



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas  
Programa Magister en Economía Aplicada

**CAMBIOS EN LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO Y SU  
IMPACTO EN LA TASA DE APROBACIÓN DE  
PROYECTOS DE AGUA POTABLE RURAL  
RECOMENDADOS PARA SU EJECUCIÓN**

Tesis para optar al grado de Magister en Economía Aplicada

NELSON LEONEL CABRERA TURRA  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2019

Profesor Guía: Carlos Sanhueza Sánchez  
Depto. de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas  
Universidad de Concepción



© NELSON LEONEL CABRERA TURRA

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, sin permiso escrito del autor.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes del problema.....	1
1.2 Objetivos de la investigación .....	5
1. 2.1 Objetivo General .....	5
1.2.2 Objetivo específicos .....	5
2 MARCO TEORICO .....	7
2.1 Principales enfoques para determinar la tasa social de descuento .....	7
2.1.1 Tasa Social de Preferencia Intertemporal (TSPI) .....	7
2.1.2 Costo de Oportunidad Social del Capital (COSC) .....	10
2.2 Definición de la tasa social de descuento.....	11
2.3 La tasa social de descuento en Chile.....	13
2.4 La tasa social de descuento decreciente .....	17
2.5 La tasa social de descuento y su implicancia en la rentabilidad de los proyectos.....	22
2.6 El uso de tasas de descuento decrecientes en la evaluación de proyectos.....	26
3 PROYECTOS DE AGUA POTABLE RURAL EN CHILE.....	30
3.1 Antecedentes del programa Agua Potable Rural.....	30
3.2 Tipologías de Proyectos de Sistemas Colectivos de Agua Potable ....	38

4 MUESTRA DE PROYECTOS APR .....	40
5 PRINCIPALES PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS APR .....	45
6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
7 TASA COSTO DE OPORTUNIDAD PROYECTOS APR.....	51
8 ELASTICIDAD .....	61
8.1 Comportamiento de los datos .....	61
8.2 Elasticidad.....	68
9 PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	73
10 TASAS DE DESCUENTO DECRECIENTES .....	82
10.1 Costo de Oportunidad para tasas de descuento decrecientes .....	82
10.2 Elasticidad función TAP para tasas de descuento decrecientes .....	88
11 SIMULACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	94
CONCLUSIONES .....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	112
ANEXOS .....	116
Anexo 1 : Listado muestra en estudio.....	116
Anexo 2 : Cuadro principales costos de los proyectos APR.....	117
Anexo 3 : Sistemas APR en bases a abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Enterrado. ....	118
Anexo 4 : Sistemas APR en bases a abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Elevado. ....	119
Anexo 5 : Tasa-tir por Zona para prueba de estabilidad datos.....	120
Anexo 6 : Elasticidad función TAP para prueba de estabilidad datos	121
Anexo 7 : Tasas de descuento decrecientes .....	123
Anexo 8 : Elasticidad función TAP enfoque tasas decrecientes .....	124

Anexo 9	: Cuadro cálculo costo de reposición .....	126
Anexo 10	: Cálculos simulación incremento valor inversión inicial ...	127
Anexo 11	: Cálculos simulación incremento inversión en reposición .	130
Anexo 12	: Cálculos simulación incremento ambas partidas del proyecto (inversión inicial e inversión en reposición) .....	133
Anexo 13	: Cálculos para simulación con cambios en el valor del costo de referencia por arranque (141 y 152 U.F.) .....	136



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadística descriptiva sistemas APR a nivel Nacional .....	37
Tabla 2 Estadística descriptiva de la muestra de sistemas APR .....	41
Tabla 3 Test diferencia de medias partidas arranques y población, en función del grupo de sistemas APR .....	42
Tabla 4 Tasa costo de oportunidad (tasa-tir) .....	57
Tabla 5 Correlación tasa-tir versus partida del proyecto .....	59
Tabla 6 Elasticidad puntual de la función TAP .....	71
Tabla 7 Costo de referencia por arranque promedio por sistema APR .....	74
Tabla 8 Criterio tasa-tir y valores de elasticidad respecto valor zona 3 .....	77
Tabla 9 Zona 3 con valor costo de referencia igual 141 y 152 U.F. ....	80
Tabla 10 Correlación TAP y TSD para tasas de descuentos decrecientes ..	91
Tabla 11 Simulación cambios en las componentes de los proyectos .....	96
Tabla 12 Simulación con ajuste valor costo de referencia por arranque ...	103

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Evolución de la Tasa Social de Descuento en Chile .....	16
Ilustración 2 Gráfica VAC por arranque vs Tasa Social de Descuento .....	62
Ilustración 3 Gráfica función TAP rango valor TSD de 0 al 52% .....	65
Ilustración 4 Gráfica factor de descuento.....	83
Ilustración 5 Gráfica flujos de los costos proyectos APR.....	86
Ilustración 6 Función TAP tasas decrecientes rango TSD acotado .....	89

**CAMBIOS EN LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO Y SU  
IMPACTO EN LA TASA DE APROBACIÓN DE PROYECTOS DE  
AGUA POTABLE RURAL RECOMENDADOS PARA SU  
EJECUCIÓN.**

Nelson L. Cabrera Turra

**RESUMEN**

Este trabajo revisa los aspectos teóricos asociados a los enfoques y metodologías existentes para determinar el valor de la Tasa Social de Descuento y las implicancias en el cambio de su valor en los proyectos de Agua Potable Rural (APR) en Chile. Se estiman los niveles de Elasticidad en la Tasa de Aprobación de Proyectos (TAP) y se evalúan en un contexto de tasas de descuento en disminución, tal como se han registrado estas dos últimas décadas, incorporando en el análisis cambios en las componentes de los costos de los proyectos. Los resultados sugieren la presencia de niveles de elasticidad significativos en la TAP. El análisis es realizado considerando el uso del factor de descuento exponencial, tradicionalmente utilizado por la teoría económica para la evaluación de proyectos, como así también el uso de factores de descuentos basados en tasas de descuentos decrecientes (hiperbólicas). Se utilizó en el estudio una muestra de 42 proyectos APR pertenecientes a las provincias de la Región del Bio Bio.

Palabras claves: Tasa Social de Descuento, Elasticidad Tasa de Aprobación Proyectos APR, Tasas de Descuento Decrecientes, Políticas Públicas.

## ABSTRACT

This paper reviews the theoretical aspects associated with the existing approaches and methodologies to determine the value of the Social Discount Rate and the implications in the change of its value in Rural Potable Water (RPW) projects in Chile. Elasticity levels are estimated in the Project Approval Rate (PAR) and are evaluated in a context of decreasing discount rates, as they have been recorded in the last two decades, incorporating in the analysis changes in the components of the costs of the projects. The results suggest the presence of significant elasticity levels in the PAR. The analysis is carried out considering the use of the exponential discount factor, traditionally used by economic theory for the evaluation of projects, as well as the use of discount factors based on decreasing discount rates (hyperbolic). A sample of 42 RPW projects belonging to the provinces of the Bio Bio Region was used in the study.

Keywords: Discount Social Rate, Elasticity Approval Rate RPW Projects, Decreasing Discount Rates, Public Policies.





# **CAPITULO 1**

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes del problema**

En las últimas décadas las tasas de interés a nivel global han registrado una tendencia a la baja en su valor, situación que ha favorecido el abaratamiento de los recursos destinados a proyectos de inversión tanto del sector privado como del sector público. Este mayor incremento en la cantidad de proyectos ha favorecido en especial a aquellas inversiones que presentan retornos de largo plazo y con marcado énfasis en la gestión de los recursos naturales y del medio ambiente.

La tasa social de descuento representa el costo de oportunidad de la sociedad respecto de las decisiones de consumo e inversión que toma el Estado, por lo que su valor juega un papel importante en los resultados económicos del país. Los distintos enfoques económicos utilizados para determinar el valor de la tasa social de descuento dependen en buena parte

de las características de las economías, donde aquellas más industrializadas se destacan por preferencias de la sociedad por decisiones basadas en el consumo y en aquellas economías en desarrollo, se destacan por preferencias basadas fundamentalmente por decisiones de inversión.

En el país para efectos de determinar el valor de la tasa social de descuento se utilizan una combinación de estos dos enfoques de decisión, que dependen de la sensibilidad que tengan los agentes económicos respecto de las decisiones que tomen en cuanto al consumo y la inversión en distintos periodos de tiempo. El Estado en su rol de gestionar de forma eficaz, eficiente y con equidad los recursos económicos de la sociedad debe estar consciente del impacto del valor de la tasa social de descuento en los resultados económicos de los distintos sectores del país.

En consideración a lo anterior, esta investigación se centra en la importancia que toma el valor de la tasa social de descuento y su impacto en un sector económico de la economía como es el suministro del agua potable rural. Este sector económico surgió a principios de los años sesenta fundamentalmente por iniciativas de organismos internacionales como el

Banco Interamericano de Desarrollo BID e implementado en el país por medio del Programa de Agua Potable Rural APR de la Dirección de Obras Hidráulicas DOH, proporcionan infraestructura a la población rural del país basados en sistemas de agua potable, donde un número significativo de estos sistemas registran periodos de funcionamiento cercanos a las cinco décadas.

Por su parte, el nuevo marco regulatorio del sector por medio de la Ley 20.998 aprobada el año 2017 y que entrará en vigencia una vez aprobado el reglamento<sup>1</sup>, trae consigo cambios significativos en la estructura de funcionamiento del modelo de gestión asociada al programa APR, el que no ha experimentado cambios significativos desde su implementación a principios de los años sesenta. Por lo que el rol de la tasa social de descuento en la asignación de los recursos destinados a este sector bajo un nuevo marco regulatorio son de importancia estudiar para dimensionar los impactos en los resultados de eficacia y eficiencia del programa APR.

---

<sup>1</sup> Este se encuentra en trámite de toma de razón por parte de la Contraloría General de la República. Una vez concluido dicho trámite se procederá a la implementación de la Ley 20.998.

En consideración a ello, este trabajo se estructura de la manera que se indica a continuación. En el capítulo 2 se desarrolla una revisión bibliográfica sobre la tasa social de descuento y sus implicancias en los resultados económicos de los proyectos. En los capítulos 3 y 4 se presentan las principales características asociadas al Programa APR implementado en el país y el análisis realizado a la muestra de proyectos APR en estudio. En los capítulos 5 y 6 se detallan los principales problemas que afectan a los sistemas APR según la Dirección de Obras Hidráulicas y se presenta la hipótesis planteada para esta investigación. Capítulos 7 y 8 se detalla el cálculo asociado al costo de oportunidad de los proyectos APR y estimaciones del nivel de sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos APR frente a cambios en la tasa social de descuento. En los capítulos 9 y 10 se realizan las pruebas de estabilidad a los perfiles de los proyectos APR y se analiza el efecto en la tasa de aprobación de proyectos mediante el uso de los enfoques de tasas de descuento decrecientes. En el capítulo 11 se analizan los resultados en la tasa de aprobación de los proyectos APR al considerar políticas públicas que buscan dar solución a los principales problemas detectados por la Dirección de Obras Hidráulicas al Programa

APR. Finalmente, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1. 2.1 Objetivo General**

Determinar el impacto de los cambios en la tasa social de descuento en la evaluación económica de los proyectos de agua potable rural en Chile y sus implicancias en la gestión pública en el marco de la ley 20.998.



### **1.2.2 Objetivo específicos**

1. Efectuar una revisión de los fundamentos teóricos y metodológicos aplicados en el cálculo de la tasa social de descuento en Chile.
2. Realizar un diagnóstico del impacto de la tasa social de descuento en la evaluación económica de los proyectos de Agua Potable Rural implementados por el Ministerio de Desarrollo Social.

3. Determinar la tasa costo de oportunidad de los proyectos de Agua Potable Rural en Chile.
4. Determinar el nivel de elasticidad de la función tasa de aprobación de los proyectos de Agua Potable Rural, producto de cambios en el valor de la tasa social de descuento.
5. Determinar el impacto de la tasa de aprobación de proyectos de Agua Potable Rural, en políticas públicas a ser implementadas por la Autoridad.



## **CAPITULO 2**

### **2 MARCO TEORICO**

#### **2.1 Principales enfoques para determinar la tasa social de descuento**

##### **2.1.1 Tasa Social de Preferencia Intertemporal (TSPI)**

Este enfoque menciona que la tasa social de descuento corresponde a aquella tasa en la cual las preferencias del conjunto de la sociedad son por consumo presente por sobre consumo futuro (Correa R., 2006).

En lo fundamental esta tasa refleja las expectativas del aumento en el consumo que la sociedad tiene del futuro, a cambio de retrasar el consumo presente. Por lo que su utilización como tasa social de descuento se basa en que la implementación de proyectos públicos desplaza el consumo corriente.

Además, esta tasa refleja la probabilidad de que las futuras generaciones sean más ricas que las actuales, es decir, que un peso extra de beneficios para la siguiente generación tendría menor valor (menos utilidad) que un peso para la sociedad actual. Por lo que reflejaría la disminución de la utilidad marginal del consumo en el tiempo.

De acuerdo con Zhuang (2007) el principal método utilizado para determinar la TSPI, es estimar los distintos componentes de la ecuación de Ramsey<sup>2</sup>, la que es representada por la siguiente fórmula:

$$r_t = \delta + \eta(C_t) \frac{d(C_t)}{C_t}$$

Donde:

$r_t$  : Tasa de descuento sobre el consumo.

$\delta$  : Tasa de preferencia pura por el tiempo (refleja la impaciencia).

$\eta(C_t)$  : Elasticidad de la utilidad marginal de la función de consumo.

---

<sup>2</sup> La fórmula de Ramsey,  $\eta(C_t)$  nos muestra la relación entre la utilidad que se deriva de las unidades extras de consumo, la cual al multiplicar con  $\frac{d(C_t)}{C_t}$  nos indica que en la medida de que sociedades futuras sean más ricas, estas deberán asignar una menor ponderación a sus ganancias (se deberán descontar las ganancias futuras).



$\frac{d(C_t)}{C_t}$  : Es el cambio porcentual en el consumo per cápita por unidad de tiempo.

Conforme lo indicado por Fernández-Baca (2011), si la tasa social de descuento es calculada mediante la ecuación de Ramsey, esta resulta apropiada para un país industrializado donde no existen escasez de capitales y, por lo tanto, el desplazamiento de la inversión privada es inexistente o muy pequeño. Por otro lado, tiene la desventaja de que la mayor parte de sus parámetros se escogen de manera subjetiva y pueden estar basados en criterios estrictamente políticos.

Un segundo método mencionado por Zhuang (2007) para estimar la TSPI, consiste en determinar el valor de la TSPI como aquella tasa de rentabilidad después de impuestos de los bonos de gobierno<sup>3</sup> u otro instrumento de bajo riesgo.

---

<sup>3</sup> El cual exigiría saber la tasa de rentabilidad de los bonos de gobierno en el largo plazo.

## 2.1.2 Costo de Oportunidad Social del Capital (COSC)

Este enfoque se concentra en el hecho de que los proyectos públicos desplazan a las inversiones privadas, por lo que el rendimiento esperado de un proyecto público debiera por lo menos coincidir con el costo de oportunidad de los fondos, el cual sería igual al rendimiento esperado de la inversión en el sector privado<sup>4</sup>.

En cuanto al procedimiento para aproximarse a su valor, algunos autores sugieren que la estimación del costo de oportunidad social del capital debería medir la tasa marginal de rendimiento antes de impuestos de las inversiones privadas sin riesgo<sup>5</sup>, siendo una buena aproximación de esta tasa los bonos corporativos de las empresas más prestigiosas. A lo que se ha sugerido que estas tasas debieran ser ajustadas hacia abajo para efectos de eliminar los efectos del riesgo que asumen las empresas privadas y las ganancias monopolísticas.

---

<sup>4</sup> Edwards (2014) indica que este enfoque toma la perspectiva del inversionista, estimando el costo de oportunidad del capital, así la tasa social de descuento sería la tasa de rentabilidad del proyecto marginal en el sector privado, la que en presencia de distorsiones en la economía, esta sería mayor a la TSPI.

<sup>5</sup> Una de las alternativas recomendadas son rendimiento obtenido antes de impuestos de algún bono corporativo de mínimo riesgo.

Un supuesto importante de este enfoque, que se indica en Oddene (2011) es que el monto de capital disponible para la inversión esta fijo, lo que es válido solo para un contexto temporal de dos periodos. En el caso de que no se cumpla este supuesto, parte del financiamiento necesario para llevar a cabo el proyecto público vendrá de la postergación de consumo por parte de los individuos (ahorro).

## **2.2 Definición de la tasa social de descuento**

Existe concordancia en parte importante de los especialistas económicos (Fontaine, 1993; Cartes, Contreras y Cruz, 2004; Correa, 2006; Fernández-Baca, 2011; Campos, Serebrisky, Suarez-Alemán, 2015), que para una economía cerrada y sin distorsiones, la tasa de interés de ahorro domestico de la economía que es llamada Tasa Social de Preferencia Intertemporal (TSPI) y el rendimiento sobre la inversión<sup>6</sup> que es llamada Costo de Oportunidad Social del Capital (COSC) debieran ser iguales, y reflejar ambas la tasa social de descuento pertinente que la sociedad utiliza en la asignación eficiente de los recursos.

---

<sup>6</sup> Llamada también producto marginal del capital invertido.

Sin embargo, considerar tales los supuestos va en contra de lo observado en la realidad económica, donde se presenta un flujo comercial significativo entre países, apertura de los mercados financieros, mercado de capitales imperfecto, individuos que no conoce con certeza cuál será su ingreso futuro, incertidumbre respecto del valor de los precios y presencia de otras distorsiones presentes en el mercado, tales como la fijación de los impuestos; todo ello sugiere que ambas tasas (TSPI y COSC), no convergen a un mismo valor.



Lo anterior, tiene implicancia en las decisiones de ahorro e inversión que son realizadas por los agentes económicos, toda vez la tasa de interés de mercado no será igual a la tasa social de descuento, lo que se traduce en que el valor actual de los beneficios sociales netos (VABN) de los proyectos que sean implementados desde el punto de vista país, no serán iguales al VABN de los proyectos que son realizados por los privados.

### 2.3 La tasa social de descuento en Chile.

La metodología utilizada para determinar la tasa social de descuento en Chile<sup>7</sup>, como así también en buena parte de los países en desarrollo y organismos multilaterales de fomento al desarrollo<sup>8</sup> (Oddone, 2011; Campos, Serebrisky y Suarez-Alemán, 2015 y 2016) recoge en parte lo propuesto por los dos principales enfoques utilizadas para determinar su valor (TSPI y COSC).



Este enfoque fue desarrollado por Harberger (1972), la que considera la utilización de los criterios de eficiencia de Pareto. Su valor se determina en base a la valoración alternativa que realiza la sociedad por el uso de los fondos de inversión, que pueden venir del ahorro privado, la inversión privada y ahorro externo.

---

<sup>7</sup> La metodología utilizada en Chile se basa en el estudio “La Tasa Social de Descuento en Chile”, encargado por el Ministerio de Desarrollo Social a los académicos Cartes, Contreras y Cruz año 2004, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Chile.

<sup>8</sup> Dentro de los organismos multilaterales destacan: Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Banco de Desarrollo de Asia.

Por lo tanto, esta tasa corresponde a una ponderación de la valoración social de cada una de las tasas asociadas a las fuentes de los fondos invertidos, la que es representada por la siguiente fórmula:

$$TSD = (\beta * tp) + (\emptyset * q) + (\alpha * CMgx)$$

Donde:

$\beta$ ,  $\emptyset$ , y  $\alpha$  son los ponderadores de estos valores, los cuales reflejan el impacto relativo que produce el uso de cada una de las fuentes de financiamiento.

$tp$ ,  $q$ , y  $CMgx$  son los costos que la sociedad percibe, asociadas al ahorro privado, al rendimiento de la inversión y al endeudamiento externo, respectivamente.

Al considerarse el enfoque eficiencia, este realiza aproximaciones a los parámetros que conforman la tasa social de descuento, las que exigen determinar los siguientes valores:

- Tasa de captación del ahorro interno ( $tp$ ), que se usa como proxy de la tasa de preferencia intertemporal del consumo ( $r$ ).
- Tasa de rendimiento de la inversión ( $q$ ), que se usa como proxy de la productividad marginal de la inversión ( $\pi$ ).
- Costo marginal de endeudamiento externo ( $Cmgx$ ).

Para el caso de los ponderadores, de acuerdo a la metodología Harberger, se pueden expresar en función de las elasticidades según las siguientes relaciones:

$$\beta = \frac{Es * Sp}{(Es * Sp + Esx * Sx - Ni * Ip)}$$

$$\phi = \frac{-Ni * Ip}{(Es * Sp + Esx * Sx - Ni * Ip)}$$

$$\alpha = \frac{Esx * Sx}{(Es * Sp + Esx * Sx - Ni * Ip)}$$

Donde:

$Es$  = Elasticidad Ahorro Interno (tasa de interés ahorro interno).

$Sp$  = Ahorro Interno (como proporción del PIB).

$Ni$  = Elasticidad Inversión (tasa de rendimiento de la inversión)

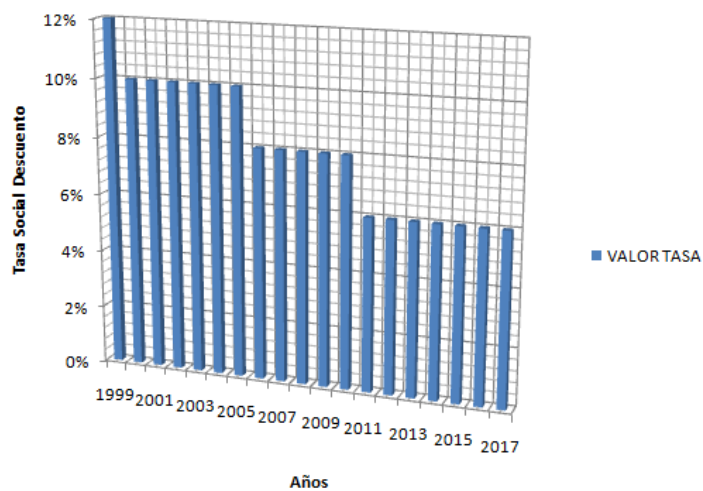
$Ip$  = Inversión Privada (como proporción del PIB).

$Esx$  = Elasticidad Ahorro Externo (tasa de interés ahorro externo).

$Sx$  = Ahorro externo (como proporción del PIB).

Respecto del valor de la tasa social de descuento en Chile durante estos últimos 20 años, según se observa en la Ilustración 1, su valor ha seguido una tendencia decreciente, la cual ha ido en línea con las tasas de interés de los mercados internacionales. Para esta última década, su valor se ha mantenido constante e igual al 6%.

Ilustración 1 Evolución de la Tasa Social de Descuento en Chile



Fuente: Elaboración propia en base información del Ministerio de Desarrollo Social



## 2.4 La tasa social de descuento decreciente

La teoría económica plantea un marco conceptual que considera que las explicaciones de los fenómenos económicos son resultado principalmente de decisiones racionales de los agentes económicos. Bajo esta consideración se plantea como supuesto fundamental que las preferencias<sup>9</sup> de los individuos debieran tener como característica esencial ser consistentes, su naturaleza debiera ser carácter exógeno y su comportamiento debiera ser estable en el tiempo (Maletta, 2010).

En consideración a lo anterior, se agregan según sea el caso<sup>10</sup>, elementos de incertidumbre respecto de los eventos que puedan ocurrir y las decisiones intertemporales de los individuos en el futuro. Respecto de este último elemento, se plantea un modelo que representa esa situación, al que la teoría económica ha denominado modelo de Utilidad Descontada. Este modelo permite que los agentes racionales devalúen beneficios futuros, siempre y

---

<sup>9</sup> Son ordenamientos entre diferentes opciones, que para ser consistentes deben cumplir ciertas propiedades, como irreflexibilidad o irreversibilidad, y la transitividad.

<sup>10</sup> Mallela (2010), indica que conforme al marco conceptual de las decisiones racionales de los individuos, el elemento de incertidumbre se asocia al modelo de Utilidad Esperada y el elemento decisiones intertemporales al modelo de Utilidad Descontada.

cuando dicha devaluación ocurra a un ritmo fijo de descuento por unidad de tiempo (Friedman, 1963).

La formulación del modelo de utilidad descontada para efectos de su formalización, considera la utilización de una función exponencial descendente para definir el factor de descuento, que trae como ventajas que el tiempo afecta la motivación de los individuos (agentes racionales deciden comparando beneficios y costos en el tiempo) y además no introduce violaciones a los axiomas de la teoría de la decisión racional, como lo es la inconsistencia dinámica<sup>11</sup> (San Martín, Isla y Melis; 2012).

En los análisis teóricos y empíricos, realizados al modelo de utilidad descontada, la tasa de descuento es independiente del tiempo y garantiza consistencia dinámica de sus elecciones temporales, esto es, mantiene las preferencias de los agentes invariantes respecto del sólo paso del tiempo (Romano, G. 2014). Por lo tanto, este modelo para descontar los flujos de

---

<sup>11</sup> El orden de las preferencias entre dos o más estados del mundo cambie dependiendo del momento en que dichos estados estén disponibles, incluso si la distancia temporal entre esos estados se mantiene constante.

beneficios y costos que se generan a lo largo del tiempo, debiera utilizar una tasa social de descuento de valor constante en el tiempo.

Sin embargo, evidencia empírica indica la presencia de violaciones al modelo de utilidad descontada que se manifiestan en que los individuos aplican descuentos más pronunciados a escalas de tiempo menores, como así también la existencia de una preferencia por un sesgo por el presente.

Bajo este contexto surgen corrientes que proponen modelos que se basan en un enfoque de tasa social de descuento decreciente, donde se considera que los individuos presentan preferencias decrecientes en el tiempo, tal como se indican en Cropper (1991), Weitzman (2001), Gollier (2002), Newell y Pizer (2003), Cruz y Muñoz (2005), Almansa y Calatrava (2007), Edwards (2002) y Correa (2008).

Dentro de los modelos que se plantean que la tasa de descuento es decreciente en el tiempo, tenemos aquellos que se basan en una función hiperbólica y cuasi hiperbólica. Autores como Ainslie (1974); Loewenstein y Prelec (1992), proponen el modelo hiperbólico, donde su propuesta se

basa en que el ritmo del descuento del valor de una recompensa es proporcional al periodo que transcurre antes de que dicha recompensa esté disponible<sup>12</sup>. Por su parte, el modelo cuasi hiperbólico, si bien considera igualmente que la tasa de descuento es declinante en el tiempo, se diferencia del modelo hiperbólico en que este concede un status especial al presente (“ahora”), al considerar dentro de su formulación un componente de utilidad inmediata (Laibson , 1997).

También se encuentran posturas de economistas que plantean consideraciones éticas para determinar la tasa de descuento (Ramsey, 1928 y Harrod, 1948), la que proponen que su valor sea cero para el caso de la tasa social de preferencia intertemporal pura para proyectos de largo plazo.

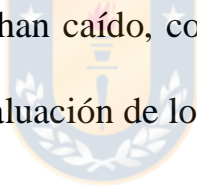
Estas posturas económicas, al igual que para el caso de las preferencias por tasas decrecientes, han sido definidas por la literatura económica como enfoque prescriptivo, donde la selección de la tasa de descuento se basa en lo que los autores llaman “principios éticos”, o reglas relacionadas con el

---

<sup>12</sup> La discontinuidad entre el resultado inmediato y el resultado futuro es llamado el sesgo de inmediatez.

mecanismo por el que el bienestar de las diferentes generaciones es sopesado (Arrow *et al*, 1996).

Edwards (2014) en consideración al debate existente de tasas de descuento decrecientes, destaca dos hechos importantes que han cambiado las circunstancias en el último tiempo respecto de la determinación de la tasa social de descuento, estos hechos son:

- 
- Las tasas de interés han caído, con lo cual el largo plazo cobra más importancia en la evaluación de los proyectos de inversión.
  - Existe hoy mayor interés por evaluar proyectos cuyas consecuencias se reditúan en fechas bastante más allá de los 20 o 30 años.

En Chile se han realizados estudios respecto de la aplicabilidad de tasas de descuento decrecientes en proyectos de inversión de largo plazo, aplicado a dos modelos de tasas de descuento que presenten un comportamiento

decreciente en el tiempo<sup>13</sup>. Las metodologías aplicadas se basan en estudios realizados por Weitzman (2001) y la ecuación de Ramsey.

Respecto de los resultados obtenidos, se llega a la conclusión de que ambas metodologías son válidas y aplicables en el caso de Chile para estimar la tasa de descuento de largo plazo. Sin embargo, según lo indicado por Edwards, para implementar el uso de estas metodologías se hace necesario el uso de información de expertos y de quienes tienen la responsabilidad de decidir las inversiones en el sector público para efectos de tener resultados consistentes.



## **2.5 La tasa social de descuento y su implicancia en la rentabilidad de los proyectos<sup>14</sup>**

Desde el punto de vista de la teoría económica tradicional, la evaluación de proyectos utiliza un “factor de descuento” el cual permite determinar el valor presente de los flujos de fondos futuros.

---

<sup>13</sup> Para mayor detalle ver Edwards G., “Estimación de la tasa social de descuento en el largo plazo en el marco del Sistema Nacional de Inversiones”, (2014).

<sup>14</sup> Buena parte de las implicancias indicadas en este documento fueron descritas en los trabajos de Campos, SerebrisKy y Suarez-Alemán (2016).

Respecto de la teoría de decisiones racionales de los individuos, reflejada por el modelo de utilidad descontada, el factor de descuento es representado matemáticamente como una función exponencial, la que en el caso del descuento continuo se representa por la siguiente fórmula:

$$\delta(X, t) = \exp \left[ - \int_0^t x(\tau) d\tau \right]$$

Ahora bien, cuando la tasa de descuento tiene un comportamiento constante en el tiempo, el factor de descuento se simplifica y puede quedar representado como  $\delta(X, t) = \exp[-x * t]$ , que se transforma finalmente en la siguiente fórmula:

$$\delta(X, t) = \frac{1}{(1 + X)^t}$$

Este factor corresponde a su representación tradicional cuando los intervalos de tiempo se definen en forma discreta.

La naturaleza exponencial de descontar los descuentos tiene sus implicancias en la evaluación económica de los proyectos, ya que al

considerar una tasa de descuento constante en el tiempo el factor de descuento es cada vez más pequeño a medida que  $t$  (tiempo) es mayor, dando mayor intensidad a los beneficios y costos que se concentran en periodos cercanos, teniendo de este modo menor peso en los resultados las grandes ganancias y pérdidas en el largo plazo.

Otra implicancia importante que debe ser destacada en el uso de un factor de descuento exponencial, es cuando en una evaluación de proyectos lo que se mantiene constante es el horizonte de tiempo y solo varia el valor de la tasa de descuento. Para esta situación, el factor de descuento vuelve a decrecer (y viceversa) a medida que crece la tasa de descuento.

La implicancia anterior tiene mucho que ver con aspectos de equidad intergeneracional, encontrándose que a tasas de descuento elevadas, favorecen más a aquellos proyectos que presenten beneficios sociales netos en periodos más cercanos y tasas de descuentos bajas, pueden favorecer la aprobación de proyectos que en el largo plazo pueden ser ineficientes, debido al reducido castigo aplicado a los flujos de beneficios que se encuentren en el largo plazo.



Además, se considera el momento óptimo en que se debe comenzar el proyecto, es decir fijar el periodo cero, como otra de las implicancias respecto de la elección de la tasa social de descuento. Si bien el momento de inicio está relacionado con decisiones que son de naturaleza exógenas, en ciertos casos su naturaleza es endógena y la tasa de descuento tiene influencia sobre la misma. Bajo esta consideración, tasas de descuentos más bajas en el marco de un enfoque de evaluación costo-beneficio incentivan a no retrasar y a adoptar proyectos más rápidamente.

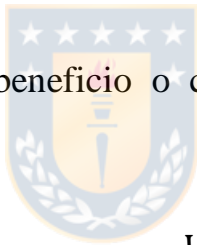


En resumen, los efectos en la rentabilidad de los proyectos producto de cambios en el valor de la tasa social de descuento son importantes y las consecuencias económicas de los resultados obtenidos, dependen en forma importante del periodo cronológico en el cual se esté evaluando la inversión y la distribución de los ingresos o costos que el proyecto registre en el tiempo.

## 2.6 El uso de tasas de descuento decrecientes en la evaluación de proyectos.

La literatura económica en torno al uso de tasas de descuento decrecientes, sugiere una variedad de tipos de tasas a ser utilizadas. La representación más básica corresponde a la del factor de descuento basado en una función hiperbólica de un parámetro<sup>15</sup>.

El valor presente de un beneficio o costo, se describe de la siguiente manera:



$$VP = \frac{VF}{(1 + X * t)}$$

Donde X corresponde a la tasas de descuento, t al periodo de tiempo y el factor de descuento en este caso ya no es constante, sino que depende del tiempo y queda definido de la siguiente forma:

$$\delta(X; t) = \left[ \frac{1 + X * (t - 1)}{1 + X * t} \right]$$

---

<sup>15</sup> Propuesta realizada por el psicólogo Mazur (1987).

Una función de descuento con características hiperbólicas, mejora la viabilidad de los proyectos de aquellos en los que los costos tienen lugar en los primeros años y los beneficios se encuentran en los últimos periodos. Por lo tanto, el individuo que decide en base al descuento hiperbólico, estará dispuesto a posponer el consumo en un futuro lejano, por sobre el consumo cercano.

Cuando los investigadores estiman la forma de la función de descuento hiperbólica, basados en las elecciones de sujetos experimentales, las estimaciones son mejor aproximadas por las funciones hiperbólicas generalizadas, donde el factor de descuento puede ser representado, según Loewenstein y Prelec (1992), conforme la siguiente expresión:

$$FD_H = \frac{1}{(1 + a * t)^{b/a}}$$

Donde a, b >0.

Por su parte, individuos que deciden en base a preferencias con características cuasi-hiperbólicas, explican en forma más completa las

decisiones de consumo para distintos periodos, aplicando tasas de descuento mayores en el corto plazo y menores en el largo plazo, los que son consistentes con los experimentos observados y de este modo representan de mejor forma el comportamiento real de los individuos (Cameron, Duncan y Papachristodoulou, 2010; Gowdy, Barkley y Roy, 2013).

Laibson (1997) adopto una función de descuento para tiempo discreto  $\{\beta\delta, \beta\delta^2, \beta\delta^3, \dots\}$  con el objeto de modelar preferencias temporales intergeneracionales. Esta función refleja la marcada caída de corto plazo en la valuación realizada por los individuos, medida en los datos experimentales de preferencias temporales.

Esta función adopta la siguiente forma:

$$F(\tau) = \begin{cases} \beta\delta^\tau, & \text{si } \tau = 1, 2, 3, \dots \\ 1, & \text{si } \tau = 0 \end{cases}$$

Cuando  $0 < \beta < 1$  y  $0 < \delta < 1$  la función cuasi hiperbólica tiene altas tasas de descuento de corto plazo y bajas tasa de descuento en el largo plazo. Esta incluye la función exponencial cuando  $\beta = 1$ .

Finalmente, una de las características a destacar de las tasas de descuento decrecientes y de la cual se diferencia significativamente de la función de descuento exponencial, es que tanto la función hiperbólica como la función cuasi hiperbólica conducen a decisiones inconsistentes en el tiempo.



## **CAPITULO 3**

### **3 PROYECTOS DE AGUA POTABLE RURAL EN CHILE**

#### **3.1 Antecedentes del programa Agua Potable Rural**

El programa de Agua Potable Rural (APR) se inicia a contar del año 1964 con la adopción del Plan Básico de Saneamiento Rural en Chile, surgido del compromiso suscrito en el año 1959 mediante resolución de la XII<sup>a</sup> Asamblea Mundial de la Salud<sup>16</sup> y el acuerdo Carta de Punta del Este<sup>17</sup> del año 1961, firmada por los Ministros de Salud de América Latina, hecho que se materializó en el año 1964 con la firma del primer contrato de préstamo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) el cual consideraba la instalación de 165 sistemas de APR en el país.

---

<sup>16</sup> Que estableció como prioritario el abastecimiento público de agua para los sectores rurales.

<sup>17</sup> Donde se estableció como meta el abastecimiento de agua potable al 50% de la población rural para la década 1960-1970.

El programa provee de infraestructura de agua potable rural a localidades concentradas<sup>18</sup> y semi-concentradas<sup>19</sup>, cumpliendo los requisitos establecidos en la metodología de formulación y evaluación de proyectos de agua potable rural del Ministerio de Desarrollo Social (MDS). La administración, operación y mantención de la infraestructura APR está a cargo de los Comités o Cooperativas de APR<sup>20</sup> existentes o constituidas para tal efecto.

En cuanto a su funcionamiento, los sistemas de APR deben cumplir con las normas sobre calidad de los servicios según lo indicado en el Título III, D.F.L. MOP N° 382/88 y las normas técnicas respectivas. Como los sistemas APR no tienen carácter de servicio público sanitario, no le son aplicables las normas legales y reglamentarias de los servicios públicos sanitarios, por lo que la Superintendencia de Servicios Sanitarios carece de competencia para intervenir en el manejo administrativo o técnico de los servicios. Sin embargo, las empresas concesionarias de servicios sanitarios

---

<sup>18</sup> Constituida por una población entre 100 a 150 y 3.000 habitantes, y una concentración mínima de 15 viviendas por kilometro de red de agua potable.

<sup>19</sup> Constituida por un mínimo de 80 habitantes y con una densidad de a lo menos 8 viviendas por kilometro de red de agua potable.

<sup>20</sup> Estos agrupan a los beneficiarios del APR y son responsables de administrar, operar y mantener el sistema de APR. Su funcionamiento depende del Servicio de Salud del Ambiente, dependiente del Ministerio de Salud.

tienen la obligación de prestar asesoría técnica y administrativa a los sistemas de APR conforme lo dispuesto en el artículo 2º Transitorio de la Ley N° 19.549/98.

En cuanto al **fin** del programa APR, este es la de *“contribuir a mejorar las condiciones de salud y bienestar de la población rural”* y como **objetivo general**, este consiste en la de *“abastecer de agua potable a localidades rurales concentradas y semi-concentradas, ejecutando la inversión necesaria y realizando la asesoría respectiva a las organizaciones responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas”*.

Para el logro de los objetivos, el programa implementa estrategias por medio de la entrega bienes y servicios los cuales agrupa en tres componentes<sup>21</sup>, los cuales se definen como:

**Componente 1:** *“Infraestructura de agua potable entregada a localidades rurales que no cuentan con un servicio APR”*. Donde provee de un sistema

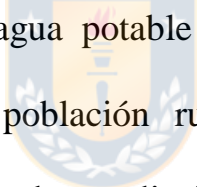
---

<sup>21</sup> Fuente “Informe Final de Evaluación de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural (APR)”, Dirección de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, (2015).



de abastecimiento de agua potable de carácter colectivo mediante obras de captación, conducción, almacenamiento, desinfección y distribución; con sus respectivas conexiones domiciliarias y medidores, las que reemplazan a los sistemas de abastecimiento artesanal.

**Componente 2:** *“Mejoramiento, ampliación y conservación de infraestructura de APR”*. Cuenta con dos sub-componentes:

- 
- (a) “Infraestructura de agua potable ampliada y/o mejorada parcial o integralmente para población rural con abastecimiento de agua potable”: En materia de ampliación, consiste incrementar la oferta máxima del sistema de abastecimiento de agua potable.
- (b) “Infraestructura de agua potable con obras de conservación o de reposición de equipos para población rural”: Consiste en aumentar la calidad del servicio (presión, calidad del agua y cantidad) y/o disminuir las pérdidas.

**Componente 3:** *“Comités y Cooperativas, ambas entidades responsables de la administración, operación y mantención de los Sistemas de APR, son supervisados y asesorados, por medio de sus dirigentes y trabajadores, en aspectos técnicos, administrativos, financieros y comunitarios”*. Estas funciones se cumplen directamente en la Región donde operan por una Unidad Técnica constituida al interior de la respectiva empresa sanitaria y subsidiariamente por la Dirección Regional de Obras Hidráulicas.

En cuanto a la operación de los APRs, la entidad responsable del Programa es de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP; Los Gobiernos Regionales (GORE), a través de los respectivos Consejos Regionales (CORE), tienen la tarea de aprobar o rechazar las propuestas del Ejecutivo del GORE (Intendentes), respecto de la priorización de la cartera de proyectos presentadas por el Programa para su financiamiento. También participan en las operaciones las empresas concesionarias de servicios sanitarios<sup>22</sup> y los Comité o Cooperativas de APR<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Esto lo realizan como Unidades Técnicas Regionales.

<sup>23</sup> Esto lo realizan a través de la administración, operación y mantención de los sistemas APR.

En complemento, participa el Ministerio de Desarrollo Social (MDS), en la evaluación de los proyectos y en la aprobación de la inversión pública por medio del otorgamiento de la Recomendación Sin Condiciones (RS), lo que permite finalmente la ejecución del proyecto; el Ministerio de Hacienda en la provisión presupuestaria, y la Dirección General de Aguas (DGA) en lo relativo a derechos de aprovechamiento (DAA). Indirectamente, participa también la Subsecretaria de Desarrollo Regional (SUBDERE), en la distribución, asignación y provisiones para inversiones complementarias, como las de electrificación rural, saneamiento y otros.

El Programa APR considera como población potencial, al conjunto de la población que habita localidades rurales en su sentido amplio, la que es un poco mayor que la considerada rural según la definición oficial del Instituto Nacional de estadística (INE) generalmente ocupada, entre otros, por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) para las encuestas de Caracterización Socio Económica (CASEN)<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Ello porque incorpora localidades que, cuando ingresaron al programa, correspondían con la definición INE de ruralidad y que, posteriormente, con el incremento natural o acelerado de su número de habitantes, pasaron a ser clasificadas como urbanas. Otros cambios en la definición rural o urbana han sido dados por aprobaciones a un Plan Regulador para la respectiva localidad, o por ampliación del límite urbano o integración entre localidades contiguas. En otros casos, por incorporación al Programa al ser “población

Por su parte, la población objetivo del programa, se enfocaba, inicialmente y hasta el año 2010, sólo en la población rural concentrada, cuando se alcanzó prácticamente plena cobertura de agua potable para dicho sector de población<sup>25</sup>. A partir del 2010, se agrega al programa APR la población semi-concentrada que constituye la mayor inversión en sistemas nuevos desarrollados. Y a contar del año 2015, el programa APR se amplía a la población rural dispersa abarcando, a contar de ello, a toda la población rural.



Conforme lo indicado por Dirección de Obras Hidráulicas, según se indica en Tabla 1 al mes de diciembre del año 2017, existen 1.806 sistemas de APR en el país, alcanzando a 1.682.188 beneficiarios estimados.

---

rural periurbana”, según lo dispuesto en el artículo 52 bis de la Ley de Servicios Sanitarios, cuando su fuente de abastecimiento de agua potable es una conexión a la red urbana de la empresa sanitaria.

<sup>25</sup> El Programa habría atendido al 100% de la población rural concentrada según definición INE/CASEN, alcanzando a más de un millón y medio de habitantes del país que, de otra forma y dada la normativa y sistema vigente en materia de servicios sanitarios, no contarían en la actualidad con provisión de agua potable.

Tabla 1 Estadística descriptiva sistemas APR a nivel Nacional

Categoría Partidas	Centralidad		Rango		Variabilidad			Asimetría	Curtosis	Test SW: p valor
	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estandar	Rango intercuartil			
<b>Arranques</b>										
APR País	1.806	233	153	14	3.890	259	188	4.47	40.54	0.000
APR Región Bio Bio	216	235	174	30	1.421	199	171	2.66	12.27	0.000
APR años 2010-2017	227	129	108	14	740	84	89	2.59	15.89	0.000
<b>Población</b>										
APR País	1.806	931	612	56	15.560	1.037	756	4.47	40.45	0.000
APR Región Bio Bio	216	952	712	120	5.684	799	699	2.61	12.04	0.000
APR años 2010-2017	227	523	428	56	2.960	359	377	2.42	13.48	0.000

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Dirección Obras Hidráulicas (DOH).

Respecto del análisis asociado a la estadística descriptiva para los componentes Arranques y Población que son destinados los sistemas APR<sup>26</sup>, se observa que para los grupos de sistemas asociados a nivel de país, región del Bio Bio y sistemas APR construidos en el periodo 2010-2017, existe un desvío significativamente alto con respecto la distribución normal, rechazando con un nivel de confianza del 99% la hipótesis nula del Test Shapiro-Wilk que los datos se distribuyen normal. El sesgo positivo presente en los datos, indican una desviación hacia valores altos, lo que se traduce en una mayor presencia de valores por debajo de la media.

<sup>26</sup> Se incluye en el análisis además de los sistemas instalados a nivel de país y región, el grupo de sistemas APR construidos a contar del año 2010, toda vez la construcción de los sistemas APR se han destinado principalmente a la población semi-concentrada y dispersa.

## 3.2 Tipologías de Proyectos de Sistemas Colectivos de Agua Potable<sup>27</sup>

Para el sector urbano como rural se distinguen cuatro tipologías de proyectos:

**3.2.1 Proyectos de Instalación:** Su objetivo es dotar de un sistema colectivo de agua potable a una localidad cuya población en la actualidad se abastece de alguna forma alternativa<sup>28</sup>. Este tipo de proyecto consiste en reemplazar el sistema de abastecimiento actual por uno colectivo que comprenda los componentes de los tres subsistemas<sup>29</sup> disponibles y que permita entregar agua de mejor calidad.

**3.2.2 Proyectos de Ampliación de la Oferta:** Su objetivo es incrementar la oferta máxima de un sistema de abastecimiento de agua potable existente, con el fin de hacer frente al crecimiento de la demanda, para lo cual se debe invertir en obras de captación y/o

---

<sup>27</sup> Fuente: metodología de formulación y evaluación de proyectos de Agua Potable Rural “APR” del año 2015, del Ministerio de Desarrollo Social.

<sup>28</sup> Tales como acarreo desde fuente cercana, noria o pozo o estanque (individual o colectivo) abastecido mediante camión aljibe.

<sup>29</sup> Los tres subsistemas son: Captación y Tratamiento de Agua Potable, Distribución de Agua Potable y Subsistema intradomiciliario. Para ver detalle de cada uno de estos subsistemas, se sugiere ver metodología de formulación y evaluación de proyectos de Agua Potable Rural “APR” del año 2015, del Ministerio de Desarrollo Social.

tratamiento y/o distribución, dependiendo de dónde se ubique la deficiencia del sistema.

**3.2.3 Proyectos de Mejoramiento:** Su objetivo es mejorar la calidad del servicio (presión, calidad del agua y continuidad) y/o disminuir las pérdidas físicas y comerciales. Para ello se deben realizar acciones de distinto tipo, algunas de las cuales implican obras de infraestructura u otras medidas de tipo administrativo, como empadronamiento de usuarios, por ejemplo.



**3.2.4 Proyectos de Reposición:** Su objetivo es renovar total o parcialmente uno o más componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable existente, y en general, se debe al cumplimiento de su vida útil. Los proyectos de reposición pueden contemplar también obras relacionadas con la ampliación del sistema, tales como la construcción de una nueva captación, la instalación de redes de distribución, etc.

## **CAPITULO 4**

### **4 MUESTRA DE PROYECTOS APR**

La muestra a ser analizada está compuesta por 42 perfiles de proyectos de Agua Potable Rural<sup>30</sup>, pertenecientes a distintas localidades de la Región del Bio Bio, correspondientes a los procesos de evaluación económica realizados en el periodo comprendido que va del año 2012 al 2017.



En el Anexo 1 se indican el detalle del conjunto de la muestra, donde se asigna una numeración correlativa al nombre de cada proyecto, partiendo del número 1 hasta el 42, con el objeto de indicar con esta numeración al proyecto respectivo en los capítulos siguientes de este documento.

Respecto de la composición geográfica de la muestra, 5 proyectos pertenecen a la provincia de Arauco, 19 a la provincia de Bio Bio, 01 a la provincia de Concepción y 17 a la provincia de Ñuble. Y en relación a los tipos de proyectos considerados en la muestra, 38 proyectos son asociados a

---

<sup>30</sup> Esta información fue proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) Región del Bio Bio, dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP).



la componente 1 del Programa Agua Potable Rural, correspondiente a la “Construcción de un Sistema APR” destinados estos a la población semi-concentrada<sup>31</sup> y 4 proyectos a la componente 2 del programa APR, consistente en proyectos de “Mejoramiento y Ampliación del Sistema APR”, donde 2 proyectos son destinados a la población concentrada y los 2 proyectos restantes destinados a una población superior al límite de 3.000 habitantes considerada como población objetivo del programa APR<sup>32</sup>.

Tabla 2 Estadística descriptiva de la muestra de sistemas APR

Partidas	Centralidad			Rango		Variabilidad		Asimetría	Curtosis	Test SW: p valor
	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Rango intercuartil			
Inversión (U.F.)	42	30.075	22.075	11.419	176.487	26.155	16.767	4.34	24.65	0.000
Arranques	42	233	158	70	1.448	260	125	3.55	15.71	0.000
Población	42	1.041	652	252	6.323	1.190	685	3.39	14.43	0.000

Obs. 1: La inversión se asocia al valor a ser ejecutado según presupuesto y no al monto asociado a la evaluación económica.  
Obs. 2: El número de Arranques y la Población corresponde al proyecto en marcha y no al considerado en la evaluación económica.

Fuente: Elaboración propia

Respecto del análisis descriptivo de los datos asociados a los 42 proyectos APR, se observa en la Tabla 2 que para las 3 partidas analizadas, sean estas Inversión, Arranques y Población; existe un desvío significativamente alto con respecto la distribución normal, rechazando con un nivel de confianza

<sup>31</sup> El nombre de los 38 proyectos asociados a la componente 1 del programa APR se indican en el anexo 1, donde del total de la muestra se excluyen los proyectos números 1, 9, 18 y 29.

<sup>32</sup> Para los proyectos asociados a la componente 2 del programa APR, los proyectos destinados a la población concentrada son el número 9 y 18; y los proyectos destinados a una población superior a 5.000 habitantes son el número 1 y 29 (ver anexo 1).

del 99% la hipótesis nula del Test Shapiro-Wilk que los datos se distribuyen normal. Esto indica una desviación hacia valores altos, lo que se traduce en una mayor presencia de valores por debajo de la media, misma situación presentada en el análisis descriptivo de la población de sistemas APR a nivel de país y región del Bio Bio descritas en el capítulo 3 de este documento.

Tabla 3 Test diferencia de medias partidas arranques y población, en función del grupo de sistemas APR

Partidas	Categoría del Factor	Valores descriptivos			Student	
		N	Media	Desviación estandar	/t/	P
Arranques	APR País	1.806	233	259	0.002	0.999 NS
	Muestra	42	233	260		
	APR Región Bio Bio	216	235	199	0.061	0.951 NS
	Muestra	42	233	260		
	APR años 2010-2017	227	129	84	-2.565	0.014 *
	Muestra	42	233	260		
Población	APR País	1.806	931	1.037	-0.673	0.501 NS
	Muestra	42	1.041	1.190		
	APR Región Bio Bio	216	952	799	-0.463	0.645 NS
	Muestra	42	1.041	1.190		
	APR Región Bio Bio	227	523	359	-2.798	0.008 **
	Muestra	42	1.041	1.190		

N.S. = NO significativo (P>0,05); \* = Significativo al 5% (P<0,05); \*\* = Significativo al 1% (P<0,01)

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al análisis comparativo de los grupos de sistemas APR instalados a nivel de país y región del Bio Bio, para las partidas arranques y población;

y su comparación con la muestra de proyectos APR en estudio<sup>33</sup>, se observa en la Tabla 3 el test de diferencia de medias que indican que los valores asociados a las medias de ambas partidas no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05\%$ ).

Sin embargo, el análisis comparativo al ser realizado respecto de los sistemas APR instalados a contar del periodo 2010-2017, correspondiente estos en su mayoría a la construcción de sistemas APR destinados solo a la población semi-concentrada y dispersa; se observan diferencias en el valor de los valores medios respecto de la muestra en estudio. Donde, para el caso de las partidas Arranques la diferencia de las medias es estadísticamente significativa ( $p < 0,05\%$ ) y para las partidas Población, la diferencia de las medias es estadísticamente significativa ( $p < 0,01\%$ ).

Ahora bien, si el conjunto de 42 proyectos APR en estudio suponen un proceso de muestreo de tipo aleatorio simple, para la población de referencia asociada a la región del Bio Bio, se presenta un error de estimación cercano al 13,6%. Por otra parte, si las inferencias son realizadas

---

<sup>33</sup> La muestra considera para las partidas Arranque e Inversión valores asociados a la puesta en marcha del proyecto y no a valores asociados a la evaluación económica de los proyectos.

para la población de sistemas APR a nivel de país, el error de estimación es cercano al 15%.

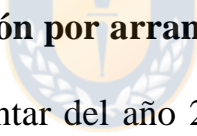
Sin perjuicio de lo anterior, y en consideración a la disponibilidad de la información de proyectos APR obtenidas de los estamentos Gubernamentales respectivos, se reconoce la importancia del valor de la información que pueda ser obtenida de las inferencias estadísticas realizadas a la muestra en estudio.



## CAPITULO 5

### 5 PRINCIPALES PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS APR<sup>34</sup>

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) conforme la ejecución del programa de Agua Potable Rural correspondiente al periodo 2010-2014, destaca como principales problemas que afectan a los sistemas APR a nivel de país, los siguientes elementos:



**A.- Mayor costo de solución por arranque:** El Programa de Agua Potable Rural se ha orientado a contar del año 2010 principalmente a la población rural que presenta mayor dispersión por habitante, como lo son la población semi-concentrada y dispersa, lo que trae consigo dificultades que impiden aumentar la entrega del componente 1 del programa, debido a que estos proyectos no cumplen los requisitos exigidos por la Autoridad o existen restricciones presupuestarias que dificultan su aprobación. Esta situación ha visto que se incrementen el valor de la inversión inicial de los proyectos

---

<sup>34</sup> Según lo indicado en el “Informe de Evaluación del Programa de Infraestructura hidráulica de Agua Potable Rural año 2015” de la Dirección de Obras Hidráulicas.

APR para dicho periodo en un 27.5%, donde el ítem asociado a la red de distribución y arranques representan cerca del 50% de la inversión inicial.

Respecto de la muestra en estudio, para los costos asociados al ítem red de distribución de los proyectos APR, según se indican en el Anexo 2, se tiene que para un número de 38 proyectos APR, en promedio dicho gasto corresponden al 58% del costo de la inversión inicial, con desviación estándar igual a 14.3%; valor superior al indicado por la Dirección de Obras Hidráulicas que lo sitúa cerca del 50%, lo cual confirma la importancia relativa de este ítem en el nivel de inversión inicial del proyecto.

**B.- Deficiencias de diseño e innovación de los sistemas:** Sin perjuicio de que la edad promedio de los sistemas APR es de 22.35 años, la que supera la vida de previsión de 20 años, la producción del componente 2 aumenta en forma significativa para dicho periodo, situándose en torno al 82.27%. Esto debido a que muchos de los sistemas APR requieren ampliación antes del tiempo previsto debido a incrementos de la demanda, que al momento de ser estimadas no da cuenta de las dinámicas reales, como así también limitaciones de gestión de los sistemas, las que afectan significativamente el

suministro de agua potable en la cantidad, calidad y continuidad requeridas<sup>35</sup>.

Respecto de la muestra de proyectos APR en estudio, indican que de estos un 28.57% corresponden a sistemas de abastecimiento basado desde fuentes de aguas subterráneas con estanque enterrado y un 64.29% a sistemas de abastecimiento basado desde fuentes de agua subterráneas con estanque elevado; ver Anexos 3 y 4 respectivamente, donde se ilustran ambos sistemas APR según diseños de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). Se hace presente que estos tipos de sistemas APR han sido implementados desde el inicio del programa y representan una parte importante de los sistemas instalados a nivel de país.

Además, estos sistemas cuentan con escaso nivel de innovación, mantenimiento y mejoras, lo que se traducen en interrupciones del servicio, sumado a una heterogeneidad presente en las condiciones físicas de las localidades rurales, esto no permiten alcanzar mayores niveles de eficacia en el servicio (duran menos de 20 años) y eficiencia de los recursos

---

<sup>35</sup> Dentro de las falencias técnicas se evidencia los cortes de suministro de agua, donde el 82% del total de estos cortes se deben a problemas como fallas en la bomba, red de distribución, cortocircuitos, entre otros.

(requieren de más inversión y su costo aumenta en el tiempo), lo que no permiten dar sostenibilidad al suministro de agua potable.

**C.- Deficiencias en la gestión de los sistemas APR:** Si bien existe un incremento en el gasto de un 5.3% en el número de servicios asociados a asesorías técnicas, comunitarias, administrativas y financiero contable para dicho periodo, entregadas a los comités y cooperativas de agua potable rural mediante proyectos asociados a la componente 3 del programa APR; la dispersión de las capacidades técnicas, financieras y de gestión entre comités y cooperativas no permiten que estas reciban las asesorías que les ayuden a superar aquellas aéreas en que son débiles. Esto repercute en la gestión de los sistemas APR en aspectos técnicos (deficiencias en los controles calidad del agua y cortes no programados del servicio) y financieros (falta de recursos para cubrir gastos de operación, mantenimiento y reparaciones menores).

Respecto de este tercer problema, es importante destacar lo que tiene que ver con el cobro de las tarifas del servicio aplicadas a la población, necesarias para cubrir los costos de operación, mantención y administración



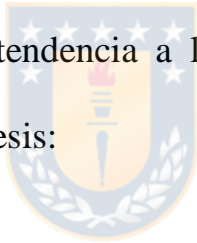
de los sistemas APR por el periodo de vida del proyecto. Esta problemática se refleja en que el 25% de los sistemas APR instalados a nivel de país no cuenta con los recursos suficientes para cubrir estos gastos. Esto sin considerar los recursos que son necesarios para desarrollar planes de reinversión y ampliación de los sistemas APR por parte de estas mismas organizaciones.



## CAPITULO 6

### 6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Conforme el marco teórico que indica la relevancia en los procesos de decisión económica que tiene el valor de la tasa social de descuento a ser utilizada para cada periodo y las implicancias en los resultados económicos de los proyectos de inversión, sumado al contexto económico de las últimas décadas que indican una tendencia a la baja de las tasas de interés, se establece la siguiente hipótesis:



***“La sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos de agua potable rural recomendados al Estado para su ejecución, es significativamente mayor respecto a los cambios que se producen en el valor de la tasa social de descuento”***

## **CAPITULO 7**

### **7 TASA COSTO DE OPORTUNIDAD PROYECTOS APR**

El Ministerio de Desarrollo Social adopta en la evaluación de proyectos de Agua Potable Rural APR, el uso de la “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos” propuesta a las distintas localidades y vigente para el año respectivo. En él se indican los requisitos exigidos para su preparación, como a si también se definen los criterios de decisión económica adoptados, para efectos de la aprobación de los proyectos de inversión.

En dicha metodología se destacan los indicadores de rentabilidad VAC (Valor Actual de los Costos) y CAE (Costo Anual Equivalente) como aquellos criterios de decisión utilizados para la tarea de realizar la evaluación económica de distintas alternativas de proyectos de agua potable rural propuestas por la comunidad. Estos criterios se basan en el enfoque Costo-Eficiencia, los que tienen como principal característica que en los proyectos consideran solo desembolsos, tales como costos de inversión, de

operación y mantención; no incluyendo en estos criterios de decisión valores asociados a beneficios, que puedan ser cuantificables en dinero.

En conjunto con los criterios de decisión anteriores, se considera el “*costo de referencia*” asociado al valor por arranque, exigido por la autoridad para la viabilidad del proyecto presentado, representando este indicador el costo por beneficiario que es *sugerido* para el proyecto presentado para su evaluación económica, sin perjuicio de que pueda ser aprobado el proyecto en instancias posteriores, conforme los cambios en las metodologías<sup>36</sup> introducidas a contar del año 2014.

Ahora bien, respecto de como la autoridad procede con la aplicación del criterio del “*costo de referencia por arranque*”, este compara el valor referencial vigente a la fecha<sup>37</sup> con el valor obtenido del costo de referencia por arranque de cada proyecto. Este último se determina en base a la inversión inicial, la cual debe estar expresada en valor neto, es decir, sin

---

<sup>36</sup> Hasta el año 2013 se consideraba como criterio el enfoque Costo Eficiencia con Costo Máximo, el cual indicaba que solo eran aprobados aquellos proyectos que no superaba el costo máximo. A contar del año 2014 se modifica la metodología por el Enfoque de Eficiencia con Costo Referencial, donde los proyectos si bien pueden superar el costo de referencia, se deben plantear soluciones individuales o semi-colectivas, las que se comparan con la solución colectiva previamente analizada, para finalmente optar por la solución que resulte de menor costo.

<sup>37</sup> Para el caso de la región del Bio Bio, el valor del costo de referencia por arranque para el periodo 2011-2014 es igual a 130 Unidades de Fomento (U.F.) y a contar del año 2015 su valor se ajusta a 144 U.F.

Impuesto al Valor Agregado (IVA), deducir de este los gastos por concepto de asesorías y gastos administrativos<sup>38</sup>, al resultado obtenido se divide por el total de arranques del proyecto el cual debe corresponder a la situación base del proyecto.

En esta investigación, para obtener el valor de la tasa costo de oportunidad del proyecto, representada por el nombre tasa-tir; se requiere determinar el valor del costo de referencia por arranque realizado por medio de la evaluación económica de los flujos de los costos para toda la vida útil del proyecto respectivo. Luego, este valor se iguala con el valor asociado al costo de referencia exigido por la Autoridad<sup>39</sup>, esto permite obtener el valor de la tasa de descuento requerida para igualar ambos valores y dar por aprobado el proyecto; de este modo, la tasa-tir expresa el costo de oportunidad social de los fondos para el país exigidos al proyecto.

---

<sup>38</sup> La totalidad de los proyectos de la muestra fueron evaluados considerando el valor de la inversión inicial a valor neto (sin IVA) y excluyendo del monto de la inversión inicial el valor de las asesorías.

<sup>39</sup> El costo de referencia usado por el Estado como criterio de decisión, el que está vigente desde el año 2015, considera para su determinación una cartera de 79 proyectos de construcción de sistemas APR ejecutados o en etapa de ejecución durante el periodo 2011 a 2014.

Para adoptar dicho procedimiento, se deben considerar algunos supuestos al proceso de evaluación económica de cada uno de los proyectos APR, los que se indican a continuación:

- ✓ Reflejar los valores asociados a la inversión inicial y los flujos de costos de cada periodo a precios sociales, lo que considera eliminar distorsiones de mercado tales como los impuestos (IVA) y aplicar el factor de corrección social respectivo.
- ✓ No considerar el gasto asociado a las asesorías técnicas, en el monto de la inversión inicial.
- ✓ Aplicar factor de ajuste de corrección social respectivo al costo de referencia por arranque definido por la autoridad como límite de aprobación de proyectos.

En relación a la información asociada a los perfiles de los proyectos de inversión, es importante destacar que los proyectos 2, 4, 6, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25, 33, 34, 36, 39, 40 y 42 se les aplico al monto de la inversión inicial (sin impuesto IVA), un factor de corrección social igual a 0.9 por ser este valor representativo en el ajuste realizado a la partida inversión inicial

de los proyectos APR; toda vez en los perfiles de los proyectos no indicaban el valor del factor social a ser aplicado en la evaluación económica.

Además, se destaca que la evaluación económica presente en los perfiles de proyectos 8, 11, 13 y 23 solo contaban con información registrada a precios privados (no sociales). Sin perjuicio de ello, se procedió a deducir del valor de la inversión inicial los gastos de las asesorías y expresar el valor de la inversión inicial, como así también el valor de los flujos de costos, a valores netos (sin impuesto IVA), al resultado obtenido se multiplicó por 0.9 correspondiente al factor de corrección social (FCS).

En la tabla 4 se indican el valor de la tasa costo de oportunidad definida como tasa-tir, para cada uno de los 42 proyectos APR. Se observa que, para valores de tasa social de descuento igual al 6%, vigente para el periodo comprendido entre los años 2012 al 2017, se tiene que 17 de los 42 proyectos registran tasa costo de oportunidad menor al 6% ( $\text{tasa-tir} < \text{TSD}$ ), por lo que son aprobados bajo este criterio; por su parte, para el resto de los

25 proyectos APR, si bien en instancias posteriores fueron aprobados, no cumplen con el criterio basado en la tasa-tir<sup>40</sup>.

Además, se observa que el resultado obtenido de la aplicación del criterio costo de referencia por arranque utilizado por la Autoridad donde 34 proyectos son aprobados y 8 rechazados; se tiene que para el grupo de proyectos que son aprobados para una tasa social de descuento igual al 6% ( $\text{tasa-tir} < \text{TSD} = 6\%$ ), el resultado obtenido es consistente con los resultados obtenidos a partir del criterio costo de referencia aplicado por la Autoridad, toda vez el 100% de los proyectos aprobados (17) coinciden para los dos criterios utilizados. Sin embargo, para el grupo de proyectos no aprobados para una tasa social de descuento igual al 6% ( $\text{tasa-tir} > \text{TSD} = 6\%$ ), se tiene que no existe consistencia entre ambos criterios, aprobándose bajo el criterio costo de referencia por arranque utilizado por la Autoridad una cantidad de 17 proyectos, los que difieren del número de proyectos aprobados (0) bajo el criterio basado en la tasa-tir.

---

<sup>40</sup> Es importante destacar que los cambios introducidos en las metodologías de los proyectos APR van orientados al cumplimiento de objetivos del Programa APR para aquella población rural semi-concentrada y dispersa. Esto, se suma a la adopción por parte del Estado de suministrar agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos, conforme el reconocimiento dado al derecho humano al agua y al saneamiento, según Resolución 64/292, de fecha 28.07.2010, de la Asamblea General de las Naciones Unidas.



Tabla 4 Tasa costo de oportunidad (tasa-tir)

RESUMEN TASAS (TIR) FACTOR EXPONENCIAL								
Nº Proyecto	tasa (tir) Exponencial (A)	Inversión U.F.	Año	Nº Arranques	Nº Población	Costo arranque	Costo referencia	Criterio costo de referencia
1	12,782%	147.337	2.015	970	5.435	127,6	144	Acepto
2	10,069%	19.903	2.014	162	810	103,2	130	Acepto
3	12,606%	37.644	2.014	270	1.345	117,2	130	Acepto
4	-	12.902	2.015	73	415	148,5	144	Rechazo
5	37,594%	24.672	2.016	108	413	192,0	144	Rechazo
6	-	14.430	2.013	71	351	170,8	130	Rechazo
7	9,402%	17.831	2.017	116	569	129,2	144	Acepto
8	-4,460%	17.874	2.012	178	880	84,4	130	Acepto
9	-3,405%	28.740	2.016	267	1.147	90,5	144	Acepto
10	-	18.217	2.015	104	520	147,2	144	Rechazo
11	-2,598%	17.813	2.017	131	653	114,3	144	Acepto
12	8,549%	33.974	2.015	223	1.825	128,0	144	Acepto
13	1,265%	15.461	2.012	128	460	101,5	130	Acepto
14	0,152%	45.054	2.015	314	1.565	120,6	144	Acepto
15	-	43.329	2.014	229	1.145	159,0	130	Rechazo
16	-	15.282	2.014	86	430	149,3	130	Rechazo
17	-1,314%	9.583	2.016	109	436	73,9	144	Acepto
18	-3,103%	15.100	2.014	258	640	49,2	130	Acepto
19	-	25.644	2.014	164	832	131,4	130	Rechazo
20	210,193%	10.385	2.013	69	345	126,5	130	Acepto
21	-5,924%	16.236	2.016	183	732	74,6	144	Acepto
22	14,273%	22.766	2.015	159	795	120,3	144	Acepto
23	-5,486%	34.984	2.013	307	1.270	95,8	130	Acepto
24	-1,150%	50.900	2.013	497	2.382	86,1	130	Acepto
25	1,136%	22.433	2.016	193	538	97,7	144	Acepto
26	11,132%	19.641	2.017	121	605	136,4	144	Acepto
27	13,753%	21.267	2.017	140	417	127,7	144	Acepto
28	-3,281%	43.857	2.016	359	1.233	102,7	144	Acepto
29	-8,025%	24.326	2.016	1.448	6.323	14,1	144	Acepto
30	8,235%	12.519	2.016	93	421	113,1	144	Acepto
31	38,358%	40.032	2.017	241	944	139,6	144	Acepto
32	-1,044%	15.900	2.016	146	587	91,5	144	Acepto
33	51,643%	30.411	2.014	210	1.050	121,7	130	Acepto
34	-	17.092	2.014	111	555	129,4	130	Acepto
35	-9,196%	19.878	2.012	372	1.735	44,9	130	Acepto
36	19,397%	11.953	2.016	81	252	124,0	144	Acepto
37	-	13.845	2.017	77	291	151,1	144	Rechazo
38	39,601%	20.435	2.015	125	610	137,4	144	Acepto
39	10,931%	18.585	2.014	151	745	103,4	130	Acepto
40	9,501%	13.885	2.014	117	585	99,7	130	Acepto
41	1,321%	26.965	2.016	221	774	102,5	144	Acepto
42	2,288%	12.897	2.013	130	650	83,4	130	Acepto
<b>OBS. 1</b>	Color AZUL indica proyectos que SI se aprueban al considerar una tasa de descuento igual 6%. Color ROJO indica proyectos que NO se aprueban al considerar una tasa de descuento igual 6%.							
<b>OBS. 2</b>	Proyectos 4, 6, 10, 15, 16, 19, 34 y 37; no se registra valor tasa de descuento, toda vez su valor es muy alto (tiende a infinito).							
<b>OBS. 3</b>	El monto de la inversión corresponde a valores de la inversión inicial de la evaluación económica que no incluye el valor de las asosorías.							
<b>OBS. 4</b>	La cantidad de arranques corresponde al número asociado a la evaluación económica y la población corresponde a la puesta en marcha del proyecto.							
<b>OBS. 5</b>	Se adjunta columna que indica resultado al aplicar el criterio "Costo de Referencia por arranque", que compara el valor por arranque del proyecto con el costo de referencia definido por la Autoridad							

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en el Tabla 5 se presenta cuadro resumen con valores de la correlación de Pearson y Spearman, para las variables tasa-tir con respecto a las variables inversión, arranques y población<sup>41</sup> para una muestra de 34 y 32 proyectos APR<sup>42</sup>. Se hace presente que la naturaleza del factor de descuento utilizado en el análisis corresponde al factor exponencial, el que es utilizado por la autoridad para efectos de la evaluación económica de los proyectos del sector público. Como se mencionó en el capítulo 2 de este documento, este factor de descuento presenta un valor constante en el tiempo y da mayor peso a los flujos de beneficios netos que se encuentren en periodos cercanos, por sobre aquellos que se encuentran en periodos más lejanos.

---

<sup>41</sup> Los valores asociados a inversión y arranque, corresponde a valores utilizados en la evaluación económica y la partida población a valores asociados a la puesta en marcha del proyecto.

<sup>42</sup> Para la muestra de 34 proyectos APR se excluyen de la muestra inicial (42) los proyectos 4, 6, 10, 15, 16, 19, 34 y 37; toda vez el valor de su tasa-tir registra valor significativamente elevado (con tendencia al valor infinito) y para la muestra de 32 proyectos APR se excluyen además de los proyectos anteriores, los números 1 y 29, toda vez estos últimos se destinan a una población superior a la concentrada.

Tabla 5 Correlación tasa-tir versus partida del proyecto

Partida	Estadístico	N	Student	
			valor	P
Inversión	Pearson	34	-0.081	0.907 NS
	Spearman		0.021	
Arranques	Pearson	34	-0.203	0.005 **
	Spearman		-0.467	
Población	Pearson	34	-0.172	0.034 *
	Spearman		-0.365	
Inversión	Pearson	32	-0.169	0.992 NS
	Spearman		-0.002	
Arranques	Pearson	32	-0.331	0.004 **
	Spearman		-0.491	
Población	Pearson	32	-0.259	0.038 *
	Spearman		-0.369	

N.S. = NO significativo (P>0.05); \* = Significativo al 5% (P<0.05); \*\* = Significativo al 1% (P<0.01)

Fuente: Elaboración propia

Los estadísticos de la Tabla 5 indican que no existe relación de tipo lineal y/o algún otro tipo de dependencia funcional significativa entre el costo de oportunidad (tasa-tir) y la inversión. Esto puede ser explicado por qué los proyectos APR al tener características técnicas, de localización y tipo de población que son distintas para cada uno de los proyectos, dificultan poder establecer categorías de proyectos de inversión.

Por su parte, la tasa-tir respecto de las partidas número de arranques y población abastecida presenta un nivel de relación lineal bajo y negativo. Sin perjuicio de lo anterior, con un nivel de confianza del 99% ( $p < 0.05$ ) y

95% ( $p < 0.01$ ) las partidas arranque y población respectivamente, rechazan la hipótesis nula de que ambas variables son independientes, evidenciando por lo tanto una relación funcional significativa entre estas partidas con la variable tasa-tir.



## **CAPITULO 8**

### **8 ELASTICIDAD**

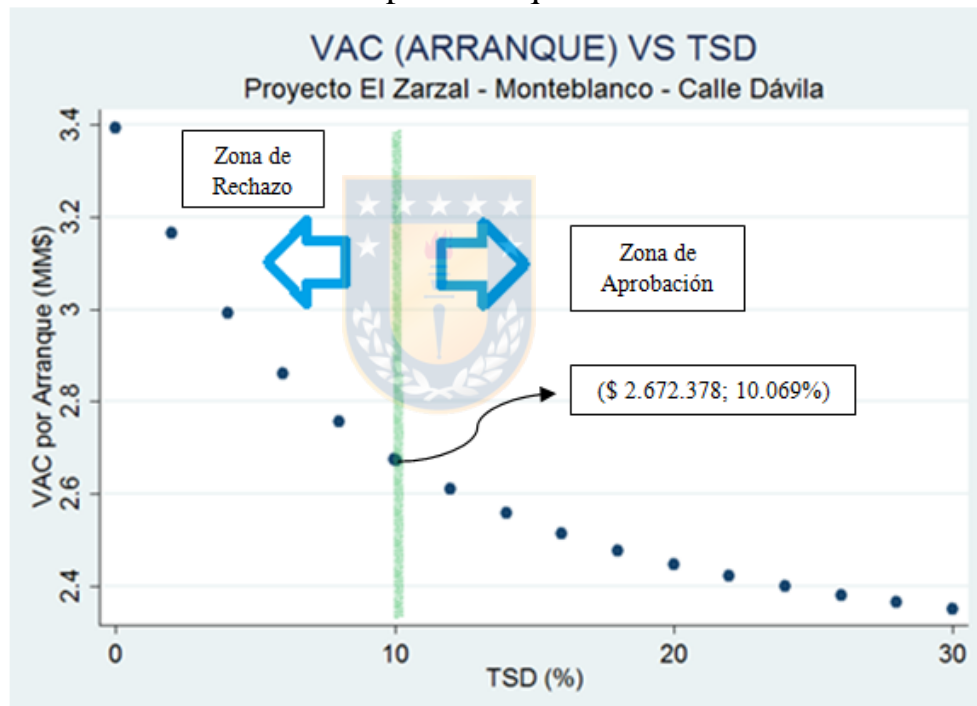
#### **8.1 Comportamiento de los datos**

Como fue planteado en capítulo primero de este documento, el objetivo central de la investigación es poder lograr medir la elasticidad de la función “Tasa de Aprobación de Proyectos APR”, producto de cambios en el valor de la variable “Tasa Social de Descuento”. Para tal efecto, se debe establecer el tipo de relación funcional que existe entre ambas variables, necesaria para efectos de medir la intensidad de respuesta de la función frente a cambios en el valor de la variable independiente.

Para ello, es pertinente comenzar indicando los resultados obtenidos en el proceso de estimación del Valor Actual de los Costos (VAC) por arranque de cada uno de los 42 proyectos APR. Estos indican, tal como lo sugiere la teoría económica, que los 42 proyectos APR en estudio registran una relación aproximadamente lineal negativa entre la variable valor actual de

los costos (VAC) y la variable tasa social de descuento (TSD). En la Ilustración 2 se muestra la gráfica estimada para 17 puntos del VAC por arranque del proyecto de agua potable N° 2 “El Zarzal -Monteblanco - Calle Dávila” de la Comuna de El Carmen, Provincia de Ñuble.

Ilustración 2 Gráfica VAC por arranque vs Tasa Social de Descuento



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa una línea vertical en color verde, perpendicular al eje de las abscisas y fijada en el valor de TSD igual a 10.069%, la que corresponde al valor de la tasa costo de oportunidad del proyecto definida

como tasa-tir<sup>43</sup>. Esta línea indican dos posibles resultados obtenidos de la evaluación del proyecto, donde para un valor de TSD igual o superior al 10.069% el proyecto entra en la **Zona de Aprobación**, toda vez el valor actual de los costos por arranque será igual o menor al valor límite asociado al costo referencial por arranque exigido por la autoridad, que corresponde a un monto de \$ 2.672.368. Por su parte, para un valor de TSD inferior al 10.069% y cercano cero, el proyecto entra en la **Zona de Rechazo**, toda vez el valor actual de los costos por arranque del proyecto será mayor al valor límite asociado al costo referencial por arranque exigido por la autoridad.

Lo anterior es importante a ser destacado, toda vez conforme dicho resultado, los proyectos APR registran más de un valor para la TSD que permiten aprobar el proyecto, como así también registran más de un valor de TSD que permiten rechazar el proyecto.

Estimado el valor asociado a la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) para cada proyecto APR, se procede a representar gráficamente los puntos que

---

<sup>43</sup> El valor de la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) corresponde a la tasa de descuento del proyecto necesaria para igualar el valor del costo de referencia por arranque fijado por la Autoridad. El procedimiento se explica en detalle en el capítulo 7 de este documento.

indican los niveles de tasa de aprobación de proyectos (TAP) para determinados valores de TSD. La variable TAP es obtenida al evaluar económicamente una cartera de proyectos APR propuestos al Estado para su evaluación.

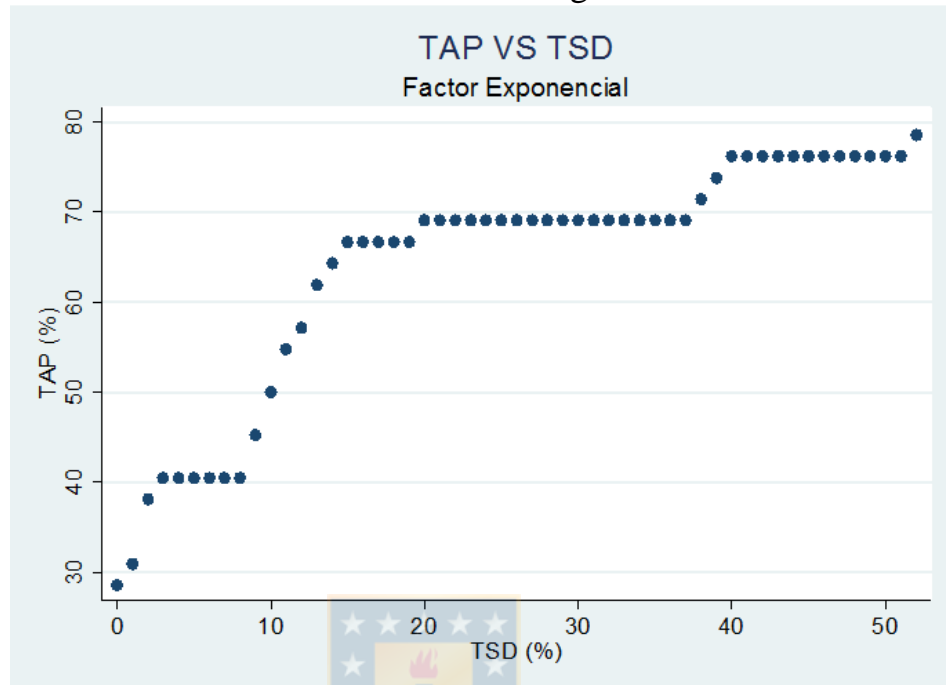
La Ilustración 3 muestra la representación gráfica de la relación entre ambas variables, donde el eje de las ordenadas definido como TAP corresponde a la tasa de aprobación de los proyectos APR, la cual expresa en valores porcentuales (%) la proporción de proyectos APR que son aprobados para un determinado valor de TSD<sup>44</sup>. La gráfica de la función TAP está definida para un rango de TSD del 0 al 52%. En ella se observa que para un valor de TSD igual a 0% se registra un 28.6% de los proyectos APR aprobados, es decir 12 de los 42 proyectos APR y que para un valor de TSD igual a 52% se registran un 78.6% de proyectos APR aprobados, es decir 33 de los 42 proyectos APR.

---

<sup>44</sup> Para definir los valores de  $TSD_i$  necesarios para representar gráficamente la función TAP, estos son obtenidos de fijar en el valor de  $TSD_0 = 0\%$ , y considerar a partir de este punto, sucesiones aritméticas de números en sentido creciente, con una diferencia igual al 1%.



Ilustración 3 Gráfica función TAP rango valor TSD de 0 al 52%



Fuente: Elaboración propia

Se hace presente que el factor de descuento utilizado para estimar la función TAP utiliza un factor de descuento basado en la función exponencial, que según lo planteado por el modelo de utilidad descontada, este factor es usado tradicionalmente por la teoría económica, como así también por la Autoridad pertinente, para efectos de realizar la evaluación económica de los proyectos de inversión del sector público.

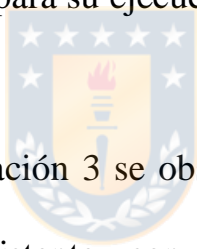
En la gráfica es posible observar que para un rango de TSD que va del 3 al 8%, intervalo donde se encuentra el valor de la TSD vigente a la fecha<sup>45</sup>, se registra un valor constante para la variable TAP, igual al 40.5% de los proyectos APR propuestos al Estado para su ejecución, es decir, 17 de los 42 proyectos APR son aprobados. Se observa por lo tanto, que la curva **presenta saltos en el valor de TAP**, lo que implica que para determinados rangos de tasa social de descuento (TSD), corresponden solo un valor de tasa de aprobación de proyectos (TAP). La presencia de valores constantes para la variable TAP, la que gráficamente es representada por medio de escalones, se explica por el hecho de que cada proyecto APR en forma individual presenta dos posibles resultados, proyecto es **aprobado** para un valor de TSD mayor o igual a su tasa-tir o es **rechazado** cuando el valor de la TSD es menor a su tasa-tir.

Además, la gráfica muestra una **relación positiva (creciente)** entre la tasa de aprobación de proyectos (TAP) y la tasa social de descuento (TSD), esto se explica debido a que la cartera de proyectos a la cual se realiza la evaluación económica, constituida por 42 proyectos APR, los valores

---

<sup>45</sup> El valor de la Tasa Social de Descuento (TSD) para el año 2018, según el ministerio de Desarrollo Social corresponde al 6%.

asociados a la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) al ser distintos para cada uno de los 42 proyectos, requieren diferentes valores de TSD que permitan igualar con la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) y de este modo dar por aprobado el proyecto<sup>46</sup>. Esto implica como se observa en la Ilustración 3, que se van aprobando una mayor cantidad de proyectos a medida que la TSD aumente su valor, toda vez estos cumplirían con la regla de selección de proyectos, que sugiere que una TSD igual o mayor a la tasa-tir del proyecto, este es aprobado para su ejecución.



Por otra parte, en la Ilustración 3 se observa que la relación no es de tipo lineal, lo cual es consistente con el análisis gráfico, aunque sí aproximadamente monótona creciente, toda vez los valores asociados a la correlación de Pearson (0.8786) son menores a los de Spearman (0.9732). Además, se rechaza con un nivel de confianza del 99% ( $p < 0.01$ ) la hipótesis nula de independencia estadística, lo que sugiere una asociación significativa entre ambas variables.

---

<sup>46</sup> Recordar que bajo el criterio de decisión basado en la tasa-tir expuesto en capítulo 7 de este documento, para un valor de TSD igual o mayor a la tasa costo de oportunidad del proyecto, este será aprobado y para un valor de TSD menor a la tasa costo de oportunidad, este será rechazado.

## 8.2 Elasticidad

Según lo observado en la Ilustración 3 para determinado rango de valores de tasa de descuento esta no presenta cambios en el número de proyectos aprobados, lo que indica que la elasticidad es inexistente para ese rango de valores de tasas de descuento. Sin perjuicio de ello, el comportamiento de la relación entre las variables indican que esta se asocia a una función de distribución discreta monótonamente creciente, donde la elasticidad de la “Tasa de Aprobación de Proyectos APR” con respecto a la “Tasa Social de Descuento” no es constante y dependen de los valores que tomen cada una de las variables.

Conforme a lo anterior, si la función Tasa de Aprobación de Proyectos (TAP) se establece en términos formales con la siguiente representación funcional  $Y_n = f(X_n)$ , donde  $X_n$  corresponde a la Tasa Social de Descuento (TSD); el valor de la elasticidad queda representado mediante la siguiente expresión analítica:

$$E_{Y/X} = \frac{\left[\frac{\Delta Y}{Y}\right]}{\left[\frac{\Delta X}{X}\right]} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} * \frac{X}{Y}$$

Donde

$\frac{\Delta Y}{\Delta X}$  ; corresponde al valor de la pendiente de la función.

Como los datos no permiten asociar a una función de distribución continua que represente de la mejor forma la relación funcional entre las variables  $X_n$  y  $Y_n$ , se dificulta la estimación del valor de la elasticidad punto para el cambio marginal de la tasa social de descuento ( $X_n$ ), esto ocurre cuando se tiene que el  $\lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ . Por otra parte, estimar la elasticidad de  $Y_n$  para el caso de una función de distribución discreta, el valor de la elasticidad depende de la magnitud del desplazamiento, es decir, la distancia de un punto  $(Y_i, X_i)$  a otro punto  $(Y_j, X_j)$ , como así también de la dirección de dicho desplazamiento (aumento o disminución de la tasa de descuento  $X_n$ ). Por lo anterior, los cálculos de la elasticidad puntual se realizarán en base al

método de estimación basado en la elasticidad arco<sup>47</sup>, que si bien no es preciso en la determinación del valor de la elasticidad según lo propuesto por el enfoque analítico, proporciona estimaciones aproximadas.

Según lo observado en el Tabla 4 (ver capítulo 7), donde se indican los resultados obtenidos para el valor asociado a la tasa-tir para cada uno de los 42 proyectos APR, en ella se observa que para un valor de la tasa social de descuento (TSD) igual al 6% se registra un número de 17 proyectos aprobados y una cantidad de 25 proyectos rechazados. Además, los resultados indican que para aprobar una cantidad mayor de proyectos APR el valor de la TSD deber ser igual o superior a 8.24% y para registrar una reducción en la cantidad de proyectos aprobados, el valor de la TSD debe ser inferior a 2.29%. Esto sugiere que para dicho tramo de valores de TSD (2.29 al 8.24%) no se registra variación en la tasa de aprobación de proyectos (TAP), toda vez se registran 17 proyectos aprobados y 25 rechazados.

---

<sup>47</sup> La fórmula para la elasticidad arco viene dada por  $E_{TSD;TSD} = \left[ \frac{TAP_0 + TAP_1}{TSD_0 + TSD_1} \right] * \left[ \frac{TSD_1 - TSD_0}{TAP_1 - TAP_0} \right]$ , donde  $\Delta TSD = 2\%$ , obtenido de la diferencia de  $TSD_1 = (TSD_i + 1\%)$  y  $TSD_0 = (TSD_i - 1\%)$ . En consideración a ello se obtienen los valores de  $TAP_1 = f(TSD_i + 1\%)$  y  $TAP_0 = f(TSD_i - 1\%)$ .

Tabla 6 Elasticidad puntual de la función TAP<sup>48</sup>

ELASTICIDAD PUNTO					
TSD	Exponencial		TSD	Exponencial	
	Valor	Tipo		Valor	Tipo
-10%	-	-	11%	1,36	Elástica
-9%	-0,11	Inelástica	12%	1,36	Elástica
-8%	-0,38	Inelástica	13%	1,31	Elástica
-7%	-	-	14%	1,93	Elástica
-6%	-0,50	Inelástica	15%	3,67	Elástica
-5%	-0,47	Inelástica	16% - 18%	-	-
-4%	-0,75	Inelástica	19%	3,00	Elástica
-3%	-1,17	Elástica	20%	2,85	Elástica
-2%	-2,50	Elástica	21% - 36%	-	-
-1%	-7,00	Elástica	37%	1,59	Elástica
0%	-	-	38%	0,79	Inelástica
1%	7,00	Elástica	39%	0,79	Inelástica
2%	3,75	Elástica	40%	1,58	Elástica
3%	11,00	Elástica	41% - 50%	-	-
4% - 7%	-	-	51%	1,27	Elástica
8%	2,25	Elástica	52%	1,25	Elástica
9%	1,06	Elástica	53% - 209%	-	-
10%	1,05	Elástica	210%	0,32	Inelástica

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se indican la estimación de valores de la elasticidad puntual para la función tasa de aprobación de proyectos (TAP), considerando el rango de valores de TSD del -9.2 al 210.2%, donde se observa que el comportamiento de la sensibilidad de TAP es significativamente elevada para valores de la TSD positivos y cercanos al valor cero, como así también disminuye conforme aumenta el valor de la TSD.

<sup>48</sup> Las elasticidades fueron determinados para un rango de valores de TSD que van del -9.2 al 210.2%, los cuales consideran niveles de TAP para 34 de los 42 proyectos APR en estudio. Se excluyen de este intervalo, 8 proyectos APR que registran tasa costo de oportunidad (tasa-tir) de valores significativamente elevados (su valor tiende a infinito), tal como fue indicado en el capítulo 7 de este documento.

Respecto de algunos resultados de elasticidad de la función TAP, se tiene que para el rango de valores de TSD del 1 al 3% el nivel de sensibilidad en la función TAP es significativo, con elasticidad entre los valores 3.75 al 11 (elástica). Para el rango de valores de TSD del 4 al 7% no se registra sensibilidad; para el rango de TSD del 8 al 15% se registra una sensibilidad moderada, con registros de la elasticidad en promedio superior al valor 1 (elástica), para el rango de TSD del 16 al 18% no se registran valores de sensibilidad y para el rango de TSD del 19 al 20% se registra sensibilidad significativa en la función TAP, con promedio de elasticidad cercano al valor 3. El análisis descriptivo anterior es importante a destacar, toda vez el valor de la TSD durante estos últimos 20 años se ha mantenido en dicho intervalo<sup>49</sup>.

Finalmente, respecto de valores de TSD superiores al 20%, se observa una sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos nula en el rango de valores de TSD que van del 21 al 36% y sobre dicho rango predominan valores de sensibilidad inexistente (nula) o de valor bajo.

---

<sup>49</sup> En el año 1999 se registra un valor para la tasa social de descuento igual al 12%, años siguientes paso a registrar valores iguales al 10%, 8% y 6%, este último valor vigente para el año 2018.



## CAPITULO 9

### 9 PRUEBAS DE ESTABILIDAD

Con el objeto de evaluar la robustez y consistencia de los resultados obtenidos en los capítulos 7 y 8 de este documento, se procede a realizar pruebas de estabilidad a los datos por medio de modificaciones a los componentes de los perfiles de los proyectos APR y a los valores asociados a los límites de aprobación de los proyectos.

En la Tabla 7 se indica la información asociada al costo de referencia promedio para la construcción de los sistemas APR (columna C), como así también la diferencia de valor asociado a los costos por arranque de cada zona del país<sup>50</sup> con respecto a la zona 3, la que incluye la región del Bio Bio (columna E), haciendo presente que el valor asociado al “Costo de Referencia para la Construcción de Sistemas de Agua potable Rural” (columna A), es determinado por el Ministerio de Desarrollo Social

---

<sup>50</sup> El Ministerio de Desarrollo Social considera la existencia de 6 zonas. Cada zona puede contar con más de una región y para el caso de la región del Bio Bio esta se encuentra inserta en la zona 3, que considera además la región Metropolitana, Libertador Bernardo O Higgins y el Maule.

mediante el uso de un costo promedio por arranque por zona<sup>51</sup>, al que se aplica un factor de 1,3 (promedio ajustado), al valor obtenido se compara con los costos máximos vigentes de cada zona y si este es mayor, se ajusta su valor al alza.

Tabla 7 Costo de referencia por arranque promedio por sistema APR

Zona	Costo de Referencia (UF/A)	Factor = (1/1.3)	Costo Referencia Promedio (UF/A)	Costo Referencia Promedio Zona 3 (UF/A)	Diferencia Costo Referencia Zona 3 (UF/A)
	(A)	(B)	(C) = (A)*(B)	(D)	(E) = (C - D)
1	230	0.769	177	111	66
2	221	0.769	170	111	59
<b>3</b>	<b>144</b>	0.769	<b>111</b>	<b>111</b>	<b>0</b>
4	175	0.769	135	111	24
5	213	0.769	164	111	53
6	163	0.769	125	111	14

**UF/A = (Unidad de Fomento por Arranque)**

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el valor asociado a la diferencia en el costo de referencia respecto de la zona 3 (columna E), se explica por distintos factores, entre ellos diferencia respecto de los costos de solución de los sistemas APR, disponibilidad de terrenos para la instalación sistema APR, derechos de agua adquiridos, entre otros. Situación por la cual Ministerio de Desarrollo

<sup>51</sup> Para el año 2015 se ajusta valor del costo de referencia por arranque para cada una de las zonas, considerando a nivel nacional un número de 79 proyectos de instalación de sistemas APR, ejecutados o en etapa de ejecución durante el periodo 2011 a 2014.

Social procede a la aplicación de costos de referencia por arranque de valores distintos para cada zona del país.

Una vez definida la diferencia por mayor costo por arranque respecto de la zona 3, a cada perfil de proyecto APR que pertenecen a la muestra en estudio, se procede a incorporar el mayor costo de referencia por zona, con el objeto de evaluar dicho proyecto en otra zona del país y observar si este se comporta conforme resultados obtenidos en la zona 3; determinando para tal efecto, el valor asociado a la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) de cada proyecto y los valores de elasticidad de la función TAP, haciendo presente que para los cálculos respectivos son considerados como valor límite de aceptación del proyecto, el costo por arranque que fija el Ministerio de Desarrollo Social para cada una de las 6 zonas.

En el Anexo 5 se detallan los valores estimados para la prueba de estabilidad de datos asociados a la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) para los 42 proyectos APR y en el Anexo 6 partes A y B, el valor asociado a la elasticidad de la función tasa de aprobación de proyectos (TAP).

Respecto de los valores para la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) para cada zona del país, los resultados muestran que existen diferencias significativas con respecto al valor asociado al costo de oportunidad determinado para la zona 3 (ver anexo 5), lo que se traduce en que al aplicar el criterio de decisión basado en la tasa tasa-tir para un valor de la TSD = 6% (vigente a la fecha), existen diferencias en la cantidad de proyectos aprobados y rechazados para ese nivel de TSD, tal como se indica en la Tabla 8, donde se registra una cantidad significativamente mayor de proyectos APR aprobados en las otras cinco zonas respecto de la zona 3 (Zona 1 = 29 aprobados, Zona 2 = 28 aprobados, **Zona 3 = 17 aprobados**, Zona 4 = 23 aprobados, Zona 5 = 27 aprobados y Zona 6 = 22 aprobados).

En cuanto a los resultados obtenidos para la sensibilidad (o elasticidad) de la función TAP frente a cambios en el valor de la TSD, según se observa en la Tabla 8, que muestra un rango de valores de TSD que van del 0 al 20%, el valor de la elasticidad puntual de las distintas zonas del país con respecto a la zona 3 (que incluye la región del Bio Bio), difiere significativamente en gran parte en los valores de TSD pertenecientes a dicho rango.

Tabla 8 Criterio tasa-tir y valores de elasticidad respecto valor zona 3

Proyectos APR evaluados criterio tasa-tir para un nivel de TSD igual al 6%						
Decisión	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
N° Proy. Aprobados	29	28	17	23	27	22
N° Proy. Rechazados	13	14	25	19	15	20
Valor de Elasticidad función Tasa de Aprobación Proyectos (TAP)						
TSD	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
0%	-	-	-	-	-	-
1%	13,67	10,00	7,00	-	10,00	11,00
2%	11,50	11,00	3,75	9,50	10,50	-
3%	4,00	7,67	11,00	4,33	15,00	4,33
4%	4,25	4,08	-	5,25	3,00	3,25
5%	3,67	2,60	-	4,40	2,50	8,60
<b>6%</b>	<b>3,17</b>	<b>3,06</b>	<b>-</b>	<b>3,83</b>	<b>4,50</b>	<b>3,67</b>
7%	4,29	4,14	-	3,43	2,71	3,29
8%	3,88	3,75	2,25	2,13	3,62	3,00
9%	7,00	3,44	1,06	1,96	6,78	1,89
10%	6,50	6,30	1,05	5,50	3,10	1,77
11%	3,00	3,00	1,36	5,18	5,73	5,00
12%	2,83	2,75	1,36	4,75	2,75	4,75
13%	5,31	5,31	1,31	4,54	2,54	4,38
14%	-	4,93	1,93	4,21	4,93	4,21
15%	-	-	3,67	4,07	4,60	3,93
16%	-	-	-	3,81	-	-
17%	-	-	-	-	-	-
18%	3,94	-	-	-	-	3,39
19%	3,74	3,74	3,00	1,14	-	3,21
20%	-	3,55	2,85	1,08	3,55	-

Fuente: Elaboración propia

Además es posible observar que para en rango de valores de TSD del 4 al 7% todas las otras zonas del país (fuera de la zona 3) presentan niveles de sensibilidad significativamente altos en comparación con la zona 3, que registra valores de sensibilidad nulos, haciendo presente que se entiende por sensibilidad nula (o elasticidad igual a cero), una misma tasa de aprobación de proyectos para dicho rango de TSD (es decir, se aprueban el 40,5% de los proyectos APR para el rango de variación de TSD del 4 al 7%).

Por lo tanto, al observar que los resultados obtenidos no fueron los esperados, se procedió realizar nuevas pruebas, para lo cual se volvió a estimar el costo promedio por arranque, en base al procedimiento realizado por el Ministerio de Desarrollo Social, considerando para esto los 42 proyectos pertenecientes a la muestra en estudio, los que fueron divididos en dos grupos<sup>52</sup>, aquellos proyectos que son aprobados hasta el año 2014 y los proyectos aprobados posterior al año 2014. El valor obtenido del promedio por arranque de cada grupo, se le aplicó el factor de 1.3, obteniéndose de esta forma un nuevo valor de referencia (hipotético) que es aplicado para evaluar económicamente los proyectos.

En consideración a lo anterior, el valor del costo promedio por arranque obtenido para los proyectos aprobados en el periodo 2012 al 2014 corresponden a un monto de 108.7 U.F. y para el grupo de proyectos pertenecientes al grupo del periodo 2015 al 2017 a un monto de 116.8 U.F., los que al aplicar el factor de 1.3 se obtienen como valor de costo referencia por arranque los montos de 141 y 152 U.F. respectivamente. Con los

---

<sup>52</sup> El grupo de proyectos aprobados hasta el año 2014 considera los proyectos 2,3,6,8,13,15,16,18,19,20,23,24,33,34,35,39,40 y 42. Para el grupo de proyectos aprobados después del año 2014 considera los proyectos 1,4,5,7,9,10,11,12,14, 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 41.

valores obtenidos para los nuevos montos de costo de referencia por arranque, se determinan los nuevos valores de tasa costo de oportunidad (tasa-tir) y los niveles de elasticidad en la tasa de aprobación de los proyectos (TAP) para la zona 3.

Respecto de los resultados obtenidos, se observa que conforme al criterio tasa-tir para un nivel de TSD igual al 6%, la cantidad aprobada y rechazada de proyectos resulta ser similar para el caso de proyectos aprobados y rechazados en las zona 4 y 6, que presentan valores de costos referencia por arranque de 175 y 163 U.F., menores a los costo de referencia por arranque registrados en las zonas 1, 2 y 5, que corresponden a 230, 221 y 213 U.F. respectivamente.

En cuanto a los resultados obtenidos para la elasticidad de la función TAP, los valores si bien son inferiores a los obtenidos en las zonas 4 y 6, registran niveles de sensibilidad (elasticidad) significativa en el intervalo de TSD que va del 3 al 10%, situación que difiere significativamente de los valores de elasticidad nulos presentes en dicho intervalo, obtenidos en base al uso de valores de costos de referencia de 130 y 144 U.F., descritos en la tabla 8.

Tabla 9 Zona 3 con valor costo de referencia igual 141 y 152 U.F.

Proyectos APR evaluados criterio tasa-tir para un nivel de TSD igual al 6%						
Decisión	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
N° Proy. Aprobados	29	28	22	23	27	22
N° Proy. Rechazados	13	14	20	19	15	20
Valor de Elasticidad función Tasa de Aprobación Proyectos (TAP)						
TSD	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
0%	-	-	-	-	-	-
1%	13,67	10,00	33,00	-	10,00	11,00
2%	11,50	11,00	-	9,50	10,50	-
3%	4,00	7,67	6,00	4,33	15,00	4,33
4%	4,25	4,08	4,50	5,25	3,00	3,25
5%	3,67	2,60	2,73	4,40	2,50	8,60
<b>6%</b>	<b>3,17</b>	<b>3,06</b>	<b>1,75</b>	<b>3,83</b>	<b>4,50</b>	<b>3,67</b>
7%	4,29	4,14	2,24	3,43	2,71	3,29
8%	3,88	3,75	1,56	2,13	3,62	3,00
9%	7,00	3,44	1,96	1,96	6,78	1,89
10%	6,50	6,30	5,50	5,50	3,10	1,77
11%	3,00	3,00	-	5,18	5,73	5,00
12%	2,83	2,75	-	4,75	2,75	4,75
13%	5,31	5,31	4,38	4,54	2,54	4,38
14%	-	4,93	2,07	4,21	4,93	4,21
15%	-	-	3,93	4,07	4,60	3,93
16%	-	-	-	3,81	-	-
17%	-	-	3,59	-	-	-
18%	3,94	-	3,39	-	-	3,39
19%	3,74	3,74	3,32	1,14	-	3,21
20%	-	3,55	3,15	1,08	3,55	-

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, conforme a las pruebas realizadas, se logro poder observar efectos significativos en los resultados de la evaluación económica de los proyectos producto de las diferencias de costos de los sistemas de agua potable rural (APR) que son instalados en las distintas zonas del país. Además, el uso de aplicar por parte del Ministerio de Desarrollo Social distintos costos de referencia por arranque, con el objeto de incorporar ese diferencial de costos entre zonas, sugieren que no estaría cumpliendo



adecuadamente con el objetivo de evaluar eficientemente los proyectos. Esta situación abre la posibilidad de poder indagar en futuras investigaciones en más profundidad respecto de las diferencias en costos de instalación de un sistema APR entre las zonas, como así también en los procedimientos que se aplican para la determinación de los valores de costo de referencia por arranque que son adoptados para cada zona del país y que resultan ser determinantes al momento de realizar la evaluación económica de los proyectos.



## CAPITULO 10

### 10 TASAS DE DESCUENTO DECRECIENTES

#### 10.1 Costo de Oportunidad para tasas de descuento decrecientes

La evaluación económica de los proyectos utiliza un enfoque de tasa de descuento basado en la función exponencial, que implican que el factor de descuento sea constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, tal como fue descrito en el capítulo 2 de este documento, existen tasas de descuento donde el factor no es constante y los agentes económicos lo utilizan debido a que estos representan de la mejor forma sus decisiones, a este tipo de tasas se les llama tasas de descuentos decrecientes.

En la Ilustración 4 se tiene un gráfico que representa el valor actual de una unidad monetaria medida en pesos considerando el factor de descuento exponencial, hiperbólico de un parámetro<sup>53</sup> e hiperbólico generalizado<sup>54</sup>,

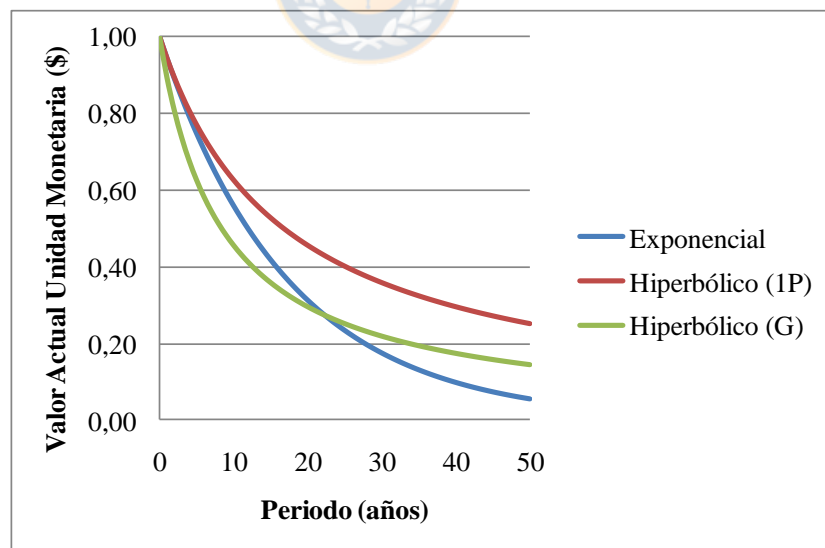
---

<sup>53</sup> Mazur, 1987; Laibson, 1997. Que se define como  $F(d) = \frac{1}{1+dr}$ , donde r representa la tasa de descuento, que se multiplica por el intervalo de tal forma que  $F(d)$  aumenta o decrece de forma hiperbólica.

<sup>54</sup> Loewenstein y Prelec, 1992.

calculado para un valor de tasa social de descuento igual a 6% y un periodo de 50 años. Una propuesta de factor de descuento hiperbólico generalizado, se basa en los estudios realizados por Poulos y Whittington (2000) al cual destina ser aplicado para vidas humanas<sup>55</sup>. Además, este factor representa de buena manera propiedad cualitativa de las funciones hiperbólicas y cuasi-hiperbólicas, que indican una declinación mayor en el valor de la tasa de descuento en el corto plazo que en el largo plazo, la que es sustentada por la evidencia empírica asociada a las elecciones de los agentes económicos.

Ilustración 4 Gráfica factor de descuento



Fuente: Elaboración propia

<sup>55</sup> El factor hiperbólico generalizado se define como  $FH_g = \frac{1}{(1+at)^{a/b}}$ , donde  $a, b > 0$ ; se considera en este estudio que el valor de los parámetros se definan como  $a=b=2r$ , donde  $r$  es la tasa de descuento a aplicar.

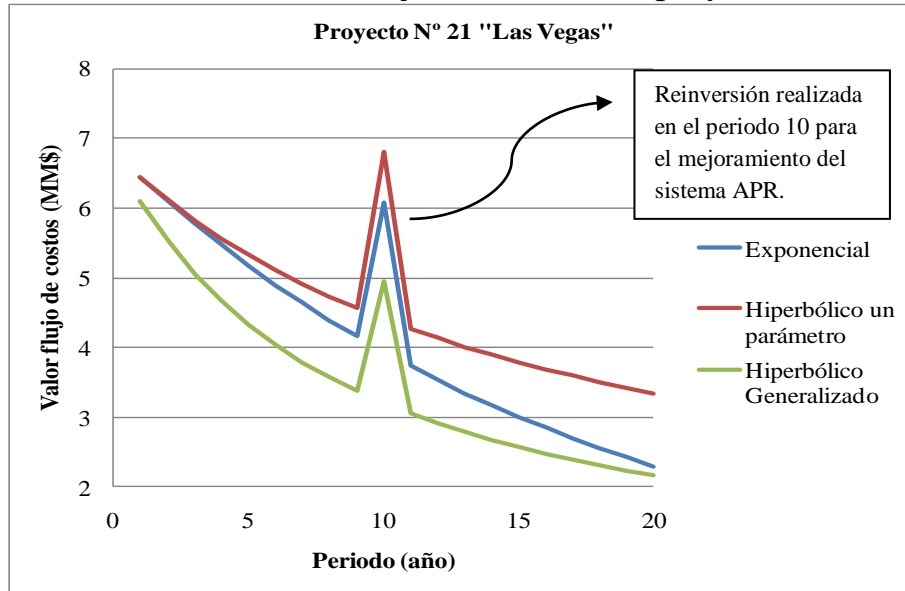
En el gráfico se observan las características de cada factor de descuento utilizado en la evaluación económica, donde se tiene que el valor actual de una unidad monetaria en el año 50 es mayor para el factor hiperbólico de un parámetro (1P), que da mayor peso a flujos de beneficios netos en periodos lejanos. El valor intermedio para la unidad monetaria se obtiene con el factor hiperbólico generalizado (G), que descuenta los flujos de beneficios netos a tasas más rápidas en periodos cercanos, por sobre aquellos flujos presentes en periodos más lejanos del proyecto, finalmente el menor valor actual es obtenido es con el uso del factor exponencial, que da mayor peso a los flujos de beneficios netos en periodos cercanos.

Para un horizonte de 20 años que es lo que representa la vida útil de un proyecto de agua potable rural APR, se tiene que el factor hiperbólico generalizado aplica un mayor descuento al flujo de una unidad monetaria en los periodos que dura casi todo el proyecto, igualando aproximadamente su valor al factor exponencial para periodos cercanos al año 20. Por su parte, el factor hiperbólico de un parámetro es el que menor descuento aplica a los flujos, registrando su valor sobre los otros dos factores de descuento.

El análisis anterior se verifica para proyectos que registren flujos de costos de valor **constante** para cada periodo. Sin embargo, la muestra de 42 proyectos APR en estudio no presenta esta situación, ya que los flujos de costos pueden variar de un periodo a otro, donde su valor puede ser creciente en el tiempo (debido a mayores costos en electricidad, productos químicos y mantención) y/o oscilar de un periodo a otro producto de reinversiones realizadas en periodos intermedios de lo que dura la vida útil del proyecto (inversión en mejoramiento y/o reparación), tal como lo muestra la Ilustración 5 para el caso del proyecto APR N° 21 “Las Vegas” perteneciente a la Provincia del Bio Bio, donde se presenta para el periodo 10 niveles de costos significativamente distintos a los otros periodos de tiempo, producto de reinversiones realizadas con el objeto de mejoramiento del sistema de agua potable.

Sin perjuicio de lo anterior, proyectos APR que presenten variabilidad en los flujos de costos, la prelación en cuanto al orden de intensidad de los descuentos de los flujos de los costos para cada periodo de evaluación, se mantiene igual que en caso de los proyectos que registren flujos de costos de valor constante.

Ilustración 5 Gráfica flujos de los costos proyectos APR



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en el Anexo 7 se indican los valores asociados al costo de oportunidad para los 42 proyectos APR, estimados con uso del factor de descuento exponencial (tradicional), hiperbólico de un parámetro (1P) e hiperbólico generalizado (G); estos fueron determinados mediante el procedimiento descrito en el capítulo 7 de este documento.

Se observa que, para valores de tasa social de descuento igual al 6%, vigente para el periodo comprendido entre los años 2012 al 2017, los factores de descuentos basados en los enfoques de tasas de descuento decrecientes (hiperbólicos), registran 17 proyectos con tasa costo de

oportunidad menor al 6% ( $\text{tasa-tir} < \text{TSD}$ ), misma cantidad de proyectos aprobados con factor de descuento exponencial.

Para los 25 proyectos APR que no son aprobados para una tasa social de descuento igual o menor al 6%, el valor de la tasa costo de oportunidad (tasa-tir) estimada con tasas de descuento decrecientes, aumentan significativamente para valores de TSD elevados respecto de la tasa-tir obtenida con uso del factor de descuento exponencial, en especial para el caso de aquellos proyectos que se basan en el factor de descuento hiperbólico de un parámetro.

Respecto de la relación entre la tasa costo de oportunidad con cada una de las partidas presentes en los proyectos APR, tales como; número de arranques por proyecto, monto de inversión inicial y población abastecida; se tiene que para las evaluaciones económicas realizadas con tasas de descuento decrecientes (hiperbólicos), la relación lineal medida por la correlación de Pearson y la asociación funcional de las variables, mediada por la correlación de Spearman, presentan valores significativamente similares a los obtenidos con el uso del factor exponencial, que sugería la

no existencia de una relación lineal e independencia de la variable tasa costo de oportunidad y la partida inversión. Por su parte, la relación entre la tasa costo de oportunidad con respecto a las partidas número de arranques y población abastecida, al igual que en el caso del factor exponencial, también registran un bajo nivel de relación lineal negativa y un nivel significativo de asociación funcional de las variables.

## **10.2 Elasticidad función TAP para tasas de descuento decrecientes**

En la Ilustración 6 se muestran las gráficas de las funciones TAP<sup>56</sup> con uso del factor de descuento hiperbólico de un parámetro e hiperbólico generalizado para un rango de valores de TSD del 0 al 50%. El comportamiento de ambas curvas presenta similitudes en cuanto a su forma con la curva obtenida para el caso del factor exponencial, como así también similitudes en cuanto a la presencia de valores constantes para la variable TAP, situación que se explica por el hecho de que los proyectos APR evaluados para distintos valores de TSD conforme el criterio tasa-tir,

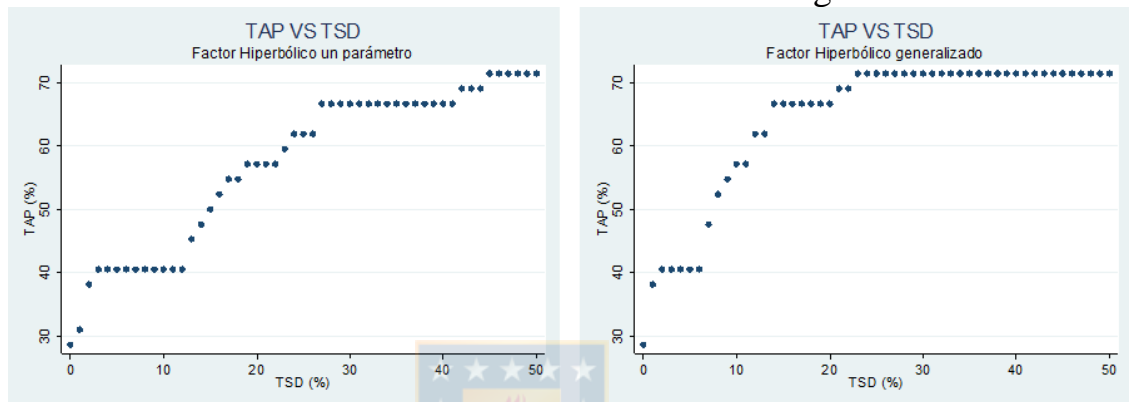
---

<sup>56</sup> Para representar gráficamente la función TAP, al igual que en el caso del factor exponencial, considera valores de  $TSD_i$  basadas en sucesiones aritméticas de números en sentido creciente (o decreciente en caso de TSD negativas), con una diferencia igual al 1% y fijados en el punto inicial  $TSD_0 = 0\%$ .



presentan más de un valor de TSD que permiten aprobar el proyecto, como así también rechazar el proyecto.

Ilustración 6 Función TAP tasas decrecientes rango TSD acotado



Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas es posible observar con detalle que para determinado rango de valores de TSD existe un valor constante para la TAP (trazo horizontal de la curva), como así también un comportamiento creciente de la función TAP, tal como se comporta con uso de un factor de descuento exponencial.

Además, se observa que para un valor de TSD igual al 6% (vigente a la fecha), para ambos factores de descuento se tiene que el 40.5% de los proyectos APR propuestos al Estado para su ejecución son aprobados (17 de los 42 proyectos APR). Sin embargo, se observa además que estos

factores de descuentos registran distintos rangos de valores de TSD que permiten alcanzar ese mismo nivel de aprobación. Donde para el caso del factor hiperbólico de un parámetro este registra un rango de valores de TSD que va del 3 al 12% y para el factor hiperbólico generalizado este registra un rango de valores de TSD del 2 al 6%. Esta diferencia es significativa, ya que frente a un alza en el valor de la TSD, por sobre el valor del 6% (vigente a la fecha), con uso de un factor de descuento hiperbólico generalizado se incrementa la cantidad de proyectos aprobados.

Por su parte, en la Tabla 10 se indican los estadísticos asociados a la correlación presente entre las variables. Se observa que la relación no es de tipo lineal, lo cual es consistente con el análisis gráfico, aunque sí aproximadamente monótona creciente, toda vez los valores asociados a la correlación de Pearson son menores a los de Spearman. Además, se rechaza con un nivel de confianza del 99% ( $p < 0.01$ ) la hipótesis nula de independencia estadística, lo que sigue una asociación significativa entre ambas variables.

Tabla 10 Correlación TAP y TSD para tasas de descuentos decrecientes

Factor de descuento	Estadístico	N	Student	
			valor	P
Exponencial	Pearson	53	0.879	0.000 **
	Spearman		0.973	
Hiperbólico un parámetro	Pearson	51	0.949	0.000 **
	Spearman		0.982	
Hiperbólico generalizado	Pearson	51	0.809	0.000 **
	Spearman		0.912	
N.S. = NO significativo (P>0.05); * = Significativo al 5% (P<0.05); ** = Significativo al 1% (P<0.01)				

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 8 partes A y B se presenta un listado con los valores de la elasticidad<sup>57</sup>, donde se observa que la sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos es significativamente alta para tasa de descuento con valores positivos y cercanos cero, como así también disminuye conforme aumenta el valor de la tasa de descuento, siendo este comportamiento similar para todos los tipos de factor de descuento utilizados en la evaluación económica (exponencial e hiperbólicos).

Se describen algunos resultados de elasticidad para el intervalo de de tasas de descuento del 1 al 20%, tal como fueron realizados para el caso del

<sup>57</sup> Los valores de elasticidad consideran niveles de TAP de 34 de los 42 proyectos APR en estudio, toda vez 8 proyectos APR registran tasa costo de oportunidad (tasa-tir) de valores significativamente elevados (su valor tiende a infinito), tal como fue indicado en el capítulo 7 de este documento. Para el factor hiperbólico de un parámetro el rango de TSD considerado es igual a -4.6 al 713.6% y para el factor hiperbólico generalizado igual a -3.5 al 356.8%.

factor exponencial en el capítulo 8 de este documento, conforme se indica a continuación:

- **Factor hiperbólico de un parámetro:** Para el rango de tasa de descuento del 1 al 3% el nivel de sensibilidad es significativa, con elasticidad que fluctúa entre los valores 3.75 al 11 (elástica). Para el rango de tasa de descuento del 4 al 11% no se registra sensibilidad, para el rango del 12 al 19% la sensibilidad es moderada, con elasticidad cercana al valor 1.8 (elástica) y para el valor del 20% no se registra sensibilidad.
- **Factor hiperbólico generalizado:** Para un valor de tasa de descuento del 1 al 2% el nivel de sensibilidad es significativo, con elasticidad que fluctúa entre los valores 5,8 al 16.5 (elástica). Para un rango de tasa de descuento del 3 al 5% no se registra sensibilidad; para el rango del 6 al 14% se registra un nivel moderado de sensibilidad, con elasticidad promedio cercana al valor 2.3 (elástica); para el rango del 15 al 19% no se registra sensibilidad y para el valor del 20%, se registra sensibilidad cercana al valor 2.85 (elástica).

Además, para valores de tasa social de descuento superiores al 20% se observa que en general para los tres factores de descuento la sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos APR en algunos casos resulta ser moderada (elasticidad cercano al valor 2), baja (inelástica) y nula (con mayor predominio).

En conclusión, en un contexto de tasas de interés en disminución, el factor de descuento exponencial (tradicional) y los factores de descuentos basados en tasas de descuento decrecientes (hiperbólicos) presentan diferencias significativa en el valor de la elasticidad para la tasa de aprobación de proyectos, registrando mayor sensibilidad en la tasa de aprobación de proyectos APR aquellas evaluaciones de proyectos que son evaluadas con factor hiperbólico generalizado y una sensibilidad nula para el caso del uso de un factor de descuento exponencial e hiperbólico de un parámetro.

## CAPITULO 11

### 11 SIMULACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se desarrolla tres simulaciones aplicadas a cada uno de los 42 proyectos que conforman la muestra en estudio, consistentes en realizar una evaluación económica con uso del factor de descuento exponencial (tradicional) y factores de descuento basado en tasas decrecientes (hiperbólicas). Estas simulaciones consisten en incorporar mayores niveles de recursos en los proyectos con el objeto de dar solución a los principales problemas que presentan los sistemas APR según la Dirección de Obras Hidráulicas y que fueron descritos en el capítulo 5 de este documento.

Para el primer problema, mayor costo de solución por arranque, que en la simulación será definido como **caso 1**, se procede a incrementar el valor de la inversión inicial en un monto igual al 7% del ítem asociado a los costos de distribución de los sistemas APR. Este incremento corresponde al promedio anual que la Dirección de Obras Hidráulicas ha estimado como crecimiento para el periodo del 2010-2014. Por su parte, para el tercer

problema, asociado a deficiencias en la gestión de los sistemas APR, que en la simulación se define como **caso 2**, se incorpora para el periodo 10 un monto equivalente al 25% del valor total de los costos de operación, mantenimiento y administración de los sistemas APR, conforme se indica detalle en Anexo 9. Este incremento será variable para cada proyecto, ya que algunos si aplican dicho valor y otros en un porcentaje menor. El monto queda representado dentro de la estructura de costos del proyecto en el ítem costo de reposición de los sistemas APR.



En la Tabla 11 se presentan los resultados de la simulación para el **caso 1**, incremento en el valor de la inversión inicial de los proyectos por concepto mayores costos de distribución, **caso 2** incremento en los flujos de costos por concepto costos de reposición de los sistemas APR y **caso 3** para aquella situación en la que considera ambos casos en forma simultánea. Además en los Anexos 10, 11 y 12, en sus partes A, B y C respectivamente, se detallan los cálculos efectuados para cada una de las simulaciones.

Tabla 11 Simulación cambios en las componentes de los proyectos

TSD	CASO 1			CASO 2			CASO 3		
	Incremento inversión inicial			Incremento inversión reposición			Incremento ambas partidas		
	Item 7% costos de distribución			Item 25% costos de reposición					
	E	H - 1P	H - G	E	H - 1P	H - G	E	H - 1P	H - G
0%	0	0	0	-3	-3	-3	-5	-6	-4
1%	-1	-1	-4	-2	-2	-4	-3	-4	-5
2%	-4	-4	0	-4	-4	-4	-5	-6	-5
3%	0	-3	0	-4	-5	-1	-5	-6	-5
4%	0	0	0	-2	-4	0	-5	-5	-1
5%	0	0	0	-1	-2	0	-4	-5	0
6%	0	0	0	0	-1	0	-1	-5	0
7%	0	0	-3	0	-1	-3	0	-4	-3
8%	0	0	-3	0	0	-5	0	-1	-5
9%	-2	0	-4	-2	0	-5	-2	0	-6
10%	-3	0	-3	-4	0	-5	-4	0	-6
11%	-4	0	-3	-6	0	-3	-6	0	-5
12%	-4	0	-5	-4	0	-5	-7	0	-7
13%	-6	-2	-4	-6	-2	-3	-8	-2	-6
14%	-5	-3	-5	-4	-3	-5	-8	-3	-8
15%	-5	-3	-5	-4	-4	-4	-9	-4	-7
16%	-5	-3	-5	-3	-5	-4	-7	-5	-7
17%	-5	-4	-5	-2	-5	-2	-7	-6	-7
18%	-4	-4	-4	-1	-5	-2	-6	-6	-7
19%	-4	-4	-4	0	-5	-1	-5	-6	-6
20%	-4	-3	-4	-1	-5	0	-6	-6	-5
21%	-4	-3	-4	-1	-4	-1	-5	-6	-6
22%	-3	-3	-4	-1	-3	0	-5	-5	-6
23%	-2	-4	-5	0	-4	-1	-5	-6	-7
24%	-2	-5	-5	0	-5	-1	-4	-7	-6
25%	-2	-4	-4	0	-4	-1	-3	-6	-6
26%	-2	-4	-3	0	-3	0	-3	-6	-5
27%	-1	-5	-2	0	-5	0	-2	-8	-5
28%	0	-5	-2	0	-5	0	-2	-8	-5
29%	0	-5	-2	0	-4	0	-1	-8	-5
30%	0	-5	-2	0	-4	0	-1	-7	-4
40%	-3	-4	0	-2	0	0	-3	-5	-1
50%	-2	-4	0	0	-1	0	-2	-6	0
100%	-3	0	-3	0	0	0	-3	0	-3
150%	-3	-3	-3	0	-2	0	-3	-3	-3
200%	-3	-3	-3	0	0	0	-3	-3	-3
300%	-4	-3	-3	0	0	0	-4	-3	-3
400%	-4	-3	-4	0	0	-1	-4	-3	-4
500%	-4	-3	-4	0	0	0	-4	-3	-4
> 500%	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(E): Exponencial; (H - 1P): Hiperbólico un parámetro; (H - G): Hiperbólico generalizado

Fuente: Elaboración propia



Se observa que para el **caso 1**, la evaluación económica realizada con factor de descuento exponencial indica que en el rango de valores de tasa social de descuento que van del 3 al 8% no se registra variabilidad en el número de proyectos rechazados, indicados con números en color azul<sup>58</sup>. Por su parte, para el factor hiperbólico de un parámetro (1P) se ubica en el rango del 4 al 12% y el factor hiperbólico generalizado (G) en el rango del 2 al 6%. Para valores superiores a este rango de tasa de descuentos se observa cambios significativos en la cantidad de proyectos rechazados (números en color rojo). Respecto del rango de valores de tasa social de descuento donde no se registran rechazo de proyectos (números en color azul), los valores obtenidos son similares al rango de valores de tasa social de descuento donde no presenta sensibilidad en la función tasa de aprobación de proyectos APR descrita en el capítulo 8. Sin embargo, el análisis realizado bajo este esquema difiere del valor de la elasticidad obtenido de la función TAP, en el sentido de que se busca medir la sensibilidad en la tasa de aprobación de los proyectos (TAP) producto de cambios en el valor de la

---

<sup>58</sup> El valor cero en color azul indica que no existe variación en el número de proyectos aprobados para cada nivel de TSD producto de cambio en alguna de las partidas del proyecto, que para el **caso 1** corresponde a incremento en el valor de la inversión inicial. En particular, se considera que para un valor de TSD igual al 6% se registran 17 de los 42 proyectos aprobados, por lo que para ese nivel TSD el valor cero indica que en aplicación del caso 1 se siguen aprobando 17 proyectos APR. Por su parte, bajo el mismo esquema la numeración en color rojo indica la cantidad de proyectos rechazados para cada nivel de TSD.

TSD, considerando además la existencia de cambios en otras variables, como son las componentes de los proyectos, asociadas en este caso a los costos.

En consideración a lo anterior, un valor de la tasa social de descuento igual o menor al 6% (vigente año 2018), no afectarían la tasa de aprobación de los proyectos APR propuestos al Estado para su ejecución, por lo que su implementación solo tiene efectos en mayor gasto en inversión a ser realizado por el Estado (financiar sistemas APR más caros).

Para el **caso 2**, si bien para el intervalo de tasa social de descuento (TSD) del 2 al 12% se mantiene el patrón de sensibilidad nula (números color azul) en comparación al observado para el caso 1, este ha disminuido significativamente para cada factor de descuento. Se observa que la evaluación económica realizada con factor de descuento exponencial, no se registra variabilidad en el número de proyectos rechazados (números en color azul), para valores de TSD del rango del 6 al 8%, para el factor de descuento hiperbólico de un parámetro en el rango del 8 al 12% y para el factor hiperbólico generalizado el rango del 4 al 6%. Para valores superiores

a estos rangos de TSD si bien se presenta variación en la tasa de aprobación (cantidad de proyectos rechazados), esta es en general no significativa (números color azul) para valores de la TSD significativamente elevados.

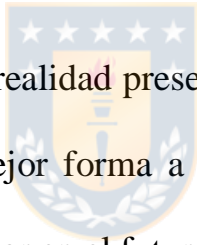
En consideración a lo anterior, políticas públicas orientadas a incrementar las tarifas en el porcentaje y cantidad exigidas bajo el nuevo marco regulatorio, tienen un efecto significativo en la tasa de aprobación de proyectos, en especial en aquellas evaluaciones económicas que puedan ser realizadas con uso de un factor de descuento hiperbólico de un parámetro, ya que aumenta la cantidad de proyectos rechazados para un nivel de TSD cercanas y/o inferiores al valor del 6%.

Finalmente, para el **caso 3** que combina en forma simultánea incrementos en las partidas de los proyectos, es decir, aumento en los montos de inversión y los flujos de costos (caso 1 y 2); si bien el patrón de los valores de no sensibilidad son similares (números color azul), se observa que el rango de sensibilidad nula se reduce significativamente en comparación con los dos casos anteriores.

Respecto de cada factor de descuento en particular, una evaluación económica realizada con factor exponencial indica que en el rango de valores de tasa social de descuento que va del 7 al 8% no se registra variabilidad en el número de proyectos rechazados (números en color azul). Por su parte, el factor hiperbólico de un parámetro no presenta sensibilidad en el rango de TSD del 9 al 12% y el factor hiperbólico generalizado no se registra variabilidad para el rango de TSD del 5 al 6%. Para valores de tasa social de descuento superiores a los rangos de TSD anteriores, se observa cambios significativos en la cantidad de proyectos rechazados (números en color rojo) en comparación con la simulación realizada para los dos casos anteriores.

Lo anterior sugiere que, la implementación en forma simultánea de incrementos en los niveles de inversión inicial producto del mayor costo por solución de los sistemas APR e inversiones en reposición de los sistemas, necesarios para alcanzar la sostenibilidad del funcionamiento de estos, indican que en un contexto de tasas de descuento en disminución, evaluaciones económicas realizadas con factor de descuento hiperbólico generalizado se obtienen los mejores resultados, ya que no tendría efecto en

la tasa de aprobación de proyectos (cantidad de proyectos rechazados se mantiene constante). Por su parte, en un escenario al alza de la tasa social de descuento, en el rango del 6 al 8%, el uso de un factor de descuento exponencial presenta ventajas en su uso, ya que no presenta cambios en la tasa de aprobación de los proyectos (cantidad proyectos rechazados se mantiene constante), en comparación con los factores de descuentos basados en tasas de descuentos decrecientes (hiperbólicos).



Ahora bien, conforme a la realidad presente en los sistemas APR en el país, el caso 3 se adecua de mejor forma a la situación que el sector de agua potable rural deberá enfrentar en el futuro, es decir, mayor costo de solución de los sistemas y exigencias en el control de las tarifas de agua potable. En consideración a ello, se plantea un ejercicio en el cual se evalúa la sensibilidad en la tasa de aprobación de los proyectos APR, considerando además de los cambios en las componentes de los proyectos descritas para el caso 3, la incorporación de ajustes a ser implementados en el valor del costo de referencia por arranque de los proyectos APR.

Para ello, se consideran elementos vistos en el capítulo 9 de este documento asociado al análisis de estabilidad de los datos, donde se procede a ajustar el valor del costo de referencia por arranque a un monto de 141 U.F. (Unidad de Fomento) para el grupo de los proyectos APR aprobados hasta el año 2014 y un valor de valor de 152 U.F. por arranque para los proyectos APR aprobados después del año 2014. Estos valores se aplican en referencia a que los resultados obtenidos para valores de tasa costo de oportunidad (tasa-tir) y elasticidad de la función tasa de aprobación de proyectos (TAP), los que responderían en forma similar para los proyectos de agua potable rural aplicados en la región del Bio Bio, como así también en otras zonas del país.

En la Tabla 12 se indican los resultados de esta prueba y en el Anexo 13 en sus partes A, B y C se indican los cálculos en detalle efectuados para la prueba asociada al **caso 3** que considera cambios en el valor del costos de referencia de los arranques (141 y 152 U.F.). En dicha tabla es posible observar que para todos factores de descuentos (exponencial e hiperbólicos) se logra evidenciar valores positivos en la cantidad de proyectos aprobados (números en color verde) para distintos niveles de TSD.

Tabla 12 Simulación con ajuste valor costo de referencia por arranque

TSD	CASO 3			CASO 3		
	Costo de Referencia 130 y 144 U.F. por Arranque			Costo de Referencia 141 y 152 U.F. por Arranque		
	E	H - 1P	H - G	E	H - 1P	H - G
0%	-5	-6	-4	-2	-2	0
1%	-3	-4	-5	-1	-1	-1
2%	-5	-6	-5	-2	-2	-1
3%	-5	-6	-5	-3	-3	1
4%	-5	-5	-1	0	-2	1
5%	-4	-5	0	0	0	1
6%	-1	-5	0	0	0	1
7%	0	-4	-3	0	0	-2
8%	0	-1	-5	0	0	-2
9%	-2	0	-6	-2	0	-1
10%	-4	0	-6	-2	0	1
11%	-6	0	-5	-1	0	1
12%	-7	0	-7	0	0	-1
13%	-8	-2	-6	-1	-2	-1
14%	-8	-3	-8	-2	-3	-2
15%	-9	-4	-7	-2	-3	-2
16%	-7	-5	-7	-1	-3	-1
17%	-7	-6	-7	0	-3	0
18%	-6	-6	-7	0	-2	0
19%	-5	-6	-6	0	0	0
20%	-6	-6	-5	0	1	0
21%	-5	-6	-6	0	1	0
22%	-5	-5	-6	0	1	1
23%	-5	-6	-7	0	0	0
24%	-4	-7	-6	0	-1	0
25%	-3	-6	-6	0	-1	0
26%	-3	-6	-5	0	-1	0
27%	-2	-8	-5	0	-3	0
28%	-2	-8	-5	0	-2	0
29%	-1	-8	-5	0	-2	0
30%	-1	-7	-4	1	-2	0
40%	-3	-5	-1	1	0	0
50%	-2	-6	0	1	0	1
100%	-3	0	-3	1	1	1
150%	-3	-3	-3	1	0	1
200%	-3	-3	-3	1	1	1
300%	-4	-3	-3	1	1	1
400%	-4	-3	-4	1	1	0
500%	-4	-3	-4	1	1	1
> 500%	0	0	0	0	0	0

(E): Exponencial; (H - 1P): Hiperbólico un parámetro; (H - G): Hiperbólico generalizado

Fuente: Elaboración propia

El análisis en forma individual por factor de descuento indica que con uso del factor de descuento exponencial, al comparar con los resultados obtenidos en la situación inicial para el caso 3, donde se consideraba un costo de referencia por arranque con valor igual a 130 y 144 U.F., indican que se amplían los rangos de valores de sensibilidad nula (números color azul), esto para valores de TSD del 4 al 8%, como así también se registra sensibilidad nula para un valor de TSD igual al 12%. Además, se observan valores positivos en la tasa de aprobación de proyectos (números color verde) para rangos de TSD del 30 al 500%.

Por su parte, con uso del factor de descuento hiperbólico de un parámetro, se registra un predominio de sensibilidad nula en el rango de TSD del 5 al 12% y variación positiva en la tasa de aprobación de proyectos (TAP) de los proyectos para rangos de TSD del 20 al 22% y del 100 al 500%.

Finalmente, para el caso de evaluaciones realizadas con factor de descuento hiperbólico generalizado, se registra una variación positiva en la TAP, la que está en línea con la tendencia de tasas de descuentos en disminución, ya que se registran incrementos en la TAP para un rango de TSD del 3 al 6%,



variación positiva que también puede encontrarse para rangos de TSD del 10 al 11%, al 22%, del 100 al 300% y al 500%. Se observa además, predominio significativo de valores nulos en la sensibilidad de la TAP para valores de TSD significativamente elevados.

Por lo tanto, en un contexto de tasas de descuento en disminución, políticas públicas que se orienten al fomento de iniciativas que permitan desarrollar la instalación de sistemas APR producto de un menor costo de los fondos para el país (TSD), sin perjuicio del incremento en el valor de las componente de costos de estos proyectos APR (inversión inicial y flujo de costos) y la realización de ajustes al alza en el valor del costo referencial por arranque de los proyectos APR, para evaluaciones económicas realizadas con uso de factor de descuento hiperbólico generalizado, se obtiene un incremento significativo en la tasa de aprobación de proyectos APR.

## CONCLUSIONES

El análisis descriptivo realizado a la muestra de 42 proyectos de agua potable rural (APR) pertenecientes a la región del Bio Bio, correspondientes al periodo de evaluación económica realizado entre los años 2012 al 2017, indican que para un valor de tasa social de descuento igual al 6% (vigente para el año 2018) la cantidad de proyectos aprobados conforme el criterio de decisión basado en la tasa costo de oportunidad (tasa-tir), determinado en base al costo de referencia por arranque, corresponden a un 40.5% de los proyectos APR propuestos para su ejecución, cifra que difiere significativamente de la cantidad de proyectos APR aprobados por el Estado, que representan el 81% de los proyectos propuestos para su ejecución.

Además, se logro describir la función tasa de aprobación de proyectos (TAP) de agua potable rural, la que resulto tener como principales características que corresponde a una función de distribución de tipo discreta y monótonamente creciente, donde la tasa de aprobación de proyectos APR presenta valores constantes (fijos) para determinados rangos

de valores de tasa social de descuento (TSD). La representación gráfica de esta función, con uso de un factor de descuento basado en la función exponencial, tradicionalmente utilizado por la teoría económica para evaluar proyectos de inversión, como así también para factores de descuentos basados en las tasas de descuentos decrecientes, tales como hiperbólico de un parámetro e hiperbólico generalizado, permiten observar niveles de sensibilidad significativos en la tasa de aprobación de proyectos APR (elástica) para rangos de fluctuación de la TSD en el intervalo del 0 al 30% y niveles de sensibilidad bajo (inelástica) para rango de valores de TSD superiores al 30%.



Por su parte, el análisis de la estabilidad de los datos para la muestra de proyectos en estudio, realizado con uso de un factor de descuento basado en la función exponencial, indican que a nivel nacional para las 6 zonas definidas por la Dirección de Obras Hidráulicas, sugieren que la instalación de sistemas de agua potable rural similares en tamaño a los construidos en la zona 3, donde pertenece la región del Bio Bio, para valores de TSD del rango del 4 al 7%, se registran niveles de sensibilidad significativos en la tasa de aprobación de proyectos APR, situación que difiere de los proyectos

APR implementados en la región del Bio Bio que presentan niveles de sensibilidad nulos.

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad de la función TAP frente a cambios en el valor de la variable TSD, manteniendo constante el valor de cualquier otra variable o factor exógeno relevante para los proyectos APR, variaciones al alza o disminución de la TSD en el orden del 1% respecto del valor vigente a la fecha ( $TSD = 6\%$ ), se tiene que evaluaciones económicas realizadas con uso de un factor de descuento hiperbólico generalizado, se registran niveles de elasticidad significativos para la función TAP, situación que difiere de los factores de descuento exponencial e hiperbólico de un parámetro, que registran niveles de sensibilidad nulos.

En cuanto a la implementación del nuevo marco regulatorio de agua potable rural que busca entre otros objetivos alcanzar sustentabilidad para los sistemas APR; los resultados indican, que bajo un escenario que incluya mayores costos de solución por arranque y un control adecuado en la fijación y recaudación de tarifas por suministro de agua potable, se observa

que para una disminución del 1% en el valor de la TSD vigente para el año 2018 ( $TSD = 6\%$ ), con uso de un factor de descuento hiperbólico generalizado se obtienen los mejores resultados, ya que estos no tendrían efecto en la tasa de aprobación de proyectos (cantidad de proyectos rechazados) y para un incremento del 1% en el valor de la TSD vigente al año 2018, los mejores resultados son obtenidos con uso del factor exponencial (tradicional), donde no se registra variación en la tasa de aprobación de proyectos.



Por su parte, en el evento de incorporar además de cambios en los componentes de los proyectos APR (inversión inicial y flujos de costos), cambios en el costo de referencia por arranque de los proyectos APR, ajustando su valor al alza; al respecto, se observa que para evaluaciones económicas realizadas con factor de descuento hiperbólico generalizado, aplicado en un contexto de tasas de descuento en disminución, se registran aumentos significativos en la tasa de aprobación de los proyectos APR (mayor cantidad aprobada de proyectos). Por su parte, respecto de evaluaciones económicas realizadas con uso del factor de descuento

exponencial (tradicional), no se registra variación en la tasa de aprobación de proyectos.

En cuanto a la hipótesis planteada para esta investigación, se tiene que evaluada en un contexto de tasas de interés en disminución, tendencia creciente en los costos de solución de los sistemas APR y cambios al alza en el valor de los flujos de costos de los proyectos, esta no se rechaza para evaluaciones económicas realizadas con uso del factor de descuento exponencial (tradicional), situación que difiere significativamente del caso en que las evaluaciones económicas que sean realizadas con enfoques de tasas de descuento decrecientes.

Finalmente, esta investigación sugiere replicar este análisis a otras regiones del país, con el objeto de evaluar la existencia de patrones en los datos que permitan caracterizar los tipos de proyectos de agua potable rural que son instalados en cada una de las zonas del país y determinar otras variables que afecten significativamente la función tasa de aprobación de los proyectos. Además, se recomienda realizar un análisis a los procedimientos adoptados en el proceso de ajuste de los valores de costo de referencia por arranque de

los proyectos APR, sugiriendo incorporar una cantidad de proyectos de APR que sea representativo por zona del país, toda vez el significativo y sostenido aumento en las componentes de los proyectos observado en periodos de 4 años (2011 al 2014), según los estudios realizados por la Dirección de Obras Hidráulicas, en especial para aquellos proyectos de agua potable rural destinados a una población semi-concentrada y dispersa, inciden significativamente en los resultados obtenidos al momento de aplicar los criterios de decisión utilizados para la evaluación económica de los proyectos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ainslie, G. W. (1974), “Impulse Control in Pigeons”, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21(3), pp. 485-489.

Almansa S., C.; Calatrava R., J. (2007), “La problemática del descuento en la evaluación económica de proyectos con Impacto intergeneracional: Tasa ambiental crítica y montante de transferencia intergeneracional”, *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 25, núm. 1, abril, 2007, pp. 165-197, Asociación Internacional de Economía Aplicada, Valladolid, España.

Arrow K.J., Cline W.R., Maeler K.G., Munasinghe M., Squitieri R., and Stiglitz J.E. (1996), “Intertemporal Equity, Discounting and Economic Efficiency”. In: J.P. Bruce, L. Hoesung, E. F. Haites (Editors), *Second Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge.

Cameron H., Duncan S. y Papachristodoulou A. (2010), Behavioural Economics, Hyperbolic Discounting and Environmental Policy, *Environ Resource Econ* (2010) 46:189–206.

Campos J., Serebrisky T. y Suárez-Alemán A., (2015): “Porque el tiempo pasa: evolución teórica y práctica en la determinación de la tasa social de descuento”, *Banco Interamericano de Desarrollo “BID”*.

Campos J., Serebrisky T. y Suárez-Alemán A., (2016): “Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: Algunas reflexione practicas para América Latina y el Caribe”, *Banco Interamericano de Desarrollo “BID”*.

Cartes F., Contreras E. y Cruz JM., (2004): “La tasa social de descuento en Chile”. *Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Chile*.

Correa R., F., (2006), “La tasa social de descuento y el medio ambiente”, *Lecturas de Economía*, 64 (enero-junio), pp. 91-116, Universidad de Antioquia, Colombia.



Correa, F., (2008). “Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia”, *Lecturas de Economía*, 69 (julio-diciembre), pp. 141-162, Universidad de Antioquia, Colombia.

Cropper, M., et al. (1991), “Discounting Human Lives”, *American Journal of Agricultural Economics*, No. 73, pp. 1410-1415.

Cruz, S., y Muñoz, M. J., (2005). “Some Considerations on the Social Discount Rate”, *Environmental Science Policy*, No. 8, pp. 343-355.

Dirección de Obras Hidráulicas (2015), “Informe Final de Evaluación de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural (APR)”, *Dirección de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Publicas (MOP)*.

Edwards, G. (2002) “Tasa social de descuento en el largo plazo”, *Revista de Analisis Económico, Volumen 17, N° 2*, pp. 123-144 (Diciembre del 2002).

Edwards, G. (2014) “Tasa social de descuento en el largo plazo en el marco de los Sistemas Nacionales de Inversiones en Chile: aplicación al caso de chileno”, *El Trimestre Económico*, vol. LXXXIII (1), núm. 329, enero-marzo, 2016, pp. 99-125, *Fondo de Cultura Económica*, Distrito Federal, México.

Fernández-Baca J. (2011): “Actualización de la Tasa Social de Descuento”, *Ministerio de Economía y Finanzas, Perú*.

Fontaine E.R. (1993), “Evaluación Social de Proyectos”, *Ediciones Universidad Católica de Chile*, 9ª edición.

Gollier, C., (2002). “Discounting an uncertain future”, *Journal of Public Economics* 85 (2002) 149166.

Gowdy J., Barkley R. y Roy L. (2013), “The evolution of hyperbolic discounting: Implications for truly social valuation of the future”, *Journal of Economic Behavior & Organization* 90S (2013) S94– S104.

Harberger, A. (1972), “On Measuring the Social Opportunity Cost of Public Funds”, en *Project Evaluation-Collected Papers*, cap. 4, The University of Chicago Press, Chicago.

Laibson, D. (1997), “Golden Eggs and Hyperbolic Discounting”, *Quarterly Journal of Economics*, 112, pp. 443-477.

Loewenstein G and Prelec D. (1992), “Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation”, *The Quarterly Journal of Economics*, 1992, vol. 107, issue 2, 573-597.

Maletta H. (2010), “La evolución del Homo economicus: Problemas del marco de decisión racional en Economía”, *Economía Vol. XXXIII, N° 65*, semestre enero-junio 2010, pp. 9-68 / ISSN 0254-4415.

Mazur, J.E. (1987), “An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. In: Commons, M. L., Mazur, J. E., Nevin, J. A. and Rachlin, H., Eds., *The Effect of Delay and of Intervening Events on Reinforcement Value, Quantitative Analyses of Behavior*, Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 55-73.

Ministerio de Desarrollo Social de Chile, (2015): “Metodologías de Formulación y Evaluación de Proyectos de Agua Potable Rural (APR)”.

Ministerio de Desarrollo Social de Chile, (2017): “Requisitos de información para la postulación de iniciativas de inversión: sector agua potable rural y alcantarillado”.

Newell, R., y Pizer, W., (2003). “Discounting the distant future: how much do uncertain rates increase valuations?” *Journal of Environmental Economics and Management* 46 (2003) 5271.

Oddene G. (2011): Componente: “Precios de Cuenta, Sub-componente: Tasa Social de Descuento” *Convenio OPP – FCEyA (UdelaR)*, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de la Republica, Uruguay.

Romano G. (2014) “Decisiones intertemporales y decisiones bajo incertidumbre: relaciones lógicas y conceptuales”, *ISSN 2346-0075*, Numero 1, Julio a Diciembre 2014, Colombia.

San Martín R., Isla P. y Melis C. (2012), “Preferencia temporal en el cerebro: Una revisión crítica de las contribuciones de la neuroeconomía al estudio de la elección intertemporal”, *El trimestre económico*, vol. *LXXIX* (2), núm. 314, abril-junio de 2012, pp. 449-473.

Weitzman, M., (2001), “Gamma Discounting”, *The American Economic Review*, Vol. 91, No. 1 (Mar., 2001), pp. 260-271.

Zhuang, J., L. Zhihong, Tun Lin y F. De Guzmán (2007), “Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: a Survey”, Asian Development Bank, *ERD Working Paper núm. 94*.



# ANEXOS

## Anexo 1 : Listado muestra en estudio

N° Proyecto	Nombre Sistema APR	Provincia	Tipo de Proyecto	Inversión U.F.	Año	N° Arranque	N° Población
1	Tirúa	Arauco	Mantenimiento y Ampliación	176.487	2.015	1.139	5.435
2	El Zarzal - Monteblanco - Calle Dávila	Ñuble	Construcción APR	23.038	2.014	164	810
3	San Antonio - Las Quintas - Allipen	Bio-Bio	Construcción APR	43.162	2.014	278	1.345
4	San José de Bío Bío	Bio-Bio	Construcción APR	14.773	2.015	75	415
5	San Jose-Las Achiras	Ñuble	Construcción APR	29.398	2.016	108	413
6	San Pedro - San Ignacio	Ñuble	Construcción APR	16.702	2.013	71	351
7	Santa Amelia	Bio-Bio	Construcción APR	20.596	2.017	116	569
8	Santa Cruz de Cuca	Ñuble	Construcción APR	20.376	2.012	183	880
9	Santa Juana-El Calvario	Ñuble	Mantenimiento y Ampliación	34.246	2.016	281	1.147
10	Selva Negra	Ñuble	Construcción APR	22.038	2.015	112	520
11	Mesamavida	Bio-Bio	Construcción APR	20.575	2.017	131	653
12	Oro Verde	Ñuble	Construcción APR	38.900	2.015	223	1.825
13	Pata de Gallina	Bio-Bio	Construcción APR	17.716	2.012	131	460
14	Peñaflor	Bio-Bio	Construcción APR	51.587	2.015	321	1.565
15	Pichiarauco - Vvilla los ríos	Arauco	Construcción APR	49.749	2.014	237	1.145
16	Pilicura	Ñuble	Construcción APR	17.244	2.014	86	430
17	Poco a poco	Bio-Bio	Construcción APR	11.419	2.016	109	436
18	Quinquhua	Ñuble	Mantenimiento y Ampliación	17.479	2.014	270	640
19	Relbún	Ñuble	Construcción APR	30.292	2.014	168	832
20	Rinconada de Itata	Ñuble	Construcción APR	11.732	2.013	70	345
21	Las Vegas	Bio-Bio	Construcción APR	18.590	2.016	183	732
22	Las Vertientes	Ñuble	Construcción APR	26.068	2.015	159	795
23	Llano Blanco	Bio-Bio	Construcción APR	40.431	2.013	267	1.270
24	Los Boldos - Mañil Bajo - Los Naranjos	Bio-Bio	Construcción APR	58.917	2.013	509	2.382
25	La Curva	Arauco	Construcción APR	27.932	2.016	199	538
26	La Isla	Bio-Bio	Construcción APR	22.112	2.017	121	605
27	La Mata - Las Garzas	Ñuble	Construcción APR	23.942	2.017	140	417
28	La Perla	Bio-Bio	Construcción APR	51.942	2.016	359	1.233
29	Laraquete - El Pinar	Arauco	Mantenimiento y Ampliación	32.823	2.016	1.448	6.323
30	Las aguilas	Bio-Bio	Construcción APR	14.334	2.016	93	421
31	El aromo	Bio-Bio	Construcción APR	45.837	2.017	241	944
32	El olivo	Bio-Bio	Construcción APR	18.184	2.016	146	587
33	El pino san miguel	Bio-Bio	Construcción APR	35.200	2.014	217	1.050
34	Frutillares	Ñuble	Construcción APR	19.785	2.014	117	555
35	Horcones	Arauco	Construcción APR	21.963	2.012	372	1.735
36	Junquillo	Ñuble	Construcción APR	13.685	2.016	84	252
37	La Gloria	Concepción	Construcción APR	15.853	2.017	77	291
38	Cantarrana	Bio-Bio	Construcción APR	23.398	2.015	134	610
39	Ciruelito - El Cardal	Ñuble	Construcción APR	21.512	2.014	156	745
40	Coleal Central	Ñuble	Construcción APR	16.071	2.014	123	585
41	Dicahue	Bio-Bio	Construcción APR	32.132	2.016	221	774
42	Diuto	Bio-Bio	Construcción APR	14.928	2.013	134	650
<b>Obs. 1</b>	El monto de la inversión se asocia al valor a ser ejecutado según presupuesto y no al valor asociado a la evaluación económica.						
<b>Obs. 2</b>	El año hace referencia al periodo donde fue aprobada la evaluación económica del proyecto.						
<b>Obs. 3</b>	El número de Arranques y la Población corresponde al proyecto en marcha y no al considerado en la evaluación económica.						

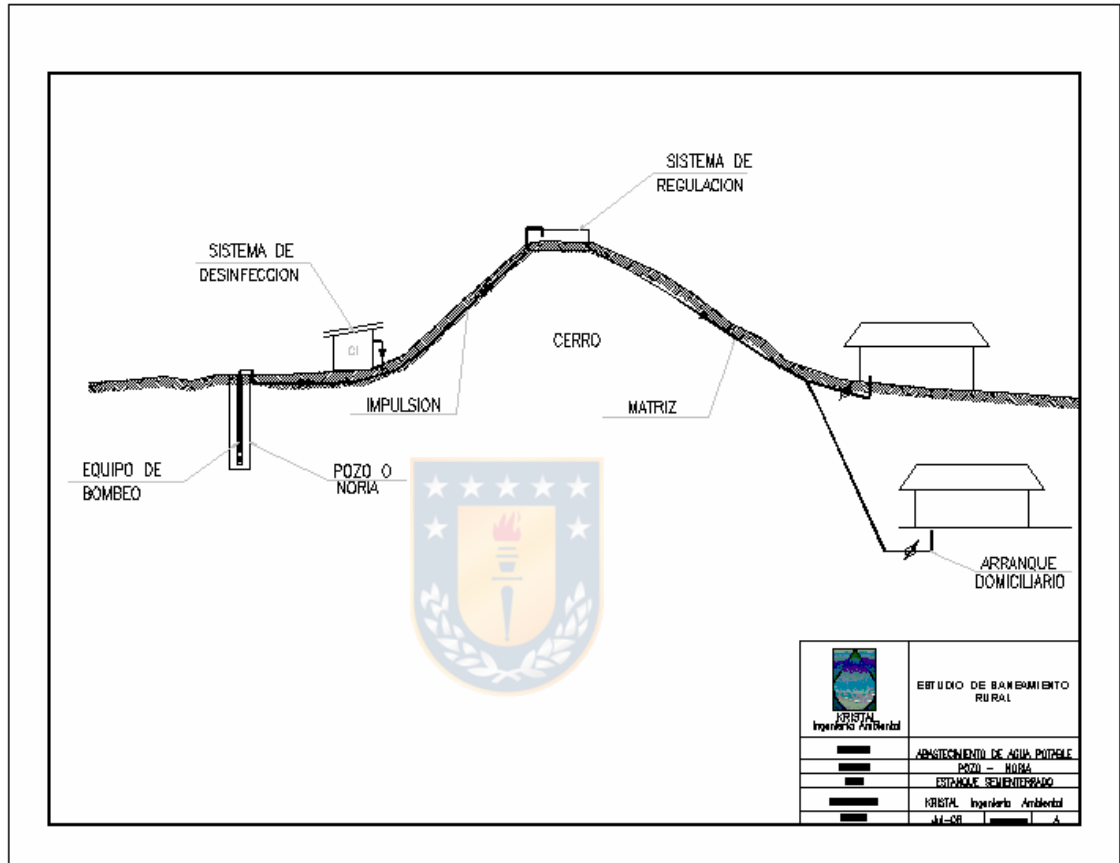
Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2 : Cuadro principales costos de los proyectos APR

Proyecto	(% Red Distribución sobre Inversión)	Costo Reposición	(% Incremento Costo Operación)		(% Cobros Consultora sobre Inversión)	
			Productos Químicos	Energía Eléctrica	Utilidad	Gastos Generales
1	68%	si	2%	2%	10%	20%
2	71%	no	No aplica	No aplica	15%	20%
3	72%	no	No aplica	No aplica	10%	20%
4	58%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
5	73%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
6	No se indica	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
7	57%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
8	57%	si	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
9	72%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
10	No se indica	si	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
11	71%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
12	75%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
13	49%	si	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
14	48%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
15	39%	si	No aplica	No aplica	10%	20%
16	45%	no	No aplica	No aplica	10%	20%
17	39%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
18	44%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
19	No se indica	si	2%	2%	No se indica	No se indica
20	45%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
21	67%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
22	65%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
23	73%	si	No aplica	No aplica	10%	20%
24	67%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
25	76%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
26	75%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
27	68%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
28	56%	no	2%	2%	25%	20%
29	23%	si	2%	2%	10%	20%
30	37%	si	2%	2%	15%	20%
31	54%	si	2%	2%	10%	20%
32	51%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
33	80%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
34	67%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
35	No se indica	si	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
36	57%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
37	40%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
38	68%	si	2%	2%	No se indica	No se indica
39	63%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
40	46%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
41	80%	si	2%	No aplica	10%	20%
42	48%	no	No aplica	No aplica	No se indica	No se indica
<b>Prom.</b>	<b>58%</b>		<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>11%</b>	<b>20%</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>14,29%</b>		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>2,34%</b>	<b>0%</b>

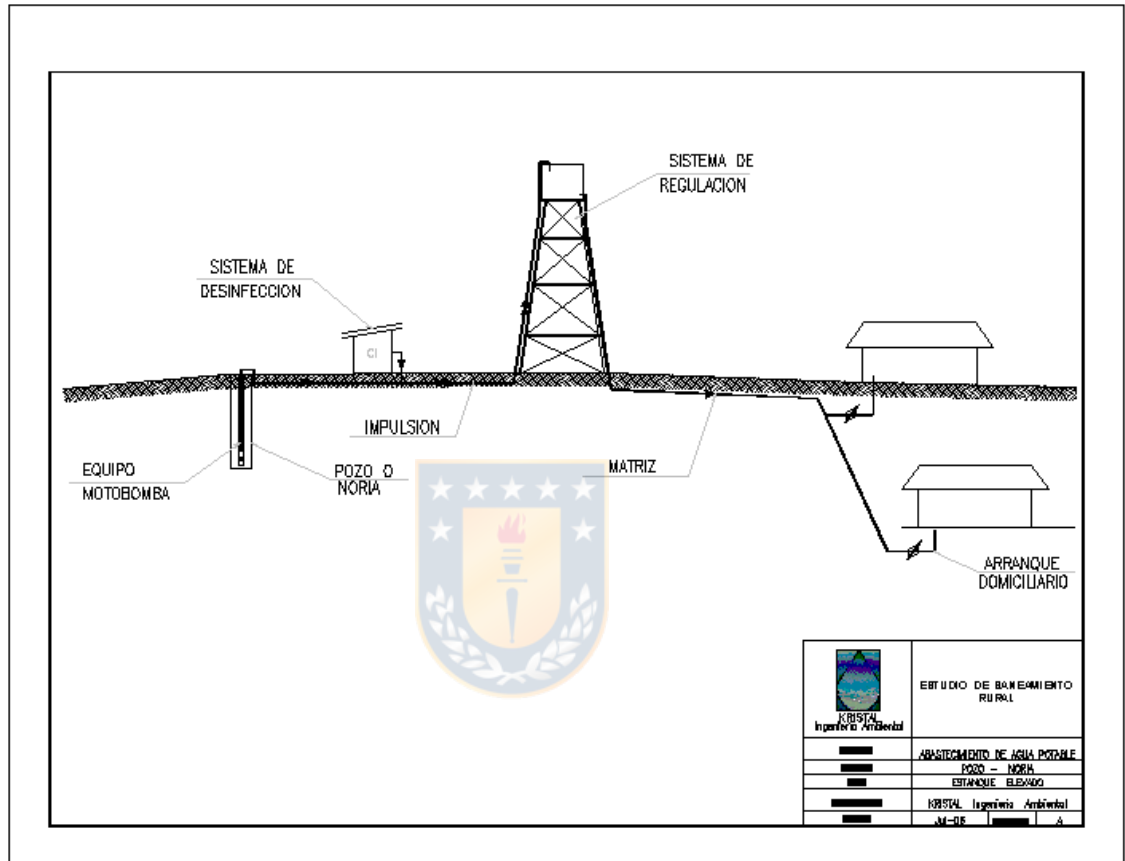
Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3 : Sistemas APR en bases a abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Enterrado.



Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

**Anexo 4 : Sistemas APR en bases a abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Elevado.**



Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

## Anexo 5 : Tasa-tir por Zona para prueba de estabilidad datos

Costo Referencia	230 UF	221 UF	144 UF	175 UF	213 UF	163 UF
Costo Promedio	177 UF	170 UF	111 UF	135 UF	164 UF	125 UF
Diferencia Costo	66 UF	59 UF	-	24 UF	53 UF	14 UF
PROYECTO	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
35	-11,381%	-11,275%	-9,196%	-10,647%	-11,166%	-10,525%
23	-10,369%	-10,175%	-5,486%	-8,958%	-9,973%	-8,704%
29	-8,660%	-8,603%	-8,025%	-8,257%	-8,541%	-8,206%
8	-8,598%	-8,422%	-4,460%	-7,339%	-8,240%	-7,118%
21	-7,761%	-7,602%	-5,924%	-6,635%	-7,438%	-6,441%
28	-6,296%	-6,054%	-3,281%	-4,516%	-5,803%	-4,188%
24	-5,941%	-5,742%	-1,150%	-4,514%	-5,537%	-4,261%
18	-5,907%	-5,774%	-3,103%	-4,981%	-5,637%	-4,825%
13	-5,597%	-5,346%	1,265%	-3,742%	-5,084%	-3,401%
9	-5,441%	-5,270%	-3,405%	-4,211%	-5,093%	-3,993%
11	-5,426%	-5,195%	-2,598%	-3,739%	-4,955%	-3,434%
14	-5,223%	-4,852%	0,152%	-2,276%	-4,457%	-1,669%
32	-3,170%	-2,997%	-1,044%	-1,901%	-2,815%	-1,679%
3	-3,007%	-2,628%	12,606%	-0,018%	-2,224%	0,589%
17	-2,992%	-2,851%	-1,314%	-1,974%	-2,703%	-1,801%
42	-2,919%	-2,703%	2,288%	-1,369%	-2,480%	-1,094%
41	-2,246%	-1,965%	1,321%	-0,153%	-1,670%	0,237%
25	-2,244%	-1,974%	1,136%	-0,248%	-1,692%	0,119%
12	-0,261%	0,266%	8,549%	4,204%	0,837%	5,221%
2	0,176%	0,505%	10,069%	2,652%	0,849%	3,122%
40	0,486%	0,800%	9,501%	2,830%	1,128%	3,269%
39	0,694%	1,031%	10,931%	3,238%	1,385%	3,722%
30	2,339%	2,762%	8,235%	5,642%	3,210%	6,303%
1	2,809%	3,396%	12,782%	7,827%	4,034%	8,981%
27	3,540%	4,135%	13,753%	8,649%	4,782%	9,832%
7	3,954%	4,343%	9,402%	6,977%	4,749%	7,650%
26	4,722%	5,166%	11,132%	8,225%	5,631%	9,033%
22	5,158%	5,737%	14,273%	9,951%	6,361%	10,998%
31	5,556%	6,493%	38,358%	15,550%	7,562%	18,900%
33	6,425%	7,059%	51,643%	11,754%	7,744%	12,945%
36	7,705%	8,400%	19,397%	13,637%	9,156%	14,992%
38	8,353%	9,402%	39,601%	19,284%	10,594%	22,738%
19	10,760%	11,722%	-	19,900%	12,795%	22,369%
20	11,100%	11,990%	210,193%	19,135%	12,972%	21,126%
34	12,703%	13,739%	-	22,489%	14,895%	25,082%
5	18,013%	19,263%	37,594%	28,239%	20,553%	31,037%
10	22,066%	24,780%	-	68,725%	28,155%	100,541%
16	28,899%	34,127%	-	1261,803%	41,539%	-
4	36,315%	42,360%	-	460,347%	50,764%	-
37	38,199%	44,475%	-	-	53,522%	-
15	125,372%	288,493%	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
<b>Aprobados</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>22</b>
<b>Rechazados</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 6 : Elasticidad función TAP para prueba de estabilidad datos

A.- Valores de elasticidad TAP para rango de TSD del -11% al 27%

Costo Referencia	230 UF	221 UF	144 UF	175 UF	213 UF	163 UF
Costo Medio	177 UF	170 UF	111 UF	135 UF	164 UF	125 UF
Diferencia Costo	66 UF	59 UF	-	24 UF	53 UF	14 UF
TSD	VALOR ELASTICIDAD					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
-11%	-0,09	-0,09	-	-	-0,09	-
-10%	-0,30	-0,30	-	-0,10	-0,30	-0,10
-9%	-0,33	-0,33	-0,11	-0,22	-0,19	-0,22
-8%	-0,29	-0,29	-0,38	-0,21	-0,29	-0,21
-7%	-0,71	-0,71	-	-0,57	-1,29	-0,57
-6%	-0,40	-0,44	-0,50	-1,50	-0,50	-1,50
-5%	-0,60	-0,60	-0,47	-0,70	-0,49	-0,87
-4%	-3,25	-5,75	-0,75	-0,67	-2,75	-0,67
-3%	-1,67	-2,33	-1,17	-2,33	-2,33	-2,11
-2%	-4,00	-2,50	-2,50	-3,25	-2,50	-3,25
-1%	-37,00	-17,00	-7,00	-5,00	-17,00	-6,50
0%	-	-	-	-	-	-
1%	13,67	10,00	7,00	-	10,00	11,00
2%	11,50	11,00	3,75	9,50	10,50	-
3%	4,00	7,67	11,00	4,33	15,00	4,33
4%	4,25	4,08	-	5,25	3,00	3,25
5%	3,67	2,60	-	4,40	2,50	8,60
<b>6%</b>	<b>3,17</b>	<b>3,06</b>	-	<b>3,83</b>	<b>4,50</b>	<b>3,67</b>
7%	4,29	4,14	-	3,43	2,71	3,29
8%	3,88	3,75	2,25	2,13	3,62	3,00
9%	7,00	3,44	1,06	1,96	6,78	1,89
10%	6,50	6,30	1,05	5,50	3,10	1,77
11%	3,00	3,00	1,36	5,18	5,73	5,00
12%	2,83	2,75	1,36	4,75	2,75	4,75
13%	5,31	5,31	1,31	4,54	2,54	4,38
14%	-	4,93	1,93	4,21	4,93	4,21
15%	-	-	3,67	4,07	4,60	3,93
16%	-	-	-	3,81	-	-
17%	-	-	-	-	-	-
18%	3,94	-	-	-	-	3,39
19%	3,74	3,74	3,00	1,14	-	3,21
20%	-	3,55	2,85	1,08	3,55	-
21%	-	-	-	-	3,38	3,00
22%	3,32	-	-	3,14	-	0,98
23%	3,17	-	-	3,00	-	1,43
24%	-	3,04	-	-	-	-
25%	-	2,92	-	-	-	2,76
26%	-	-	-	-	-	2,65
27%	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

B.- Valores de elasticidad TAP para rango de TSD del 28% al 1.261%

Costo Referencia	230 UF	221 UF	144 UF	175 UF	213 UF	163 UF
Costo Medio	177 UF	170 UF	111 UF	135 UF	164 UF	125 UF
Diferencia Costo	66 UF	59 UF	-	24 UF	53 UF	14 UF
TSD	VALOR ELASTICIDAD					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
28%	2,68	-	-	2,54	2,61	-
29%	2,59	-	-	2,45	2,52	-
30%	-	-	-	-	-	-
31%	-	-	-	-	-	2,29
32%	-	-	-	-	-	2,22
33%	-	-	-	-	-	-
34%	-	2,21	-	-	-	-
35%	-	2,14	-	-	-	-
36%	2,14	-	-	-	-	-
37%	2,08	-	1,59	-	-	-
38%	2,08	-	0,79	-	-	-
39%	2,03	-	0,79	-	-	-
40%	-	-	1,58	-	-	-
41%	-	-	-	-	1,83	-
42%	-	1,83	-	-	1,79	-
43%	-	1,79	-	-	-	-
44%	-	1,80	-	-	-	-
45%	-	1,76	-	-	-	-
46% - 49%	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	-	-	1,54	-
51%	-	-	1,27	-	1,51	-
52%	-	-	1,25	-	-	-
53%	-	-	-	-	1,49	-
54% - 67%	-	-	-	-	-	-
68%	-	-	-	1,07	-	-
69%	-	-	-	1,06	-	-
70% - 99%	-	-	-	-	-	-
100%	-	-	-	-	-	0,73
101% - 124%	-	-	-	-	-	-
125%	0,65	-	-	-	-	-
126% - 209%	-	-	-	-	-	-
210%	-	-	0,32	-	-	-
211% - 287%	-	-	-	-	-	-
288%	-	0,28	-	-	-	-
289% - 459%	-	-	-	-	-	-
460%	-	-	-	0,16	-	-
461%	-	-	-	0,16	-	-
462% - 1260%	-	-	-	-	-	-
1261%	-	-	-	0,06	-	-

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7 : Tasas de descuento decrecientes

RESUMEN TASAS (TIR) FACTOR EXPONENCIAL E HIPERBÓLICOS										
N° Proyecto	tasa (tir) Exponencial (A)	tasa (tir) Hiperbólico un parámetro (B)	tasa (tir) Hiperbólico generalizado (C)	Inversión U.F.	Año	N° Arranques	N° Población	Costo arranque	Costo referencia	Criterio costo de referencia
1	12,782%	23,459%	11,729%	147.337	2.015	970	5.435	127,6	144	Acepto
2	10,069%	16,484%	8,242%	19.903	2.014	162	810	103,2	130	Acepto
3	12,606%	22,449%	11,225%	37.644	2.014	270	1.345	117,2	130	Acepto
4	-	-	-	12.902	2.015	73	415	148,5	144	Rechazo
5	37,594%	44,055%	22,028%	24.672	2.016	108	413	192,0	144	Rechazo
6	-	-	-	14.430	2.013	71	351	170,8	130	Rechazo
7	9,402%	12,451%	6,226%	17.831	2.017	116	569	129,2	144	Acepto
8	-4,460%	-3,279%	-1,640%	17.874	2.012	178	880	84,4	130	Acepto
9	-3,405%	-2,596%	-1,298%	28.740	2.016	267	1.147	90,5	144	Acepto
10	-	-	-	18.217	2.015	104	520	147,2	144	Rechazo
11	-2,598%	-2,187%	-1,094%	17.813	2.017	131	653	114,3	144	Acepto
12	8,549%	13,395%	6,697%	33.974	2.015	223	1.825	128,0	144	Acepto
13	1,265%	1,367%	0,683%	15.461	2.012	128	460	101,5	130	Acepto
14	0,152%	0,154%	0,077%	45.054	2.015	314	1.565	120,6	144	Acepto
15	-	-	-	43.329	2.014	229	1.145	159,0	130	Rechazo
16	-	-	-	15.282	2.014	86	430	149,3	130	Rechazo
17	-1,314%	-1,205%	-0,603%	9.583	2.016	109	436	73,9	144	Acepto
18	-3,103%	-2,514%	-1,257%	15.100	2.014	258	640	49,2	130	Acepto
19	-	-	-	25.644	2.014	164	832	131,4	130	Rechazo
20	210,193%	713,611%	356,805%	10.385	2.013	69	345	126,5	130	Acepto
21	-5,924%	-3,883%	-3,492%	16.236	2.016	183	732	74,6	144	Acepto
22	14,273%	26,682%	13,341%	22.766	2.015	159	795	120,3	144	Acepto
23	-5,486%	-3,732%	-1,866%	34.984	2.013	307	1.270	95,8	130	Acepto
24	-1,150%	-1,067%	-0,533%	50.900	2.013	497	2.382	86,1	130	Acepto
25	1,136%	1,218%	0,609%	22.433	2.016	193	538	97,7	144	Acepto
26	11,132%	14,690%	7,345%	19.641	2.017	121	605	136,4	144	Acepto
27	13,753%	26,277%	13,139%	21.267	2.017	140	417	127,7	144	Acepto
28	-3,281%	-2,619%	-1,310%	43.857	2.016	359	1.233	102,7	144	Acepto
29	-8,025%	-4,301%	-2,439%	24.326	2.016	1.448	6.323	14,1	144	Acepto
30	8,235%	12,578%	6,289%	12.519	2.016	93	421	113,1	144	Acepto
31	38,358%	117,727%	58,864%	40.032	2.017	241	944	139,6	144	Acepto
32	-1,044%	-0,980%	-0,490%	15.900	2.016	146	587	91,5	144	Acepto
33	51,643%	147,921%	73,961%	30.411	2.014	210	1.050	121,7	130	Acepto
34	-	-	-	17.092	2.014	111	555	129,4	130	Acepto
35	-9,196%	-4,646%	-2,323%	19.878	2.012	372	1.735	44,9	130	Acepto
36	19,397%	41,298%	20,649%	11.953	2.016	81	252	124,0	144	Acepto
37	-	-	-	13.845	2.017	77	291	151,1	144	Rechazo
38	39,601%	111,673%	55,836%	20.435	2.015	125	610	137,4	144	Acepto
39	10,931%	18,441%	9,221%	18.585	2.014	151	745	103,4	130	Acepto
40	9,501%	15,235%	7,617%	13.885	2.014	117	585	99,7	130	Acepto
41	1,321%	1,433%	0,717%	26.965	2.016	221	774	102,5	144	Acepto
42	2,288%	2,624%	1,312%	12.897	2.013	130	650	83,4	130	Acepto
<b>OBS. 1</b>	Color AZUL indica proyectos que SI se aprueban al considerar una tasa de descuento igual 6%. Color ROJO indica proyectos que NO se aprueban al considerar una tasa de descuento igual 6%.									
<b>OBS. 2</b>	Proyecto 21; con factor de descuento hiperbólico, registran más de una tasa de descuento. Para efectos de ilustración se registra el valor más alto.									
<b>OBS. 3</b>	Proyectos 21, 30 y 36; con factor de descuento Cuasi-hiperbólico, registran más de una tasa de descuento. Para efectos de ilustración se registra el valor más alto.									
<b>OBS. 4</b>	Proyectos 4, 6, 10, 15, 16, 19, 34 y 37; no se registra valor tasa de descuento, toda vez su valor es muy alto (tiende a infinito).									
<b>OBS. 5</b>	El monto de la inversión corresponde a valores de la inversión inicial de la evaluación económica que no incluye el valor de las asosorías.									
<b>OBS. 6</b>	La cantidad de arranques corresponde al número asociado a la evaluación económica y la población corresponde a la puesta en marcha del proyecto.									
<b>OBS. 7</b>	Se adjunta columna que indica resultado al aplicar el criterio "Costo de Referencia por arranque", que compara el valor por arranque del proyecto con el costo de referencia definido por la Autoridad como límite de aprobación del proyecto.									

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 8 : Elasticidad función TAP enfoque tasas decrecientes

### A.- Elasticidad para rango de TSD del -10% al 27%

ELASTICIDAD PUNTO						
TSD	Exponencial		Hiperbólico un parámetro		Hiperbólico generalizado	
	Valor	Tipo	Valor	Tipo	Valor	Tipo
-10%	-	-	-	-	-	-
-9%	-0,11	Inelástica	-	-	-	-
-8%	-0,38	Inelástica	-	-	-	-
-7%	-	-	-	-	-	-
-6%	-0,50	Inelástica	-	-	-	-
-5%	-0,47	Inelástica	-	-	-	-
-4%	-0,75	Inelástica	-0,25	Inelástica	-	-
-3%	-1,17	Elástica	-0,52	Inelástica	-0,33	Inelástica
-2%	-2,50	Elástica	-1,33	Elástica	-0,63	Inelástica
-1%	-7,00	Elástica	-7,00	Elástica	-1,67	Elástica
0%	-	-	-	-	-	-
1%	7,00	Elástica	7,00	Elástica	5,80	Elástica
2%	3,75	Elástica	3,75	Elástica	16,50	Elástica
3%	11,00	Elástica	11,00	Elástica	-	-
4%	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	-	-	-	-
6%	-	-	-	-	2,06	Elástica
7%	-	-	-	-	1,11	Elástica
8%	2,25	Elástica	-	-	1,79	Elástica
9%	1,06	Elástica	-	-	2,56	Elástica
10%	1,05	Elástica	-	-	4,70	Elástica
11%	1,36	Elástica	-	-	2,27	Elástica
12%	1,36	Elástica	1,50	Elástica	2,08	Elástica
13%	1,31	Elástica	0,95	Inelástica	2,08	Elástica
14%	1,93	Elástica	1,43	Elástica	1,93	Elástica
15%	3,67	Elástica	1,40	Elástica	-	-
16%	-	-	1,38	Elástica	-	-
17%	-	-	2,65	Elástica	-	-
18%	-	-	2,61	Elástica	-	-
19%	3,00	Elástica	2,47	Elástica	-	-
20%	2,85	Elástica	-	-	2,85	Elástica
21%	-	-	-	-	2,71	Elástica
22%	-	-	2,23	Elástica	2,68	Elástica
23%	-	-	1,09	Elástica	2,57	Elástica
24%	-	-	2,13	Elástica	-	-
25%	-	-	-	-	-	-
26%	-	-	1,04	Elástica	-	-
27%	-	-	1,00	Unitaria	-	-

Fuente: Elaboración propia

B.- Elasticidad para rango de TSD del 28% al 713%

ELASTICIDAD PUNTO						
TSD	Exponencial		Hiperbólico un parámetro		Hiperbólico generalizado	
	Valor	Tipo	Valor	Tipo	Valor	Tipo
28% - 36%	-	-	-	-	-	-
37%	1,59	Elástica	-	-	-	-
38%	0,79	Inelástica	-	-	-	-
39%	0,79	Inelástica	-	-	-	-
40%	1,58	Elástica	-	-	-	-
41%	-	-	1,39	Elástica	-	-
42%	-	-	1,36	Elástica	-	-
43%	-	-	-	-	-	-
44%	-	-	1,34	Elástica	-	-
45%	-	-	1,31	Elástica	-	-
46% - 50%	-	-	-	-	-	-
51%	1,27	Elástica	-	-	-	-
52%	1,25	Elástica	-	-	-	-
53% - 54%	-	-	-	-	-	-
55%	-	-	-	-	1,11	Elástica
56%	-	-	-	-	1,09	Elástica
57%	-	-	-	-	-	-
58%	-	-	-	-	1,09	Elástica
59%	-	-	-	-	1,07	Elástica
60% - 72%	-	-	-	-	-	-
73%	-	-	-	-	0,89	Inelástica
74%	-	-	-	-	0,88	Inelástica
75% - 110%	-	-	-	-	-	-
111%	-	-	0,55	Inelástica	-	-
112%	-	-	0,54	Inelástica	-	-
113% - 116%	-	-	-	-	-	-
117%	-	-	0,54	Inelástica	-	-
118%	-	-	0,53	Inelástica	-	-
119% - 146%	-	-	-	-	-	-
147%	-	-	0,44	Inelástica	-	-
148%	-	-	0,44	Inelástica	-	-
149% - 209%	-	-	-	-	-	-
210%	0,32	Inelástica	-	-	-	-
211% - 355%	-	-	-	-	-	-
356%	-	-	-	-	0,19	Inelástica
357% - 712%	-	-	-	-	-	-
713%	-	-	0,09	Inelástica	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 9 : Cuadro cálculo costo de reposición

Proyecto	Costos del Proyecto (\$)	(% Costo Reposición aplicado)	Costo Reposición aplicado (\$)	Costo Total (\$)	Costo Op. Man. y Adm.	Costo Reposición	(% real Costo Reposición aplicado)	(% Por aplicar Costo Reposición)	Costo Reposición a aplicar (\$)
				100%	75%	25%			
1	1.067.457.621	6,5%	69.384.745	1.336.410.167	1.002.307.625	334.102.542	5,19%	19,81%	264.717.796
2	202.884.480	0,0%	0	270.512.640	202.884.480	67.628.160	0,00%	25,00%	67.628.160
3	177.170.160	0,0%	0	236.226.880	177.170.160	59.056.720	0,00%	25,00%	59.056.720
4	157.328.180	0,0%	0	209.770.907	157.328.180	52.442.727	0,00%	25,00%	52.442.727
5	145.405.667	27,0%	39.259.530	152.656.868	114.492.651	38.164.217	25,72%	-0,72%	-1.095.313
6	145.190.780	0,0%	0	193.587.707	145.190.780	48.396.927	0,00%	25,00%	48.396.927
7	177.842.891	2,0%	3.556.858	232.474.367	174.355.775	58.118.592	1,53%	23,47%	54.561.734
8	91.802.269	4,5%	4.131.102	117.132.082	87.849.061	29.283.020	3,53%	21,47%	25.151.918
9	200.495.397	28,0%	56.138.711	208.849.372	156.637.029	52.212.343	26,88%	-1,88%	-3.926.368
10	205.156.860	7,0%	14.360.980	255.647.178	191.735.383	63.911.794	5,62%	19,38%	49.550.814
11	111.655.873	6,5%	7.257.632	139.788.260	104.841.195	34.947.065	5,19%	19,81%	27.689.433
12	163.577.529	2,6%	4.253.016	212.576.386	159.432.289	53.144.096	2,00%	23,00%	48.891.081
13	80.147.647	4,2%	3.366.201	102.556.170	76.917.128	25.639.043	3,28%	21,72%	22.272.841
14	149.459.262	2,5%	3.736.482	194.418.553	145.813.915	48.604.638	1,92%	23,08%	44.868.157
15	407.524.520	26,0%	105.956.375	431.242.878	323.432.159	107.810.720	24,57%	0,43%	1.854.344
16	139.626.680	0,0%	0	186.168.907	139.626.680	46.542.227	0,00%	25,00%	46.542.227
17	148.145.416	6,0%	8.888.725	186.346.436	139.759.827	46.586.609	4,77%	20,23%	37.697.884
18	301.149.260	0,0%	0	401.532.347	301.149.260	100.383.087	0,00%	25,00%	100.383.087
19	295.759.807	7,5%	22.181.986	366.833.869	275.125.402	91.708.467	6,05%	18,95%	69.526.482
20	126.608.420	0,0%	0	168.811.227	126.608.420	42.202.807	0,00%	25,00%	42.202.807
21	145.430.087	2,6%	3.781.182	188.992.966	141.744.724	47.248.241	2,00%	23,00%	43.467.059
22	230.973.980	0,0%	0	307.965.307	230.973.980	76.991.327	0,00%	25,00%	76.991.327
23	106.904.118	5,0%	5.345.206	135.751.261	101.813.445	33.937.815	3,94%	21,06%	28.592.609
24	380.250.380	0,0%	0	507.000.507	380.250.380	126.750.127	0,00%	25,00%	126.750.127
25	225.806.320	0,0%	0	301.075.093	225.806.320	75.268.773	0,00%	25,00%	75.268.773
26	173.645.110	2,3%	3.993.838	226.321.420	169.741.065	56.580.355	1,76%	23,24%	52.586.517
27	180.416.923	2,2%	3.969.172	235.377.591	176.533.193	58.844.398	1,69%	23,31%	54.875.225
28	246.119.048	0,0%	0	328.158.731	246.119.048	82.039.683	0,00%	25,00%	82.039.683
29	1.424.772.955	1,0%	14.247.730	1.880.888.389	1.410.666.292	470.222.097	0,76%	24,24%	455.974.368
30	143.119.248	1,0%	1.431.192	188.936.301	141.702.226	47.234.075	0,76%	24,24%	45.802.883
31	256.555.534	1,3%	3.335.222	337.684.151	253.263.114	84.421.038	0,99%	24,01%	81.085.816
32	153.624.642	3,0%	4.608.739	198.866.851	149.150.138	49.716.713	2,32%	22,68%	45.107.973
33	320.884.700	0,0%	0	427.846.267	320.884.700	106.961.567	0,00%	25,00%	106.961.567
34	213.208.540	0,0%	0	284.278.053	213.208.540	71.069.513	0,00%	25,00%	71.069.513
35	193.122.000	1,8%	3.476.196	252.943.026	189.707.269	63.235.756	1,37%	23,63%	59.759.560
36	146.279.946	10,0%	14.627.995	177.309.025	132.981.769	44.327.256	8,25%	16,75%	29.699.262
37	211.528.444	17,2%	36.382.892	240.646.694	180.485.020	60.161.673	15,12%	9,88%	23.778.781
38	149.459.262	2,5%	3.736.482	194.418.553	145.813.915	48.604.638	1,92%	23,08%	44.868.157
39	198.851.860	0,0%	0	265.135.813	198.851.860	66.283.953	0,00%	25,00%	66.283.953
40	160.286.280	0,0%	0	213.715.040	160.286.280	53.428.760	0,00%	25,00%	53.428.760
41	242.988.798	4,3%	10.448.518	310.628.058	232.971.043	77.657.014	3,36%	21,64%	67.208.496
42	150.438.200	0,0%	0	200.584.267	150.438.200	50.146.067	0,00%	25,00%	50.146.067

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 10 : Cálculos simulación incremento valor inversión inicial

### A.- Incremento valor inversión inicial Factor exponencial

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	12,782%	21,173%	-8,391%	TSD igual a 0%	12	12	0
2	10,069%	13,614%	-3,544%	TSD igual a 1%	13	12	-1
3	12,606%	27,963%	-15,357%	TSD igual a 2%	16	12	-4
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	17	0
5	37,594%	43,745%	-6,151%	TSD igual a 4%	17	17	0
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	9,402%	10,966%	-1,564%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-4,460%	-3,839%	-0,622%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-3,405%	-2,807%	-0,598%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	19	17	-2
11	-2,598%	-1,686%	-0,913%	TSD igual a 10%	21	18	-3
12	8,549%	17,050%	-8,501%	TSD igual a 11%	23	19	-4
13	1,265%	2,611%	-1,346%	TSD igual a 12%	24	20	-4
14	0,152%	2,118%	-1,966%	TSD igual a 13%	26	20	-6
15	-	-	-	TSD igual a 14%	27	22	-5
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	23	-5
17	-1,314%	-1,093%	-0,221%	TSD igual a 16%	28	23	-5
18	-3,103%	-2,941%	-0,162%	TSD igual a 17%	28	23	-5
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	24	-4
20	210,193%	-	-	TSD igual a 19%	28	24	-4
21	-5,924%	-5,534%	-0,390%	TSD igual a 20%	29	25	-4
22	14,273%	19,755%	-5,482%	TSD igual a 21%	29	25	-4
23	-5,486%	-4,268%	-1,218%	TSD igual a 22%	29	26	-3
24	-1,150%	-0,232%	-0,918%	TSD igual a 23%	29	27	-2
25	1,136%	2,384%	-1,249%	TSD igual a 24%	29	27	-2
26	11,132%	13,680%	-2,548%	TSD igual a 25%	29	27	-2
27	13,753%	22,515%	-8,762%	TSD igual a 26%	29	27	-2
28	-3,281%	-2,447%	-0,834%	TSD igual a 27%	29	28	-1
29	-8,025%	-8,013%	-0,012%	TSD igual a 28%	29	29	0
30	8,235%	9,610%	-1,375%	TSD igual a 29%	29	29	0
31	38,358%	-	-	TSD igual a 30%	29	29	0
32	-1,044%	-0,571%	-0,473%	TSD igual a 40%	32	29	-3
33	51,643%	1169,191%	-1117,547%	TSD igual a 50%	32	30	-2
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	30	-3
35	-9,196%	-9,050%	-0,146%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	19,397%	26,400%	-7,003%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	34	30	-4
38	39,601%	-	-	TSD igual a 400%	34	30	-4
39	10,931%	14,160%	-3,229%	TSD igual a 500%	34	30	-4
40	9,501%	11,242%	-1,740%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,321%	2,815%	-1,494%				
42	2,288%	2,965%	-0,677%				

## B.- Incremento valor inversión inicial Factor hiperbólico un parámetro

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	23,459%	48,440%	-24,982%	TSD igual a 0%	12	12	0
2	16,484%	24,980%	-8,496%	TSD igual a 1%	13	12	-1
3	22,449%	67,491%	-45,042%	TSD igual a 2%	16	12	-4
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	14	-3
5	44,055%	50,271%	-6,216%	TSD igual a 4%	17	17	0
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	12,451%	14,623%	-2,172%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-3,279%	-2,955%	-0,324%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-2,596%	-2,247%	-0,349%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	17	17	0
11	-2,187%	-1,511%	-0,676%	TSD igual a 10%	17	17	0
12	13,395%	35,265%	-21,870%	TSD igual a 11%	17	17	0
13	1,367%	3,045%	-1,679%	TSD igual a 12%	17	17	0
14	0,154%	2,410%	-2,256%	TSD igual a 13%	19	17	-2
15	-	-	-	TSD igual a 14%	20	17	-3
16	-	-	-	TSD igual a 15%	21	18	-3
17	-1,205%	-1,018%	-0,187%	TSD igual a 16%	22	19	-3
18	-2,514%	-2,411%	-0,103%	TSD igual a 17%	23	19	-4
19	-	-	-	TSD igual a 18%	23	19	-4
20	713,611%	-	-	TSD igual a 19%	24	20	-4
21	-3,883%	-3,739%	-0,144%	TSD igual a 20%	24	21	-3
22	26,682%	41,971%	-15,290%	TSD igual a 21%	24	21	-3
23	-3,732%	-3,184%	-0,547%	TSD igual a 22%	24	21	-3
24	-1,067%	-0,229%	-0,838%	TSD igual a 23%	25	21	-4
25	1,218%	2,749%	-1,531%	TSD igual a 24%	26	21	-5
26	14,690%	18,041%	-3,351%	TSD igual a 25%	26	22	-4
27	26,277%	53,068%	-26,790%	TSD igual a 26%	26	22	-4
28	-2,619%	-2,074%	-0,545%	TSD igual a 27%	28	23	-5
29	-4,301%	-4,299%	-0,002%	TSD igual a 28%	28	23	-5
30	12,578%	15,479%	-2,901%	TSD igual a 29%	28	23	-5
31	117,727%	-	-	TSD igual a 30%	28	23	-5
32	-0,980%	-0,552%	-0,428%	TSD igual a 40%	28	24	-4
33	147,921%	4162,402%	-4014,480%	TSD igual a 50%	30	26	-4
34	-	-	-	TSD igual a 100%	30	30	0
35	-4,646%	-4,626%	-0,020%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	41,298%	63,743%	-22,445%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	30	-3
38	111,673%	11862,593%	-11750,920%	TSD igual a 400%	33	30	-3
39	18,441%	26,387%	-7,946%	TSD igual a 500%	33	30	-3
40	15,235%	19,166%	-3,931%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,433%	3,332%	-1,899%				
42	2,624%	3,531%	-0,907%				



**C.- Incremento valor inversión inicial  
Factor hiperbólico generalizado**

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	11,729%	24,220%	-12,491%	TSD igual a 0%	12	12	0
2	8,242%	12,490%	-4,248%	TSD igual a 1%	16	12	-4
3	11,225%	33,745%	-22,521%	TSD igual a 2%	17	17	0
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	17	0
5	22,028%	25,136%	-3,108%	TSD igual a 4%	17	17	0
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	6,226%	7,312%	-1,086%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-1,640%	-1,478%	-0,162%	TSD igual a 7%	20	17	-3
9	-1,298%	-1,123%	-0,175%	TSD igual a 8%	22	19	-3
10	-	-	-	TSD igual a 9%	23	19	-4
11	-1,094%	-0,755%	-0,338%	TSD igual a 10%	24	21	-3
12	6,697%	17,632%	-10,935%	TSD igual a 11%	24	21	-3
13	0,683%	1,523%	-0,839%	TSD igual a 12%	26	21	-5
14	0,077%	1,205%	-1,128%	TSD igual a 13%	26	22	-4
15	-	-	-	TSD igual a 14%	28	23	-5
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	23	-5
17	-0,603%	-0,509%	-0,094%	TSD igual a 16%	28	23	-5
18	-1,257%	-1,205%	-0,052%	TSD igual a 17%	28	23	-5
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	24	-4
20	356,805%	-	-	TSD igual a 19%	28	24	-4
21	-3,492%	-1,869%	-1,623%	TSD igual a 20%	28	24	-4
22	13,341%	20,986%	-7,645%	TSD igual a 21%	29	25	-4
23	-1,866%	-1,592%	-0,274%	TSD igual a 22%	29	25	-4
24	-0,533%	-0,114%	-0,419%	TSD igual a 23%	30	25	-5
25	0,609%	1,375%	-0,766%	TSD igual a 24%	30	25	-5
26	7,345%	9,021%	-1,676%	TSD igual a 25%	30	26	-4
27	13,139%	26,534%	-13,395%	TSD igual a 26%	30	27	-3
28	-1,310%	-1,037%	-0,272%	TSD igual a 27%	30	28	-2
29	-2,439%	-2,149%	-0,289%	TSD igual a 28%	30	28	-2
30	6,289%	7,740%	-1,451%	TSD igual a 29%	30	28	-2
31	58,864%	-	-	TSD igual a 30%	30	28	-2
32	-0,490%	-0,276%	-0,214%	TSD igual a 40%	30	30	0
33	73,961%	2081,201%	-2007,240%	TSD igual a 50%	30	30	0
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	30	-3
35	-2,323%	-2,313%	-0,010%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	20,649%	31,872%	-11,223%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	30	-3
38	55,836%	5931,296%	-5875,460%	TSD igual a 400%	34	30	-4
39	9,221%	13,193%	-3,973%	TSD igual a 500%	34	30	-4
40	7,617%	9,583%	-1,965%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	0,717%	1,666%	-0,950%				
42	1,312%	1,765%	-0,453%				

## Anexo 11 : Cálculos simulación incremento inversión en reposición

### A.- Incremento inversión en reposición Factor exponencial

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	12,782%	15,821%	-3,039%	TSD igual a 0%	12	9	-3
2	10,069%	13,904%	-3,835%	TSD igual a 1%	13	11	-2
3	12,606%	16,566%	-3,960%	TSD igual a 2%	16	12	-4
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	13	-4
5	37,594%	37,584%	0,010%	TSD igual a 4%	17	15	-2
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	16	-1
7	9,402%	11,466%	-2,063%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-4,460%	-2,484%	-1,976%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-3,405%	-3,519%	0,114%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	19	17	-2
11	-2,598%	-0,637%	-1,962%	TSD igual a 10%	21	17	-4
12	8,549%	11,907%	-3,358%	TSD igual a 11%	23	17	-6
13	1,265%	3,853%	-2,587%	TSD igual a 12%	24	20	-4
14	0,152%	2,757%	-2,605%	TSD igual a 13%	26	20	-6
15	-	-	-	TSD igual a 14%	27	23	-4
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	24	-4
17	-1,314%	0,417%	-1,731%	TSD igual a 16%	28	25	-3
18	-3,103%	-0,570%	-2,533%	TSD igual a 17%	28	26	-2
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	27	-1
20	210,193%	210,229%	-0,036%	TSD igual a 19%	28	28	0
21	-5,924%	-3,982%	-1,942%	TSD igual a 20%	29	28	-1
22	14,273%	18,290%	-4,017%	TSD igual a 21%	29	28	-1
23	-5,486%	-3,658%	-1,828%	TSD igual a 22%	29	28	-1
24	-1,150%	1,625%	-2,775%	TSD igual a 23%	29	29	0
25	1,136%	4,181%	-3,045%	TSD igual a 24%	29	29	0
26	11,132%	13,019%	-1,887%	TSD igual a 25%	29	29	0
27	13,753%	17,488%	-3,735%	TSD igual a 26%	29	29	0
28	-3,281%	-0,824%	-2,458%	TSD igual a 27%	29	29	0
29	-8,025%	-6,419%	-1,606%	TSD igual a 28%	29	29	0
30	8,235%	11,815%	-3,580%	TSD igual a 29%	29	29	0
31	38,358%	41,990%	-3,632%	TSD igual a 30%	29	29	0
32	-1,044%	0,884%	-1,928%	TSD igual a 40%	32	30	-2
33	51,643%	54,112%	-2,469%	TSD igual a 50%	32	32	0
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	33	0
35	-9,196%	-7,541%	-1,656%	TSD igual a 150%	33	33	0
36	19,397%	22,002%	-2,605%	TSD igual a 200%	33	33	0
37	-	-	-	TSD igual a 300%	34	34	0
38	39,601%	42,669%	-3,068%	TSD igual a 400%	34	34	0
39	10,931%	14,813%	-3,882%	TSD igual a 500%	34	34	0
40	9,501%	13,302%	-3,800%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,321%	3,839%	-2,518%				
42	2,288%	5,461%	-3,173%				

**B.- Incremento inversión en reposición  
Factor hiperbólico un parámetro**

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	23,459%	32,156%	-8,697%	TSD igual a 0%	12	9	-3
2	16,484%	25,987%	-9,503%	TSD igual a 1%	13	11	-2
3	22,449%	33,666%	-11,217%	TSD igual a 2%	16	12	-4
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	12	-5
5	44,055%	43,993%	0,062%	TSD igual a 4%	17	13	-4
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	15	-2
7	12,451%	16,037%	-3,586%	TSD igual a 6%	17	16	-1
8	-3,279%	-2,128%	-1,152%	TSD igual a 7%	17	16	-1
9	-2,596%	-2,655%	0,059%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	17	17	0
11	-2,187%	-0,613%	-1,574%	TSD igual a 10%	17	17	0
12	13,395%	21,082%	-7,687%	TSD igual a 11%	17	17	0
13	1,367%	4,752%	-3,385%	TSD igual a 12%	17	17	0
14	0,154%	3,221%	-3,068%	TSD igual a 13%	19	17	-2
15	-	-	-	TSD igual a 14%	20	17	-3
16	-	-	-	TSD igual a 15%	21	17	-4
17	-1,205%	0,427%	-1,632%	TSD igual a 16%	22	17	-5
18	-2,514%	-0,551%	-1,963%	TSD igual a 17%	23	18	-5
19	-	-	-	TSD igual a 18%	23	18	-5
20	713,611%	858,769%	-145,158%	TSD igual a 19%	24	19	-5
21	-3,883%	-3,073%	-0,810%	TSD igual a 20%	24	19	-5
22	26,682%	39,045%	-12,363%	TSD igual a 21%	24	20	-4
23	-3,732%	-2,892%	-0,840%	TSD igual a 22%	24	21	-3
24	-1,067%	1,783%	-2,850%	TSD igual a 23%	25	21	-4
25	1,218%	5,241%	-4,023%	TSD igual a 24%	26	21	-5
26	14,690%	18,080%	-3,390%	TSD igual a 25%	26	22	-4
27	26,277%	37,736%	-11,459%	TSD igual a 26%	26	23	-3
28	-2,619%	-0,784%	-1,836%	TSD igual a 27%	28	23	-5
29	-4,301%	-4,006%	-0,295%	TSD igual a 28%	28	23	-5
30	12,578%	20,546%	-7,967%	TSD igual a 29%	28	24	-4
31	117,727%	152,212%	-34,485%	TSD igual a 30%	28	24	-4
32	-0,980%	0,927%	-1,907%	TSD igual a 40%	28	28	0
33	147,921%	186,431%	-38,510%	TSD igual a 50%	30	29	-1
34	-	-	-	TSD igual a 100%	30	30	0
35	-4,646%	-4,425%	-0,221%	TSD igual a 150%	33	31	-2
36	41,298%	51,195%	-9,897%	TSD igual a 200%	33	33	0
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	33	0
38	111,673%	140,861%	-29,189%	TSD igual a 400%	33	33	0
39	18,441%	28,521%	-10,080%	TSD igual a 500%	33	33	0
40	15,235%	24,361%	-9,126%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,433%	4,752%	-3,319%				
42	2,624%	7,284%	-4,660%				

### C.- Incremento inversión en reposición Factor hiperbólico generalizado

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	11,729%	16,078%	-4,349%	TSD igual a 0%	12	9	-3
2	8,242%	12,994%	-4,752%	TSD igual a 1%	16	12	-4
3	11,225%	16,833%	-5,608%	TSD igual a 2%	17	13	-4
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	16	-1
5	22,028%	21,996%	0,031%	TSD igual a 4%	17	17	0
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	6,226%	8,019%	-1,793%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-1,640%	-1,064%	-0,576%	TSD igual a 7%	20	17	-3
9	-1,298%	-1,327%	0,030%	TSD igual a 8%	22	17	-5
10	-	-	-	TSD igual a 9%	23	18	-5
11	-1,094%	-0,306%	-0,787%	TSD igual a 10%	24	19	-5
12	6,697%	10,216%	-3,519%	TSD igual a 11%	24	21	-3
13	0,683%	2,376%	-1,693%	TSD igual a 12%	26	21	-5
14	0,077%	1,611%	-1,534%	TSD igual a 13%	26	23	-3
15	-	-	-	TSD igual a 14%	28	23	-5
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	24	-4
17	-0,603%	0,214%	-0,816%	TSD igual a 16%	28	24	-4
18	-1,257%	-0,275%	-0,982%	TSD igual a 17%	28	26	-2
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	26	-2
20	356,805%	429,384%	-72,579%	TSD igual a 19%	28	27	-1
21	-3,492%	-1,537%	-1,956%	TSD igual a 20%	28	28	0
22	13,341%	19,523%	-6,182%	TSD igual a 21%	29	28	-1
23	-1,866%	-1,446%	-0,420%	TSD igual a 22%	29	29	0
24	-0,533%	0,891%	-1,425%	TSD igual a 23%	30	29	-1
25	0,609%	2,621%	-2,012%	TSD igual a 24%	30	29	-1
26	7,345%	9,040%	-1,695%	TSD igual a 25%	30	29	-1
27	13,139%	18,868%	-5,729%	TSD igual a 26%	30	30	0
28	-1,310%	-0,392%	-0,918%	TSD igual a 27%	30	30	0
29	-2,439%	-2,003%	-0,436%	TSD igual a 28%	30	30	0
30	6,289%	10,273%	-3,984%	TSD igual a 29%	30	30	0
31	58,864%	76,106%	-17,242%	TSD igual a 30%	30	30	0
32	-0,490%	0,464%	-0,954%	TSD igual a 40%	30	30	0
33	73,961%	93,215%	-19,255%	TSD igual a 50%	30	30	0
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	33	0
35	-2,323%	-2,212%	-0,110%	TSD igual a 150%	33	33	0
36	20,649%	25,598%	-4,949%	TSD igual a 200%	33	33	0
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	33	0
38	55,836%	70,431%	-14,594%	TSD igual a 400%	34	33	-1
39	9,221%	14,261%	-5,040%	TSD igual a 500%	34	34	0
40	7,617%	12,180%	-4,563%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	0,717%	2,376%	-1,660%				
42	1,312%	3,642%	-2,330%				

## Anexo 12 : Cálculos simulación incremento ambas partidas del proyecto (inversión inicial e inversión en reposición)

### A.- Incremento inversión ambas partidas Factor exponencial

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	12,782%	24,366%	-11,584%	TSD igual a 0%	12	7	-5
2	10,069%	17,610%	-7,541%	TSD igual a 1%	13	10	-3
3	12,606%	31,825%	-19,219%	TSD igual a 2%	16	11	-5
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	12	-5
5	37,594%	43,738%	-6,144%	TSD igual a 4%	17	12	-5
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	13	-4
7	9,402%	12,942%	-3,540%	TSD igual a 6%	17	16	-1
8	-4,460%	-1,797%	-2,663%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-3,405%	-2,927%	-0,479%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	19	17	-2
11	-2,598%	0,362%	-2,960%	TSD igual a 10%	21	17	-4
12	8,549%	20,788%	-12,239%	TSD igual a 11%	23	17	-6
13	1,265%	5,323%	-4,058%	TSD igual a 12%	24	17	-7
14	0,152%	4,932%	-4,780%	TSD igual a 13%	26	18	-8
15	-	-	-	TSD igual a 14%	27	19	-8
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	19	-9
17	-1,314%	0,647%	-1,961%	TSD igual a 16%	28	21	-7
18	-3,103%	-0,388%	-2,715%	TSD igual a 17%	28	21	-7
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	22	-6
20	210,193%	-	-	TSD igual a 19%	28	23	-5
21	-5,924%	-3,547%	-2,377%	TSD igual a 20%	29	23	-6
22	14,273%	23,830%	-9,557%	TSD igual a 21%	29	24	-5
23	-5,486%	-2,315%	-3,171%	TSD igual a 22%	29	24	-5
24	-1,150%	2,654%	-3,803%	TSD igual a 23%	29	24	-5
25	1,136%	5,568%	-4,432%	TSD igual a 24%	29	25	-4
26	11,132%	15,401%	-4,269%	TSD igual a 25%	29	26	-3
27	13,753%	26,392%	-12,640%	TSD igual a 26%	29	26	-3
28	-3,281%	0,116%	-3,398%	TSD igual a 27%	29	27	-2
29	-8,025%	-6,406%	-1,620%	TSD igual a 28%	29	27	-2
30	8,235%	13,279%	-5,044%	TSD igual a 29%	29	28	-1
31	38,358%	-	-	TSD igual a 30%	29	28	-1
32	-1,044%	1,368%	-2,412%	TSD igual a 40%	32	29	-3
33	51,643%	1169,191%	-1117,547%	TSD igual a 50%	32	30	-2
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	30	-3
35	-9,196%	-7,378%	-1,818%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	19,397%	28,765%	-9,368%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	34	30	-4
38	39,601%	3125,287%	-3085,686%	TSD igual a 400%	34	30	-4
39	10,931%	18,174%	-7,243%	TSD igual a 500%	34	30	-4
40	9,501%	15,140%	-5,639%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,321%	5,477%	-4,156%				
42	2,288%	6,211%	-3,923%				

**B.- Incremento inversión ambas partidas  
Factor hiperbólico un parámetro**

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	23,459%	62,133%	-38,674%	TSD igual a 0%	12	6	-6
2	16,484%	36,889%	-20,404%	TSD igual a 1%	13	9	-4
3	22,449%	89,496%	-67,047%	TSD igual a 2%	16	10	-6
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	11	-6
5	44,055%	50,212%	-6,157%	TSD igual a 4%	17	12	-5
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	12	-5
7	12,451%	18,202%	-5,750%	TSD igual a 6%	17	12	-5
8	-3,279%	-1,610%	-1,670%	TSD igual a 7%	17	13	-4
9	-2,596%	-2,318%	-0,278%	TSD igual a 8%	17	16	-1
10	-	-	-	TSD igual a 9%	17	17	0
11	-2,187%	0,370%	-2,557%	TSD igual a 10%	17	17	0
12	13,395%	48,622%	-35,227%	TSD igual a 11%	17	17	0
13	1,367%	7,054%	-5,688%	TSD igual a 12%	17	17	0
14	0,154%	6,442%	-6,288%	TSD igual a 13%	19	17	-2
15	-	-	-	TSD igual a 14%	20	17	-3
16	-	-	-	TSD igual a 15%	21	17	-4
17	-1,205%	0,671%	-1,877%	TSD igual a 16%	22	17	-5
18	-2,514%	-0,379%	-2,135%	TSD igual a 17%	23	17	-6
19	-	-	-	TSD igual a 18%	23	17	-6
20	713,611%	-	-	TSD igual a 19%	24	18	-6
21	-3,883%	2,823%	-6,706%	TSD igual a 20%	24	18	-6
22	26,682%	58,172%	-31,490%	TSD igual a 21%	24	18	-6
23	-3,732%	-2,005%	-1,727%	TSD igual a 22%	24	19	-5
24	-1,067%	3,077%	-4,143%	TSD igual a 23%	25	19	-6
25	1,218%	7,463%	-6,245%	TSD igual a 24%	26	19	-7
26	14,690%	21,377%	-6,687%	TSD igual a 25%	26	20	-6
27	26,277%	70,959%	-44,681%	TSD igual a 26%	26	20	-6
28	-2,619%	0,117%	-2,736%	TSD igual a 27%	28	20	-8
29	-4,301%	-4,002%	-0,299%	TSD igual a 28%	28	20	-8
30	12,578%	24,317%	-11,739%	TSD igual a 29%	28	20	-8
31	117,727%	-	-	TSD igual a 30%	28	21	-7
32	-0,980%	1,469%	-2,449%	TSD igual a 40%	28	23	-5
33	147,921%	4947,172%	-4799,251%	TSD igual a 50%	30	24	-6
34	-	-	-	TSD igual a 100%	30	30	0
35	-4,646%	-4,388%	-0,258%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	41,298%	76,890%	-35,593%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	30	-3
38	111,673%	13966,989%	-13855,317%	TSD igual a 400%	33	30	-3
39	18,441%	38,672%	-20,231%	TSD igual a 500%	33	30	-3
40	15,235%	29,455%	-14,221%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,433%	7,358%	-5,925%				
42	2,624%	8,577%	-5,953%				

**C.- Incremento inversión ambas partidas  
Factor hiperbólico generalizado**

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	11,729%	31,067%	-19,337%	TSD igual a 0%	12	8	-4
2	8,242%	18,444%	-10,202%	TSD igual a 1%	16	11	-5
3	11,225%	44,748%	-33,524%	TSD igual a 2%	17	12	-5
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	12	-5
5	22,028%	25,106%	-3,078%	TSD igual a 4%	17	16	-1
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	6,226%	9,101%	-2,875%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-1,640%	-0,805%	-0,835%	TSD igual a 7%	20	17	-3
9	-1,298%	-1,159%	-0,139%	TSD igual a 8%	22	17	-5
10	-	-	-	TSD igual a 9%	23	17	-6
11	-1,094%	0,185%	-1,278%	TSD igual a 10%	24	18	-6
12	6,697%	23,750%	-17,053%	TSD igual a 11%	24	19	-5
13	0,683%	3,527%	-2,844%	TSD igual a 12%	26	19	-7
14	0,077%	3,221%	-3,144%	TSD igual a 13%	26	20	-6
15	-	-	-	TSD igual a 14%	28	20	-8
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	21	-7
17	-0,603%	0,336%	-0,938%	TSD igual a 16%	28	21	-7
18	-1,257%	-0,189%	-1,068%	TSD igual a 17%	28	21	-7
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	21	-7
20	356,805%	-	-	TSD igual a 19%	28	22	-6
21	-3,492%	-1,412%	-2,081%	TSD igual a 20%	28	23	-5
22	13,341%	29,086%	-15,745%	TSD igual a 21%	29	23	-6
23	-1,866%	-1,002%	-0,863%	TSD igual a 22%	29	23	-6
24	-0,533%	1,538%	-2,072%	TSD igual a 23%	30	23	-7
25	0,609%	3,732%	-3,123%	TSD igual a 24%	30	24	-6
26	7,345%	10,689%	-3,343%	TSD igual a 25%	30	24	-6
27	13,139%	35,479%	-22,341%	TSD igual a 26%	30	25	-5
28	-1,310%	0,058%	-1,368%	TSD igual a 27%	30	25	-5
29	-2,439%	-2,001%	-0,438%	TSD igual a 28%	30	25	-5
30	6,289%	12,159%	-5,870%	TSD igual a 29%	30	25	-5
31	58,864%	-	-	TSD igual a 30%	30	26	-4
32	-0,490%	-0,735%	0,244%	TSD igual a 40%	30	29	-1
33	73,961%	2473,586%	-2399,625%	TSD igual a 50%	30	30	0
34	-	-	-	TSD igual a 100%	33	30	-3
35	-2,323%	-2,194%	-0,129%	TSD igual a 150%	33	30	-3
36	20,649%	38,445%	-17,796%	TSD igual a 200%	33	30	-3
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	30	-3
38	55,836%	6983,495%	-6927,658%	TSD igual a 400%	34	30	-4
39	9,221%	19,336%	-10,115%	TSD igual a 500%	34	30	-4
40	7,617%	14,728%	-7,110%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	0,717%	3,679%	-2,962%				
42	1,312%	4,288%	-2,976%				

## Anexo 13 : Cálculos para simulación con cambios en el valor del costo de referencia por arranque (141 y 152 U.F.)

### B.- Simulación cambio en el costo de referencia por arranque Factor exponencial

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	12,782%	14,091%	-1,309%	TSD igual a 0%	12	10	-2
2	10,069%	10,900%	-0,831%	TSD igual a 1%	13	12	-1
3	12,606%	11,046%	1,559%	TSD igual a 2%	16	14	-2
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	14	-3
5	37,594%	36,883%	0,711%	TSD igual a 4%	17	17	0
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	9,402%	10,488%	-1,086%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-4,460%	-3,825%	-0,636%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-3,405%	-3,927%	0,522%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	19	17	-2
11	-2,598%	-1,240%	-1,358%	TSD igual a 10%	21	19	-2
12	8,549%	10,844%	-2,295%	TSD igual a 11%	23	22	-1
13	1,265%	1,385%	-0,119%	TSD igual a 12%	24	24	0
14	0,152%	1,129%	-0,977%	TSD igual a 13%	26	25	-1
15	-	-	-	TSD igual a 14%	27	25	-2
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	26	-2
17	-1,314%	-0,229%	-1,085%	TSD igual a 16%	28	27	-1
18	-3,103%	-1,605%	-1,498%	TSD igual a 17%	28	28	0
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	28	0
20	210,193%	52,535%	-	TSD igual a 19%	28	28	0
21	-5,924%	-4,503%	-1,421%	TSD igual a 20%	29	29	0
22	14,273%	16,470%	-2,197%	TSD igual a 21%	29	29	0
23	-5,486%	-5,025%	-0,462%	TSD igual a 22%	29	29	0
24	-1,150%	0,147%	-1,296%	TSD igual a 23%	29	29	0
25	1,136%	3,533%	-2,398%	TSD igual a 24%	29	29	0
26	11,132%	12,454%	-1,322%	TSD igual a 25%	29	29	0
27	13,753%	15,684%	-1,931%	TSD igual a 26%	29	29	0
28	-3,281%	-1,653%	-1,628%	TSD igual a 27%	29	29	0
29	-8,025%	-6,824%	-1,201%	TSD igual a 28%	29	29	0
30	8,235%	9,707%	-1,471%	TSD igual a 29%	29	29	0
31	38,358%	28,756%	-	TSD igual a 30%	29	30	1
32	-1,044%	0,221%	-1,266%	TSD igual a 40%	32	33	1
33	51,643%	36,354%	15,289%	TSD igual a 50%	32	33	1
34	-	213,551%	-	TSD igual a 100%	33	34	1
35	-9,196%	-8,299%	-0,897%	TSD igual a 150%	33	34	1
36	19,397%	19,051%	0,346%	TSD igual a 200%	33	34	1
37	-	-	-	TSD igual a 300%	34	35	1
38	39,601%	36,046%	3,555%	TSD igual a 400%	34	35	1
39	10,931%	11,439%	-0,509%	TSD igual a 500%	34	35	1
40	9,501%	9,931%	-0,430%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,321%	3,278%	-1,957%				
42	2,288%	3,615%	-1,327%				



**B.- Simulación cambio en el costo de referencia por arranque  
Factor hiperbólico un parámetro**

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	23,459%	27,045%	-3,586%	TSD igual a 0%	12	10	-2
2	16,484%	18,309%	-1,825%	TSD igual a 1%	13	12	-1
3	22,449%	18,657%	3,793%	TSD igual a 2%	16	14	-2
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	14	-3
5	44,055%	42,973%	1,082%	TSD igual a 4%	17	15	-2
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	17	0
7	12,451%	14,453%	-2,002%	TSD igual a 6%	17	17	0
8	-3,279%	-2,988%	-0,291%	TSD igual a 7%	17	17	0
9	-2,596%	-2,865%	0,269%	TSD igual a 8%	17	17	0
10	-	-	-	TSD igual a 9%	17	17	0
11	-2,187%	-1,150%	-1,037%	TSD igual a 10%	17	17	0
12	13,395%	18,431%	-5,036%	TSD igual a 11%	17	17	0
13	1,367%	1,499%	-0,132%	TSD igual a 12%	17	17	0
14	0,154%	1,206%	-1,053%	TSD igual a 13%	19	17	-2
15	-	-	-	TSD igual a 14%	20	17	-3
16	-	-	-	TSD igual a 15%	21	18	-3
17	-1,205%	-0,226%	-0,980%	TSD igual a 16%	22	19	-3
18	-2,514%	-1,455%	-1,059%	TSD igual a 17%	23	20	-3
19	-	-	-	TSD igual a 18%	23	21	-2
20	713,611%	179,425%	-	TSD igual a 19%	24	24	0
21	-3,883%	-3,346%	-0,537%	TSD igual a 20%	24	25	1
22	26,682%	33,378%	-6,696%	TSD igual a 21%	24	25	1
23	-3,732%	-3,597%	-0,135%	TSD igual a 22%	24	25	1
24	-1,067%	0,148%	-1,215%	TSD igual a 23%	25	25	0
25	1,218%	4,287%	-3,069%	TSD igual a 24%	26	25	-1
26	14,690%	17,115%	-2,424%	TSD igual a 25%	26	25	-1
27	26,277%	31,991%	-5,713%	TSD igual a 26%	26	25	-1
28	-2,619%	-1,493%	-1,127%	TSD igual a 27%	28	25	-3
29	-4,301%	-4,115%	-0,186%	TSD igual a 28%	28	26	-2
30	12,578%	15,576%	-2,997%	TSD igual a 29%	28	26	-2
31	117,727%	85,525%	-	TSD igual a 30%	28	26	-2
32	-0,980%	0,224%	-1,204%	TSD igual a 40%	28	28	0
33	147,921%	108,494%	39,427%	TSD igual a 50%	30	30	0
34	-	872,924%	-	TSD igual a 100%	30	31	1
35	-4,646%	-4,573%	-0,072%	TSD igual a 150%	33	33	0
36	41,298%	41,518%	-0,220%	TSD igual a 200%	33	34	1
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	34	1
38	111,673%	110,751%	0,922%	TSD igual a 400%	33	34	1
39	18,441%	19,607%	-1,166%	TSD igual a 500%	33	34	1
40	15,235%	16,068%	-0,833%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	1,433%	3,940%	-2,507%				
42	2,624%	4,404%	-1,780%				

C.- Simulación cambio en el costo de referencia por arranque  
Factor hiperbólico generalizado

Proyecto	tasatir1	tasatir2	Diferencia	TSD	Aprobados (A1)	Aprobados (A2)	Diferencia (A2-A1)
1	11,729%	13,523%	-1,793%	TSD igual a 0%	12	12	0
2	8,242%	9,154%	-0,912%	TSD igual a 1%	16	15	-1
3	11,225%	9,328%	1,896%	TSD igual a 2%	17	16	-1
4	-	-	-	TSD igual a 3%	17	18	1
5	22,028%	21,487%	0,541%	TSD igual a 4%	17	18	1
6	-	-	-	TSD igual a 5%	17	18	1
7	6,226%	7,227%	-1,001%	TSD igual a 6%	17	18	1
8	-1,640%	-1,494%	-0,146%	TSD igual a 7%	20	18	-2
9	-1,298%	-1,432%	0,134%	TSD igual a 8%	22	20	-2
10	-	-	-	TSD igual a 9%	23	22	-1
11	-1,094%	-0,575%	-0,519%	TSD igual a 10%	24	25	1
12	6,697%	-15,917%	22,614%	TSD igual a 11%	24	25	1
13	0,683%	0,749%	-0,066%	TSD igual a 12%	26	25	-1
14	0,077%	-4,280%	4,356%	TSD igual a 13%	26	25	-1
15	-	-	-	TSD igual a 14%	28	26	-2
16	-	-	-	TSD igual a 15%	28	26	-2
17	-0,603%	-0,113%	-0,490%	TSD igual a 16%	28	27	-1
18	-1,257%	-0,727%	-0,530%	TSD igual a 17%	28	28	0
19	-	-	-	TSD igual a 18%	28	28	0
20	356,805%	89,713%	-	TSD igual a 19%	28	28	0
21	-3,492%	-1,673%	-1,819%	TSD igual a 20%	28	28	0
22	13,341%	16,689%	-3,348%	TSD igual a 21%	29	29	0
23	-1,866%	-1,799%	-0,067%	TSD igual a 22%	29	30	1
24	-0,533%	0,074%	-0,607%	TSD igual a 23%	30	30	0
25	0,609%	2,144%	-1,535%	TSD igual a 24%	30	30	0
26	7,345%	8,557%	-1,212%	TSD igual a 25%	30	30	0
27	13,139%	15,995%	-2,857%	TSD igual a 26%	30	30	0
28	-1,310%	-0,746%	-0,563%	TSD igual a 27%	30	30	0
29	-2,439%	-2,057%	-0,381%	TSD igual a 28%	30	30	0
30	6,289%	7,788%	-1,499%	TSD igual a 29%	30	30	0
31	58,864%	42,762%	-	TSD igual a 30%	30	30	0
32	-0,490%	0,112%	-0,602%	TSD igual a 40%	30	30	0
33	73,961%	54,247%	19,713%	TSD igual a 50%	30	31	1
34	-	436,462%	-	TSD igual a 100%	33	34	1
35	-2,323%	-2,287%	-0,036%	TSD igual a 150%	33	34	1
36	20,649%	20,759%	-0,110%	TSD igual a 200%	33	34	1
37	-	-	-	TSD igual a 300%	33	34	1
38	55,836%	55,376%	0,461%	TSD igual a 400%	34	34	0
39	9,221%	9,803%	-0,583%	TSD igual a 500%	34	35	1
40	7,617%	8,034%	-0,416%	TSD mayor a 500%	42	42	0
41	0,717%	1,970%	-1,254%				
42	1,312%	2,202%	-0,890%				