió realizar estimaciones por grupo, pero ello no evita pensar en la necesidad de plantear estimaciones por grupos de especialistas o expertos.

Jiménez (2014) realiza un estudio para la estimación de la TSD-LP para Costa Rica, siguiendo fundamentalmente la metodología de Weitzman (2001)<sup>9</sup>. Sus resultados muestran una TSD-LP decreciente, que parte de 6% para los flujos de 0 a 9 años, hasta llegar a una tasa de 1% para flujos mayores a 285 años. Un elemento interesante del trabajo de Jimenez (2014) es que presenta ejemplos comparativos entre el uso de la TSD actualmente aplicable en Costa Rica (12%) y los resultados de su estimación para dos proyectos concretos. Esto permite hacer más tangible la importancia de sus estimaciones.

#### **4. Metodología del estudio y estadísticas descriptivas**

##### **4.1 Metodologías aplicadas en el estudio.**

A la luz de la revisión de literatura realizada, en este estudio se estimará la TSD-LP utilizando 4 metodologías alternativas (M1 a M4), que servirán para comparar y analizar los resultados:

- i. La metodología de Weitzman, para la estimación de TSD hiperbólica, pero con dos formulaciones alternativas:
  - M1. Siguiendo el trabajo de Weitzman (2001), es decir, una sola pregunta directa; y,
  - M2. Siguiendo el trabajo de Edwards (2016), en el cual se les pedirá que definan la tasa, pero a través del uso de las tasas de sustitución intertemporal. Se utilizarán 3 preguntas para definir la tasa.
- ii. M3. La metodología directa, en la que se le pide las tasas por períodos de tiempo de largo plazo (Drupp, Freeman, Groom, & Nesje, 2017; Jimenez, 2014). Se utilizarán períodos de 25 a 50 años, de 50 a 75 años, de 75 a 100 años y más de 100 años.
- iii. M4. La metodología de Ramsey,
  - Considerando información primaria
  - Considerando información secundaria

---

<sup>9</sup> El estudio de Jiménez es su Tesis de Maestría realizada en Chile, y que tuvo como miembro del Comité de Evaluación al Profesor Edwards.

Para estas estimaciones se requiere la recopilación de información primaria de expertos, la cual se obtuvo a través de una encuesta online. Para el desarrollo de este levantamiento de información se identificaron 3 grupos de profesionales a los cuales se les envío la encuesta: académicos, expertos en temas de inversión pública y especialistas que trabajan como formuladores de proyectos en el marco del Invierte.pe. El detalle sobre el proceso de selección de la muestra y el proceso de envío de la encuesta se muestra en el Anexo N°2.

La encuesta online estuvo conformada por 7 secciones (ver Anexo 3 para más detalle) y su desarrollo no tomaba más de 10 minutos. La encuesta incluyó una presentación con audio para entender el objetivo del estudio.

#### **4.2 Estadísticas Descriptivas**

La encuesta online se mantuvo abierta durante 62 días y tuvo un total de 154 respuestas válidas, de las cuales 54 (37.7%) provienen de académicos, 32 (20.8%) de expertos y 64 (41.6%) de especialistas de las UF, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla N°2: Tamaño de muestra y Tasa de Respuesta por grupo de profesionales**

Profesionales a los que se dirigió la encuesta	Encuestas Enviadas		Respuestas		Tasa de Respuesta (B/A)
	Número (A)	%	Número (B)	%	
Académicos	281	35.4%	58	37.7%	20.6%
Expertos	86	10.8%	32	20.8%	37.2%
Especialistas	426	53.7%	64	41.6%	15.0%
<b>Total</b>	<b>793</b>		<b>154</b>		<b>19.4%</b>

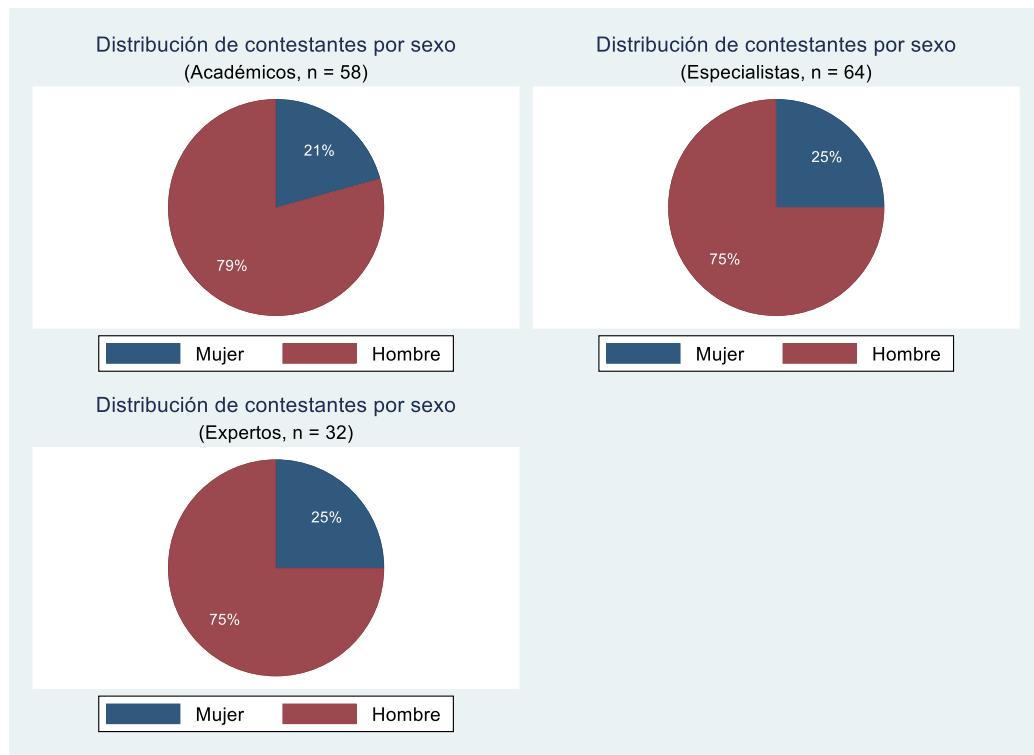
Fuente: Encuesta Online

La tasa de respuesta global fue de 19.4%, donde la tasa más alta fue de los expertos (37.2%), seguida por la de los académicos (20.6%) y la tasa más baja fue la de los especialistas de las Unidades Formuladores, con un 15.0%. Los resultados globales son similares a la tasa de respuesta de Edward (2016) que fue de 20.05%, pero no supera a la tasa de respuesta de Jiménez (43%). De todas formas, los estudios que

requieren respuestas que denoten algún tipo de valoración económica tienen tasas de respuestas relativamente bajas<sup>10</sup>.

A continuación, se presentan algunas estadísticas descriptivas acerca de los especialistas que han respondido la encuesta. En la siguiente sección se presentan los resultados de la aplicación de las metodologías discutidas.

**Figura N° 1: Distribución por sexo y grupo de especialistas**



Fuente: Encuesta online.

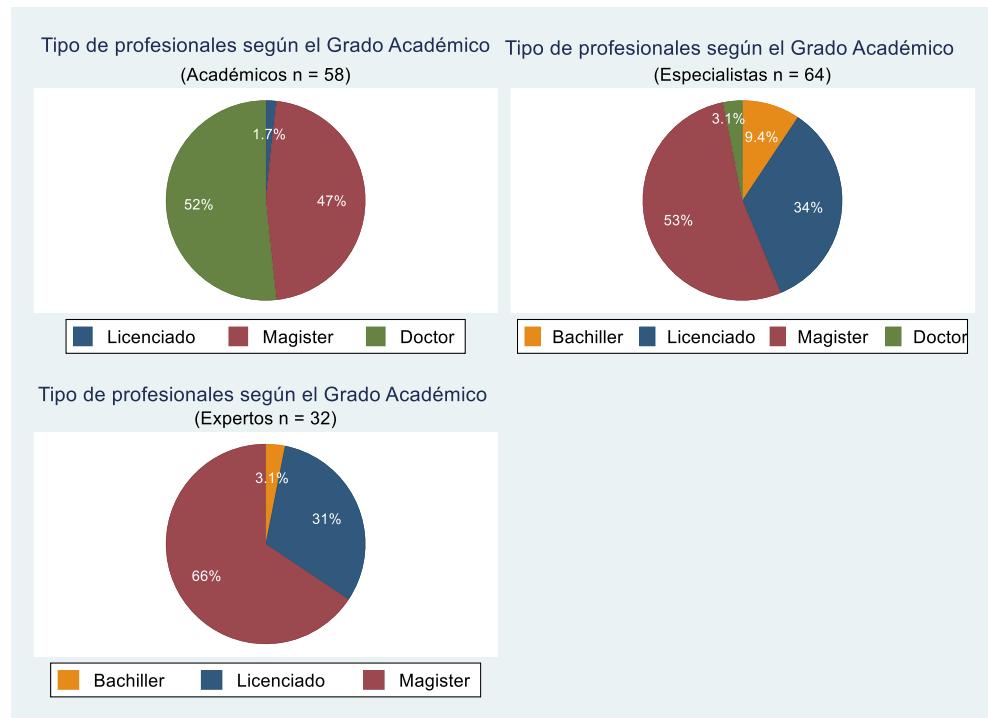
En el caso de los académicos, el 79% de los que respondieron la encuesta son hombres, mientras que en el caso de los especialistas y de los expertos es de 75%.

Respecto a los grados académicos, se tienen los siguientes resultados (ver figura 2). En el caso de los académicos, el 52% son doctores y el 47% son magíster, mientras que en el caso de los especialistas, sólo el 3.1% del total son doctores, mientras que el 53% tienen maestría y 34% son licenciados. La distribución de los expertos

<sup>10</sup> En el pasado, las encuestas se enviaban por correo (en físico) y por tanto, la baja tasa de respuesta provenía de las personas que no devolvían los formularios. Actualmente, el medio para hacer este tipo de estudios, en los que no se puede realizar encuestas en persona, son las encuestas electrónicas.

muestra que ninguno tiene el grado de doctor, pero el 65% de ellos tienen maestría, 31% son licenciados y solo 3.1% son bachilleres.

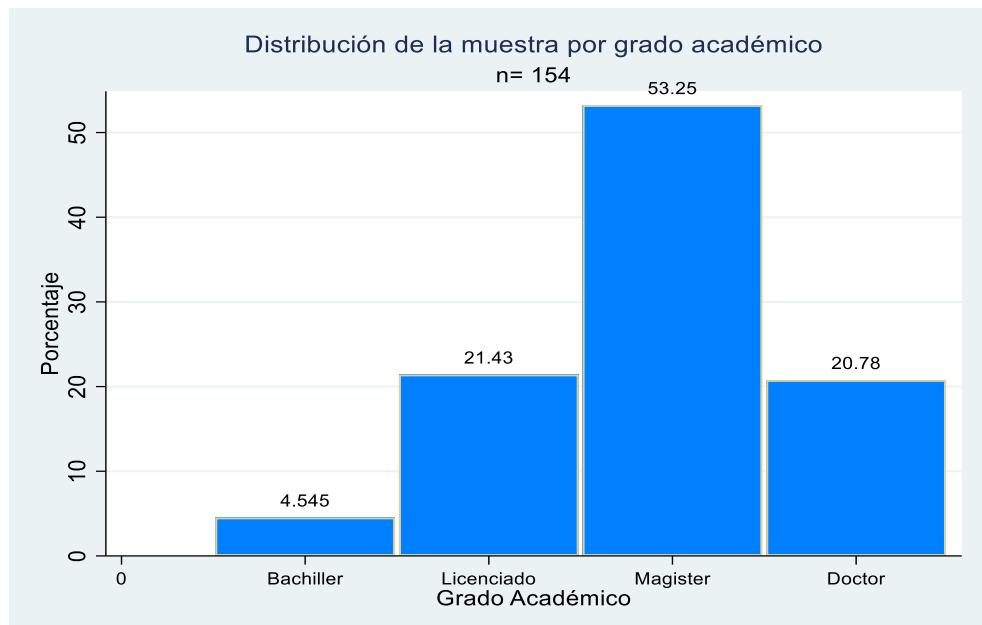
**Figura N° 2: Distribución por grado académico y grupo**



Fuente: Encuesta online.

Si analizamos los datos a nivel de toda la muestra, se observa que el 53.25% tienen grado de magíster y el 21.43% son licenciados (ver Figura N°3).

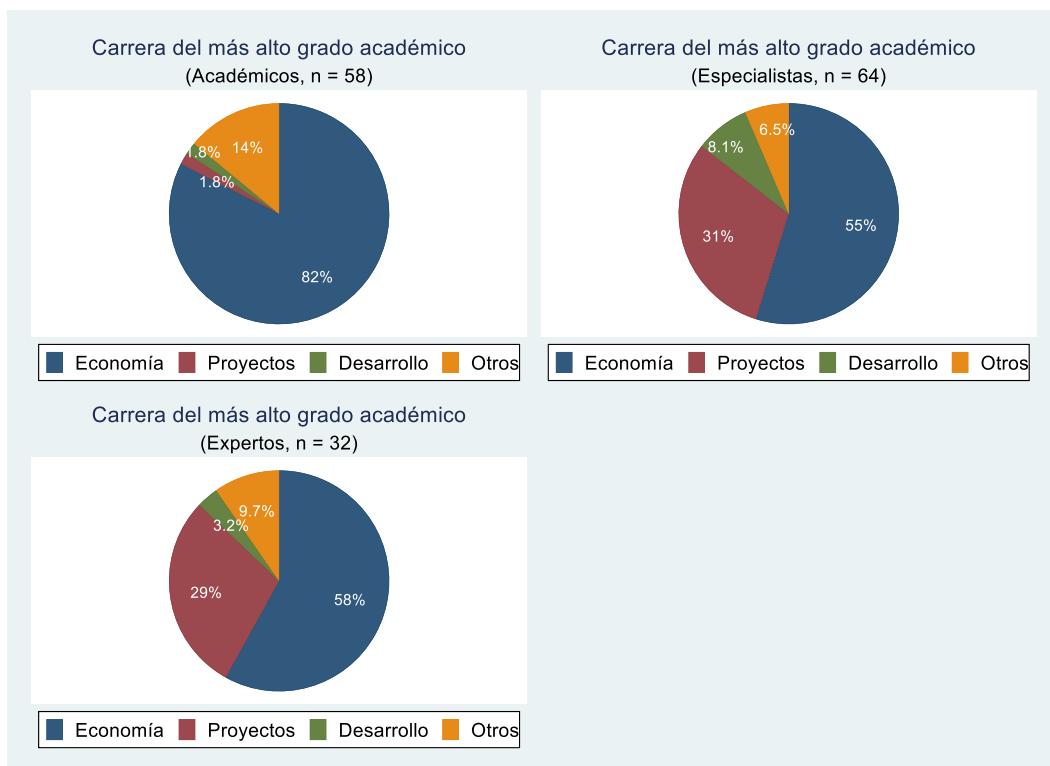
**Figura N° 3: Distribución de la muestra por grado académico**



Fuente: Encuesta online.

Respecto al tema en el cual tiene el mayor grado académico, se observa que el 82% de los académicos son economistas y solo el 1.8% tiene estudios en proyectos. El grupo de especialistas presenta una configuración más diversificada donde el 55% son economistas, el 31% tienen estudios en proyectos, el 8.1% tiene estudios en desarrollo y el 6.5% tienen estudios en otros temas. Los datos por grupos se muestran en la Figura N°4.

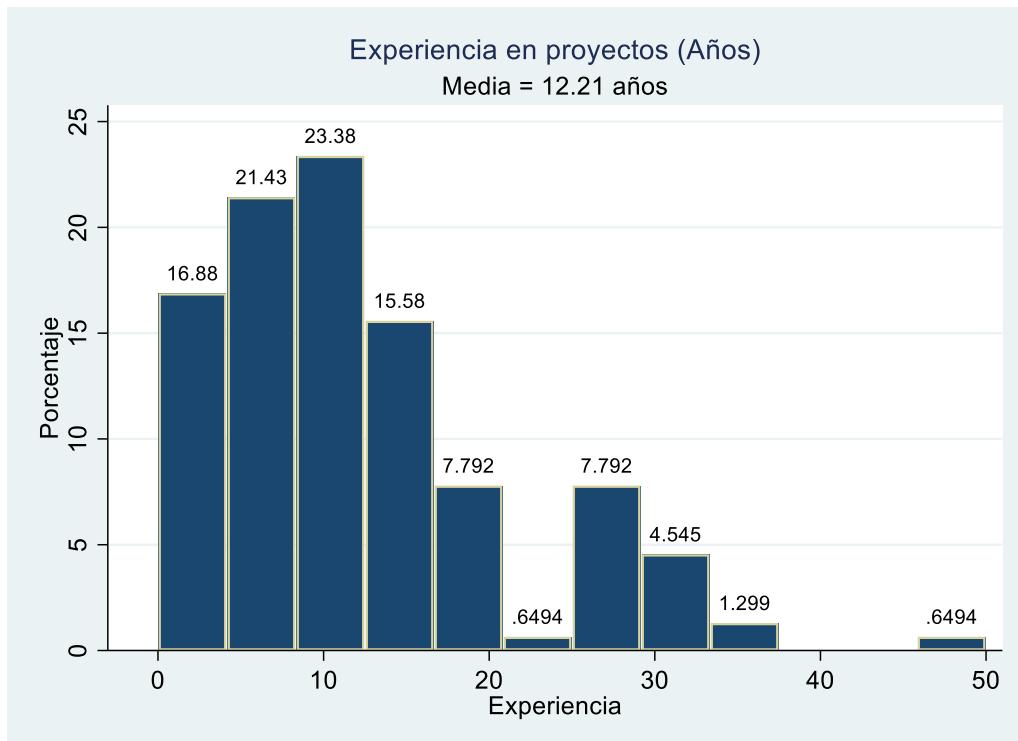
**Figura N° 4: Carrera del más alto grado académico, por grupo**



Fuente: Encuesta online.

En cuanto a los años de experiencia, en promedio tienen 12.21 años de experiencia, donde el 44.16% de los que resolvieron la encuesta tiene más de 10 años de experiencia. El 6.49% de la muestra supera los 30 años de experiencia.

**Figura N° 5: Años de experiencia, (n = 154)**



Fuente: Encuesta online.

Respecto al sector al cual dirige el 60% o más de su trabajo, el 82.5% de los encuestados está relacionado al sector público, mientras que el 11.1% lo está a instituciones privadas (ver Tabla N°3).

**Tabla N° 3: Sector al cual dirige 60% o más de su trabajo**

Sector al que dirige 60% o más de su trabajo	Personas	%
Públicas	125	82.2%
Privadas	17	11.1%
Otros	10	6.7%
<b>Total</b>	<b>152</b>	

Fuente: Encuesta online.

## 5. Cálculo de la TSD-LP a través de diversas metodologías

Como ya se mencionó, en el estudio se estima la TSD-LP bajo diferentes metodologías, tomando ventaja de la riqueza del cuestionario utilizado.

### 5.1 Metodología de Weitzman

Del total de encuestados, 65 contestaron que la TSD-LP debía ser constante, pero sólo 54 de ellos propusieron un valor específico diferente de cero. Las estadísticas descriptivas por tipo de encuestado son:

**Tabla N°4: Estadísticas descriptivas de la TSD-LP propuesta por los encuestados, por grupo**

Profesionales	Número Obs	Media	Desv. Std	Min	Max
Académicos	22	5.97	2.68	1.00	12.00
Expertos	10	5.23	2.66	1.50	10.00
Especialistas	22	6.82	3.28	1.00	15.00
<b>Promedio</b>	<b>54</b>	<b>6.17</b>	<b>2.94</b>	<b>1.00</b>	<b>15.00</b>

Fuente: Encuesta Online. Elaboración propia.

La tasa promedio propuesta por los expertos para proyectos que tiene un horizonte de evaluación superior a los 25 años es de 5.23% anual, la cual es la menor de todas, (además que tiene la menor varianza) mientras que el valor propuesto por los especialistas es el mayor de todos (6.81%). Este mayor valor era esperable, dado que probablemente no muchos formuladores de proyectos han tenido que evaluar proyectos cuyo horizonte supera los 15 o 20 años.

La aplicación de la metodología de Weitzman (2001), requiere la estimación de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la función gamma, a través de la optimización de una función de máxima verosimilitud, los cuales, a través de la ecuación (7) permiten calcular los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ . Como menciona Weitzman (2001, pag. 264), definir una tasa de descuento constante implica definir una tasa de descuento efectiva decreciente en el tiempo que se aproxima a cero, ya que se puede calcular una tasa de descuento efectiva para cada período  $t$ , a partir de los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , de la siguiente forma:

$$R(t) = \frac{\mu}{1 + \frac{t\sigma^2}{\mu}} \quad (17)$$

Donde  $t$  toma los valores (en años) que correspondan. Con la ecuación (17) es posible calcular una tasa de descuento para cada período  $t$ . Finalmente, si lo que se busca es contar con una única tasa equivalente, Weitzman (2001) propone el utilizar la fórmula:

$$\bar{r} = \frac{(\mu - \sigma)(\mu + \sigma)}{\mu} \quad (18)$$

Sobre la base de las 54 observaciones recolectadas<sup>11</sup>, ha sido posible estimar los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  a través del ajuste de una función gamma<sup>12</sup>, con lo cual, aplicando la ecuación (8) se estimó los valores  $\mu$  y  $\sigma$ . Los resultados se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla N°5: Parámetros estimados a partir de la función gamma, para una TSD constante**

Profesionales	Número Obs	Media	Desviación Estándar	Alpha ( $\alpha$ )	Theta ( $\theta$ )	Beta ( $\beta = \frac{1}{\theta}$ )
Académicos	22	<b>5.94</b>	<b>2.89</b>	4.21	1.41	<b>0.71</b>
Expertos	10	<b>5.23</b>	<b>2.74</b>	3.63	1.44	<b>0.69</b>
Especialistas	22	<b>6.81</b>	<b>3.88</b>	3.08	2.21	<b>0.45</b>
Promedio	54	<b>6.16</b>	<b>3.31</b>	3.46	1.78	<b>0.56</b>

Números en itálicas son estimados mediante la función gamma. Los números en negritas son calculados a través de la ecuación (8).

Fuente: Encuesta Online. Elaboración propia.

Los resultados muestran una tasa promedio mayor para los especialistas, lo cual era esperable dado que son los que menos podrían conocer el tema, ya que no es usual que formulen proyectos de muy largo plazo. A partir de estos valores, se puede utilizar la ecuación (17) para estimar una tasa de descuento para cada año  $t$ , para cada uno de los tres grupos encuestados. Para este estudio, dado que el periodo de referencia de largo plazo inicia en el año 25 (ver Anexo 3, sobre el instrumento), se siguió la lógica de Edwards (2016) y se tomó el año 25 como el año 0 y para calcular la tasa a partir del año 20<sup>13</sup>, se utilizó un  $t = -5$ . En la siguiente tabla, se presentan

<sup>11</sup> En el Anexo 5 se muestra el histograma para las 54 respuestas obtenidas. El resultado es similar a una función gamma, pese a lo limitado de la muestra.

<sup>12</sup> Debe tomarse en cuenta que la función gamma se define a través de dos parámetros: el de forma (shape,  $\alpha$ ) y el de escala (scale,  $\theta$ ). En algunas definiciones, el segundo parámetro se define como la tasa (rate,  $\beta$ ), donde  $\beta = \frac{1}{\theta}$ . En el caso del comando gammapfit de Stata (programa utilizado para la estimación por máxima verosimilitud), se estima  $\alpha$  y  $\theta$ , pese a que el autor del programa denomina  $\beta$  al segundo parámetro. Para fines del estudio, se presentan ambos valores. Ver (Cox & Jenkins, 2011).

<sup>13</sup> Se consideró importante iniciar en el año 20, porque usualmente, la TSD vigente en el Perú se ha utilizado para proyectos hasta 20 años. Son escasos los proyectos que en la práctica han superado dicho horizonte de evaluación, hasta ahora.

los resultados promedio por períodos de 5 años, a partir del año 20 hasta el año 99 y luego se extienden los períodos para 50 y 100 años, hasta el año 349.

**Tabla N°6: TSD – LP estimada por quinquenios a partir de una Tasa Constante, por grupo**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20-24]	0.062	0.055	0.073	0.065
[25 -29]	0.058	0.051	0.065	0.060
[30 -34]	0.054	0.048	0.059	0.055
[35 - 39]	0.051	0.045	0.054	0.051
[40 - 44]	0.048	0.042	0.050	0.047
[45 -49]	0.045	0.040	0.046	0.044
[50 - 54]	0.043	0.038	0.043	0.042
[55 -59]	0.041	0.036	0.040	0.039
[60 - 64]	0.039	0.034	0.037	0.037
[65 - 69]	0.037	0.033	0.035	0.035
[70 - 74]	0.036	0.031	0.033	0.034
[75 - 79]	0.034	0.030	0.032	0.032
[80 - 84]	0.033	0.029	0.030	0.031
[85 -89]	0.032	0.028	0.029	0.029
[90 - 94]	0.031	0.027	0.027	0.028
[95 - 99]	0.029	0.026	0.026	0.027
[100 - 149]	0.025	0.022	0.021	0.022
[150 - 199]	0.019	0.017	0.016	0.017
[200 - 299]	0.014	0.012	0.012	0.012
[300 – 349]	0.011	0.010	0.009	0.010

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran una tasa de 6.5%, en promedio para el primer quinquenio y termina en 1.0% para los 300 a 349 años. En el siguiente cuadro se presentan los promedios de las tasas anuales, pero por períodos más agregados, que después servirán de comparación entre todas las metodologías.

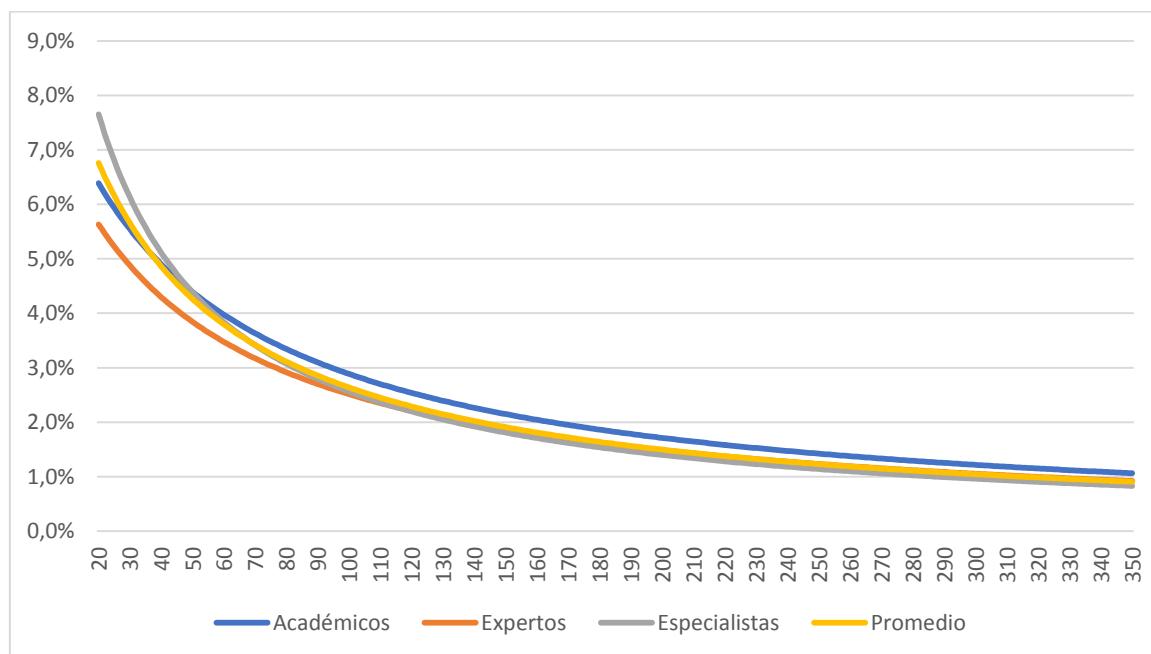
**Tabla N°7: TSD – LP estimada por períodos, a partir de una Tasa Constante, por grupo**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20 -49 años]	5.30%	4.70%	5.80%	5.40%
[50 a 74 años]	3.90%	3.40%	3.80%	3.70%
[75 a 99 años]	3.20%	2.80%	2.90%	2.90%
[100 a 149 años]	2.50%	2.20%	2.10%	2.20%
[150 a 199 años]	1.90%	1.70%	1.60%	1.70%
[200 años a más[	1.30%	1.20%	1.10%	1.20%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, la tasa promedio para el periodo entre 20 a 49 años es de 5.4%, la cual desciende a 3.7% para el periodo de 50 a 74 años y a 2.9% para el periodo de 75 a 99 años. Las tasas por grupos de profesionales muestran resultados similares, aunque en algunos casos, las tasas de los especialistas se parecen más a las del promedio. Las estimaciones muestran consistencia con la Tasa Social de Descuento actualmente utilizada en el Invierte.pe (8%) para proyectos con horizontes de evaluación menores o iguales a 20 años, ya que están por debajo del 6% para periodos superiores a 20 años. En el siguiente gráfico se observa que los resultados de los académicos y los expertos presentan las menores tasas, por lo menos en los primeros 60 años, pero luego los resultados son bastante similares.

**Figura N° 6: TSD-LP para Académicos, Expertos y Especialistas, sobre una Tasa Constante (n = 54)**



Fuente: Encuesta online.

Algunos de los profesionales que respondieron a la encuesta, también han propuesto algunos criterios para definir una TSD-LP constante, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 8: Criterios propuestos por los encuestados para definir una TSD-LP constante**

- Una menor tasa de descuento equivalente al costo promedio ponderado o WACC, lo que refleja el real costo del dinero.
- A la tasa de interés promedio del sistema bancario
- A la tasa promedio a 30 años que muestre la(s) Curva de Rendimientos (renta fija) ajustada a un factor que pueda capturar las externalidades
- Al cupón del bono más largo emitido por el Tesoro
- Costo del financiamiento internacional
- Depende del riesgo del sector que evalúa ya que tienen distintos riesgos, sin embargo, la tasa podría moverse en el rango de 12% +/- 1.5%
- Podría ser a la mitad de la TSD usada actualmente
- Debería ser una Tasa de Descuento a valores de mercado considerando la relación Depreciación/Capital del Estado
- Va a depender del tipo de proyectos. Sugiero tasas diferenciadas por tipo de inversión. Proyectos relacionados con sostenibilidad y servicios ecosistémicos pueden usar tasas de alrededor de 4% (para expresar una preferencia social por estos y menor exigencia financiera en el presente) y 10% para proyectos de infraestructura y afines
- Tasa de crecimiento de la población futura

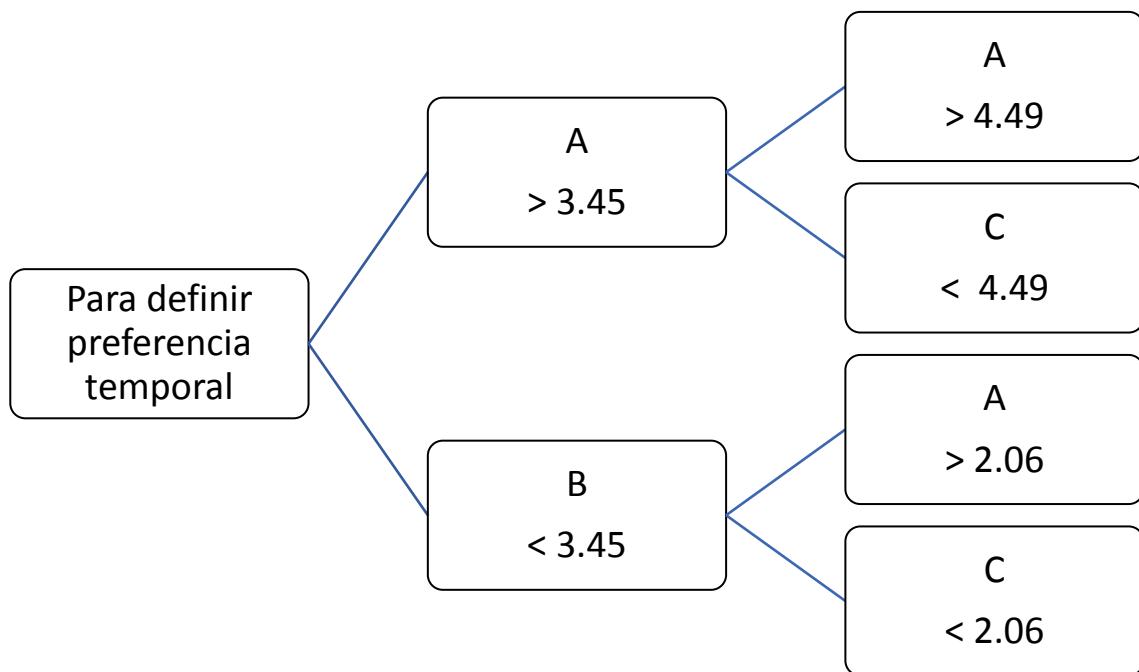
Fuente: Encuesta online

En algunos casos, las propuestas son tasas específicas (por ejemplo, 4%), y en otros se sugieren criterios como la tasa de crecimiento futura de la población.

### **5.2 Tasa de descuento decreciente con estimación de preferencia intertemporal.**

En este caso, se adaptó la metodología de Edwards (2016) y Jimenez (2014) al caso peruano y se propusieron alternativas de proyectos con beneficios netos diferenciados a periodos de 25 y 50 años. Las tasas subyacentes para cada una de las preguntas se muestran en la siguiente figura:

**Figura N° 7: Árbol de decisión para definir la tasa subyacente de preferencia intertemporal**



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los valores propuestos, las tasas subyacentes son 2.06%, 3.45% y 4.49%. Las tasas subyacentes se estimaron considerando estudios de largo plazo de países desarrollados (Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman, 2007) y países en desarrollo (Lopez, 2008), así como la TSD existente en el Perú. Si se observan los estudios que utilizan la metodología de 3 preguntas (Edwards, 2016; Jiménez, 2014), sus tasas de referencia tienen límites superiores más altos (alrededor de 6%), pero en dichos países, las TSD usadas en los sistemas de inversión pública también son más altas (entre 10% y 12% para el primer caso y 12% para el segundo). Los números que se escogieron para definir las tasas subyacentes eran de fácil asimilación: 15, 25, 35 y 45 millones<sup>14</sup>.

De acuerdo con las combinaciones elegidas: AA, AC, BA o BC, es posible distinguir el valor de la TSD-LP para el encuestado. Así, por ejemplo, si el encuestado elige la opción A (Prefiere 15 millones de soles en 25 años que 35 millones en 50 años) significa que su tasa de descuento es alta y mayor a 3.45%. Si luego se le da a elegir

<sup>14</sup> Ver Anexo 3 sobre la encuesta.

entre 15 millones en 25 años y 45 millones en 50 años (se incrementó el beneficio en el futuro de más largo plazo), y sigue eligiendo los 15 millones, significa que valora mucho el futuro “más cercano” y por tanto, su tasa es mayor a 4.49%. El mismo procedimiento se utiliza para comparar las distintas opciones y determinar la tasa subyacente. Los cortes (valores) de las tasas se determinan por la comparación de los montos en millones, de acuerdo con las fórmulas (14) al (16) presentadas anteriormente.

**Tabla N° 9: Valor de la TSD-LP subyacente, en función a la preferencia intertemporal**

Opciones elegidas	Valor de la Tasa Subyacente
A, A	$x > 4.49$
A, C	$3.45 < x < 4.49$
B, A	$2.06 < x < 3.45$
B, C	$X < 2.06$

Fuente: Elaboración propia

Sobre la base de las respuestas de cada uno de los encuestados, se pudo determinar en qué grupo de tasa subyacente estaba cada uno de ellos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N° 10: Número de observaciones por cada nivel de TSD-LP subyacente**

Rango	Número de Obs.	%	Rango de Clase
$x > 4.49$	62	40.52	4.49
$3.45 < x < 4.49$	34	22.22	3.97
$2.06 < x < 3.45$	24	15.69	2.76
$X < 2.06$	33	21.57	2.06
<b>Total / Promedio</b>	<b>153</b>		<b>3.59</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que 153 encuestados respondieron a las preguntas de comparación<sup>15</sup> y la mayoría de ellos optó por una tasa mayor a 4.49%, seguidos por una tasa entre 3.45% y 4.49%. La última columna de la tabla muestra la marca de clase y con ello se ha podido obtener una tasa promedio de 3.59% y una desviación estándar de 0.98. En este caso, la tasa promedio es menor a las tasas que actualmente se utilizan para evaluar la inversión pública.

<sup>15</sup> Sólo una persona dijo que no le quedaba clara la pregunta y por eso no la respondía.

Siguiendo el mismo procedimiento de la sección 5.1 para la estimación de la función gamma por máxima verosimilitud, se determinaron los valores de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  y se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación para la media y la desviación estándar.

**Tabla N° 11: Estimaciones de parámetros de la función gamma, con preferencia intertemporal**

Profesionales	Número Obs	Media	Desviación Estándar	Alpha ( $\alpha$ )	Theta ( $\theta$ )	Beta ( $\beta = \frac{1}{\theta}$ )
Académicos	58	<b>3.56</b>	<b>1.06</b>	11.39	0.31	<b>3.20</b>
Expertos	32	<b>3.42</b>	<b>1.10</b>	9.75	0.35	<b>2.85</b>
Especialistas	63	<b>3.67</b>	<b>1.04</b>	12.41	0.30	<b>3.38</b>
Promedio	153	<b>3.58</b>	<b>1.07</b>	11.29	0.32	<b>3.15</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación de esta metodología, los resultados son bastante menores para los 3 grupos de profesionales, con tasas promedio de entre 3.4% y 3.7% (para el año 25). Sobre la base de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  que se pueden estimar a partir de la función gamma, se estima el valor promedio y la desviación estándar, lo cual permite aplicar la fórmula (17) para cualquier año específico. Sobre estos resultados, se calcularon los resultados para períodos agregados, tal como se muestra a continuación:

**Tabla N°12: TSD – LP estimada por períodos, a partir de la preferencia intertemporal, por grupo de profesionales**

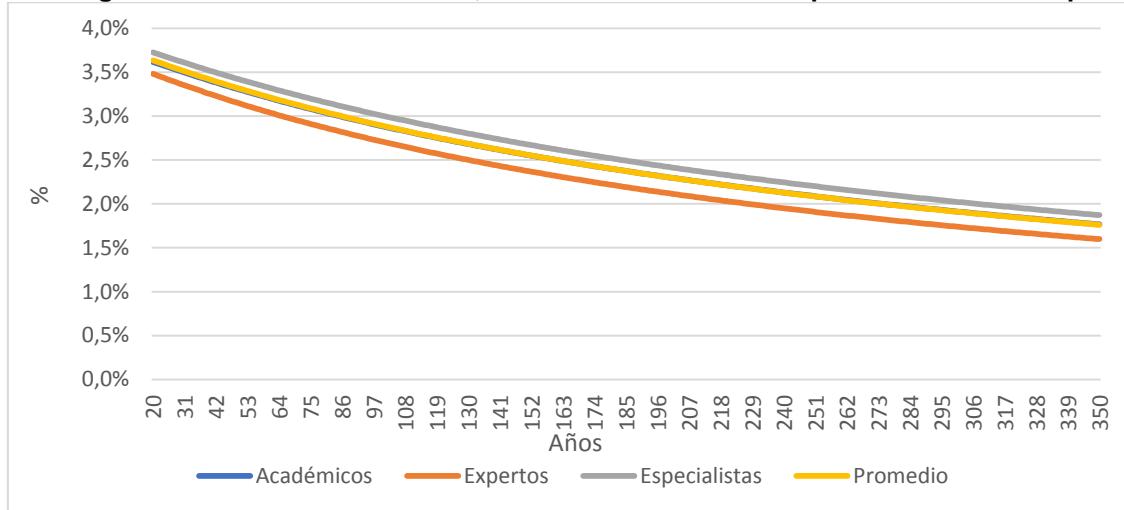
Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
[20 -49 años]	3.50%	3.30%	3.60%	3.50%
[50 a 74 años]	3.20%	3.00%	3.30%	3.20%
[75 a 99 años]	3.00%	2.80%	3.10%	3.00%
[100 a 149 años]	2.70%	2.50%	2.80%	2.70%
[150 a 199 años]	2.40%	2.20%	2.50%	2.40%
[200 años a más]	2.00%	1.80%	2.10%	2.00%

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, los resultados muestran tasas relativamente menores para todos los grupos, ya que la tasa para el período entre 20 y 49 años, es de 3.5% en promedio, seguida de 3.2% para el período entre 50 y 74 años. En esta estimación, es necesario destacar dos puntos: (a) el tamaño de muestra es el mayor posible, porque se utilizaron 153 respuestas de un total de 154 observaciones; (b) los encuestados se han tenido que enfrentar a la necesidad de evaluar los beneficios de una alternativa vs. otra, lo cual es la esencia en el uso de la TSD-LP. Mientras que en las otras

metodologías se utiliza la información proporcionada por los encuestados considerando “sus instintos”, en este caso, se han tenido que enfrentar a una comparación de beneficios netos para diferentes períodos de tiempo.

**Figura N° 8: Tasa de Descuento, a través del cálculo de la preferencia intertemporal**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior se observa que son los expertos los que muestran consistentemente menores tasas frente a los otros grupos. En particular, es de destacar que, en este caso, la tendencia es la misma entre los distintos grupos y los valores no se cruzan entre períodos.

Una crítica a la metodología podría ser la elección de los puntos de corte, dado que sólo hay 3 opciones posibles de tasas promedio: 4.49, 3.97 y 2.06 y los valores escogidos pueden sesgar los datos hacia la baja. Tratando de analizar la información para determinar si existe un sesgo hacia abajo, se compararon las tasas escogidas mediante esta metodología con el valor de las tasas escogidas como tasa constante (sección 5.1), para determinar si había inconsistencias en los resultados. Se realizó una comparación entre ambas elecciones y se reestimaron las tasas, bajo ciertos supuestos de comparación. Los resultados son bastante similares a los obtenidos con la metodología de Edwards (2006)<sup>16</sup>.

### 5.3 Tasa de Descuento Decreciente

Una diferencia de este estudio en relación con otros realizados para América Latina, es que en la encuesta se les preguntó directamente a los profesionales, si la tasa

<sup>16</sup> Ver Anexo 6 para más detalle.

debía ser decreciente. Cuando afirmaban que si, se les pedía que señalaran la tasa que debía regir para períodos de 25 a 50 años, de 50 a 75 años, de 75 a 100 años y de 100 años en adelante. De los encuestados, 89 respondieron que la tasa debía ser decreciente, aunque no todos propusieron valores específicos para las tasas, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla N° 13: Estadísticas descriptivas de las Tasas Decrecientes por período**

Profesionales	Número de Obs	Media	Desviación Estándar	Min	Max
Entre 25 y 50 años	69	6.43	2.75	1.00	16.00
Entre 50 y 75 años	64	4.81	2.41	0.50	12.00
Entre 75 y 100 años	64	3.54	2.13	0.20	10.00
Más de 100 años	63	2.57	1.97	0.00	9.00

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se observa que los valores promedio son decrecientes para cada uno de los períodos, iniciándose con una tasa de 6.43% en el periodo de 25 a 50 años, para llegar hasta 2.57% para períodos superiores a 100 años.

Los resultados muestran un comportamiento similar cuando se realiza el análisis para los 3 grupos de profesionales: académicos, expertos y especialistas, como se puede ver en la Tabla 14:

**Tabla N° 14: Tasa decreciente propuestas por Académicos, Expertos y Especialistas**

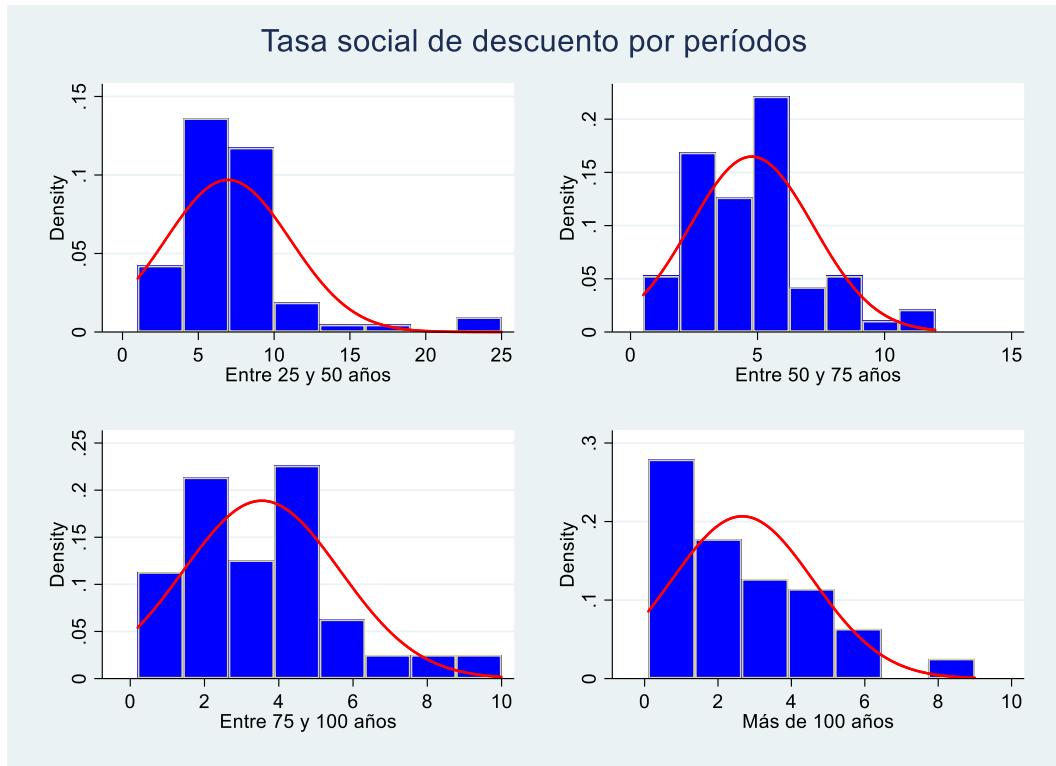
Categoría de profesionales	Número de Obs.	Entre 25 y 50 años (TD en %)	Entre 50 y 75 años (TD en %)	Entre 75 y 100 años (TD en %)	Más de 100 años (TD en %)
Académicos	24	5.58	3.72	2.78	1.98
Especialistas	16	7.92	5.76	4.22	3.35
Expertos	29	7.20	4.87	3.63	2.71

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que en todos los períodos los académicos proponen en promedio la tasa más baja. Se puede constatar que para el periodo entre 25 y 50 años la tasa promedio para los académicos es 5.58%, mientras que es de 7.92 para los especialistas y 7.20% para los expertos. Cabe mencionar también la tendencia a la baja de las tasas a través del tiempo. De hecho, por cada categoría de profesionales, el promedio disminuye a medida que el periodo es más lejano. Por ejemplo, la tasa de descuento de los académicos pasa de 5.58%, a 3.72%, 2.78%,

1.98% para períodos entre 25 y 50 años, 50 y 75 años, 75 y 100 años; y más de 100 años, respectivamente. Esta tendencia se presenta de la misma forma cuando se analiza de manera agregada la tasa de descuento por períodos (ver Figura N°9).

**Figura N° 9: Tasa decreciente propuestas por Académicos, Expertos y Especialistas (n = 69)**



Fuente: Elaboración propia.

Dado que se tiene una tasa propuesta para cada periodo, para cada uno de los que escogieron TSD decreciente, es posible ajustar una función gamma y estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , para a partir de allí, estimar una tasa de descuento por año, utilizando las estimaciones para cada grupo de años (25 a 50, 50 a 75 y así). En la siguiente tabla se muestran los resultados para  $\alpha$  y  $\beta$ , y los cálculos de la media y la desviación estándar sobre la base de dichos parámetros.

**Tabla N° 15: Estimaciones de parámetros de la función gamma, con tasas decrecientes**

Profesionales	Número Obs	Media	Desviación Estándar	Alpha ( $\alpha$ )	Theta ( $\theta$ )	Beta ( $\beta = \frac{1}{\theta}$ )
Entre 25 y 50 años	69	<b>6.39</b>	<b>2.79</b>	5.24	1.22	<b>0.82</b>
Entre 50 y 75 años	66	<b>4.81</b>	<b>2.47</b>	3.79	1.27	<b>0.79</b>
Entre 75 y 100 años	65	<b>3.52</b>	<b>2.21</b>	2.53	1.39	<b>0.72</b>
Más de 100 años	64	<b>2.65</b>	<b>1.90</b>	1.95	1.36	<b>0.74</b>

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se puede estimar un valor promedio por cada quinquenio, considerando el período de partida de cada estimación, como se puede observar en la siguiente Tabla.

**Tabla N° 16: Tasa decreciente estimada para períodos agregados**

Período	Entre 25 y 50 años	Entre 50 y 75 años	Entre 75 y 100 años	Más de 100 años
20-24	0.066	n.a.	n.a.	n.a.
25 -29	0.062	n.a.	n.a.	n.a.
30 -34	0.059	n.a.	n.a.	n.a.
35 - 39	0.056	n.a.	n.a.	n.a.
40 - 44	0.053	n.a.	n.a.	n.a.
45 -49	0.050	n.a.	n.a.	n.a.
50 - 54	n.a.	0.036	n.a.	n.a.
55 -59	n.a.	0.034	n.a.	n.a.
60 - 64	n.a.	0.033	n.a.	n.a.
65 - 69	n.a.	0.031	n.a.	n.a.
70 - 74	n.a.	0.030	n.a.	n.a.
75 - 79	n.a.	n.a.	0.020	n.a.
80 - 84	n.a.	n.a.	0.020	n.a.
85 -89	n.a.	n.a.	0.019	n.a.
90 - 94	n.a.	n.a.	0.018	n.a.
95 - 99	n.a.	n.a.	0.018	n.a.
100 - 149	n.a.	n.a.	n.a.	0.011
150 - 199	n.a.	n.a.	n.a.	0.009
200 - 299	n.a.	n.a.	n.a.	0.007
300 - 349	n.a.	n.a.	n.a.	0.005

Fuente: Elaboración propia / n.a: no aplicable.

En resumen, se puede estimar una tasa promedio para períodos agregados, tal como se muestra a continuación:

**Tabla N° 17: Tasa decreciente estimada, por períodos agregados**

Período	Tasa por período
]20 -49 años]	5.78%
[50 a 74 años]	3.29%
[75 a 99 años]	1.89%
[100 a 149 años]	1.13%
[150 a 199 años]	0.88%
[200 años a más]	0.61%

Fuente: Elaboración propia

En comparación con los resultados anteriores, el periodo de 20 a 49 años muestra una tasa ligeramente mayor que la obtenida de la aplicación de la metodología de Weitzman (2001) directamente, pero la caída en las tasas es mucho más pronunciada que en los resultados de las metodologías anteriores. En este caso, para periodos superiores a 200, la tasa es 0.61% en promedio, mucho menor a los resultados de otros estudios e incluso a lo utilizado por Stern (2006).

#### **5.4 Aplicación de la Metodología de Ramsey**

Para la aplicación de la metodología de Ramsey, se requiere estimar la siguiente ecuación:

$$\rho_t = \delta + \eta * g_t$$

Donde:

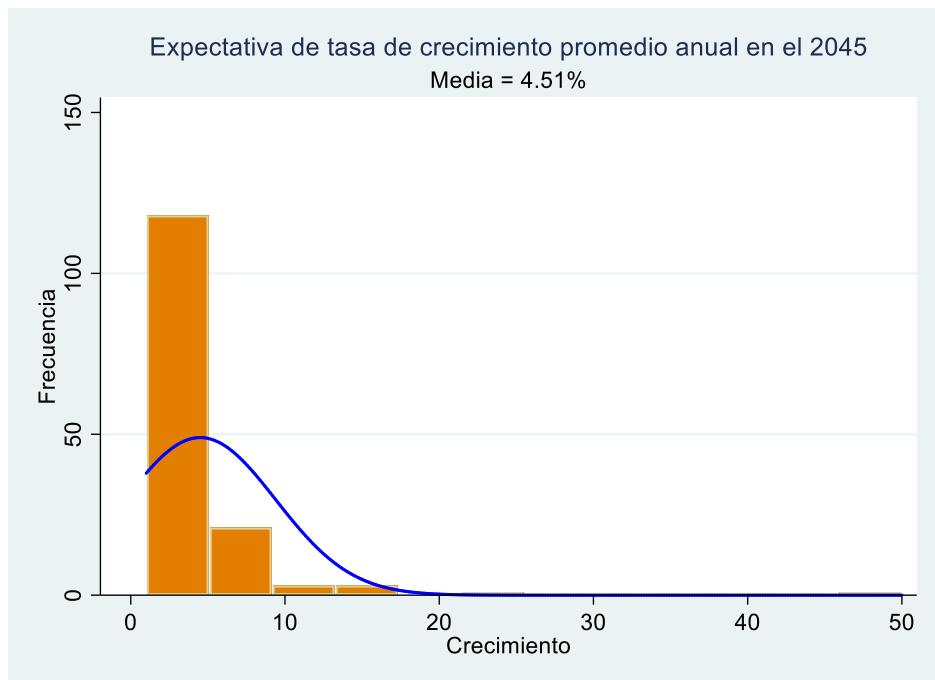
$\delta$  : Tasa pura de preferencia intertemporal.

$g_t$  : Tasa de crecimiento del consumo pér capita

$\eta$  : Elasticidad marginal del consumo o coeficiente de aversión al riesgo o una constante.

En esta lógica, en la encuesta se ha capturado información que permite calcular  $g_t$ , por lo menos para los próximos 25 años. Los resultados se muestran en la Figura N°10.

**Figura N° 10: Expectativa de tasa de crecimiento promedio anual en el 2045**



Fuente: Elaboración propia.

Del total de encuestados, 123 dieron una estimación de la tasa de crecimiento, que en promedio fue de 4.04%, con un mínimo de 0.25, un máximo de 17% y un valor mediano de 3.0%.

Como se mencionó en la revisión de literatura, la selección de los parámetros  $\delta$  y  $\eta$  puede ser relativamente arbitraria, dada las diferencias en su interpretación. En la siguiente tabla se muestran distintos valores utilizados en diferentes estudios, en función a los supuestos realizados para cada parámetro.

**Tabla N° 18: Parámetros para la estimación de la Ecuación de Ramsey**

Concepto	$\delta$	$\eta$
Economías Asiáticas	1.5	1.3
Economías en Desarrollo (tasa bruta de mortalidad)	0.6	
Economías Desarrolladas (Tasa Bruta de Mortalidad)	0.8	
Elasticidad de la Utilidad Marginal del Consumo para 8 países de A.L.		1.9
Elasticidad de la Utilidad Marginal del Consumo para Perú		1.5
Parámetros utilizados en el Informe Stern (2006)	0.0-0.1	1

Fuente: Zhuang, Liang, Lin y De Guzman (2007), Lopez (2008), Stern (2006).

El elemento faltante es la estimación de la tasa de crecimiento del consumo, que se aproxima con la tasa de crecimiento del PBI per-capita propuesta por los

encuestados, que es de 4.04 en promedio y un valor mediano de 3.0%. Otra aproximación a la tasa de crecimiento del PBI es la estimación que se realiza en el Marco Macroeconómico Multianual 2019 – 2022, que es de 4.7% anual<sup>17</sup>. Estos tres posibles valores se utilizarán, considerándolos valores alternativos entre si, además de algunos de los valores de  $\delta$  y  $\eta$  incluidos en la literatura. Con excepción de los resultados que se generan del uso de los parámetros del Informe Stern (2006), las estimaciones de la TSD-LP son bastante superiores a los estimados mediante las otras metodologías, ya que en general superan el 6.3% anual, cuando se utilizan el valor promedio propuesto por los encuestados, o la proyección del MMM. Los valores menores se obtienen de utilizar el valor mediano de los datos proporcionados por los encuestados.

**Tabla N° 19: Estimación de la TSD-LP a través de la Ecuación de Ramsey**

Fuente	$\delta$	$\eta$	Tasa promedio de crecimiento del PBI per cápita		Tasa de crecimiento del PBI per cápita, valor mediano		Marco Macroeconómico Multianual, para el periodo 2019 - 2022	
			Gt	r	Gt	r	Gt	r
Zhuang (2008)	1.5	1.3	4.04	<b>6.75</b>	3.0	<b>5.40</b>	4.7	<b>7.61</b>
Lopez (2008)	0.6	1.9	4.04	<b>8.28</b>	3.0	<b>6.30</b>	4.7	<b>9.53</b>
	0.8	1.5	4.04	<b>6.86</b>	3.0	<b>5.30</b>	4.7	<b>7.85</b>
Stern (2006)	0.1	1.0	4.04	<b>4.14</b>	3.0	<b>3.10</b>	4.7	<b>4.80</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Análisis de Sensibilidad

Con el fin de determinar la robustez de los resultados, se realiza un análisis de sensibilidad, utilizando los valores promedio y la desviación estándar de los datos recopilados, en lugar de las estimaciones realizadas con la función gamma, para ver si se encontraban diferencias sustanciales. A continuación, se presentan los resultados para las 3 primeras metodologías utilizadas<sup>18</sup>. Para mayor claridad, sólo se presentarán los cuadros con las tasas finales.

<sup>17</sup> Aunque una proyección al año 2022 no puede ser considerada de muy largo plazo, es la mejor aproximación que se tiene de una institución gubernamental, ya que el Marco Macroeconómico Multianual es el que provee las proyecciones de crecimiento de largo plazo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018).

<sup>18</sup> Dado que en la estimación con de la ecuación de Ramsey se han utilizado diferentes valores de los parámetros  $\delta$  y  $\eta$  y 3 valores para la tasa de crecimiento del PBI, se ha preferido no sensibilizar dichos valores para no dispersar el análisis.

## 6.1 Metodología de Weitzman (2001): Análisis de Sensibilidad

En este caso se trabajó con los valores promedio y desviación estándar de la tasa de descuento propuesta por los profesionales, y se calcularon nuevamente las respectivas tasas de descuento. Los resultados son bastante similares en términos promedio a los encontrados con la estimación de la función gamma, aunque en algunos casos son casi una décima de punto porcentual menos en el primer tramo de años y luego dicha diferencia se acrecienta ligeramente, a 2 décimas de punto porcentual en los tramos finales.

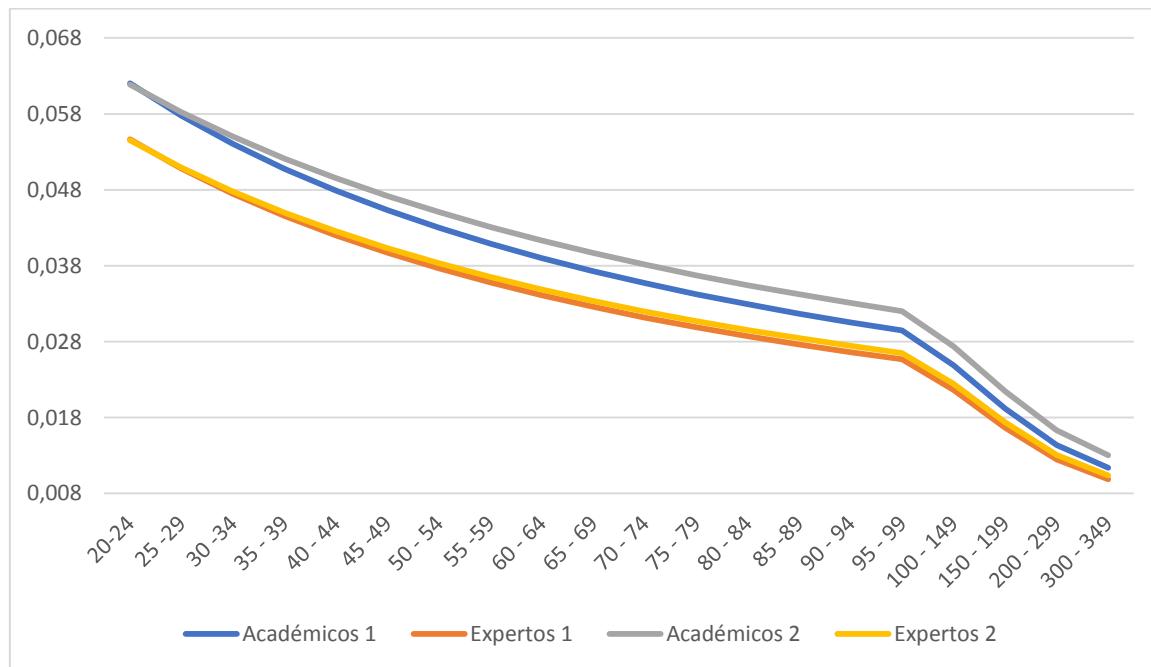
**Tabla N° 20: Estimación de TSD-LP con los valores medios, Tasa Constante**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20-24]	0.062	0.055	0.072	0.064
[25 -29]	0.058	0.051	0.066	0.060
[30 -34]	0.055	0.048	0.061	0.056
[35 - 39]	0.052	0.045	0.057	0.053
[40 - 44]	0.050	0.043	0.054	0.050
[45 -49]	0.047	0.040	0.051	0.047
[50 - 54]	0.045	0.038	0.048	0.045
[55 -59]	0.043	0.037	0.045	0.043
[60 – 64]	0.041	0.035	0.043	0.041
[65 - 69]	0.040	0.033	0.041	0.039
[70 - 74]	0.038	0.032	0.039	0.037
[75 - 79]	0.037	0.031	0.037	0.036
[80 - 84]	0.035	0.030	0.036	0.034
[85 -89]	0.034	0.028	0.035	0.033
[90 - 94]	0.033	0.027	0.033	0.032
[95 - 99]	0.032	0.026	0.032	0.031
[100 - 149]	0.027	0.022	0.027	0.026
[150 - 199]	0.021	0.017	0.020	0.020
[200 - 299]	0.016	0.013	0.015	0.015
[300 - 349]	0.013	0.010	0.012	0.012

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se colocan los resultados comparativos para las respuestas de los académicos y los expertos, donde 1 se refiere a la estimación con la función gamma y 2 a la estimación con los valores promedio. En el caso de los expertos, las estimaciones son casi iguales, en el caso de los académicos, se observa que los cálculos con el valor promedio de los datos, es ligeramente mayor.

**Figura N° 11: Comparación de la TSD-LP estimada con la función gamma vs. valores promedio, Tasa Constante**



Fuente: Elaboración propia.

Para fines comparativos, se presenta el resultado con los valores promedio de la media y la desviación estándar, considerando periodos agregados:

**Tabla N°21: TSD – LP estimada, a partir de una Tasa Constante, con valores promedio**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20 -49 años]	5.40%	4.70%	6.00%	5.50%
[50 a 74 años]	4.10%	3.50%	4.30%	4.10%
[75 a 99 años]	3.40%	2.90%	3.50%	3.30%
[100 a 149 años]	2.70%	2.20%	2.70%	2.60%
[150 a 199 años]	2.10%	1.70%	2.00%	2.00%
[200 años a más]	1.50%	1.20%	1.40%	1.40%

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Para la estimación con tasa de preferencia intertemporal: Análisis de Sensibilidad

Al igual que en el caso anterior, se trabajó con los valores promedio y desviación estándar de las marcas de clase de cada una de las categorías seleccionadas por los encuestados, y se calcularon nuevamente las respectivas tasas de descuento. En este caso, los resultados son casi exactamente iguales, aunque en los tramos de años superiores, los resultados con los valores promedio son ligeramente superiores a los encontrados con la estimación de la función gamma. Esto es consistente con lo hallado en el análisis de sensibilidad utilizando la tasa constante.

**Tabla N° 22: Estimación de TSD-LP con los valores medios, considerando la preferencia intertemporal**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20-24]	0.036	0.035	0.037	0.036
[25 -29]	0.035	0.034	0.037	0.036
[30 -34]	0.035	0.033	0.036	0.035
[35 - 39]	0.035	0.033	0.036	0.035
[40 - 44]	0.034	0.032	0.035	0.034
[45 -49]	0.034	0.032	0.035	0.034
[50 - 54]	0.033	0.032	0.034	0.033
[55 -59]	0.033	0.031	0.034	0.033
[60 – 64]	0.032	0.031	0.034	0.032
[65 - 69]	0.032	0.030	0.033	0.032
[70 - 74]	0.032	0.030	0.033	0.032
[75 - 79]	0.031	0.029	0.032	0.031
[80 - 84]	0.031	0.029	0.032	0.031
[85 -89]	0.030	0.029	0.032	0.031
[90 - 94]	0.030	0.028	0.031	0.030
[95 - 99]	0.030	0.028	0.031	0.030
[100 - 149]	0.028	0.026	0.029	0.028
[150 - 199]	0.025	0.023	0.027	0.025
[200 - 299]	0.022	0.020	0.023	0.022
[300 - 349]	0.020	0.018	0.021	0.020

Fuente: Elaboración propia.

Para fines de comparación, se incluye los valores en términos de períodos más agregado en la siguiente tabla:

**Tabla N°23: TSD – LP estimada, a partir de la preferencia intertemporal, con valores promedio**

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
]20 -49 años]	3.50%	3.30%	3.60%	3.50%
[50 a 74 años]	3.20%	3.10%	3.40%	3.20%
[75 a 99 años]	3.10%	2.90%	3.20%	3.10%
[100 a 149 años]	2.80%	2.60%	2.90%	2.80%
[150 a 199 años]	2.50%	2.30%	2.70%	2.50%
[200 años a más]	2.10%	1.90%	2.20%	2.10%

Fuente: Elaboración propia.

### **6.3 Metodología de Tasa de Descuento Decreciente: Análisis de Sensibilidad**

Siguiendo el mismo esquema que en la subsección anterior, se utilizaron los valores promedio para los diferentes períodos de tasas: 25 a 50 años, 50 a 75 años, 75 a 100 años y más de 100 años y se calcularon las tasas de descuento para los tramos agregados (utilizando el tramo que corresponda). Al igual que en los casos anteriores, los resultados son bastante similares, aunque con los valores promedio, las tasas son ligeramente menores, para los períodos superiores a 100 años.

**Tabla N°24: TSD – LP estimada, a partir de las tasas decrecientes, con valores promedio**

Período	Con la función gamma	Valores promedio
]20 -49 años]	5.78%	5.83%
[50 a 74 años]	3.29%	3.29%
[75 a 99 años]	1.89%	1.99%
[100 a 149 años]	1.13%	1.05%
[150 a 199 años]	0.88%	0.81%
[200 años a más]	0.61%	0.56%

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de sensibilidad realizado con las 3 primeras metodologías utilizadas, así como con los resultados de la aplicación de la Ecuación de Ramsey bajo diferentes supuestos sobre los parámetros, se puede concluir que los resultados son bastante consistentes y por tanto, se mantienen los estimados con la función gamma.

## 7. Selección de la TSD-LP y Ejemplos de Aplicación

### 7.1 Propuesta de TSD - LP

La aplicación de las 4 metodologías seleccionadas muestra resultados relativamente similares y el análisis de sensibilidad muestra la robustez de dichos cálculos. Con fines comparativos, en la siguiente tabla se muestran los resultados de las 4 metodologías, utilizando las estimaciones de  $\alpha$  y  $\beta$  de la función gamma.

**Tabla N°25: Comparación de las estimaciones de la TSD-LP, utilizando las diferentes metodologías**

Período	M1. Tasa Constante			M2. Tasa preferencia Intertemporal			M3. Tasa Decreciente n = 66	M4. Estimación de Ramsey	
	n = 22	n = 10	n = 54	n = 58	n = 32	n = 153		Expertos	MMM
	Acad.	Expertos	Promedio	Acad.	Expertos	Promedio	Tasa Decreciente por período	Expertos	MMM
[20 -49 años]	5.30%	4.70%	<b>5.40%</b>	3.50%	3.30%	3.60%	<b>5.78%</b>	6.75%	7.60%
[50 a 74 años]	3.90%	3.40%	<b>3.70%</b>	3.20%	3.00%	3.30%	<b>3.29%</b>	6.75%	7.60%
[75 a 99 años]	3.20%	2.80%	<b>2.90%</b>	3.00%	2.80%	3.10%	<b>1.89%</b>	6.75%	7.60%
[100 a 149 años]	2.50%	2.20%	<b>2.20%</b>	2.70%	2.50%	2.80%	<b>1.13%</b>	6.75%	7.60%
[150 a 199 años]	1.90%	1.70%	<b>1.70%</b>	2.40%	2.20%	2.50%	<b>0.88%</b>	6.75%	7.60%
[200 años a más]	1.30%	1.20%	<b>1.20%</b>	2.00%	1.80%	2.10%	<b>0.61%</b>	6.75%	7.60%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, las metodologías M1 y M3 (tasa constante y tasa decreciente “directa”, respectivamente, son similares para los períodos menores a 75 años, pero en el caso de los períodos superiores a 100 años, la metodología que utiliza los valores decrecientes proporcionados de manera directa son sustancialmente menores. La similitud de los resultados entre estas dos metodologías es interesante porque los grupos son disjuntos (es decir, la misma persona no ha respondido ambas preguntas) y ambos grupos proponían tipos de tasas diferentes (constante vs. decreciente). Es decir, pese a que son grupos de profesionales distintos, han arribado a tasas bastante similares, por lo menos en los dos primeros tramos de años (de 20 a 49 años y de 50 a 74 años). La similitud en las tasas resultantes de las metodologías M1 y M3, pese a que han sido obtenidas considerando enfoques diferentes y que provienen de “fuentes” de datos diferentes, permiten aseverar que son resultados robustos y serían una muy buena elección de tasas para proyectos de muy largo plazo. Además, los resultados son relativamente similares a lo encontrado por Edwards (2012) y Jimenez (2014) para países de Latinoamérica.

En relación con la metodología M2, los resultados muestran las tasas más bajas de todos los esquemas de aplicación utilizados; la metodología pareciera tener todos los elementos para mostrar resultados más robustos, por las siguientes razones:

- (a) Utiliza la información proporcionada por casi toda la muestra de datos (153/154 observaciones).
- (b) Por el planteamiento, obliga al que responda la encuesta a pensar en términos de comparación intertemporal de proyectos y plazos, lo cual lo sitúa en el contexto de aplicación de la TSD-LP. La referencia a la generación de los hijos (25 a 50 años) y de los nietos (más de 50 años), genera un elemento que facilita la ubicación temporal para el análisis.
- (c) Los resultados de los tres grupos de profesionales entrevistados son bastante similares, siendo los resultados de los académicos ( $n = 58$ ), los más parecidos al promedio.

Una crítica a este resultado podría ser la elección de las tasas subyacentes en el análisis (2.06%, 3.45% y 4.49%), ya que la tasa máxima es menor a la utilizada en Jimenez (2014) y Edwards (2016), que utilizan la misma metodología. No obstante, estos valores se justifican en la medida en que la TSD vigente en el Perú es entre 2 y 4 puntos porcentuales menor a las utilizadas en los estudios mencionados. Además, en el Perú se cuenta desde el 2011 con una tasa de 4% para los proyectos que tienen que ver con temas de cambio climático. Aunque dicho valor no fue mencionado en la encuesta, los profesionales en el tema conocían de dicha tasa, y quizás ello influyó en el resultado.

En el caso de la M4, calculada a través de la estimación de la ecuación de Ramsey, los resultados de la TSD-LP son bastante mayores en comparación a las otras metodologías y ello se debe fundamentalmente a la estimación de la tasa de crecimiento del PBI per cápita (que se supone es la tasa de crecimiento del consumo). La desventaja de esta metodología para la estimación de la TSD-LP es que los valores de los parámetros podrían considerarse relativamente arbitrarios y no existen elementos suficientes para justificar las proyecciones de la tasa de crecimiento del PBI per cápita de un horizonte de 3 años (sobre la base del MMM) a los horizontes de largo plazo para la evaluación de proyectos.

Sobre la base de lo anterior, en el siguiente cuadro se proponen la tasa a utilizar por períodos de tiempo definidos, sobre la base de los resultados (bastante similares) de las metodologías M1 (Weitzman, 2001) y M3 (tasas decrecientes directas). En la segunda columna se muestra la tasa resultado de la aplicación de la metodología y en la tercera columna se muestra una propuesta de tasas en la cual se redondean los resultados para simplificar su aplicación.

**Tabla N°26: Propuesta de TSD - LP**

Período	Tasa propuesta (estimada)	Tasa propuesta (redondeada)
[20 -49 años]	5.40%	5.50%
[50 a 74 años]	3.70%	4.00%
[75 a 99 años]	2.90%	3.00%
[100 a 149 años]	2.20%	2.00%
[150 a 199 años]	1.70%	2.00%
[200 años a más]	1.20%	1.00%

Fuente: Elaboración propia

En esta lógica, un proyecto que tenga 100 años de horizonte de evaluación tendrá que utilizar la TSD de Corto plazo de 8% para los primeros 19 años, y luego, considerando los rangos previstos en la tabla anterior, tendría que aplicar las tasas de 5.4%, 3.7%, 2.9% y 2.2%. En la siguiente subsección se muestra una aplicación de las tasas propuestas.

## 7.2 Ejemplos de aplicación de la TSD-LP

### A. Fórmula general

En términos del uso de la TSD-LP para calcular el VAN se tiene:

$$VAN = Io + \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{\prod_k (1+r_k)^t} \quad (19)$$

Donde la diferencia radica en  $r_k$ , que indica que la tasa puede variar de período a período y por tanto, se tiene que trabajar con la productoria ( $\prod$ ). Así por ejemplo, para el flujo en el año 110, el factor de descuento sería (utilizando las tasas estimadas):

$$FD_{110} = \frac{1}{(1+8\%)^{20} * (1+5.4\%)^{(49-20)} * (1+3.7\%)^{(74-49)} * (1+2.9\%)^{(99-74)} * (1+2.2\%)^{(110-99)}} \quad (20)$$

En este caso se ha utilizado la propuesta de tasas estimadas (Tabla N°26, segunda columna).

## B. Ejemplo del Ferrocarril Huancayo – Huancavelica

### 1. Descripción del proyecto, con identificación del horizonte.

El proyecto tiene como objetivo lograr la eficiente prestación del servicio de transporte de carga y pasajeros por el ferrocarril Huancayo Huancavelica. Las estaciones estarán ubicadas en las ciudades de Huancayo y Huancavelica, y las vías tendrán una extensión de 128.2 kms.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Adecuado sistema de drenaje de las aguas pluviales
- Adecuada infraestructura férrea: muros, enrocados, alcantarillas
- Trazo adecuado de las obras de drenaje y protección de taludes
- Material rodante en adecuadas condiciones de servicio
- Adecuadas políticas de mantenimiento.

Las alternativas propuestas tienen las siguientes características:

**Tabla N°27: Alternativas para el Proyecto de Ferrocarril**

Análisis Técnico	Alternativa 1	Alternativa 2
Carga máxima por eje	20 ton	15 ton
Tiempo de viaje (máximo)		
Tren mixto con paradas	4 horas	
Auto vagón directo	3 horas	
Tren pasajeros directo	3 horas 30 minutos	
Trazo	El trazo del proyecto debe estar georeferenciado.	
Vía férrea principal		
Rieles	De acuerdo con el diseño para la cara máxima solicitada y la velocidad máxima prevista en el proyecto, con patín de 5"	80 lb/yd ASCE, o de mayor peso con patín de 5". De acuerdo el diseño para la cara máxima solicitada y velocidad máxima prevista en el proyecto; con patín de 5".
Cambiavías	Acordes con los rieles de la vía principal	
Durmientes	Aprovechamiento, en caso resulte técnicamente viable, de los actuales durmientes de madera y concreto	De concreto prensado con fijación elástica, de similares características a los que actualmente están instalados.
Balasto	Piedra granítica triturada en toda la vía. Espeso según cálculo.	
Alineación y nivelación	A lo largo de toda la vía. Actuaciones en el alineamiento sólo en los caos en que sea estrictamente necesario para la estabilidad y seguridad de la vía	
Desvíos de cruzamiento de los trenes	Los necesarios para permitir la circulación de los trenes de acuerdo al horario que se proponga	
Puentes	Cambio total de los puentes.	Intervenciones en la estructura y estribos sólo

Análisis Técnico	Alternativa 1	Alternativa 2
		para renovar elementos en mal estado y reparar albañilería cuando corresponda.
Túneles	Intervenciones para asegurar bóvedas. El gálibo será el adecuado para el material rodante seleccionado para la alternativa	Intervenciones para asegurar bóvedas en condiciones no seguras.
Cantidad de material rodante / servicio de trenes	De acuerdo con el estudio de demanda de transporte.	
Locomotoras	Carga máxima por eje: 20 toneladas	
Autovagones		
Coches para pasajeros		
Bodegas de mercancías		
Estaciones	Intervenciones para mejorar la comodidad de los pasajeros (servicios higiénicos, lugares de espera, entre otros).	
Cuenca en el km 57.	Desarrollar solución técnica considerando los criterios de rehabilitación.	

Fuente: Estudio de Preinversión

Para fines del ejemplo, sólo se presentan los resultados para la Alternativa 1.

## 2. Identificación de beneficios y costos

Los beneficios sociales incrementales del proyecto son:

- Ahorro de tiempo de pasajeros
- Ahorro de tiempo de transporte de carga
- Ahorro de costos de operación vehicular (COV) por operación del ferrocarril
- Reducción de gases de efecto invernadero
- Ahorro de mantenimiento de la infraestructura vial
- Ahorro por reducción de accidentes
- Beneficios generados por turistas

La estimación del Flujo de Beneficios es:

**Tabla N°28: Flujo de Beneficios por tipo para el Proyecto de Ferrocarril**

Año	Ahorro de tiempo de pasajeros	Ahorro de tiempo de transporte de carga	Ahorro de COVs por operación de FHH	Reducción de gases de efecto invernadero	Ahorro mant. de la infraest. vial	Ahorro por reducción de accidentes	Beneficios generados por turistas	Total de Beneficios incrementales
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1</b>	150,518	14,145	6,101,174	54,891	167,079	3,408,039	810,004	10,705,850
<b>2</b>	153,298	14,145	6,101,174	54,891	167,079	3,408,039	810,004	10,708,630
<b>3</b>	156,129	14,145	6,101,174	54,891	167,079	3,408,039	810,004	10,711,461
<b>4</b>	1,593,464	96,722	62,507,833	533,030	1,583,316	23,856,270	9,625,721	99,796,356
<b>5</b>	1,641,714	82,805	57,180,144	523,933	1,592,700	25,749,625	10,312,342	97,083,263
<b>6</b>	1,691,425	83,447	57,394,574	529,926	1,609,018	27,642,979	11,047,904	99,999,273
<b>7</b>	1,742,641	84,147	58,202,917	536,039	1,619,064	29,536,334	11,835,955	103,557,097
<b>8</b>	1,795,408	86,613	59,640,961	544,039	1,646,058	31,429,689	12,680,219	107,822,987
<b>9</b>	1,849,773	100,079	66,202,941	563,456	1,679,356	33,323,044	13,584,707	117,303,356
<b>10</b>	1,905,784	86,169	60,169,609	554,678	1,686,853	35,216,398	14,553,714	114,173,205
<b>11</b>	1,963,491	82,556	59,279,353	556,595	1,691,869	37,109,753	15,591,843	116,275,460
<b>12</b>	2,022,945	98,266	65,947,063	578,523	1,733,327	39,003,108	16,704,026	126,087,258
<b>13</b>	2,084,200	77,917	57,691,161	563,297	1,727,005	40,896,463	17,895,543	120,935,586
<b>14</b>	2,147,309	82,368	59,419,576	573,736	1,755,256	42,789,817	19,172,056	125,940,118
<b>15</b>	2,121,329	99,362	67,808,025	597,189	1,792,957	44,683,172	20,539,626	137,641,660
<b>16</b>	2,279,318	53,621	47,556,695	555,956	1,754,262	46,576,527	22,004,750	120,781,129
<b>17</b>	2,348,336	53,621	47,873,884	562,006	1,779,040	48,462,882	23,574,384	124,654,153
<b>18</b>	2,419,443	53,621	48,500,584	568,127	1,795,988	50,363,236	25,255,991	128,956,990
<b>19</b>	2,492,704	53,621	48,817,773	574,318	1,820,462	52,256,591	27,057,552	133,073,021
<b>20</b>	2,568,183	53,621	49,029,233	580,582	1,836,784	54,149,946	28,987,624	137,205,973
<b>21</b>	2,645,947	53,621	49,761,663	586,918	1,861,891	56,043,301	31,055,377	142,008,718
<b>22</b>	2,726,066	53,621	49,973,122	593,328	1,878,209	57,936,655	33,270,632	146,431,633
<b>23</b>	2,808,611	53,621	50,290,311	599,812	1,902,687	59,830,010	35,643,910	151,128,962
<b>24</b>	2,893,275	53,621	50,917,012	606,371	1,919,635	61,723,365	38,186,485	156,299,764
<b>25</b>	2,893,655	53,621	51,234,201	613,006	1,944,112	63,616,720	40,910,434	161,265,749
<b>26</b>	3,071,548	53,621	51,445,660	619,719	1,960,431	65,510,074	43,828,695	166,489,748
<b>27</b>	3,164,554	53,621	52,283,820	626,509	1,993,697	67,403,429	46,955,130	172,480,760
<b>28</b>	3,260,376	53,621	52,495,279	633,378	2,010,016	69,296,784	50,304,589	178,054,043
<b>29</b>	3,359,100	53,621	53,227,710	640,326	2,035,123	71,190,139	53,892,983	184,399,002
<b>30</b>	3,460,813	53,621	53,439,169	647,355	2,051,441	73,083,493	57,737,356	190,473,248

En cuanto a los costos del proyecto, los costos de inversión se refieren a:

- Estudios Definitivos
- Infraestructura
- Material Rodante
- Supervisión

- Afectaciones

donde el mayor porcentaje se refiere a infraestructura. Los costos de inversión se realizan entre el año 0 y el año 04, con una reinversión en material rodante en el año 17.

En la situación sin proyecto, los Costos de OyM están referidos a pagos de personal (administrativos, directivos, conductores) y combustible y el mantenimiento a la infraestructura y el material rodante.

En el caso de la Situación con Proyecto, Alternativa 1, los gastos por OyM se refieren a los gastos del tren de pasajeros y también la parte para el transporte de minerales. El flujo neto se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N°29: Flujo de Beneficios Neto para el Proyecto de Ferrocarril**

Plazo	Beneficios Incrementales	Costos de Inversión	Costos de OyM incrementales	Flujo Neto
0	0	39,185,158	-6,628,242	-32,556,916
1	10,705,850	199,780,876	-4,235,455	-184,839,571
2	10,708,630	260,018,537	-3,083,504	-246,226,403
3	10,711,461	214,270,168	-2,782,894	-200,775,813
4	99,796,356	51,092,122	2,267,435	46,436,799
5	97,083,215	0	9,370,139	87,713,076
6	99,999,273	0	18,529,508	81,469,765
7	103,557,097	0	18,529,508	85,027,589
8	107,822,987	0	18,747,877	89,075,110
9	117,303,356	0	18,966,246	98,337,110
10	114,173,205	0	18,529,508	95,643,697
11	116,275,460	0	18,529,508	97,745,952
12	126,087,258	0	18,966,246	107,121,012
13	120,935,586	0	15,960,481	104,975,105
14	125,940,118	0	16,658,208	109,281,910
15	137,641,660	0	16,658,208	120,983,452
16	120,781,429	0	41,514,417	79,267,012
17	124,654,153	26,950,455	15,191,871	82,511,827
18	128,956,990	0	15,191,871	113,765,119
.....	.....	.....	.....	.....
27	172,480,760	0	15,191,871	157,288,889
28	178,054,043	0	15,191,871	162,862,172
29	184,399,002	0	15,191,871	169,207,131
30	190,473,248	0	47,113,296	143,359,952

Con fines didácticos, se han hecho algunos supuestos de reinversión, de tal manera que el horizonte de evaluación del proyecto sea de 110 años, y se ha calculado el factor de descuento siguiendo la fórmula (20).

**Tabla N°30: Factores de Descuento para TSD-LP propuesta y TSD de 8%, Ferrocarril**

Plazo	Flujo Neto	TSD – LP Diferenciada		TSD Única (8%)	
		Factor de Descuento con Tasa Diferenciada	Valor Presente por periodo, tasa diferenciada	Factor con Tasa Constante (8%)	Valor Presente por periodo (8%)
0	-32,556,916	1.000000	-32,556,916	1.000000	-32,556,916
1	-184,839,571	0.925926	-171,147,751	0.925926	-171,147,751
2	-246,226,403	0.857339	-211,099,454	0.857339	-211,099,454
3	-200,775,813	0.793832	-159,382,314	0.793832	-159,382,314
4	46,436,799	0.735030	34,132,434	0.735030	34,132,434
5	87,713,076	0.680583	59,696,046	0.680583	59,696,046
6	81,469,765	0.630170	51,339,771	0.630170	51,339,771
7	85,027,589	0.583490	49,612,782	0.583490	49,612,782
8	89,075,110	0.540269	48,124,510	0.540269	48,124,510
9	98,337,110	0.500249	49,193,038	0.500249	49,193,038
10	95,643,697	0.463193	44,301,538	0.463193	44,301,538
11	97,745,952	0.428883	41,921,563	0.428883	41,921,563
12	107,121,012	0.397114	42,539,228	0.397114	42,539,228
13	104,975,105	0.367698	38,599,128	0.367698	38,599,128
14	109,281,910	0.340461	37,206,233	0.340461	37,206,233
15	120,983,452	0.315242	38,139,030	0.315242	38,139,030
16	79,267,012	0.291890	23,137,285	0.291890	23,137,285
17	82,511,827	0.270269	22,300,385	0.270269	22,300,385
18	113,765,119	0.250249	28,469,611	0.250249	28,469,611
19	117,881,150	0.231712	27,314,485	0.231712	27,314,485
20	122,014,102	0.214548	26,177,907	0.214548	26,177,907
21	126,816,847	0.203363	25,789,884	0.198656	25,192,896
22	131,239,762	0.192761	25,297,954	0.183941	24,140,308
23	135,937,091	0.182712	24,837,363	0.170315	23,152,164
24	141,108,273	0.173187	24,438,105	0.157699	22,252,681
25	146,161,498	0.164158	23,993,609	0.146018	21,342,196
26	151,297,877	0.155600	23,541,979	0.135202	20,455,740
27	157,288,889	0.147488	23,198,276	0.125187	19,690,496
28	162,862,172	0.139799	22,768,029	0.115914	18,877,960
29	169,207,131	0.132511	22,421,849	0.107328	18,160,582
30	143,359,952	0.125603	18,006,452	0.099377	14,246,730
31	143,359,952	0.119055	17,067,727	0.092016	13,191,416
32	143,359,952	0.112848	16,177,940	0.085200	12,214,274
33	143,359,952	0.106965	15,334,540	0.078889	11,309,513
34	113,714,452	0.101389	11,529,384	0.073045	8,306,307

Plazo	Flujo Neto	TSD – LP Diferenciada		TSD Única (8%)	
		Factor de Descuento con Tasa Diferenciada	Valor Presente por periodo, tasa diferenciada	Factor con Tasa Constante (8%)	Valor Presente por periodo (8%)
35	143,359,952	0.096103	13,777,355	0.067635	9,696,085
36	143,359,952	0.091093	13,059,104	0.062625	8,977,856
37	143,359,952	0.086344	12,378,298	0.057986	8,312,830
38	143,359,952	0.081843	11,732,984	0.053690	7,697,065
39	143,359,952	0.077576	11,121,311	0.049713	7,126,912
40	143,359,952	0.073532	10,541,527	0.046031	6,598,992
41	143,359,952	0.069698	9,991,969	0.042621	6,110,178
42	143,359,952	0.066065	9,471,061	0.039464	5,657,572
43	143,359,952	0.062621	8,977,309	0.036541	5,238,493
44	143,359,952	0.059356	8,509,297	0.033834	4,850,456
45	143,359,952	0.056262	8,065,685	0.031328	4,491,163
46	143,359,952	0.053329	7,645,199	0.029007	4,158,485
47	143,359,952	0.050549	7,246,634	0.026859	3,850,449
48	143,359,952	0.047913	6,868,847	0.024869	3,565,230
49	143,359,952	0.045415	6,510,756	0.023027	3,301,139
50	-144,014,681	0.043669	-6,288,933	0.021321	-3,070,570
51	106,303,076	0.041989	4,463,574	0.019742	2,098,622
52	143,359,952	0.040374	5,788,038	0.018280	2,620,551
53	143,359,952	0.038821	5,565,421	0.016925	2,426,436
54	143,359,952	0.037328	5,351,367	0.015672	2,246,700
55	143,359,952	0.035892	5,145,545	0.014511	2,080,278
56	143,359,952	0.034512	4,947,639	0.013436	1,926,183
57	143,359,952	0.033185	4,757,346	0.012441	1,783,503
58	143,359,952	0.031908	4,574,371	0.011519	1,651,391
59	143,359,952	0.030681	4,398,433	0.010666	1,529,066
60	143,359,952	0.029501	4,229,263	0.009876	1,415,802
61	143,359,952	0.028366	4,066,599	0.009144	1,310,928
62	143,359,952	0.027275	3,910,191	0.008467	1,213,822
63	143,359,952	0.026226	3,759,799	0.007840	1,123,909
64	143,359,952	0.025218	3,615,192	0.007259	1,040,657
65	143,359,952	0.024248	3,476,146	0.006721	963,571
66	143,359,952	0.023315	3,342,448	0.006223	892,195
67	143,359,952	0.022418	3,213,892	0.005762	826,107
68	97,038,857	0.021556	2,091,779	0.005336	517,762
69	143,359,952	0.020727	2,971,424	0.004940	708,253
70	143,359,952	0.019930	2,857,138	0.004574	655,790
71	143,359,952	0.019163	2,747,248	0.004236	607,213
72	143,359,952	0.018426	2,641,585	0.003922	562,234
73	143,359,952	0.017718	2,539,986	0.003631	520,587
74	143,359,952	0.017036	2,442,294	0.003362	482,025
75	-215,858,339	0.016540	-3,570,275	0.003113	-672,028
76	143,359,952	0.016058	2,302,096	0.002883	413,259

Plazo	Flujo Neto	TSD – LP Diferenciada		TSD Única (8%)	
		Factor de Descuento con Tasa Diferenciada	Valor Presente por periodo, tasa diferenciada	Factor con Tasa Constante (8%)	Valor Presente por periodo (8%)
77	143,359,952	0.015590	2,235,045	0.002669	382,647
78	143,359,952	0.015136	2,169,947	0.002471	354,303
79	143,359,952	0.014695	2,106,744	0.002288	328,058
80	143,359,952	0.014267	2,045,383	0.002119	303,758
81	143,359,952	0.013852	1,985,808	0.001962	281,257
82	143,359,952	0.013448	1,927,969	0.001817	260,423
83	143,359,952	0.013057	1,871,815	0.001682	241,133
84	143,359,952	0.012676	1,817,296	0.001557	223,271
85	85,458,584	0.012307	1,051,759	0.001442	123,236
86	143,359,952	0.011949	1,712,976	0.001335	191,419
87	143,359,952	0.011601	1,663,083	0.001236	177,240
88	143,359,952	0.011263	1,614,644	0.001145	164,111
89	143,359,952	0.010935	1,567,616	0.001060	151,955
90	143,359,952	0.010616	1,521,957	0.000981	140,699
91	143,359,952	0.010307	1,477,628	0.000909	130,277
92	143,359,952	0.010007	1,434,590	0.000841	120,626
93	143,359,952	0.009715	1,392,806	0.000779	111,691
94	143,359,952	0.009432	1,352,239	0.000721	103,418
95	143,359,952	0.009158	1,312,853	0.000668	95,757
96	143,359,952	0.008891	1,274,615	0.000618	88,664
97	143,359,952	0.008632	1,237,490	0.000573	82,096
98	143,359,952	0.008381	1,201,447	0.000530	76,015
99	143,359,952	0.008137	1,166,453	0.000491	70,384
100	143,359,952	0.007977	1,143,582	0.000455	65,171
101	143,359,952	0.007821	1,121,158	0.000421	60,343
102	70,983,242	0.007667	544,245	0.000390	27,665
103	143,359,952	0.007517	1,077,622	0.000361	51,735
104	143,359,952	0.007370	1,056,493	0.000334	47,902
105	143,359,952	0.007225	1,035,777	0.000309	44,354
106	143,359,952	0.007083	1,015,468	0.000286	41,069
107	143,359,952	0.006944	995,557	0.000265	38,026
108	143,359,952	0.006808	976,036	0.000246	35,210
109	143,359,952	0.006675	956,898	0.000227	32,602
110	143,359,952	0.006544	938,135	0.000211	30,187
<b>VAN</b>			<b>661,661,704</b>		<b>462,735,655</b>

Como se observa, al utilizar tasas de descuento de largo plazo diferenciadas, se obtiene un VAN que es 1.45 veces el que se obtendría si se utiliza la tasa única de 8% para los 110 años.

### **C. Ejemplo de Proyecto de Reforestación**

En una zona de Cajamarca, los suelos están degradados por las elevadas tasas de deforestación. En esta lógica, se ha planteado un proyecto de reforestación, que está orientado a recuperar los ecosistemas degradados y así evitar perder servicios ambientales como la fijación del carbono, la regulación del régimen hídrico, la protección del suelo y la conservación de la diversidad biológica.

La reforestación genera una serie de beneficios relacionados a la mayor captura de dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad y menor probabilidad de ocurrencia de desastres naturales (por ejemplo, aquellos relacionados a lluvias intensas). Del mismo modo, el SNIP define los beneficios a considerar al evaluar proyectos de forestación y reforestación: protección, conservación y/o recuperación del recurso suelo, reducción de la sedimentación de los cursos de agua, mantenimiento o mejoramiento de la recarga de acuíferos y protección de áreas agrícolas y pecuarias(MEF-SNIP, 2012).

Se busca implementar un proyecto de reforestación, con un horizonte de evaluación de 40 años. Los beneficios del proyecto son:

- Absorción de carbono
- Control de la erosión del suelo
- Control de las inundaciones
- Regulación hídrica

Los beneficios han sido estimados sobre la base de literatura internacional, considerando la especie arbórea a utilizar. Dichos beneficios se generarán a partir del año 10, cuando la especie forestal alcance su maduración. Los costos de inversión y de mantenimiento del proyecto son los siguientes:

**Tabla N°31: Costos de Inversión y de Mantenimiento para proyecto de Reforestación**

<b>COSTOS DE INVERSIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	<b>Año 0</b>	<b>Años 1 -40</b>
Estudios preliminares	45,500	
Producción de plantones	2,813,050	
Instalación de plantaciones	4,968,200	
Monitoreo y sistema de vigilancia	230,750	
Capacitación y organización	250,000	
Gastos administrativos y gastos de operación	390,600	
<b>Costos de Mantenimiento</b>		<b>625,300</b>

El flujo neto de beneficios descontado se muestra a continuación:

**Tabla N°32: Costos de Inversión y de Mantenimiento para proyecto de Reforestación**

Plazo	Total de Beneficios	Total Costos de Inversión	Flujo Neto	Factor de Descuento (8%)	Flujo Neto Descontado	Factor de Descuento (8%; 5.4%)	Flujo Neto Descontado
	(A)	(B)	(C = A - B)	(D)	(E = C*D)	(F)	(G = C*F)
0	0	-8,698,100	-8,698,100	1.000	-8,698,100	1.000	-8,698,100
1	0	-625,300	-625,300	0.926	-578,981	0.926	-578,981
2	0	-625,300	-625,300	0.857	-536,094	0.857	-536,094
3	0	-625,300	-625,300	0.794	-496,383	0.794	-496,383
4	0	-625,300	-625,300	0.735	-459,614	0.735	-459,614
5	0	-625,300	-625,300	0.681	-425,569	0.681	-425,569
6	0	-625,300	-625,300	0.630	-394,045	0.630	-394,045
7	0	-625,300	-625,300	0.583	-364,857	0.583	-364,857
8	0	-625,300	-625,300	0.540	-337,830	0.540	-337,830
9	0	-625,300	-625,300	0.500	-312,806	0.500	-312,806
10	2,901,578	-625,300	2,276,278	0.463	1,054,357	0.463	1,054,357
11	2,901,578	-625,300	2,276,278	0.429	976,256	0.429	976,256
12	2,901,578	-625,300	2,276,278	0.397	903,941	0.397	903,941
13	2,901,578	-625,300	2,276,278	0.368	836,983	0.368	836,983
14	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.340	732,756	0.340	732,756
15	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.315	678,478	0.315	678,478
16	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.292	628,220	0.292	628,220
17	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.270	581,685	0.270	581,685
18	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.250	538,597	0.250	538,597
19	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.232	498,701	0.232	498,701
20	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.215	461,760	0.215	461,760
21	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.199	427,556	0.203	437,688
22	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.184	395,885	0.193	414,870
23	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.170	366,560	0.183	393,241
24	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.158	339,408	0.173	372,741
25	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.146	314,266	0.164	353,309
26	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.135	290,987	0.156	334,890
27	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.125	269,433	0.147	317,431
28	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.116	249,475	0.140	300,883

Plazo	Total de Beneficios	Total Costos de Inversión	Flujo Neto	Factor de Descuento (8%)	Flujo Neto Descontado	Factor de Descuento (8%; 5.4%)	Flujo Neto Descontado
	(A)	(B)	(C = A - B)	(D)	(E = C*D)	(F)	(G = C*F)
29	2,777,546	-625,300	2,152,246	0.107	230,995	0.133	285,197
30	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.099	193,730	0.126	244,856
31	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.092	179,380	0.119	232,091
32	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.085	166,093	0.113	219,991
33	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.079	153,789	0.107	208,523
34	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.073	142,398	0.101	197,652
35	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.068	131,850	0.096	187,348
36	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.063	122,083	0.091	177,581
37	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.058	113,040	0.086	168,323
38	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.054	104,666	0.082	159,548
39	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.050	96,913	0.078	151,230
40	2,574,742	-625,300	1,949,442	0.046	89,735	0.074	143,346
<b>VAN</b>					<b>-334,302</b>		<b>588,193</b>

En este caso, en la columna D, el factor de descuento es construido considerando únicamente la tasa del 8%, por lo que el factor de descuento es:  $\frac{1}{(1+8\%)^t}$  donde t toma los valores de 0 hasta 40.

En la columna F, el factor de descuento se calcula de la siguiente forma:

**Tabla N°33: Factores de Descuento para el proyecto de reforestación**

Período (en años)	Factor de Descuento	Exponente
0 – 20	$\frac{1}{(1 + 8\%)^t}$	$t = 0, 1, \dots, 20$
21 – 40	$\left(\frac{1}{(1 + 8\%)^{20}}\right) \left(\frac{1}{(1 + 5.5\%)^{s-20}}\right)$	$s = 21, \dots, 40$

Los resultados del valor actual neto utilizando únicamente la tasa constante de 8% y de una tasa decreciente de 8% al inicio y de 5.4% al final, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N°34: VAN con una tasa constante y con una tasa decreciente**

Caso	VAN
Tasa Constante (8%)	-334,302
Tasa Decreciente (8%, 5.4%)	588,193

En el ejemplo, a una tasa del 8%, el proyecto de reforestación no sería declarado viable, mientras que, utilizando una tasa decreciente, el  $VAN > 0$  y por tanto, el proyecto sería declarado viable.

## 8. Conclusiones

El objetivo del presente estudio es estimar la TSD-LP para el Perú, utilizando las metodologías que son apropiadas para el contexto peruano.

Se utilizó información primaria, recopilada a través de una encuesta online dirigida a 793 profesionales en temas de proyectos: 281 son académicos, 86 expertos y a 426 especialistas generales, que son profesionales que trabajan en las UF del Invierte.pe. Se obtuvo una tasa global de respuesta de 19.4% (154 respuestas en total), desagregada en 20.6% para los académicos, 37.2% para los expertos y de 15.0% para los especialistas de las UF.

Sobre la base de la información primaria obtenida de 154 encuestas se ha estimado la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo bajo 4 metodologías: i) La metodología de Weitzman con pregunta directa sobre la tasa; ii) La estimación de las tasas de preferencia intertemporal a través de la selección de proyectos de acuerdo con los beneficios y el plazo en el que perciben; iii) la consulta directa sobre tasas decrecientes, para tramos que van de 25 a 50 años, de 50 a 75 años, de 75 a 100 años y más de 100 años; y, finalmente, iv) la aplicación de la ecuación de Ramsey, utilizando información primaria y secundaria. En los 3 primeros casos, se han estimado los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de una función gamma, para luego determinar la media y la varianza de la función, en términos de esos parámetros. Dichos parámetros permiten calcular una tasa de descuento para cada periodo  $t$ , con la fórmula:

$$R(t) = \frac{\mu}{1 + \frac{t\sigma^2}{\mu}}$$

Esta formula fue utilizada para estimar las tasas de descuento anuales para el período 20 a 349 años. El resumen de los resultados se muestra en la siguiente tabla:

Período	M1. Tasa Constante			M2. Tasa preferencia Intertemporal			M3. Tasa Decreciente	M4. Estimación de Ramsey		
	n = 22		n = 10	n = 54	n = 58	n = 32	n = 153	n = 66	Expertos	MMM
	Acad.	Expertos	Promedio	Acad.	Expertos	Promedio	Tasa Decreciente por período			
20 -49 años	5.30%	4.70%	<b>5.40%</b>	3.50%	3.30%	3.60%	<b>5.78%</b>	6.75%	7.60%	
50 a 74 años	3.90%	3.40%	<b>3.70%</b>	3.20%	3.00%	3.30%	<b>3.29%</b>	6.75%	7.60%	
75 a 99 años	3.20%	2.80%	<b>2.90%</b>	3.00%	2.80%	3.10%	<b>1.89%</b>	6.75%	7.60%	
100 a 149 años	2.50%	2.20%	<b>2.20%</b>	2.70%	2.50%	2.80%	<b>1.13%</b>	6.75%	7.60%	
150 a 199 años	1.90%	1.70%	<b>1.70%</b>	2.40%	2.20%	2.50%	<b>0.88%</b>	6.75%	7.60%	
200 años a más	1.30%	1.20%	<b>1.20%</b>	2.00%	1.80%	2.10%	<b>0.61%</b>	6.75%	7.60%	

Fuente: Elaboración propia

La similitud en las tasas resultantes de las metodologías M1 y M3, pese a que han sido obtenidas considerando enfoques diferentes y que provienen de “fuentes” de datos diferentes (los grupos que respondieron a cada metodología son disjuntos), permiten aseverar que son resultados robustos y que la TSD-LP debería centrarse alrededor de dichos valores. Además, los resultados son relativamente similares a lo encontrado por Edwards (2012) y Jimenez (2014) para países de Latinoamérica.

La metodología M2, proporciona las tasas más bajas y ha sido calculada con la información proporcionada por casi todos los participantes de la encuesta. Además, en este caso, los que respondieron la encuesta han tenido que evaluar los beneficios netos en distintos periodos de tiempo para hacer su elección y eso es exactamente lo que se tendría que hacer cuando se evalúan proyectos de muy largo plazo. No obstante, una crítica a M2 podría ser que los valores escogidos como puntos de corte (4.49%, 3.45%, y 2.06%), podrían influenciar hacia abajo los resultados<sup>19</sup>. Sin embargo, se hicieron algunos análisis adicionales para verificar la robustez de los resultados, y éstos indicaron que los valores no son sensibles a dichos cambios.

Después de analizar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías, se ha optado por proponer el uso de los resultados de las metodologías M1 y M3. Así, se propone las siguientes TSD-LP, con valores redondeados:

Período	Tasa propuesta (estimada)	Tasa propuesta (redondeada)
20 -49 años	5.40%	5.50%

<sup>19</sup> Ello, debido a que son menores a los utilizados en otros estudios similares como Edwards (2016) y Jimenez (2014). No obstante, en esos casos, las tasas de descuento de referencia en el país en cuestión son entre 2 y 4 puntos porcentuales más altas que en el Perú.

50 a 74 años	3.70%	4.00%
75 a 99 años	2.90%	3.00%
100 a 149 años	2.20%	2.00%
150 a 199 años	1.70%	2.00%
200 años a más	1.20%	1.00%

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se ha incluido un análisis de sensibilidad para las metodologías con el fin de determinar la robustez de los resultados. Los resultados confirmaron nuestros resultados.

A manera de ejemplo, la fórmula para calcular el factor de descuento del año 110, sería:

$$FD_{110} = \frac{1}{(1 + 8\%)^{20} * (1 + 5.5\%)^{(49-20)} * (1 + 4\%)^{(74-49)} * (1 + 3\%)^{(99-74)} * (1 + 2\%)^{(110-99)}}$$

Las tasas propuestas han sido aplicadas a dos ejemplos: el proyecto de Ferrocarril Huancayo – Huancavelica, cuyo horizonte de evaluación se ha extendido (como ejemplo) a 110 años (con las correspondientes reinversiones); y un proyecto de reforestación, de 40 años. En ambos casos, y con fines de comparación, se ha calculado el VAN con una tasa constante de 8% y luego con las tasas decrecientes propuestas.

## 9. Recomendaciones

Los resultados muestran de manera bastante sólida la necesidad de aplicar una tasa social de descuento de largo plazo que sea decreciente. Aunque las metodologías han mostrado algunas diferencias, en general, los resultados son bastante similares y ello es importante, considerando que la información primaria ha provenido de 3 diferentes grupos de profesionales: académicos, expertos en proyectos y especialistas en formulación de proyectos del MEF.

En estudios que requieren levantamiento de información primaria, y en particular en el uso de encuestas online, los plazos siempre deben ajustarse, porque es necesario esperar que los encuestados respondan y ello puede implicar varios recordatorios. En este caso, se hicieron 4 recordatorios y la encuesta estuvo abierta por 62 días y se tuvo una tasa de respuesta de 19.4%. Para lograr tasas más altas, se sugiere que para aquellos estudios que impliquen levantamiento de información primaria, se otorgue un mayor plazo para su realización.

Una combinación de metodologías contribuye a la discusión de los resultados porque permite contrastar y confirmar los resultados, para demostrar su grado de robustez. En este caso, los resultados muestran valores bastante similares, ante diferentes escenarios.

El siguiente paso debería ser un proceso de socialización de los resultados del estudio y un proceso de capacitación hacia formuladores y evaluadores de proyectos, para el uso de las tasas propuestas, para proyectos de gran envergadura.

Se sugiere realizar las modificaciones necesarias para que el sistema informático de registro de los proyectos en el Banco de Inversiones sea capaz de capturar información sobre el horizonte de evaluación y las tasas de descuento utilizadas en cada uno de los proyectos, a fin de hacer un seguimiento sobre el nivel de uso de las tasas de descuento de largo plazo propuestas.

Finalmente, para facilitar la aplicación de los resultados de este estudio, se sugiere utilizar ejemplos amigables y elaborar cartillas con los factores de descuento para un horizonte de evaluación largo (quizás 150 años) y socializarlo entre los formuladores y evaluadores de proyectos, a fin de que se facilite su utilización y se reduzcan potenciales errores de cálculo.

## 10. Referencias

- Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Geoffrey , M. H., Newell, R. G., . . . Weitzman, M. L. (2012). *How should benefits and costs be discounted in an intergenerational context? The views of an expert panel*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., & Weimer, D. (2017). The social discount rate, Ch 10. En A. Boardman, D. Greenberg, A. Vining, & D. Weimer, *Cost Benefit Analysis. Concepts and Practice* (págs. 238-273). New York: Cambridge University Press.
- Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. (2011). *Cálculo de la Tasa Social de Descuento para proyectos de inversión pública ambientales*. Lima: CIUP.
- Correa, F. (2008). Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia. *Universidad de Antioquia-Lecturas de Economía*, 69: 141-162.
- Cox, N., & Jenkins, S. (2011). *GAMMAFIT: Stata module to fit a two parameter gamma distribution*. Boston: Boston College, Department of Economics.
- Dasgupta, P., & Maskin, E. (2005). Uncertainty and hyperbolic discounting. *The American Economic Review*, 95 (4): 1290-1299.
- Drupp, M., Freeman, M., Groom, B., & Nesje, F. (2017). *Discounting Disentangled*. Kiel: Mimeo.
- Edwards, G. (2002). La tasa de descuento en proyectos de inversión de largo plazo. *Revisa de Análisis Económico*, 17 (2): 123 -141.
- Edwards, G. (2003). The effect of a constant or a declining discount rate on optimal investment timing. *Applied Economics Letters*, 10: 657–659.
- Edwards, G. (2016). Estimación de la tasa social de descuento a largo plazo en el marco de los Sistemas Nacionales de Inversión: Aplicación al caso chileno. *El Trimestre Económico*, Vol LXXXIII (I), 328, 99-125.
- Feldstein, M. (1965). The derivation of social time preference rates. *Kyklos*, 28: 277-287.
- Freeman, M. C., & Groom, B. (2016). How certain are we about the certainty-equivalent long term social discount rate? *Journal of Environmental Economics and Management*, 79: 152–168.
- Freeman, M. C., Groom, B., Panopoulou, E., & Pantelidis, T. (2015). Declining discount rates and the Fisher Effect: Inflated past, discounted future? *Journal of Environmental Economics and Management*, 73: 32–49.

- Gollier, C. (2003). Gamma discounting and expected net future value. *Journal of Environmental Economics and Management*, 53 (1): 99-109.
- Gollier, C. (2009). Should we discount the far distant future at its lowest possible rate? *Economics, the Open Access*, 3 (25): 1-14.
- Gollier, C. (2011). *Pricing the future: The economics of discounting and sustainable development*. New Jersey: Princeton University Press.
- Gollier, C., & Weitzman, M. (2010). How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain? *Economics Letters*, 107: 350-353.
- Hansen, A. (2006). Do declining discount rates lead to time inconsistent economic advice. *Ecological Economics*, 60: 138 - 144.
- Hepburn, C., Koundouri, P., Panopoulou, E., & Pantelidis, T. (2009). Social discounting under uncertainty: Across-country comp. *Journal of Environmental Economics and Management*, 57: 140–150.
- Jimenez, S. (2014). *Estructura temporal de tasa social de descuento decreciente*. Santiago: Tesis de Grado de Magister en Economía,.
- Jouini, E., & Napp, C. (2014). How to aggregate experts' discount rates: An equilibrium approach. *Economic Modelling*, 36: 235–243.
- Julian, R. (2016). Intergenerational equity and social discount rates: what have we learned over recent decades? *International Journal of Social Economics; Bradford*, 43 (12): 1539-1556.
- Lopez, H. (2008). *The Social Discount Rate: Estimates for Nine Latin American Countries*. Washington D.C.: World Bank.
- Martínez-Paza, J., Almansa, C., Casasnovas, V., & Coli, J. (2016). Pooling expert opinion on environmental discounting an international Delphi survey. *Conservation and Society*, 14 (3): 243-253.
- MEF. (2016). Anexo 3. Parámetros de Evaluación. Lima.
- MEF. (2016). Reglamento del D.L. 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Lima.
- MEF-SNIP. (2012). *Anexo SNIP 10: Parámetros de Evaluación*. Lima.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Marco Macroeconómico Multianual 2019 - 2022*. Lima: El Peruano.

- Moore, M., Boardman, A., Vining, A., Weimer, D., & Greenberg, D. (2004). Just give me a number! Practical values for the social discount rate. *Journal of Policy Analysis and Management*, 23 (4): 789-812.
- Newell, R. G., & Pizer, W. A. (2003). Discounting the distant future: how much do uncertain rates increase valuations? *Journal of Environmental Economics and Management*, 46: 52–71.
- Nordhaus, W. (2007). A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature*, XLV: 686-702.
- Secretaría Técnica del Consejo Fiscal. (2018). *Análisis del Informe de Actualización de Proyecciones Macroeconómicas 2018-2021*. Lima: Consejo Fiscal, Reporte Técnico N°002-2018-CF/ST.
- Seminario, B. (2017). *Actualización de la Tasa Social de Descuento*. Lima.
- Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. London: World Bank.
- Traeger, C. P. (2013). Discounting under uncertainty: Disentangling the Weitzman and the Gollier effect. *Journal of Environmental Economics and Management*, 66: 573–582.
- Varian, H. (14 de December de 2006). Recalculating the costs of global climate change. *The New York Times*.
- Weitzman, M. (1998). Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate. *Journal of Environmental Economics and Management*, 36: 201-208.
- Weitzman, M. (2001). Gamma Discounting. *The American Economic Review*, 91 (1): 260 - 271.
- Zhuang, J., Liang, Z., Lin, T., & De Guzman, F. (2007). *Theory and practice in the choice of social discount rate for cost-benefit analysis: A survey*. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank.

## Anexos

### Anexo 1: Derivación de la Fórmula de Ramsey<sup>20</sup>

La derivación de la Fórmula de Ramsey para la determinación de la Tasa de Descuento, parte del supuesto de que la tasa de interés es el resultado de contar con activos libres de riesgos en una economía con desarrollo sostenible.

Bajo esta lógica, se tiene una función de utilidad que es la función de bienestar social, que implica la representación de las preferencias, considerando una asignación de recursos entre generaciones.

De esta forma, la tasa de descuento socialmente eficiente ( $r$ ) sería la comparación entre dos flujos de caja, un costo ahora y un beneficio en algún momento  $t$ .

$$r = \frac{1}{t} \ln \frac{U_c(c_0, c_t)}{U_t(c_0, c_t)} \quad (\text{A1.1})$$

Se asume que la función de utilidad es aditiva con respecto al tiempo:

$$U(c_0, c_t) = u(c_0) + v_t(c_t) \quad (\text{A1.2})$$

Esto quiere decir que el agente evalúa su bienestar intertemporal considerando la utilidad del consumo presente en 0 y la utilidad anticipada ( $v_t$ ) del consumo futuro en  $t$ .

Considerando el hecho de que los agentes prefieren el consumo presente al consumo futuro debido a que son impacientes, la especificación aditiva de la función de utilidad permite decir que:

$$v_t(c) = \exp(-\delta t) u(c) \quad (\text{A1.3})$$

Donde  $\delta$  es la tasa pura de preferencia intertemporal, o la tasa de impaciencia. En palabras sencillas, es la tasa de descuento de la utilidad futura.

Considerando la formulación anterior en el marco de la comparación para una inversión que tiene un costo en el tiempo 0 y un beneficio en el tiempo  $t$ , pero que es evaluado en  $-\tau$ , se obtiene una función de bienestar intertemporal al tiempo  $-\tau$  como:

$$e^{-\delta\tau} u(c_0) + e^{-\delta(\tau+t)} u(c_t) = e^{-\delta\tau} \{u(c_0) + e^{-\delta t} u(c_t)\} = e^{-\delta\tau} U(c_0, c_t) \quad (\text{A1.4})$$

Si se asume que  $c_t > c_0$ , ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar un individuo hoy para incrementar su consumo en una unidad en el futuro? Si se define  $k$  como la máxima

---

<sup>20</sup> Basado en Gollier (2011).

reducción en el consumo presente que sería equivalente con un aumento de una unidad en el futuro, se tiene que:

$$ku'(c_0) = e^{-\delta t}u'(c_t) \quad (\text{A1.5})$$

Utilizando la expansión de Taylor y la definición discreta del descuento exponencial, se tiene que:

$$k \approx 1 - \delta - \frac{c_1 - c_0}{c_0} R(c_0) \quad (\text{A1.6})$$

A partir de aquí, y retomando la ecuación A1.1, se puede escribir:

$$r = \frac{1}{t} \ln \frac{u'(c_0)}{e^{-\delta t}u'(c_t)} = \delta - \frac{1}{t} \ln \frac{u'(c_t)}{u'(c_0)} \quad (\text{A1.7})$$

Lo cual a través de una expansión de Taylor en  $u'(c_t)$  alrededor de  $c_0$ , lleva a:

$$r \approx \delta + \frac{c_t - c_0}{tc_0} R(c_0) \quad (\text{A1.8})$$

Lo cual implica que la tasa de descuento socialmente eficiente está compuesta por dos partes: la tasa de impaciencia ( $\delta$ ) y el efecto riqueza.

De esta forma, considerando que el efecto riqueza puede ser medido como la tasa de crecimiento del consumo ( $g$ ) y un indicador de aversión al riesgo relativo ( $\gamma$ ), se tiene:

$$r = \delta + \gamma g \quad (\text{A1.9})$$

## **Anexo 2: Selección de la muestra y levantamiento de información primaria**

### **A. Selección de la muestra: académicos y expertos**

Siguiendo las recomendaciones de los diversos estudios revisados, se decidió recopilar información de académicos (economistas en particular) y profesionales con conocimiento y experiencia en temas de proyectos y/o políticas públicas. A este segundo grupo le denominaremos expertos, en la medida en que por sus funciones, es probable que haya tenido la oportunidad de formular y/o evaluar proyectos con un horizonte de evaluación de muy largo plazo o de grandes montos de información. De esta forma, la búsqueda se realizó considerando 4 grupos de profesionales:

- Académicos de las universidades acreditadas por la Superintendencia Nacional de Educación (SUNEDU), en temas relacionados a economía.
- Columnistas que escriban sobre temas relacionados a la gestión pública,
- Investigadores de empresas consultoras expertos en la evaluación de proyectos de inversión pública, y,
- responsables de cargos directivos en instituciones del Estado enfocados en inversión pública y/o temas ambientales.

De esta manera, se construyó una base de datos con variables como Nombre, Universidad o Institución a la que pertenece, Cargo, Correo electrónico y Teléfono. Los medios utilizados para encontrar aquellos datos fueron la web y los periódicos más importantes del país en temas económicos (El Comercio y Gestión).

Para escoger a los académicos y expertos en el tema, se buscó información en las páginas web de las universidades acreditadas por SUNEDU. Se tomó en cuenta a aquellos profesores pertenecientes a la Facultad de Economía o similar, para maximizar la probabilidad de encontrar profesionales relacionados al tema en cuestión. En el caso de que no se indicara qué curso dicta, se buscaba información sobre su experiencia laboral para identificar que se dedique a temas relacionados a inversión, gestión pública o, en general, áreas de macroeconomía.

Por otro lado, para escoger a los columnistas se revisaron los diarios El Comercio y Gestión de los últimos 3 meses (agosto, julio y junio). El criterio de elección fue que los temas redactados estén relacionados a inversión o gestión pública y que, de preferencia, sean economistas. De igual manera, se buscaron por internet a todas aquellas empresas que realicen consultorías al Estado en políticas públicas y los temas antes mencionados. Así, se extrajo de las páginas web de estas consultoras

la mayor información disponible sobre directores, investigadores principales y analistas.

Por último, para obtener información de los responsables de cargos públicos relacionados al tema en cuestión, se buscó en las páginas web de las principales instituciones del Estado que se dedican a inversión pública en diferentes temas como salud, educación, infraestructura, entre otros.

Es importante mencionar que la principal limitación a lo largo del proceso de búsqueda fue la falta de datos de contacto explícitos en las páginas web de las diferentes instituciones, ya que solo se encontraban los nombres de los profesionales. Para hacer frente a este problema, se trató de encontrar información de contacto en sitios web como Linkedin o en búsqueda general de Google. Relacionado a ello, evidentemente en los periódicos no se indicaba ningún detalle de información de contacto, por lo cual se utilizó la misma solución antes explicada.

Además, cabe mencionar que de las 48 universidades acreditadas por SUNEDU sólo se consiguió información sobre los profesores de 20 de ellas. De las otras 28 no se pudo obtener información porque: (i) no se informaba en la página web cuál era su plana docente y/o (ii) no tenía una Facultad de Economía. De todas formas, de las 20 universidades que se tiene información, varias son universidades localizadas en otras regiones, además de Lima.

Inicialmente, se tuvo una base de datos 418 especialistas, pero luego de retirar las repeticiones (por ejemplo, un profesor de una universidad también puede escribir artículos en el periódico), la lista final de académicos y expertos fue de 367 personas, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

## A. 1: Resumen de la base de datos de académicos y especialistas

<b>Expertos de Instituciones Públicas relacionadas a Inversión</b>	<b>53</b>
Proinversión	22
Provías Nacional	23
CEPLAN	5
Programa Nacional de Infraestructura Educativa	3
<b>Expertos de Empresas Consultoras y/o Diarios</b>	<b>33</b>
Videnza Consultores	2
Apoyo Consultoría	5
GRADE	8
BDO Consulting	1
Intelfin S.A.C	1
Macroconsult	1
Columnistas (Diarios El Comercio, Gestión)	15
<b>Académicos de universidades acreditadas por la SUNEDU</b>	<b>281</b>
Pontificia Universidad Católica del Perú	33
Universidad Andina del Cusco	4
Universidad Antonio Ruiz de Montoya	3
Universidad de Lima	23
Universidad de Piura	15
Universidad del Pacífico	41
Universidad ESAN	2
Universidad Nacional Agraria La Molina	19
Universidad Nacional de Ingeniería	2
Universidad Nacional de Moquegua	1
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	1
Universidad Nacional del Altiplano	17
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	88
Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	6
Universidad Privada Antenor Orrego	2
Universidad Privada de Tacna	1
Universidad Ricardo Palma	1
Universidad San Ignacio de Loyola	4
Universidad San Martín de Porres	12
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	6
<b>Total</b>	<b>367</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## B. Selección de la muestra: Especialistas del Invierte.pe

Una propuesta un tanto diferente a la de los estudios previos es que se decidió incluir en el estudio a los especialistas de las Unidades Formuladoras (UF) del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, que son los que más van a utilizar los resultados del estudio. La idea de incluirlos radica en el hecho de

que ellos trabajan actualmente con la TSD de 8% del sistema, y de 4% para proyectos que tienen efectos relativos al cambio climático. Lo que se quiere es determinar si la TSD-LP que ellos proponen está sesgada por dicho valor; es decir, si es posible o no que escojan tasas diferentes para proyectos de muy largo plazo.

Para ello, la DGIP proporcionó el directorio de Operadores del Invierte.pe, el cual tiene una base total de 2492 profesionales de las correspondientes UF. De este listado, se eliminó inicialmente a aquellos profesionales que laboran en las UF de gobiernos locales debido a que es poco probable que ejecuten proyectos de muy largo plazo. Adicionalmente, se eliminaron aquellas UF relativas a oficinas de administración. Del total de más de 500 UF que quedaron en el listado, se hizo un muestreo con número aleatorios, que permitió seleccionar un total de 257 UFs, tal como se muestra en la Tabla A.2.

#### **A. 2 Número final de profesionales del Sistema, por Sector de UF**

<b>Sector</b>	<b>Numero de Observaciones</b>
AGRICULTURA	14
AMBIENTAL	7
COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO	3
CULTURA	5
DEFENSA	6
DESARROLLO E INCLUSION SOCIAL	3
ECONOMIA Y FINANZAS	3
EDUCACION	46
ENERGIA Y MINAS	12
GOBIERNOS REGIONALES	114
INTERIOR	10
JUSTICIA	3
PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS	5
SALUD	20
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	6
<b>TOTAL</b>	<b>257</b>

Fuente: Directorio de Unidades Formuladoras

Elaboración: Propia.

Otro criterio para seleccionar a aquellos especialistas que pueden evaluar proyectos que pueden requerir el uso de una TSD-LP es a través del monto de inversión de los proyectos que hasta la fecha han sido evaluados. En esta lógica, el Banco de Proyectos 2011 – 2018, contiene 680 proyectos cuyo monto de inversión es igual o

superior a 50 millones de soles<sup>21</sup>. El monto de corte se estableció considerando la variedad en la distribución sectorial y el nivel de estudio requerido.

#### A. 3: Número total de proyectos cuyo monto de inversión supera los 50 MM

Valor del proyecto (en millones)	Número de proyectos	% sobre el total	% sobre proyectos > 50 MM
<b>x &gt; 10,000 MM</b>	2	0.00%	0.29%
<b>10000 =&gt; x &gt; 2000</b>	8	0.01%	1.18%
<b>2000 =&gt; x &gt; 1000</b>	8	0.01%	1.18%
<b>1000 =&gt; x &gt; 500</b>	26	0.02%	3.82%
<b>500 =&gt; x &gt; 300</b>	60	0.05%	8.82%
<b>300 =&gt; x &gt; 200</b>	69	0.06%	10.15%
<b>200 =&gt; x &gt; 100</b>	183	0.15%	26.91%
<b>100 =&gt; x &gt; 50</b>	324	0.27%	47.65%
<b>x &lt;= 50</b>	120,358	99.44%	
<b>Total de Proyectos</b>	<b>121,038</b>		
<b>Total de Proyectos &gt; 50 MM</b>	<b>680</b>		

Fuente: MEF, Banco de Inversión 2011 – 2018.

En la Tabla A.3 se presenta el total de proyectos por monto, de acuerdo con el Banco de Inversión 2011 – 2018, proporcionado por la DGIP. En dicha tabla se observa que sólo 680 proyectos (0.55% del número de proyectos) son estudios cuyos montos de inversión superan los 50 millones de soles y sólo 44 de ellos superan los 500 millones. Como una Unidad Formuladora puede haber formulado más de un proyecto que supere el monto de corte, se cruzó esta base con la base de datos de los especialistas por Unidad Formuladora que proporcionó el MEF. Esto permitió identificar 236 Unidades Formuladoras con proyectos cuyo monto supera los 50 millones de soles, para los cuales se tenía información de contacto.

Se revisaron las dos submuestras generadas, se eliminaron las repeticiones y quedaron un total de 426 unidades formuladores, que pertenecen a 21 sectores, tal como se muestra en la Tabla A.4.

#### A. 4: Número de Unidades Formuladores por sector incluidas en la Muestra de Especialistas

<sup>21</sup> Se estableció un monto de corte de 50 millones, considerando el número de proyectos que cumplían el requisito, la variedad de la distribución sectorial, así como el nivel de estudio requerido. Se revisaron muestras con líneas de corte con 500, 100, 30 millones y 10 millones, pero la que dio el mejor balance en los tres criterios fue la de 50 millones. No se tomó la sugerencia de 500 millones, porque se concentraba en sólo 3 o 4 sectores.

<b>Sector</b>	<b>Número de UF</b>
AGRICULTURA	16
AMBIENTAL	8
COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO	4
CULTURA	6
DEFENSA	9
DESARROLLO E INCLUSION SOCIAL	3
ECONOMIA Y FINANZAS	6
EDUCACION	54
ENERGIA Y MINAS	13
GOBIERNOS LOCALES	103
GOBIERNOS REGIONALES	140
INTERIOR	13
JUSTICIA	4
MINISTERIO PUBLICO	1
PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS	6
PRODUCCION	2
REGISTRO NACIONAL DE IDENTIFICACION Y ESTADO CIVIL	1
SALUD	21
TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO	2
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	9
VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO	5
<b>Total de UF</b>	<b>426</b>

Fuente: Directorio de Unidades Formuladoras

Elaboración: Propia.

### **Anexo 3: Instrumento de Recopilación de Información**

Siguiendo la experiencia de Drupp, Freeman, Groom y Nesje (2017), se envió a la muestra de académicos, expertos y especialistas, vía online, lo siguiente:

- a) Carta de presentación sobre el estudio.
- b) Una breve presentación en power point para contextualizar el estudio, con la grabación de voz correspondiente.
- c) El formato de la encuesta

El objetivo era que todo el proceso no demorara más de 10 minutos para el encuestado, cosa que se logró porque el video tiene una duración de 4 minutos y las preguntas se pueden responder en menos de 5 minutos.

Considerando las metodologías que se van a utilizar para estimar la TSDLP, la encuesta se construyó con 7 secciones:

**Parte 1:** Se presenta el estudio, que es realizado por encargo del MEF.

**Parte 2:** Se presenta un breve video (de PPT) que permite contextualizar el estudio (Ver Anexo 3).

**Parte 3:** Se le pregunta si la TSDLP debería ser constante o decreciente.

- a) Si contesta que debe ser constante, se le da un espacio para que proponga el valor de la TSDLP.
- b) Si contesta que debe ser decreciente, se le pide que coloque los valores para:

<b>Período</b>	<b>Tasa</b>
Entre 25 y 50 años	
Entre 50 y 75 años	
Entre 75 y 100 años	
Más de 100 años	

Esto permitiría estimar la tasa mediante promedios, siguiendo el trabajo de Drupp, Freeman, Groom y Nesje (2017) y (Martínez-Paza, Almansa, Casasnovas y Coli (2016)).

**Parte 4:** Aquí se sigue la metodología de Edwards (2016) y Jiménez, y por tanto, se presenta claramente las tasas de sustitución. En este caso, se hicieron los cálculos de tal manera que las tasas subyacentes (en valor discreto) sean de: 2.06%, 3.45% y 4.49%<sup>22</sup>. Las preguntas que se utilizaron fueron:

- (a) Si usted tuviera que elegir entre un proyecto que le otorga 15 millones en beneficios en 25 años (la generación de sus hijos) y uno que otorga 35 millones en 50 años (la generación de sus nietos), ¿Cuál elegiría?
  - i. Elegiría el proyecto de 15 millones en 25 años.
  - ii. Elegiría el proyecto de 35 millones en 50 años.
- (b) Si elige la opción i, se le pregunta: Si usted tuviera que elegir entre un proyecto que le otorga 15 millones en beneficios en 25 años (la generación de sus hijos) y uno que otorga 45 millones en 50 años (la generación de sus nietos), ¿Cuál elegiría?
  - i. Elegiría el proyecto de 15 millones en 25 años.
  - ii. Elegiría el proyecto de 45 millones en 50 años.
- (c) Si elige la opción ii) en la pregunta a) se le pregunta: Si usted tuviera que elegir entre un proyecto que le otorga 15 millones en beneficios en 25 años (la generación de sus hijos) y uno que otorga 25 millones en 50 años (la generación de sus nietos), ¿Cuál elegiría?
  - i. Elegiría el proyecto de 15 millones en 25 años.
  - ii. Elegiría el proyecto de 25 millones en 50 años.

Un elemento importante y que difiere de los trabajos anteriores es que aquí se establece una referencia para los períodos de 25 y 50 años, es decir, se hace referencia a la generación de los hijos (en 25 años) y a la generación de los nietos (50 años) para que puedan tener una mejor idea de a qué nos referimos con 25 y 50 años.

---

<sup>22</sup> Las tasas subyacentes se estimaron considerando estudios de largo plazo de países desarrollados (Zhuang, Liang, Lin, & De Guzman, 2007) y países en desarrollo (Lopez, 2008), así como las tasas de referencia existentes en el Perú. Si se observan los estudios que utilizan la metodología de 3 preguntas (Edwards, 2016; Jimenez, 2014), sus tasas de referencia tienen límites superiores más altos (alrededor de 6%), pero en dichos países, las TSD usadas en los sistemas de inversión pública también son más altas (entre 10% y 12% para el primer caso y 12% para el segundo). Los números que se escogieron para definir las tasas subyacentes eran de fácil asimilación: 15, 25, 35 y 45 millones.

El objetivo es que, luego de la respuesta en a), se le brinda mayores incentivos al encuestado para que cambie su respuesta hacia la otra opción, y así ver si su tasa cambia (es decir, si la incrementa o la reduce) en términos de los períodos.

**Parte 5:** Se hace una pregunta sobre la expectativa de la tasa de crecimiento del PBI per cápita en el Perú en el 2045 (en 25 años). Esta respuesta servirá para la aplicación de la metodología de Ramsey.

**Parte 6:** Se incluyen preguntas para caracterizar a los encuestados. Se incluyen variables para determinar el género, el grado de estudios, los temas en los cuales tiene estudios (diferenciando por economía, ambientales, de desarrollo), años de experiencia en proyectos, y si se dedica mayoritariamente a trabajar en temas del sector público.

En esta sección hay una opción para dejar comentarios.

**Parte 7:** Se incluye una imagen de la carta de presentación firmada por la directora de la DGIP en la cual se hace la presentación del estudio y se solicita la colaboración para la encuesta.

El formato utilizado para la realización de la encuesta implica que cuando los encuestados completan la encuesta, un archivo de Excel se va completando con toda la información.

Para incrementar la tasa de respuesta a la encuesta, se coordinó con la DGIP, el envío del link de la encuesta desde un correo institucional del Invierte.pe. El primer envío se realizó el 26 de setiembre de 2018 y la encuesta se mantuvo abierta hasta el 28 de noviembre de 2018 (62 días).

La DGIP envío cuatro (04) recordatorios a aquellos destinatarios que no habían respondido la encuesta, con el fin de incrementar la tasa de respuesta. Al final de los 62 días se tuvo 159 respuestas, de las cuales fueron válidas 154 observaciones.

## Anexo 4: Presentación en power point utilizada como marco introductorio de la encuesta

### D1. ¿Por qué se requiere una TSD-LP? (1)

El impacto del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el declive en el stock de recursos pesqueros, el manejo de residuos nucleares, la afectación de la capa de ozono, la contaminación de los acuíferos (Weitzman, 2001; Edwards, 2016), entre otros, implican la necesidad de tomar decisiones cuyos efectos se percibirán en décadas y incluso cientos de años en el futuro. Las futuras generaciones percibirán los efectos de las decisiones que se tomen hoy.



Thomas McDonald, The New York Times

### D2. ¿Por qué se requiere una TSD-LP? (2)

Además, existen proyectos que tienen altos costos de inversión hoy pero que brindarán beneficios a muchas generaciones (carreteras, ferrocarriles, embalses, embalses). Además, la innovación tecnológica puede expandir la vida útil de grandes obras de infraestructura hasta varias décadas en el futuro. Esto implica que los beneficios de dichas obras se generarán más allá de los 20 o 25 años que usualmente se utilizan para la evaluación costo-beneficio de dichos proyectos.



Por ejemplo, proyectos de infraestructura de trenes o rellenos sanitarios que procesen biogás, tienen efecto en el cambio climático

Por ejemplo, en Medellín se ha creado una patente, que a través del cambio de una pieza, permite elevar la vida útil de los trenes del Metro en 20 años.



### D3. A manera de ejemplo....., valor presente a 40, 50, 100, 150 años

Años / TSD-LP	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%	0%
hoy	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
40	<b>46.03</b>	66.78	97.22	142.05	208.29	306.56	<b>452.89</b>	671.65	1000.00
50	21.32	33.95	54.29	87.20	140.71	228.11	371.53	608.04	1000.00
100	0.45	1.15	2.95	7.60	19.80	52.03	138.03	369.71	1000.00
150	0.01	0.04	0.16	0.66	2.79	11.87	51.28	224.80	1000.00

Si en 40 años, una persona recibe S/ 1000 de beneficios de un proyecto que se ejecuta hoy, el valor presente de dichos beneficios sería de S/. 46.03, con una tasa de 8% (la TSD actual), pero si se utiliza una tasa de 2%, el valor presente sería de S/. 452.89. Estas diferencias afectarían la decisión de realizar o no el proyecto.

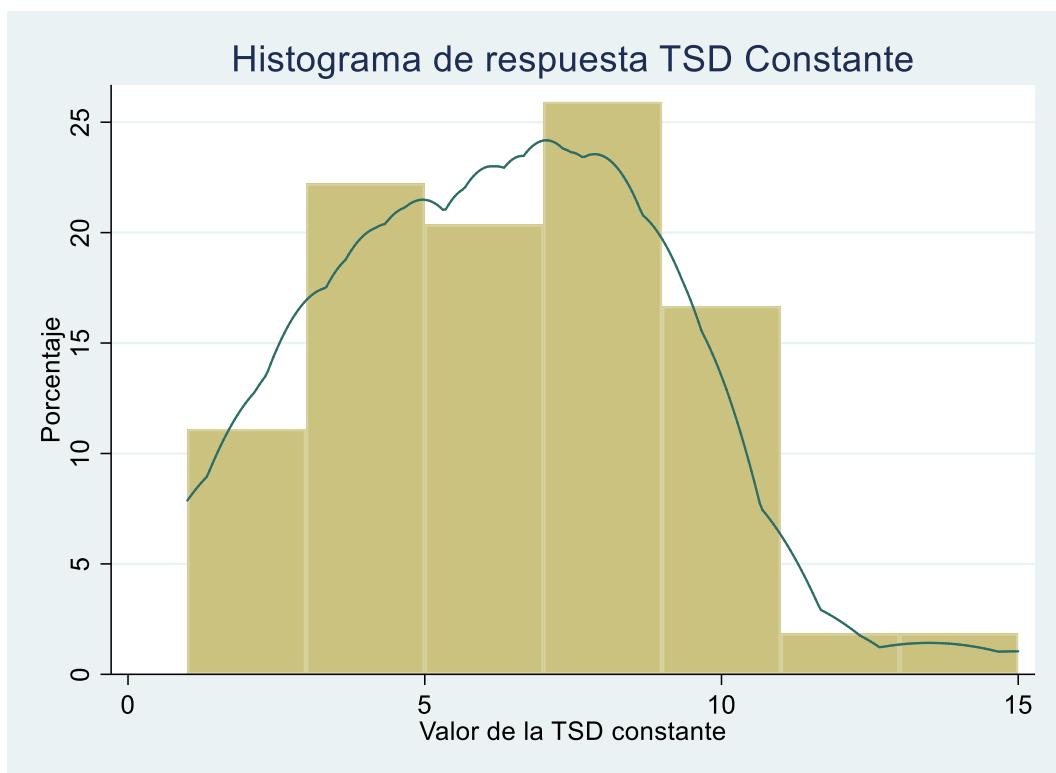
Entonces, si hoy tenemos que tomar decisiones que van a afectar a las generaciones en 40, 50, 100 años,

**¿Cuál debería ser la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo, para que se tome en cuenta, con un criterio de equidad, los beneficios y costos para la generaciones futuras?**

### D4. Disclaimer: Encuesta Online para la estimación de la TSD-LP

- ✓ En este contexto, el Ministerio de Economía y Finanzas, a través de la Dirección General de Inversión Pública, requiere contar con una estimación de la Tasa Social de Descuento de Largo Plazo (TSD-LP) para la evaluación de proyectos que tienen beneficios y/o costos en el largo plazo (más de 25 años).
- ✓ Es por ello que como especialista en proyectos, le pedimos que responda a las siguientes preguntas, que nos ayudarán a definir la TSD-LP para proyectos de inversión pública en el Perú.
- ✓ Sus respuestas se pueden basar en sus conocimientos teóricos previos, su experiencia profesional o su criterio. No hay respuestas correctas ni incorrectas.
- ✓ Se garantiza la confidencialidad del proceso de recojo de información y los resultados sólo serán mostrados a nivel de promedios. De los resultados, no será posible identificar su respuesta directamente.

**Anexo 5: Histograma de la TSD constante (n = 54)**



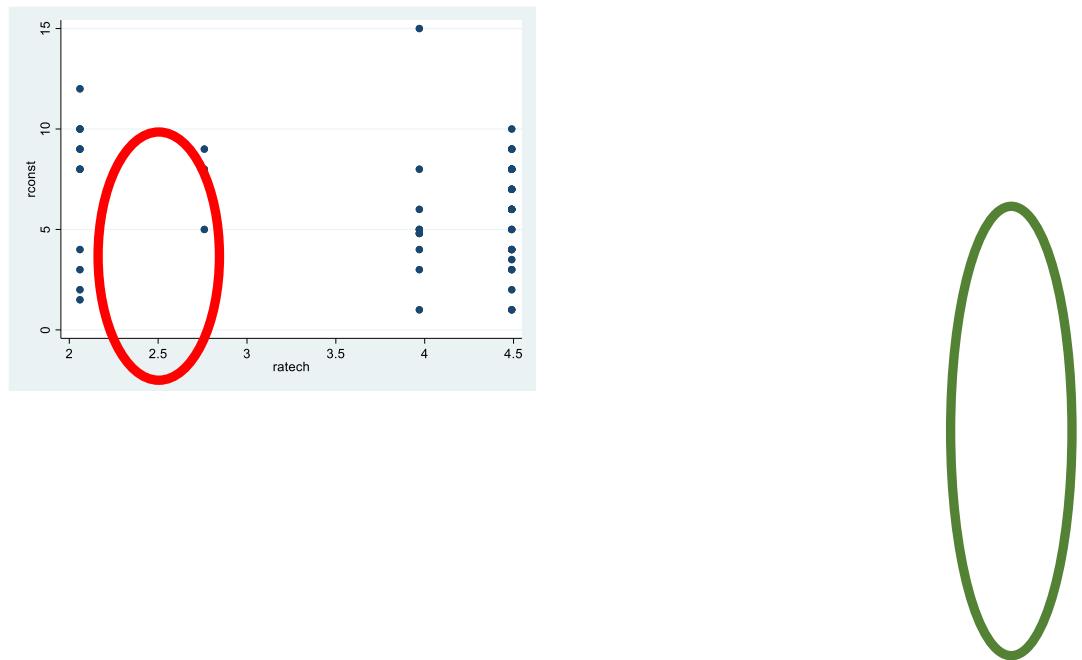
## Anexo 6: Análisis comparativo sobre los puntos de cortes en la aplicación de la Metodología de Edwards (2016).

**Objetivo:** Determinar si es posible que los encuestados hayan querido optar por tasas mayores cuando se les presentó las opciones en la metodología de Edwards (2016), pero debido a los puntos de corte, ello no fue posible.

**Método:** Para ello, se busca analizar si aquellos profesionales que escogieron la tasa más alta en la metodología de Edwards, escogieron valores altos cuando tuvieron que determinar el valor de la tasa constante (de ser esa la opción escogida). Para ello primero se elaboró un gráfico de comparación y luego se incluyó los mayores valores propuestos a través de la tasa constante, en los casos en los que hayan optado por la tasa más alta en la metodología de Edwards, para formar una nueva variable.

### **Resultados:**

Gráfico: Tasa Constante vs. Elección (metodología de Edwards):



- **Rconst: Tasa constante**
- **Ratech: Elección mediante la metodología de Edwards.**

En el gráfico se observa que los que escogieron la tasa más alta con la metodología de Edwards, escogieron diferentes valores de la tasa constante (entre 2% y 10%,

línea verde). Sólo 4 casos de los que escogieron la tasa más baja en Edwards (=2.06) escogieron tasas superiores a 8% (línea roja). Esto es un indicativo de que no hay inconsistencia en los resultados obtenidos entre la tasa constante y la elección a través de la metodología de Edwards.

De todas formas, y siguiendo la sugerencia del MEF, se reemplazó la tasa constante escogida en lugar del resultado de la aplicación de la metodología de Edwards, cuando ésta última era igual a 4.49, para formar una nueva variable.

Variable	Número de Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Tasa Constante	54	6.18	2.94	1.00	15.00
Metodología Edwards	54	3.80	0.98	2.06	4.49
Nueva Variable	54	4.89	2.26	2.06	10.00

Como se observa el valor promedio subió de 3.80 a 4.89, y el valor máximo llegó hasta 10 (en lugar de 4.49). Con esta nueva variable, se estimaron los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la función gamma para cada uno de los tres grupos de profesionales y el promedio:

Profesionales	Número Obs	Media	Desviación Estándar	Alpha	Theta	Beta
Académicos	58	3.93	1.55	6.39	0.61	1.63
Expertos	32	3.56	1.28	7.69	0.46	2.16
Especialistas	63	4.20	1.75	5.78	0.73	1.38
Promedio	153	3.96	1.59	6.20	0.64	1.56

Finalmente, con estos valores se calculó la tasa social de descuento de largo plazo que se muestra en el siguiente cuadro:

Período	Académicos	Expertos	Especialistas	Promedio
20 -49 años	3.70%	3.40%	3.90%	3.70%
50 a 74 años	3.20%	3.00%	3.30%	3.20%
75 a 99 años	2.80%	2.80%	2.90%	2.80%
100 a 149 años	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%
150 a 199 años	2.10%	2.10%	2.00%	2.00%
200 años a más	1.60%	1.70%	1.50%	1.50%

Como se observa, los resultados no difieren sustancialmente de los resultados obtenidos directamente con la metodología de Edwards:

Período	M1. Tasa Constante		M2. Tasa preferencia Intertemporal		
			n = 22	n = 10	n = 58
	Acad.	Expertos	Acad.	Expertos	Promedio
20 -49 años	5.30%	4.70%	<b>3.50%</b>	<b>3.30%</b>	<b>3.60%</b>
50 a 74 años	3.90%	3.40%	<b>3.20%</b>	<b>3.00%</b>	<b>3.30%</b>
75 a 99 años	3.20%	2.80%	<b>3.00%</b>	<b>2.80%</b>	<b>3.10%</b>
100 a 149 años	2.50%	2.20%	<b>2.70%</b>	<b>2.50%</b>	<b>2.80%</b>
150 a 199 años	1.90%	1.70%	<b>2.40%</b>	<b>2.20%</b>	<b>2.50%</b>
200 años a más	1.30%	1.20%	<b>2.00%</b>	<b>1.80%</b>	<b>2.10%</b>