
FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación económica del Ciclo Binario de Evaporación
Instantánea a través de un esquema de Asociación
Pública Privada y tradicional**

TESIS

QUE OTORGA EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Victor Emmanuel Zenón Arroyo

Tutor:

Dr. Wulfrano Gómez Gallardo

Ciudad Universitaria, México D.F. Enero de 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido:

Contenido:	i
Índice de Figuras	ii
Índice de Tablas	iv
Nomenclatura	v
Resumen	3
Introducción	5
Capítulo 1 Energía Geotérmica	7
1.1 Recurso Geotérmico	9
1.2 Escenario Mundial	11
1.3 Situación en México	13
1.4 Ciclo Binario de Evaporación Instantánea (CBEI)	15
Capítulo 2 Evaluación de Proyectos	19
2.1 ¿Qué es un proyecto?	21
2.3 Análisis costo beneficio y Asociación Público-Privada	22
Capítulo 3 Evaluación Económica	29
3.1 Caso sin APP	31
3.2 Caso con APP	33
3.3 Tabla comparativa	39
Capítulo 4 Análisis de Sensibilidad	43
4.1 Caso	45
4.2 Variación del porcentaje de aporte inicial contra la TIR	46
4.3 Período de recuperación contra variación del porcentaje de aporte inicial	48
4.4 Variación de la tasa de descuento contra el VPN	50
4.5 VPN contra el porcentaje de los ingresos anuales	52
4.6 VPN contra el porcentaje de gastos incurridos por la entidad Pública	53

Capítulo 5 Conclusiones y Trabajo a futuro	57
Apéndice I Condiciones del Sector Eléctrico Nacional y CBEI	A
Apéndice II Equipos similares en el mercado	M
Apéndice III Tabla para establecer zonas factibles.....	Q
Referencias	U

Índice de Figuras

Figura 1. 1 Estructura interna de la Tierra (Wiley, 2010)	9
Figura 1. 2 Capacidad mundial instalada (Bertani, 2015)	12
Figura 1. 3 Clasificación de las manifestaciones hidrotermales por rangos de temperatura (Ordaz Méndez, et al., 2011)	14
Figura 1. 4 Ciclo Binario Convencional (Dickson & Fanelli, 2004)	16
Figura 1. 5 Ciclo CBEI (Grupo IIDEA, 2014)	17
Figura 2.1 Ciclo de vida de los proyectos	21
Figura 2.2 Clasificación de Proyectos de Inversión	22
Figura 2.3 Clasificación de programas y proyecto de inversión y tipos de evaluación socioeconómica	23
Figura 2.4 Tipo de evaluación socioeconómica y montos aplicables.....	23
Figura 2.5 Indicadores de rentabilidad.....	24
Figura 2.6 Tipologías de una asociación público-privada.....	25
Figura 2.7 Estructura del IEAPP	25
Figura 2.8 Clasificación de riesgo	26
Figura 2.9 Asignación de riesgo	27
Figura 2.10 Componentes del CPP	28
Figura 3. 1 Costos unitarios de operación sin combustible y energía comprada (Pesos/MWh) (SENER, 2015).....	31
Figura 3. 2 Tarifa servicio doméstico, 2015 (CFE, 2015)	31
Figura 3. 3 Datos para análisis.....	31
Figura 3. 4 Flujos de efectivo (Pública).....	32
Figura 3. 5 Indicadores de Rentabilidad (Pública).....	32
Figura 3. 6 Flujos de efectivo (Privado)	32

Figura 3. 7 Indicadores de rentabilidad (Privado)	33
Figura 3. 8 Condiciones Caso 1	34
Figura 3. 9 Flujo de efectivo Caso 1 (Privado)	34
Figura 3. 10 Flujo de efectivo Caso 1 (Pública).....	35
Figura 3. 11 Indicadores de rentabilidad Caso 1 a) Privado b) Pública	35
Figura 3. 12 Comparativa Caso 1	35
Figura 3. 13 Condiciones Caso 2	36
Figura 3. 14 Flujo de efectivo Caso 2 (Privado)	36
Figura 3. 15 Flujo de efectivo Caso 2 (Pública).....	36
Figura 3. 16 Indicadores de rentabilidad Caso 2 a) Privado b) Pública	37
Figura 3. 17 Comparativa Caso 2	37
Figura 3. 18 Condiciones del Caso 3	37
Figura 3. 19 Flujo de efectivo Caso 3 (Privado)	38
Figura 3. 20 Flujo de efectivo Caso 3 (Pública).....	38
Figura 3. 21 Indicadores de rentabilidad Caso 3 a) Privado b) Pública	38
Figura 3. 22 Comparativa Caso 3	39
Figura 3. 23 Ejemplificación de uso de tabla	39
Figura 3. 24 Zonas viables (ejemplo)	40
Figura 3. 25 Gráfica de VPN Público y Privado	40
Figura 3. 26 Opciones factibles para ambos (extremos en la inversión inicial).....	41
Figura 3. 27 a) VPN máx. Privado b) VPN máx. Público.....	41
Figura 4. 1 Condiciones del Caso para análisis	45
Figura 4. 2 Flujos de efectivo	45
Figura 4. 3 Indicadores de rentabilidad a) Privado b) Pública.....	46
Figura 4. 4 Comparación.....	46
Figura 4. 5 % de Inversión Vs TIR.....	47
Figura 4. 6 % Inversión inicial Vs. TIR	48
Figura 4. 7 % de Inversión y Flujo acumulado (VP)	49
Figura 4. 8 % de aporte vs. Período de Recuperación.....	49
Figura 4. 9 Tasa de descuento y valor presente	51
Figura 4. 10 Tasa de descuento vs. VPN	51
Figura 4. 11 Porcentaje de ingresos anuales y VPN	52
Figura 4. 12 % de Ingresos anuales vs. VPN	53
Figura 4. 13 % de Gasto y VP	54

Figura 4. 14 % de gasto Público vs. VPN.....	54
Figura 4. 15 % de Gastos y VP sin APP.....	55
Figura 4. 16 % Gastos vs. VPN sin APP	55

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Factor de Planta de algunas energías renovables (Kagel & Gawell, 2005)	10
Tabla 1-2 Tipo de plantas en el mundo (Bertani, 2010).....	11
Tabla 1-3 Los 5 Países con mayor capacidad instalada y producida (Bertani, 2010)	12
Tabla 1-4 Capacidad instalada de CFE (CFE, 2012).....	13
Tabla 1-5 Reservas probadas y potencial geotérmico (Hiriart, 2011).....	15
Tabla 2-1 Valores del IEAPP	26
Tabla I. 1 Capacidad instalada nacional (SIE, 2015)	F
Tabla I. 2 Ventas de energía eléctrica y crecimiento poblacional de Ensenada	G
Tabla I. 3 Carga eléctrica por vivienda (estimada)	H
Tabla I. 4 Tarifa mensual, según consumo	I
Tabla I. 5 Porcentaje del costo total	J
Tabla I. 6 Balance de salmuera (CFE, 2013)	J
Tabla I. 7 Temperatura del recurso geotérmico y el gasto necesario para la producción de 10 kWe.	K

Nomenclatura

°C	Grados Celsius	MW	Megawatt
APP	Asociación Público-Privada	MWe	Megawatt eléctrico
BC	Baja California	MWh	Megawatt hora
BCS	Baja California Sur	N/A	No aplica
CAE	Costo anual equivalente	NaK	Sodio Potasio
	Modelo de Costos de los Activos	NaKCa	Sodio Potasio Calcio
CAPM	Fijos	NOx	Óxido de nitrógeno
	Ciclo Binario de Evaporación	NYU	Universidad de Nueva York
CBEI	Instantánea		Organization of Arab Petroleum
	Centro de Estudios para la	OAPEC	Exporting Countries
	Preparación y Evaluación	ORC	Organic Rankine Cycle
CEPEP	Socioeconómica de Proyectos	PIB	Producto interno bruto
CFE	Comisión Federal de Electricidad		Productores Independientes de
CPP	Comparador público privado	PIE	Energía
Et al.	<i>et alii "y otros"</i>	PR	Período de Recuperación
EUA	Estados Unidos de América	PWG	Pressurized Water Generation
	Gerencia de Estudios e Ingeniería	s	Segundo
GEIC	Civil	SEN	Sistema Eléctrico Nacional
	Gerencia de Proyectos	SENER	Secretaría de Energía
GPG	Geotermoeléctricos		Secretaría de Hacienda y Crédito
GWh	Gigawatt-hora	SHCP	Público
h	Hora(s)	SiO2	Óxido de Silicio
<i>i</i>	Tasa de descuento	t/h	Toneladas de vapor por hora
	Índice de Elegibilidad de una	TIR	Tasa interna de retorno
IEAPP	Asociación Público-Privada	TMCA	Tasa media de crecimiento anual
II	Instituto de Ingeniería UNAM	TRI	Tasa de rendimiento inmediata
	Instituto de Ingeniería Desalación y		Universidad Nacional Autónoma de
IIDEA	Energías Alternas	UNAM	México
	Investigación Multidisciplinaria de	VAE	Valor anual equivalente
	Proyectos Universitarios de	VAN	Valor actual neto
IMPULSA	Liderazgo y Superación Académica	VP	Valor presente
IR	Índice de rentabilidad	VPC	Valor presente del costo total del
kg	Kilogramo		proyecto de inversión
km	Kilometro	VPD	Valor por el dinero
KMg	Potasio Magnesio	VPN	Valor presente neto
kWe	Kilo watt eléctrico		
kWh	Kilowatt-hora		

Resumen

Este trabajo aborda el desarrollo de la evaluación económica de un producto desarrollado en el Instituto de Ingeniería de UNAM llamado CBEI, para ello, se comparan dos posibles esquemas en los que este desarrollo puede ser incluido en el sector eléctrico nacional. El primer esquema que se presenta, es la adquisición mediante un sistema tradicional en el que la entidad pública adquiere el desarrollo cubriendo en su totalidad el costo, y el vendedor o entidad privada cede toda la responsabilidad del sistema y mantenimiento al comprador. El segundo esquema, es la Asociación Pública Privada o APP, en la cual, a diferencia del anterior, la entidad Pública, no compra el desarrollo, sino que se establece una asociación, en donde, tanto la entidad Pública y la Privada, asumen riesgos, erogan recursos para la adquisición del bien, adquieren responsabilidades específicas durante el funcionamiento del equipo, etc. Todo esto, con el fin de lograr una sinergia entre ambos sectores. Durante el desarrollo, se encontrará la necesidad de generar una herramienta que sea capaz de presentar diferentes escenarios posibles para esta asociación y así facilitar la elección de las condiciones de la asociación a ambos miembros de la misma. A continuación, se presenta una descripción de los temas que se abordarán en cada capítulo.

El capítulo uno presenta una breve descripción de la condición actual de la energía geotérmica en México y en el mundo, incluyendo su definición, manifestaciones y usos que se le da comúnmente. Así mismo, se habla de otras energías renovables que se explotan comercialmente, haciendo una comparación del factor de planta de cada una, puntualizando la ventaja que tiene la energía geotérmica frente a las demás. Hablando del escenario mundial de la energía geotérmica, se muestra como su crecimiento en los últimos años ha sido mayor debido a los incrementos de los combustibles fósiles durante el embargo realizado en 1973 y se compara el crecimiento en México y las zonas que se han encontrado susceptibles a la explotación de este recurso.

En el siguiente capítulo, se explica lo que es un proyecto desde el punto de vista económico, describiendo las etapas que tiene y la información con la que se debe contar en cada una de ellas. Los proyectos se clasifican en proyectos privados o públicos, según sea el origen de los recursos o el objetivo del proyecto, además de esto, existe otro tipo de proyectos, que se puede describir como un “hibrido” entre éstos, y recibe el nombre de Asociación Pública Privada (APP). En México, existe una normativa para programar este tipo de proyectos y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), establece los lineamientos que tiene que cumplir el proyecto para su revisión.

Después de establecer la base teórica, se presenta la evaluación económica comparando una adquisición del bien por el sistema tradicional y por medio de una APP, mostrando diferentes posibles escenarios hasta llegar al desarrollo de una herramienta útil para facilitar el manejo de todos los casos posibles dentro de este esquema. Finalmente se escoge un caso que cumple con las condiciones o exigencias propuestas al proyecto, y se realiza un análisis de sensibilidad de algunas variables como: la inversión inicial, la tasa de descuento, el porcentaje de los ingresos anuales, entre otras.

Dentro de los apéndices, se explica con mayor detalle la situación del sector eléctrico nacional con la descripción del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) actual, incluyendo los proyectos que han sido aprobados para el año 2016. Teniendo especial atención a la península de Baja California, en donde se determina como una zona factible para la instalación de un sistema de este tipo.

Posterior a este análisis, se presentan algunos equipos similares que existen en el mercado con las características técnicas y económicas de cada una de ellas. Finalizando con una presentación más detallada de la herramienta de la que se habló anteriormente.

Introducción

Los ciclos binarios son una tecnología actualmente desarrollada, sin embargo, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II UNAM), ha desarrollado una modificación a este tipo de ciclo con el nombre de Ciclo Binario de Evaporación Instantánea o CBEI, el cual, puede aprovechar la energía de pozos geotérmicos de baja entalpía o algún remanente energético para transformar la energía térmica en energía eléctrica y hacerla aprovechable comercialmente.

Existen trabajos previamente desarrollados en el II los cuales, describen el análisis técnico de este desarrollo, sin embargo, no se ha presentado un análisis económico de este ciclo, por ello, el principal objetivo de este trabajo, es proporcionar esta información y así determinar si el desarrollo es viable económicamente.

En México, la incorporación de este ciclo, se puede realizar de distintas maneras, en este trabajo, se abordan dos de ellas: Esquema de adquisición tradicional y Asociación Pública Privada, la cual presenta ventajas frente al sistema de adquisición tradicional, las cuales serán descritas dentro del trabajo. Sin excluir la posibilidad de ofrecer el ciclo en otro tipo de esquema a otra entidad privada.

Buscando como resultado de este trabajo:

- La evaluación económica de la propuesta desarrollada por el II UNAM de la modificación de un ciclo binario convencional.
- La comparación del sistema tradicional de adquisición de bienes con el sistema de APP.
- Dar el esquema necesario para incluir el proyecto en la red nacional según los requisitos de la SHCP.
- Y finalmente, determinar la viabilidad económica del proyecto.

Capítulo 1 Energía Geotérmica

A continuación, se presenta un capítulo de carácter introductorio, iniciando con una breve explicación de lo que es la energía geotérmica con el fin de exponer el panorama mundial y nacional de este tipo de energía. Posteriormente, se hace mención de las formas convencionales en que se explota este recurso en el mundo y finalmente, se explica la propuesta hecha por parte del II de una modificación a un ciclo de generación convencional.

1.1 Recurso Geotérmico

La geotermia hace referencia a la energía que se deriva del calor natural que existe en el interior de la tierra, este calor se genera en su mayoría, a partir de material fundido (magma). La mayor parte de este material fundido, no llega a la superficie y tiende a acumularse a profundidades entre 5 y 10km, dando origen a la formación de sistemas geotérmicos (Santoyo-Gutierrez & Torres Alvarado, 2010). La energía térmica se transporta a través de fluido o rocas desde el interior de la corteza terrestre hasta los niveles superficiales, resultando en fenómenos como: manantiales termales, géiseres, fumarolas y volcanes. En la Figura 1. 1 se muestran los diferentes estratos que conforman la Tierra, indicando con esto, cual es la fuente de calor de la energía geotérmica.

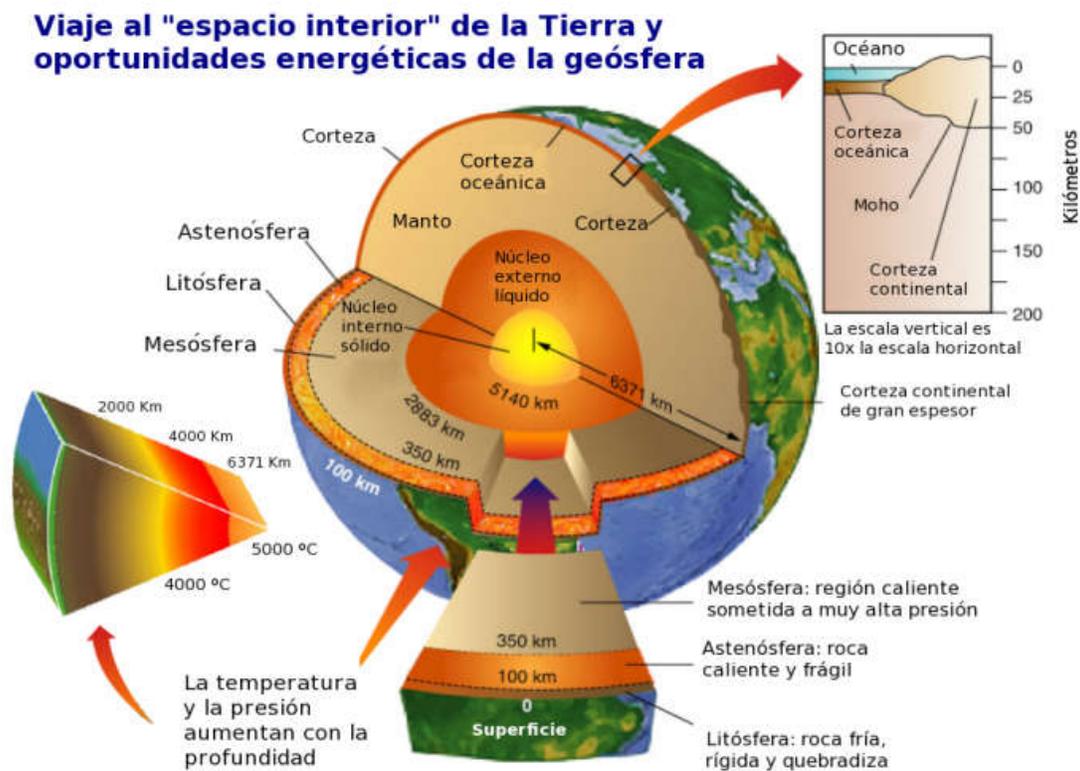


Figura 1. 1 Estructura interna de la Tierra (Wiley, 2010)

Actualmente, la energía geotérmica es considerada como un recurso explotable, limpio, confiable y abundante, con posibilidades de utilizarse en una amplia variedad de actividades, directa e indirectamente (Kagel & Gawell, 2005). Dentro de los usos directos de la geotermia, está la generación de energía eléctrica, proporcionando un factor de planta muy alto, comparado con el factor que se tiene con otras energías renovables, la Tabla 1-1 hace la comparación del factor de planta de otras energías renovables, teniendo la energía geotérmica el factor de planta más alto y la energía solar el más bajo siendo ésta una de las tecnologías más utilizadas.

Tabla 1-1 Factor de Planta de algunas energías renovables (Kagel & Gawell, 2005)

Tecnología	Factor de planta (%)
Geotérmica	89-97
Biomasa	80
Eólica	26-40
Solar	22.5-32.2

Un beneficio adicional a este tipo de energía, además de su alto factor de planta, son las bajas emisiones hechas al ambiente, al no quemar combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Reduciéndose en la generación de 15 billones kWh un aproximado de 32,000 toneladas de óxido de nitrógeno (NO_x) por año comparado con la misma generación de electricidad producto de la quema de combustibles fósiles (Kagel & Gawell, 2005).

La instalación de plantas geotermoeléctricas, se hace en zonas que presentan condiciones geológicas adecuadas. En algunos sitios, el gradiente geotérmico suele llegar a ser varias veces mayor que el normal de 30°C/km. Por esta razón, es posible encontrar fluidos con temperaturas entre 200°C y 350°C en profundidades de 3km.

Según las características que tengan se han clasificado nueve tipos de sistemas geotérmicos (Santoyo & Torres Alvarado, 2010):

1. Sistemas geotérmicos supercríticos.
2. Sistemas geotérmicos de agua caliente que son asociados con yacimientos de petróleo y gas.
3. Sistemas magmáticos.
4. Sistemas marinos.
5. Sistemas geotérmicos radiogénicos.
6. Sistemas geotérmicos conductivos sedimentarios.
7. Sistemas geopresurizados.
8. Sistemas geotérmicos mejorados.
9. Sistemas convectivos hidrotermales.

El tipo de sistema que se presenta, dictamina la forma en que se extrae comúnmente la energía del recurso, llegando a tener diferentes sistemas en una misma zona. Por ello, a nivel mundial la exploración y el desarrollo se hacen de diferentes maneras dependiendo el sistema geotérmico que se encuentre.

1.2 Escenario Mundial

La generación de energía eléctrica a partir de la geotermia, se hace utilizando vapor de agua o de un fluido orgánico¹, para hacer girar un sistema turbina-generator y dependiendo las características del pozo geotérmico, la generación de energía, se realiza de las siguientes maneras:

- **Plantas de vapor seco.** Cuando se tiene una fuente de vapor dominante, ésta puede ser utilizada de forma directa, es decir, se conduce el vapor seco hacia un turbogenerador, extrayendo así la energía del fluido, el vapor húmedo en ocasiones se libera a la atmosfera (ciclo a contrapresión) o se condensa para ser reinyectado al pozo. Es una tecnología desarrollada y comercialmente disponible, con tamaños de turbina típicos de 35MWe a 120MWe. Estos sistemas, han sido explotados únicamente en Indonesia, Italia, Japón y Estados Unidos (Arellano Gómez & Rodríguez Iglesias, 2008)
- **Plantas de separación de vapor.** En este tipo de plantas, el pozo geotérmico, produce una mezcla de agua y vapor en la superficie. El vapor y el líquido es separado por un separador de flujos, conduciendo el vapor a la turbina y reinyectando el líquido al pozo. Generalmente, este tipo de plantas se presentan en un tamaño de 10MWe a 55MWe.
- **Plantas de ciclo binario.** Cuando se trata de fuentes de baja entalpía, es necesario utilizar un fluido secundario con punto de evaporación bajo (generalmente un fluido orgánico) para generar vapor en un ciclo binario (ciclo orgánico Rankine) existen unidades de 1MWe a 25MWe. (Arellano Gómez & Rodríguez Iglesias, 2008).
- **Evaporación súbita.** Cuando se tiene pozos con agua caliente, es necesario que se haga una evaporación instantánea (flasheo), reduciendo la presión para así producir vapor.

El porcentaje de cada tipo de plantas a nivel mundial se presenta en Tabla 1-2, las plantas de flasheo² sencillo es la configuración de planta más sencilla, sin embargo, la extracción total de energía, es menor.

Tabla 1-2 Tipo de plantas en el mundo (Bertani, 2010)

Tipo de Planta	Porcentaje a nivel mundial
Vapor seco (con condensación)	27%
Flasheo sencillo	41%
Flasheo doble	20%
Ciclo Binario	11%
Ciclo a contrapresión	1%

Por lo general, la temperatura de los pozos geotérmicos para la generación de electricidad, es a partir de 150°C, sin embargo, en Chena Hot Springs en Alaska, utilizan una temperatura de pozo de

¹ Generalmente n-pentano, estos fluidos se caracterizan por tener un bajo punto de fusión y una presión alta de vapor a bajas temperaturas al compararlo con el vapor de agua.

² Anglicismo utilizado para referirse al fenómeno de evaporación súbita por una caída de presión en un fluido (cavitación) con el fin de aumentar la calidad de la mezcla.

74°C (Lund, 2006). Las fuentes con temperaturas inferiores a 150°C usualmente se utiliza en proyectos de usos directos, como es el caso de las bombas de calor para tener un acondicionamiento de temperatura en viviendas (Lund, et al., 2008).

El total de la capacidad mundial de plantas geotérmicas instaladas desde del año 2005 a 2010 se presenta en la Figura 1. 2, se observa un incremento superior al 63% del período 1980 al 1985 resultado del embargo (1973) de La Organización de Países Árabes de Petróleo (OAPEC por sus siglas en inglés) y a partir de este período el crecimiento en la capacidad instalada se ha hecho prácticamente a una proporción constante, esperando tener nuevamente un incremento súbito en el año 2015.

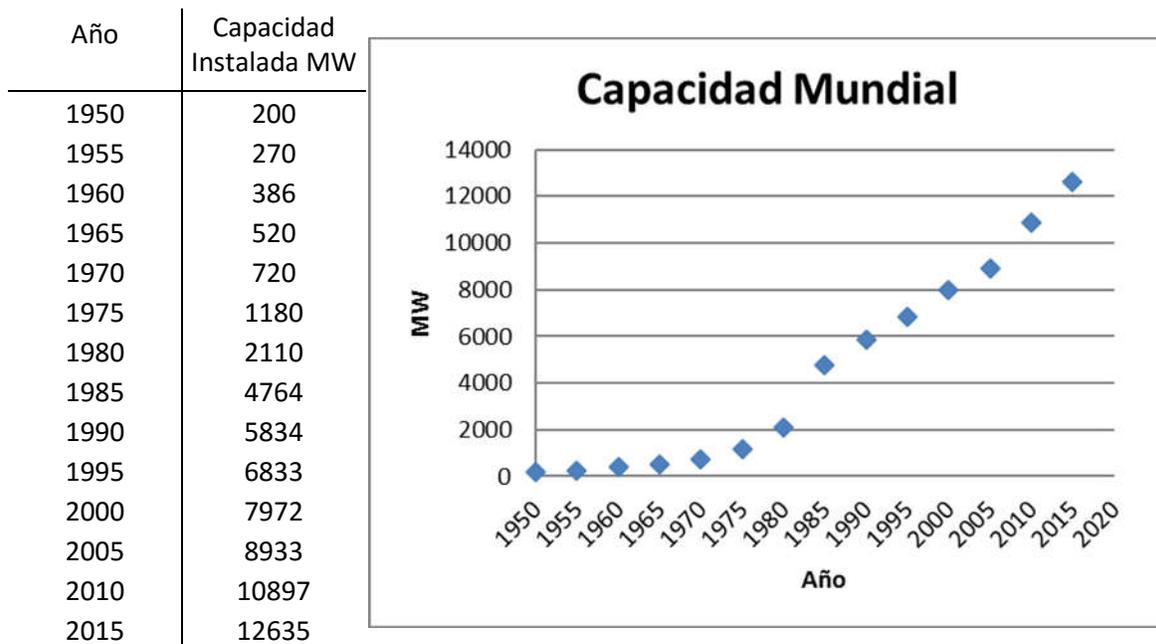


Figura 1. 2 Capacidad mundial instalada (Bertani, 2015)

En la Tabla 1-3 se muestran los cinco país con la mayor capacidad instalada y producida a nivel mundial ocupando México el 4to lugar y EUA en primer lugar con poco más del doble de capacidad instalada.

Tabla 1-3 Los 5 Países con mayor capacidad instalada (MW) y producida (GWh) (Bertani, 2010)

País	2005	2005	2010	2010
EUA	2,564	16,840	3,060	14,533
Filipinas	1,930	9,253	1,904	10,311
Indonesia	797	6,085	1,197	9,600
México	953	6,282	958	7,047
Italia	791	5,340	843	5,520

En México se ha utilizado la energía geotérmica para la generación de energía eléctrica desde 1959 cuando inició la operación de la primera unidad geotermoeléctrica, con 3.5MW de capacidad, en el campo geotérmico de Path , Hidalgo, actualmente fuera de operación.

1.3 Situación en México

La energía geotérmica en México en su mayoría, es utilizada para la producción de energía eléctrica (Gutierrez-Negrín, et al., 2010), mientras que otros usos directos siguen en desarrollo siendo la recreación uno de los usos directos más comunes por ejemplo: balnearios, aguas termales, etc.

Al cierre de 2012, la capacidad efectiva de generación fue de 39,362.196 MW, la generación de energía alcanzo 178,767 GWh del volumen generado el 55.20% fue a base de hidrocarburos, mientras que el resto, fue aportado por fuentes alternas

La capacidad efectiva instalada de generación se desglosa en la Tabla 1-4 , el promedio de crecimiento de la instalación de fuentes geotermoeléctricas es aproximadamente de 3% en los años 2007 al 2012, teniendo únicamente en el año 2008 un incremento en la instalación. Así mismo, observa un incremento promedio de la instalación de energías alternas en 6 años (2007-2012) del 1.2% en contraste con el incremento de las fuentes de hidrocarburos del 13.5 %.

En el año 2012 se tiene el 34.97%, de la capacidad total instalada, producida con fuentes alternas y de esta capacidad, se tiene únicamente el 5.89% de plantas Geotermoeléctricas (2.06% del total de la capacidad). Observando, que el crecimiento en la explotación de este recurso entre los años 2007-2010, ha sido prácticamente nulo y en contraste en los años 2010-2012, se presenta una disminución de la capacidad, debido al retiro de algunas plantas como son: unidades 3 y 4 de la central Cerro Prieto I para el período 2011-2012 (CFE, 2011).

Tabla 1-4 Capacidad instalada de CFE (CFE, 2012a)

Tipo	Capacidad Efectiva por tipo (MW)						2012	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012 Centrales	Unidades	
Total	38,397	38,474	38,927	39,704	39,270	39,363	157	640
Hidrocarburos	24,932	25,004	25,417	26,074	25,720	25,597	81	316
Vapor	12,641	12,641	12,671	12,652	12,336	11,699	26	84
Ciclo Combinado	5,416	5,456	6,115	6,115	6,122	6,122	13	59
Turbogas	1,958	1,991	1,715	1,715	1,673	2,146	30	82
Combustión Interna	217	216	216	214	211	252	9	76
Carboeléctrica	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2	8
Dual	2,100	2,100	2,100	2,778	2,778	2,778	1	7
Fuentes alternas	13,465	13,470	13,510	13,630	13,550	13,766	76	324
Hidroeléctricas	11,055	11,055	11,095	11,215	11,211	11,256	64	178
Geotermoeléctricas	960	965	965	965	887	812	7	37
Nucleoeléctricas	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,610	1	2
Eólica	85	85	85	85	87	87	3	106
Fotovoltaica	0	0	0	0	0	1	1	1

En contraste a este crecimiento de la explotación de la energía geotérmica, la CFE, a través de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) que junto con la Gerencia de Estudios e Ingeniería Civil (GEIC) elaboraron en el 2009 el Mapa del Potencial Geotérmico de la República Mexicana, encontrando más de 1380 manifestaciones (manantiales, hervideros, fumarolas, volcanes de lodo, suelos calientes, pozos de agua caliente), para estimar el potencial geoenergético disponible y la factibilidad de explotar el recurso para la generación de energía eléctrica, este mapa publicado en la revista Geotermia (Figura 1. 3) muestra los puntos de alta, media y baja entalpía, lugares en los que, es posible el aprovechamiento de este recurso.

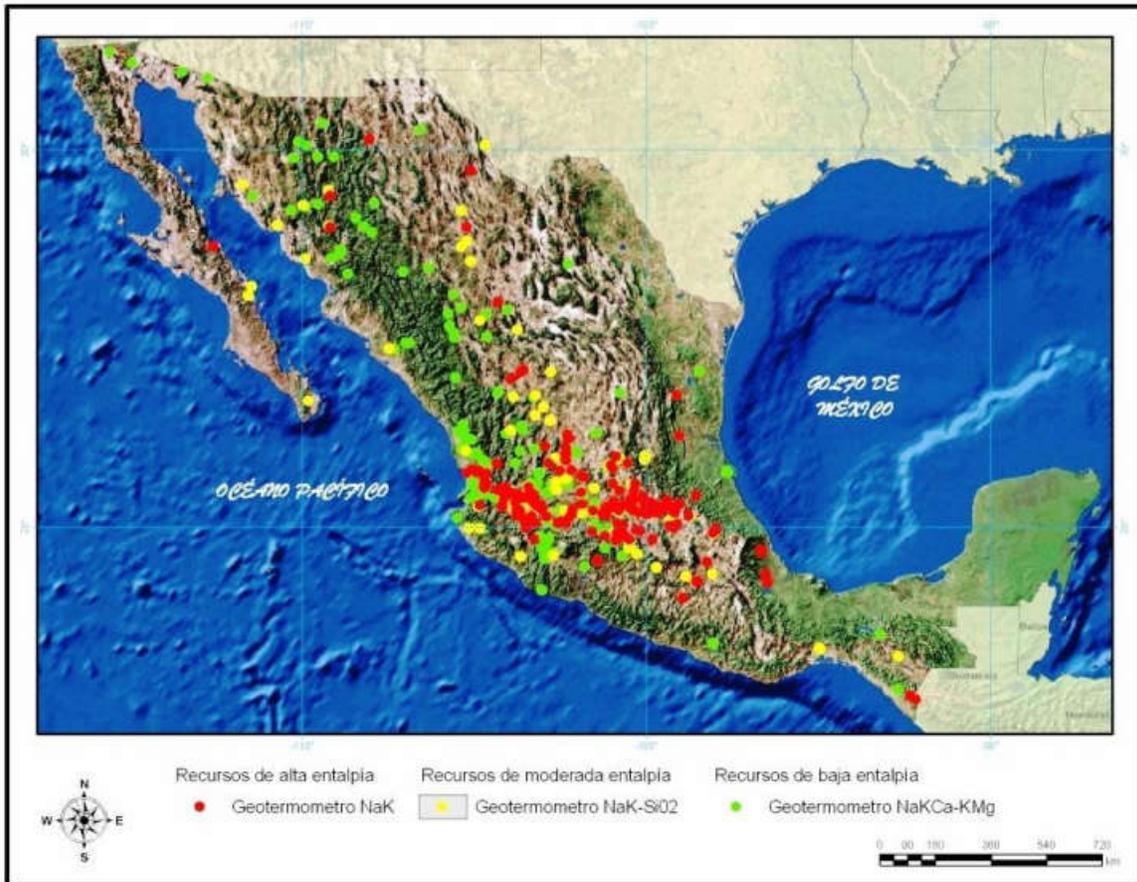


Figura 1. 3 Clasificación de las manifestaciones hidrotermales por rangos de temperatura (Ordaz Méndez, et al., 2011)

Potencial de reservas probadas.

En la Tabla 1-5, se presentan las reservas probadas y el potencial geotérmico, dependiendo de la probabilidad y características de los yacimientos, estas reservas se catalogan 3 tipos (1P, 2P y 3P):

- Reserva 1P: Se toman las reservas de yacimientos conocidos, que al realizar análisis de datos de geología e ingeniería, se estima con “razonable certeza” que serán recuperables comercialmente bajo condiciones económicas y métodos de operación actuales, y tienen al

menos un 90% de probabilidad de que las cantidades a recuperar serán iguales o excederán el estimado.

- Reservas 2P: Estas reservas probables se toman como las reservas donde el análisis geológico y de ingeniería de yacimientos sugiere que son más factibles de ser comercialmente recuperables, que de no serlo. Tiene una probabilidad de al menos 50% de que las cantidades a recuperar sean iguales o mayores que la suma de las reservas más probables.
- Reservas 3P: La información geológica y de diseño, sugiere que es menos segura su recuperación comercial que las reservas probables. Este tipo de reservas, tienen al menos una probabilidad del 10% de que las cantidades realmente recuperadas sean iguales o mayores.

Tabla 1-5 Reservas probadas y potencial geotérmico (Hiriart, 2011)

Reservas Probadas (1P)			Potencial Geotérmico (MWe)		
Campo geotérmico	Capacidad actual (MWe)	Reservas Probadas (MWe)	Entalpía	Probable (2P)	Posible (3P)
Cerro Prieto, BC	720	25	Alta	1643.94	5691.79
Los Azufres, Mich.	188	40	Media	220.37	881.48
Los Humeros, Pue.	40	46	Baja	212.7	849.61
Las Tres Vírgenes, BCS	10	0	Total	2077.01	7422.88
Cerritos Colorados, Jal.	0	75			
Total	958	186			

Lo que nos da un panorama general, del nicho de mercado que tenemos en el país.

Debido a esto, el desarrollo de tecnología mexicana para la explotación de este abundante recurso en nuestro territorio es de gran importancia, este proyecto desarrolla la evaluación para una modificación de un ciclo binario convencional.

1.4 Ciclo Binario de Evaporación Instantánea (CBEI)

El aprovechamiento de la energía geotérmica o de algún remanente energético de las industrias ha sido una línea de investigación en nuestros días, por ello, se han desarrollado distintas tecnologías. Dentro de éstas, se han desarrollado plantas de generación del ciclo binario.

Las plantas de ciclo binario³, permiten el uso de sistemas geotérmicos de baja y media entalpía para la producción de energía eléctrica. En la Figura 1. 4 se esquematiza un ciclo binario convencional, caracterizado por el uso de un fluido de trabajo secundario, la energía térmica del recurso geotérmico, es transferida al fluido de trabajo por medio de un intercambiador de calor, el fluido de

³ También llamado Ciclo Rankine Orgánico (ORC por sus siglas en inglés).

trabajo al ser (generalmente) un fluido orgánico con bajo punto de fusión, se evapora y es ingresado a la turbina acoplada con un generador para producir energía eléctrica. Finalmente, es condensado para ingresarlo nuevamente en el intercambiador de calor, haciendo de éste un ciclo cerrado⁴.

El fluido geotérmico y el fluido de trabajo, no entran en contacto directo, evitando así, el ingreso de recurso geotérmico a las partes móviles (turbina y bombas) y tuberías del ciclo, con esto, se reduce las incrustaciones, desgaste y corrosión, problemas observados cuando se usa el recurso geotérmico directamente en el sistema de generación.

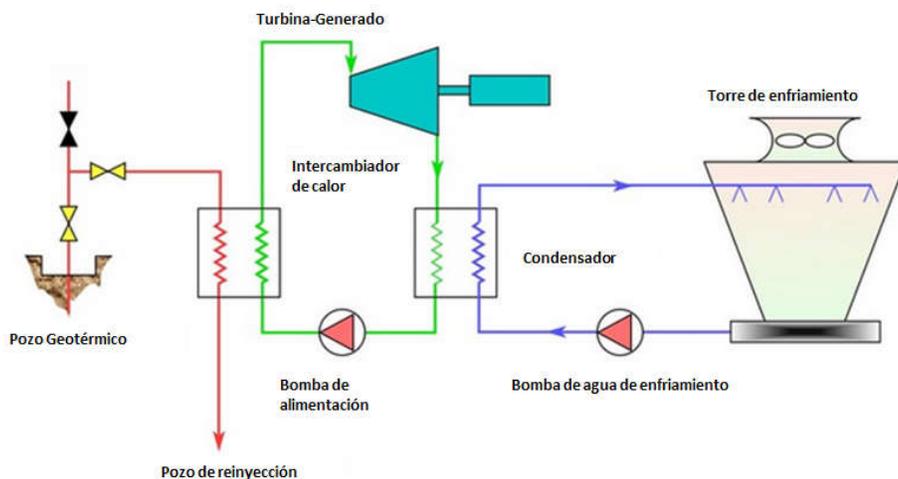


Figura 1. 4 Ciclo Binario Convencional (Dickson & Fanelli, 2004)

Los ciclos binarios, pueden ser utilizados para generar energía adicional del fluido geotérmico después de su uso en las plantas de flasheo, con esta inclusión al sistema geotérmico, la eficiencia energética total, aumenta. La salmuera que sale del separador⁵, tiene suficiente energía para producir electricidad en un ciclo de este tipo, por lo que no genera algún costo adicional el uso de este recurso de desecho. (Monroy Parada, 2013)

Este tipo de ciclos, presentan algunas desventajas, como: el tiempo que toma el mantenimiento a los intercambiadores, el tamaño de los equipos, la poca viabilidad económica para el escalamiento del sistema, entre otros. Por ello, el grupo IMPULSA (Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica) del II UNAM propone un sistema de

⁴ Un ciclo cerrado, es un ciclo termodinámico, en donde el fluido de trabajo no sale del ciclo, ni entra en contacto directo con el ambiente.

⁵ La salmuera, es producida al separar la mezcla de líquido y vapor del recurso geotérmico, introduciendo así por un lado el vapor seco a la turbina y la salmuera a las lagunas de enfriamiento para ser reinyectado al pozo posteriormente.

generación eléctrica con el ciclo binario modificado (Sistema PWG por sus siglas en inglés “*Pressurized Water Generation*”).

Este proyecto, se ha desarrollado en el instituto, logrando obtener, un ciclo binario modificado, con el nombre de CBEI (Ciclo Binario de Evaporación Instantánea), el cual, presentan algunas modificaciones al ciclo binario convencional, éstas se observan al comparar las Figura 1. 4 con la Figura 1. 5.

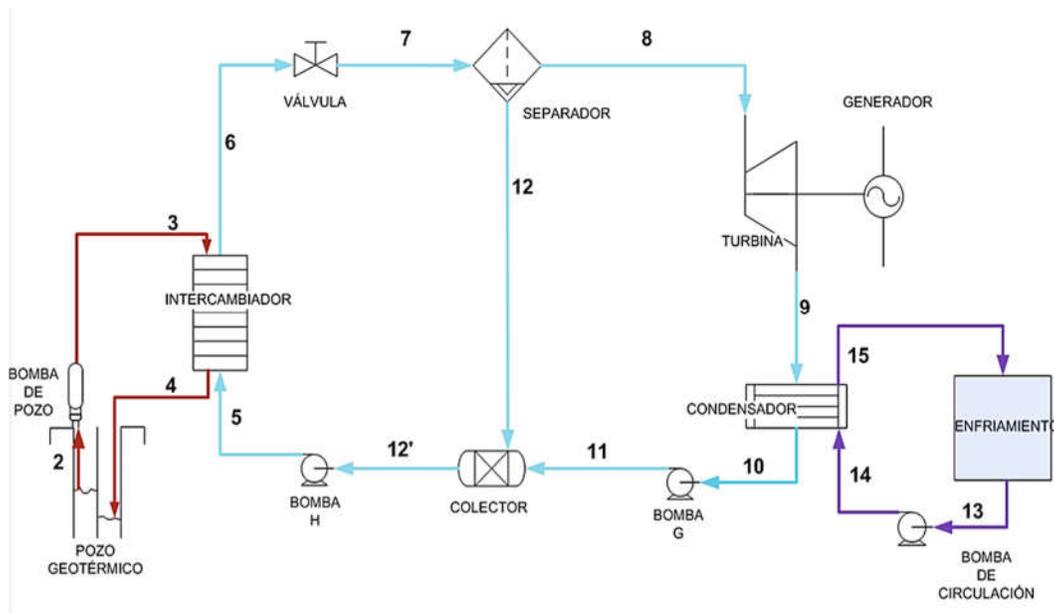


Figura 1. 5 Ciclo CBEI (Grupo IIDEA, 2014)

A continuación, se enlistan estas modificaciones:

- El sistema de generación de vapor de tener convencionalmente un intercambiador de tubo y coraza, de grandes dimensiones, se ha propuesto un intercambiador de placas, aumentando el acercamiento de temperaturas, sin afectar considerablemente el tamaño del equipo.
- El cambio de este tipo de condensador, trae consigo, la limitante de utilizar solo fluidos en estado líquido, razón por la cual, se han agregado los equipos: válvula y separador, los cuales, son usuales en los sistemas convencionales para la explotación de los yacimientos geotérmicos.
- La función de la válvula es, generar una caída súbita de presión aumentando con esto, la calidad de la mezcla.
- Después de realizar este flasheo, la mezcla se ingresa al separador de flujo, separando con ello, la parte de vapor y el líquido en la mezcla, logrando con ello, el ingreso del vapor prácticamente seco a la turbina.
- Finalmente, se adiciona un mezclador para recuperar todo nuestro fluido secundario, para reingresarlo al intercambiador de placas e iniciar nuevamente el ciclo.

En la Figura 1. 5 se enumeran los estados termodinámicos del ciclo:

- 2 Extracción del pozo geotérmico.
- 3 Ingreso del recurso geotérmico al intercambiador de placas, para realizar la transferencia de calor al fluido de trabajo.
- 4 Reinyección del fluido geotérmico al pozo.
- 5 Ingreso del fluido de trabajo al intercambiador de placas, para elevar su temperatura a un punto de saturación.
- 6 Salida del fluido de trabajo a un temperatura de saturación.
- 7 Salida de la válvula de estrangulamiento en donde se “flashea” el fluido dando como resultado una mezcla de líquido y vapor.
- 8 Salida de vapor del separador de flujos, para ser ingresado en la turbina.
- 9 Salida de la turbina del fluido de trabajo.
- 10 Salida del condensador del ciclo, en el cual se condensa la fracción de vapor restante del proceso de expansión en la turbina.
- 11 Se eleva la presión del condensado de la turbina para ser mezclado con la fracción de líquido separado en el separador de flujos.
- 12 Salida de la fracción de líquido del separador de flujos.
- 12' Salida del colector o mezclador de la fracción que se ingresó a la turbina y la fracción que se separó en el separador de flujos.
- 13 Agua de enfriamiento.
- 14 Ingreso del agua de enfriamiento al sistema de condensación del CBEI.
- 15 Salida del agua de condensación del condensador.

Finalizada la explicación técnica de esta propuesta, es necesario conocer, la forma en que puede ser evaluado el proyecto económicamente hablando, lo que será abordado en el capítulo siguiente: “Evaluación de Proyectos”.

Capítulo 2 Evaluación de Proyectos

Como lo indica el nombre del capítulo, se establecerán las bases para realizar la evaluación del proyecto, teniendo en cuenta los requerimientos que se solicitan para presentar algún proyecto ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y así determinar la viabilidad de efectuarlo, sin dejar a un lado las opciones de adquisición o comercialización de este equipo, ya sea por parte del sector Público o del sector Privado.

Por ello se presenta la descripción del mecanismo denominado Asociación Pública-Privada y las exigencias económicas que se le dan a los proyectos para ser adquiridos mediante un sistema de adquisición tradicional, opción que será evaluada en el siguiente capítulo.

2.1 ¿Qué es un proyecto?

Un proyecto, desde el punto de vista económico, se define como una propuesta de acción que implica el uso de un conjunto determinado de recursos para el logro de ciertos resultados esperados.

Los proyectos de inversión, dan respuesta a la aparición de un problema o el aprovechamiento de una oportunidad ya sea del sector Público o Privado. (Ortegón, et al., 2005)

Una característica esencial de un proyecto es que implica costos y beneficios para quien lo realiza, por ello, cuando un plan de acción ocasiona únicamente costos no se considera como un proyecto. Es conveniente plantear diversas alternativas de solución para cada proyecto, seleccionar las que parecen mejores y someterlas a un análisis de costos y beneficios para así elegir la mejor de ellas. (CEPEP, 1999)

Todo proyecto, tiene un ciclo de vida (Figura 2.1):

Ciclo de vida de los proyectos

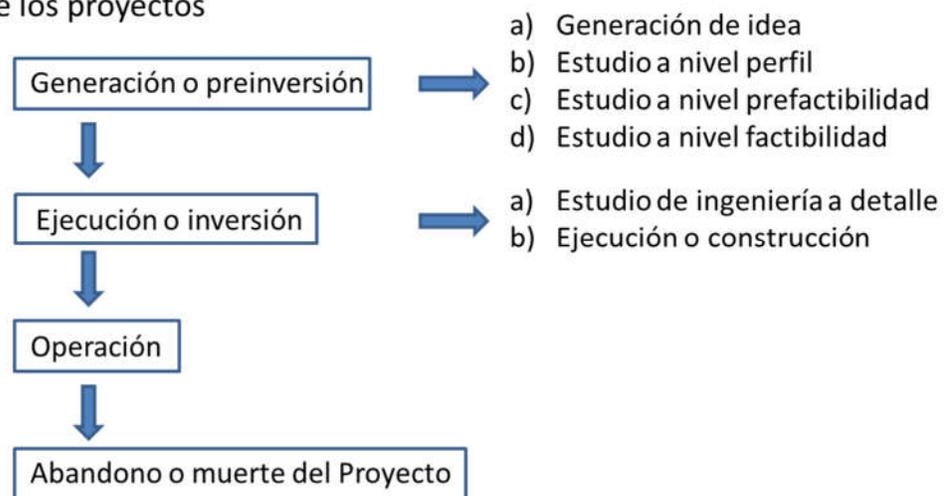


Figura 2.1 Ciclo de vida de los proyectos

En cada uno de los niveles, la exactitud de la información requerida para realizar el proyecto es distinta, incrementándose conforme se avanza de nivel, presentando dos ventajas:

- Cada nivel proporciona al evaluador una idea más clara sobre la conveniencia de hacer o no el proyecto
- Evita gastos innecesarios debido a que el proyecto se abandonará cuando el resultado del estudio, en cualquier nivel, demuestre que éste no es bueno para el país y/o el inversionista ya que los costos de hacerlo son mayores que los beneficios que generaría

La SHCP realiza la siguiente clasificación de los proyectos que se registran en la Cartera de Programas y Proyectos de Inversión:

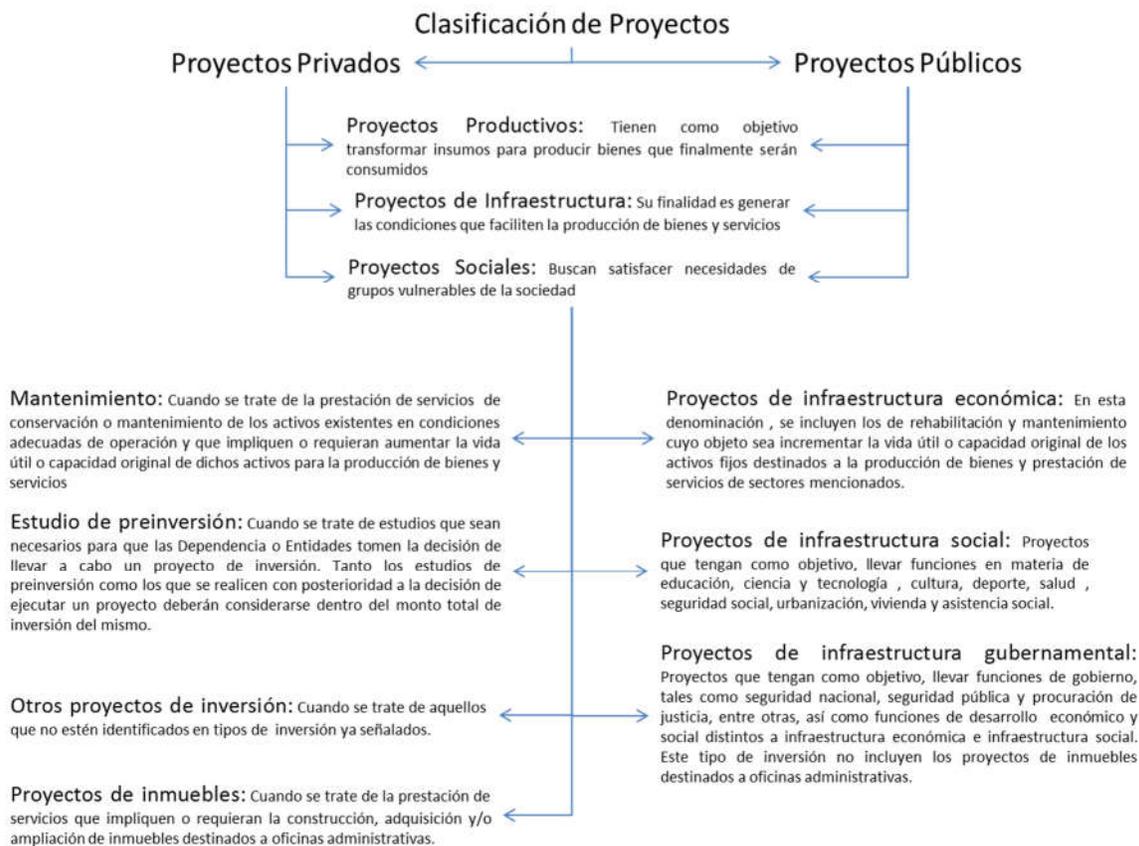


Figura 2.2 Clasificación de Proyectos de Inversión

Los proyectos, primeramente, se distinguen en: proyectos privados y proyectos públicos. En los proyectos privados se invierten recursos privados buscando una ganancia para los inversionistas. En tanto, los proyectos públicos son proyectos realizados por el Estado en el que se invierten recursos de la sociedad y se espera obtener un rendimiento o una mejora en el bienestar para ella y al utilizar fondos de la sociedad, se podría ocasionar un conflicto de interés entre quienes proponen el proyecto o programa y el resto de la sociedad, ya que los beneficios del proyecto generalmente, alcanzan a un segmento de la población. (CEPEP, 1999)

2.3 Análisis costo beneficio y Asociación Público-Privada

La Ley Federal de Presupuestos y Responsabilidad Hacendaria en el artículo 34, establece la manera en que se programan los recursos destinados a programas y proyectos de inversión. Especificando en la fracción II, la necesidad de presentar la evaluación costo y beneficio correspondiente, siguiendo los "Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión" (Figura 2.3)

Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión

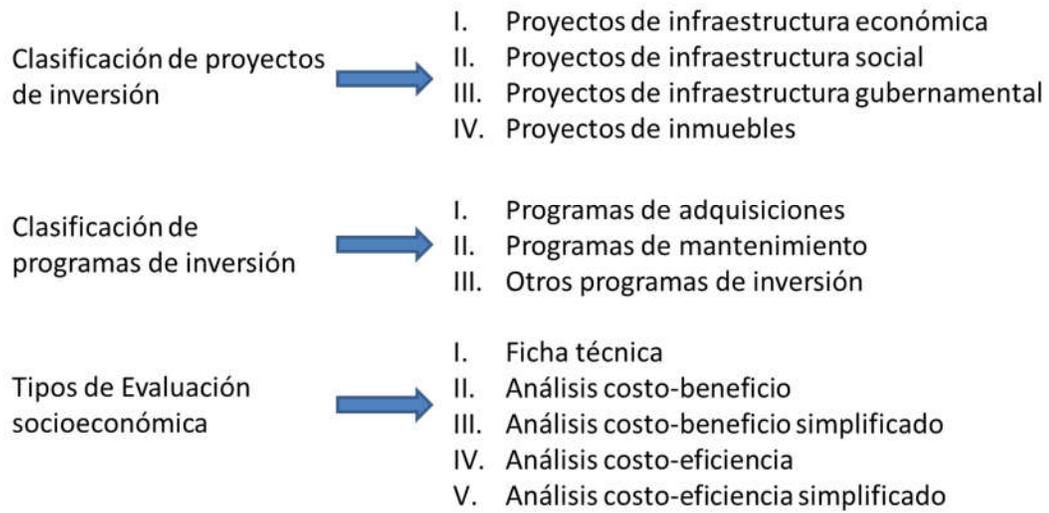


Figura 2.3 Clasificación de programas y proyecto de inversión y tipos de evaluación socioeconómica

Según los montos totales de los programas y proyectos de inversión, la SHCP, dictamina la forma de presentar la evaluación socioeconómica.

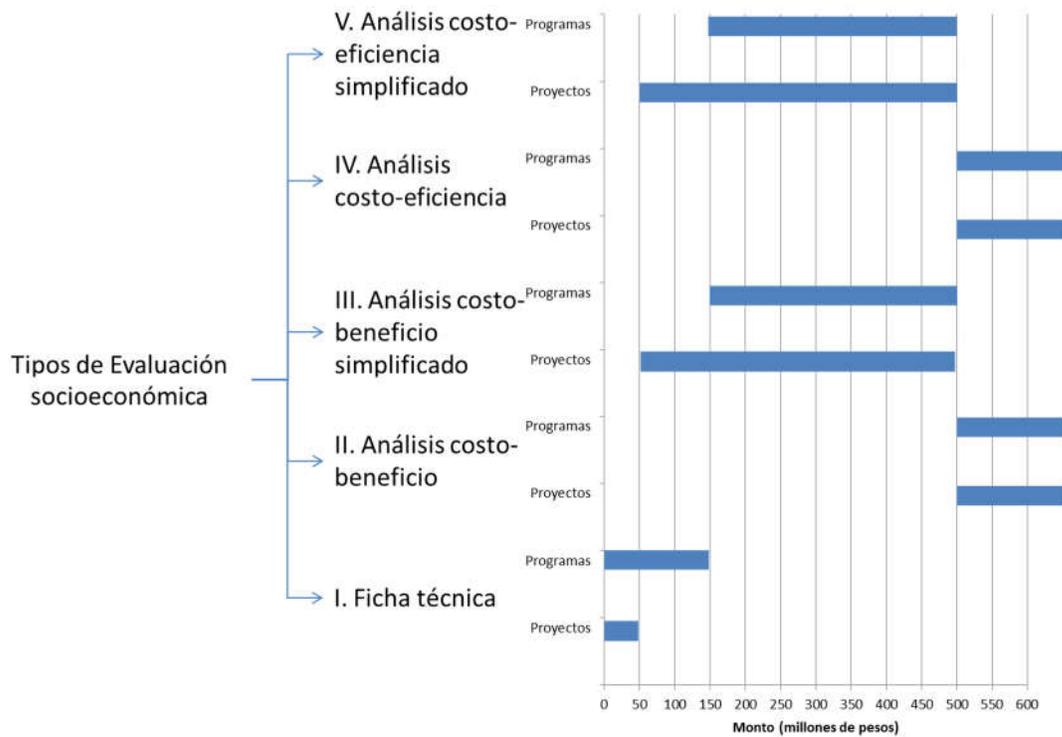


Figura 2.4 Tipo de evaluación socioeconómica y montos aplicables

Así mismo, los indicadores de rentabilidad, que se deben incluir en cada evaluación económica y el nivel del estudio, se distinguen de la siguiente manera:

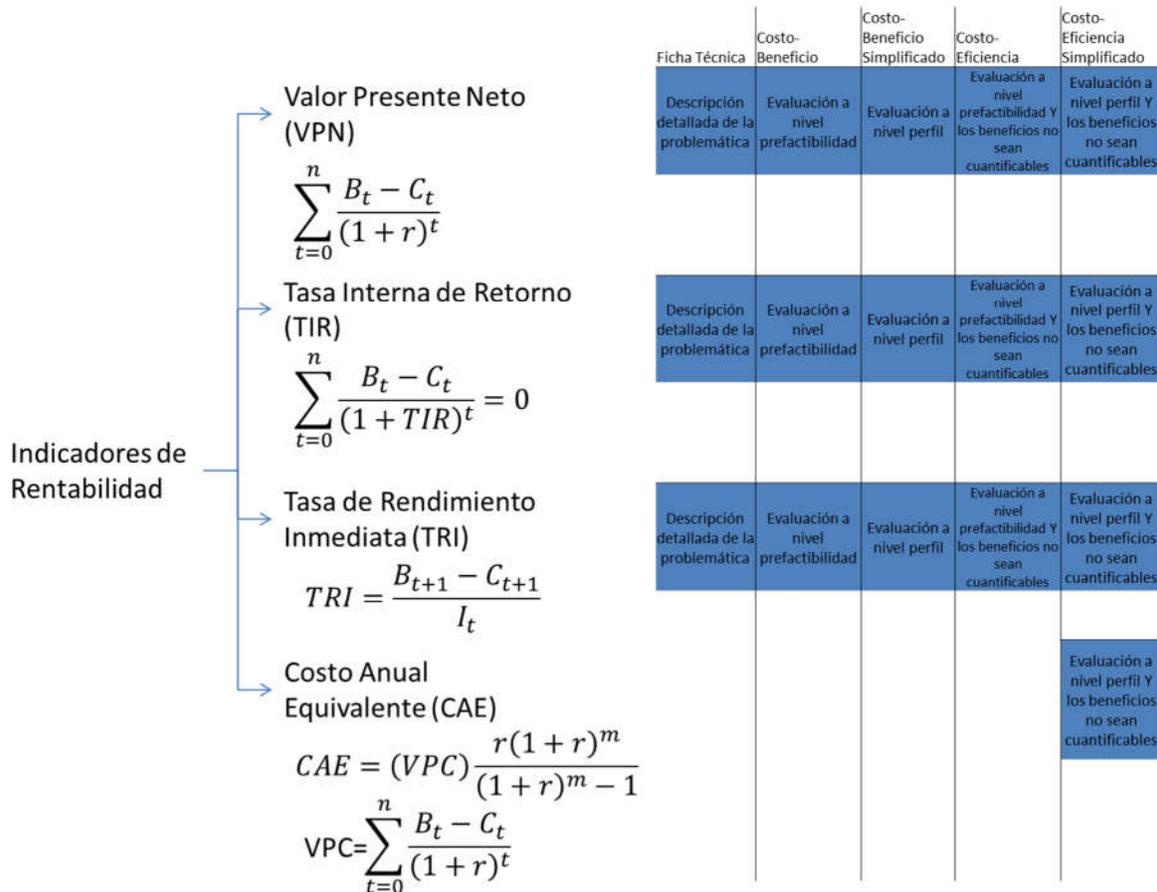


Figura 2.5 Indicadores de rentabilidad

Donde;

- B_t : Beneficios totales en el año t.
- C_t : Costos totales en el año t.
- n : Número de años del horizonte de evaluación.
- t : Año calendario, 0 será el inicio de las erogaciones.
- r : Tasa de descuento
- I_t : Monto total de inversión en el año t
- m : Número de años de vida útil
- VPC: Valor presente del costo total del proyecto de inversión

Asociación Público Privada

La ley de Asociaciones Públicas y Privadas, publicada en el Diario Oficial de la Federación en el artículo 2, contempla a los proyectos de Asociación Pública-Privada como aquellos que se realicen con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del

sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermedios o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumente el bienestar social y los niveles de inversión en el País.

Para este tipo de proyectos, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, publicó el *“Manual que establece las disposiciones para determinar la rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un proyecto mediante el esquema de Asociación Público-Privada”*

En cuanto al análisis de rentabilidad social, se deben cubrir los mismos puntos expuestos anteriormente de *“Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”*

Las dependencias o entidades deben clasificar el proyecto de asociación público-privada (APP) de acuerdo con lo siguiente (Figura 2.6):



Figura 2.6 Tipologías de una asociación público-privada

La SHCP desarrolló un Índice de Elegibilidad con el objetivo de proporcionar una metodología, mediante el análisis cualitativo y cuantitativo, para determinar la elegibilidad de un proyecto en el esquema de Asociación Pública Privada.

El índice de elegibilidad de APP (IEAPP) es una combinación lineal de variables explicativas de un problema en forma de preguntas, cuya finalidad es obtener una puntuación que indicará el grado que describe la variable objetivo. El IEAPP, agrupa las variables de la siguiente forma:



Figura 2.7 Estructura del IEAPP

La prueba de IEAPP consiste en una serie de 30 preguntas, enfocadas en los rubros antes mencionados. Para recopilar la información, es necesario aplicar dicho cuestionario a un grupo de 7 personas mínimo con un moderador, con respuestas a elegir en escala de 1 al 5. Obteniendo los valores finales igualmente de 1 a 5 y con esto se determina el esquema a seguir (Tabla 2-1):

Tabla 2-1 Valores del IEAPP

Valor del IEAPP	Descripción
1.0 a 2.0	No es conveniente usar APP
2.1 a 2.9	Probablemente no es conveniente usar APP
3.0	Es indiferente usar APP
3.1 a 3.9	Probablemente es conveniente usar APP
4.0 a 5.0	Definitivamente es conveniente usar APP

Análisis de riesgo para APP

El manual, presenta una metodología sistematizada para el análisis de riesgos en los proyectos de infraestructura y servicios. Orientado a: identificar, describir, valorar y asignar los riesgos del proyecto.

Los riesgos, son susceptibles a ser clasificados como se indica en la Figura 2.8:

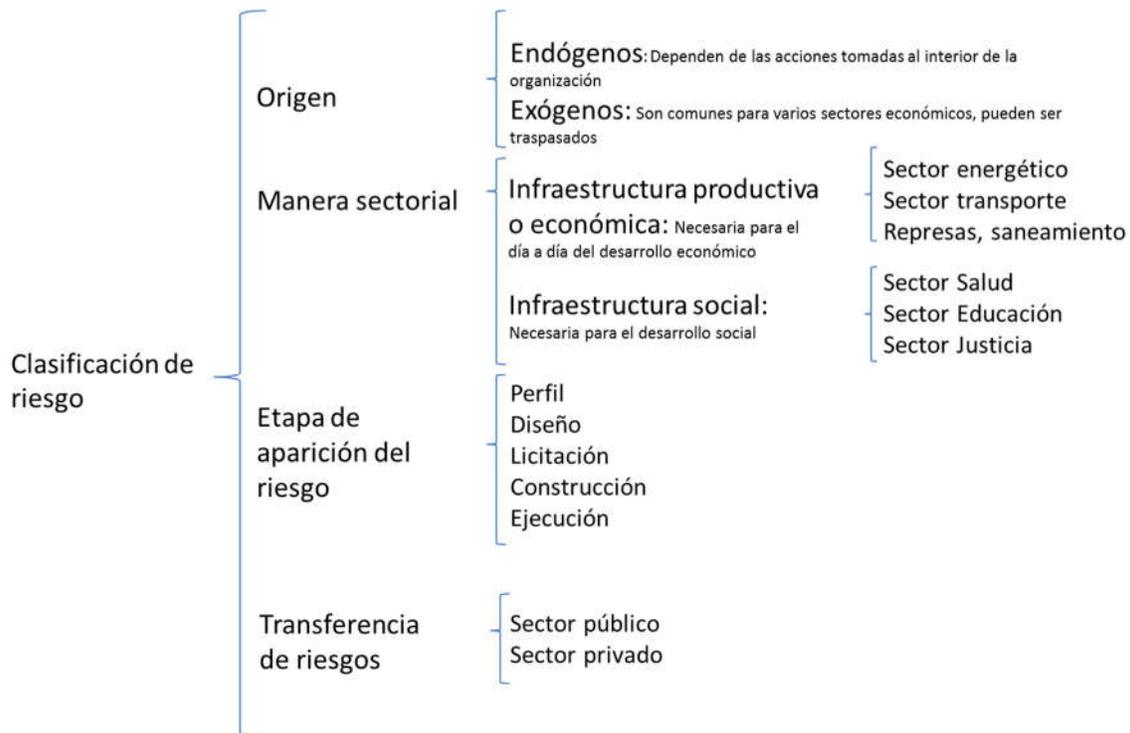


Figura 2.8 Clasificación de riesgo

La última clasificación que se hace de los riesgos cuando se elige un esquema de APP, es la asignación del mismo, siendo esto, uno de los aspectos característicos de este esquema, esta asignación se lleva a cabo después de haber identificado, descritos y valorados todos los riesgos.

La asignación de riesgos es el proceso por el cual, el sector público y privado, deciden la proporción de la responsabilidad de la administración del riesgo que será retenida por cada parte del esquema, quedando definido de la siguiente manera (Figura 2.9):



Figura 2.9 Asignación de riesgo

La asignación se debe hacer en función de la parte que esté mejor preparada para evaluar, administrar, controlar y mitigar los riesgos. Reduciendo con esto la probabilidad de que el riesgo ocurra y controlar las consecuencias si el riesgo se materializa. En el caso de nuestro país, la única forma de verificar la asignación es a través de un proceso de licitación y no negociación.

Con esta asignación de riesgo, la APP ofrece a cada una de la partes enfocarse en aquellas actividades de la cadena de valor donde posean ventajas competitivas y a su vez una mayor eficiencia para cada uno. Una distinción entre subcontratación estratégica y no estratégica indica que muy pocas entidades pueden tener gran ventaja competitiva en toda la cadena de producción, sin embargo, al especializarse en pocas de estas actividades, pueden ganar ventajas competitivas reales.

Comparador público privado (CPP)

El CCP, mide la diferencia entre el costo de un proyecto público de referencia desarrollado bajo el esquema de obra pública tradicional, contra un proyecto desarrollado bajo el esquema de APP. Para hacer esto se utiliza el Valor por el Dinero (VPD), el cual es un concepto basado en la consecución del mayor beneficio posible por una inversión igual o menor al costo de inversión de capital en mecanismos de contratación tradicional, sumado a los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura y los equipos ajustados por riesgos menos los ingresos de terceras fuentes (llamado proyecto público de referencia).

El CPP se compone de 8 elementos (Figura 2.10)

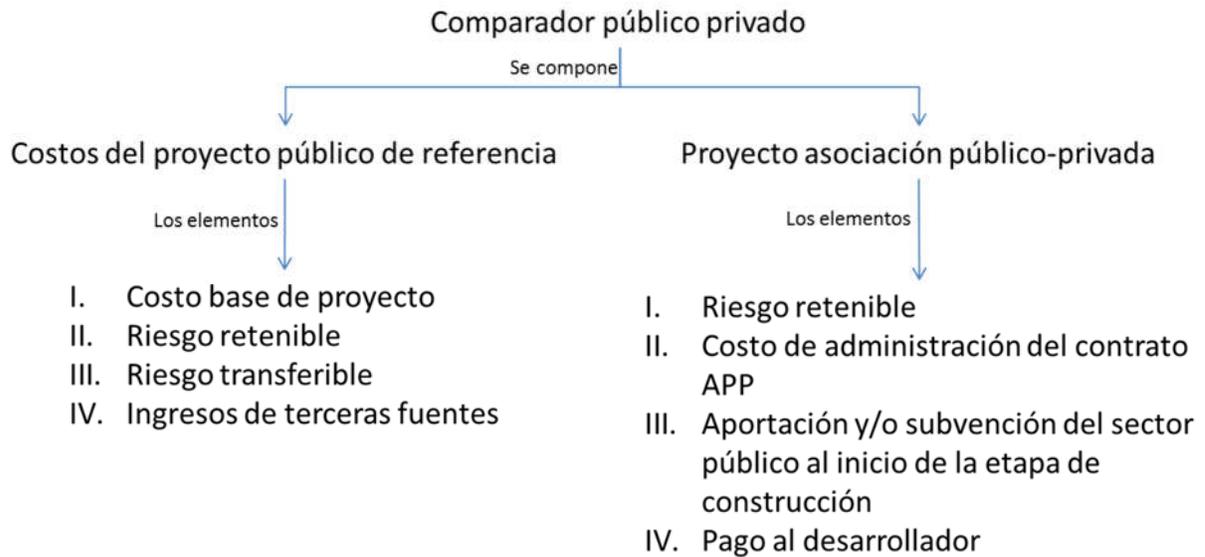


Figura 2.10 Componentes del CPP

Expuestas las bases técnicas y resaltando los puntos más importantes del “Manual que establece las disposiciones para determinar la rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un proyecto mediante el esquema de Asociación Público-Privada” de la SCHP, a continuación, se presentará la evaluación económica del proyecto, incluyendo los indicadores de rentabilidad, el CPP, etc.

Capítulo 3 Evaluación Económica

Se presenta la evaluación económica y comparación del desarrollo del proyecto mediante una Asociación Pública-Privada, mostrando diferentes posibles escenarios en los que se incluye los indicadores de rentabilidad, las condiciones establecidas y finalmente la comparación del Valor Presente Neto para cada una de las partes (Pública o Privada).

Este desarrollo, se realiza de la manera más objetiva por ello, al final del capítulo, se muestra un ejemplo de cómo se podrían establecer los parámetros de selección para ambas partes y conocer en cuales “zonas” el proyecto puede cumplir con las exigencias previamente establecidas.

3.1 Caso sin APP

Primeramente, se presenta el caso sin la figura de APP (obra pública tradicional), es decir, el ciclo es adquirido por la entidad gubernamental cubriendo el 100% de precio del bien y su mantenimiento. Teniendo las siguientes consideraciones:

Se inicia determinando los ingresos que generaría el ciclo, para ello, se utiliza la tarifa vigente (Diciembre 2015) mostrada en la Figura 3. 2 con ella y con el promedio de los costos unitarios de operación sin combustibles y energía comprada (Figura 3. 1) teniendo un costo promedio de \$270.93 MWh. (SENER, 2015) se obtiene el estimado el porcentaje que de gastos aproximando.

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Costo Unita	\$ 249.00	\$ 260.40	\$ 255.60	\$ 272.40	\$ 271.40	\$ 273.50	\$ 269.70	\$ 271.10	\$ 261.30	\$ 266.20	\$ 298.10	\$ 302.40

Figura 3. 1 Costos unitarios de operación sin combustible y energía comprada (Pesos/MWh) (SENER, 2015).

La tarifa doméstica, varía en función del consumo de kWh consumidos (Figura 3. 2) para el ciclo, se utilizará la tarifa correspondiente al rango de demanda de 0 a 75 kWh.

Precio kWh	kWh consumidos	\$/MWhr	Costo Promedio	Porcentaje de gastos
\$ 0.8090	0-75	\$ 809.00	\$ 270.93	33.49%
\$ 0.9760	75-140	\$ 976.00	\$ 270.93	27.76%
\$ 2.86	Resto	\$ 2,859.00	\$ 270.93	9.48%

Figura 3. 2 Tarifa servicio doméstico, 2015 (CFE, 2015)

Teniendo un porcentaje de gastos de 33.49%, el cual será utilizado para estimar el porcentaje que se eroga para gastos administrativos, porteo, mantenimiento de líneas de transmisión, etc. Así mismo, capacidad de generación neta de la planta, se plantea de 10 kWe, con un factor de planta de 92%, lo que resulta en una producción anual de 80, 592 kWh.

Resumen	
Tarifa kWh	\$ 0.8090
Potencia neta ciclo	10 kWe
Factor de planta	92%
Potencia anual	80592 kWh
Porcentaje de gasto	33.49%
Ingreso máximo anual	\$65,198.93

Figura 3. 3 Datos para análisis

Las consideraciones que se realizan por parte de la entidad Privada, son el costo bruto del equipo, valorándolo en \$145,728.00, sin embargo, el precio de venta se fija en \$291,456.00. En el apéndice I se muestra un desarrollo con más detalle del costo del sistema. De igual forma, se calcula un costo de mantenimiento anual de \$8,216.69 desarrollado en el mismo apartado.

Los costos de mantenimiento los absorbería la entidad que adquiere el equipo, por tal motivo, solo se contabilizarán como gastos por parte de la entidad Pública presentando a continuación el flujo de efectivo, el período de evaluación del proyecto se realiza a 25 años ya que se estima que será la vida útil del ciclo.

Pública

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Inversión	\$ 291,456.00						...						
Costos		\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	...	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69
Ingresos		\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	...	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81	\$43,363.81
Total	\$ (291,456.00)	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	...	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12	\$35,147.12

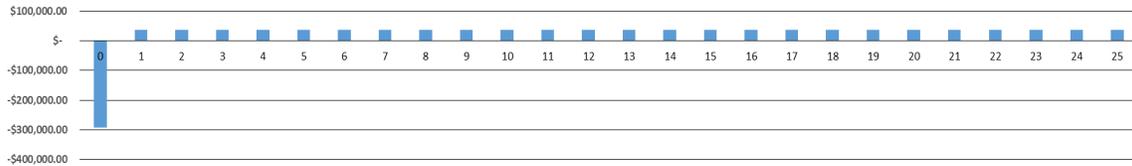


Figura 3. 4 Flujos de efectivo (Pública)

Los indicadores de rentabilidad son calculados con las fórmulas presentadas en el capítulo anterior (Figura 2.5) para la entidad Pública en este caso son:

Indicadores de Rentabilidad	
VPN	\$ 27,575.81
TIR	11.21%
TRI	12.06%
PR ⁶	19

Figura 3. 5 Indicadores de Rentabilidad (Pública)

Mientras que para la entidad Privada, el flujo de efectivo sería el siguiente:

Privado

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Ingresos	\$ 291,456.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	...	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ 145,728.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	...	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ 145,728.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	...	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

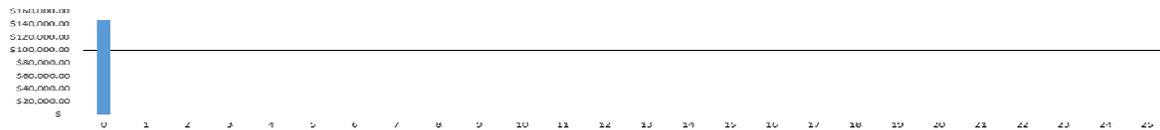


Figura 3. 6 Flujos de efectivo (Privado)

Presentado únicamente ingresos en el período inicial del proyecto por la venta del ciclo los indicadores de rentabilidad serían:

⁶ PR: Período de Recuperación

Indicadores de Rentabilidad	
VPN	\$ 145,728.00
TIR	N/A
TRI	N/A
PR	N/A

Figura 3. 7 Indicadores de rentabilidad (Privado)

Analizando los indicadores de rentabilidad para la entidad Pública, éstos cumplen con el criterio de selección para considerar el proyecto financiable. Ya que cumplen con los establecidos por la SCHP.

3.2 Caso con APP

Presentado el caso de adquisición de obra pública tradicional, se muestran algunos posibles escenarios teniendo un esquema APP. Los factores a variar son: el porcentaje de aporte del privado en los costos del ciclo y el porcentaje de la producción total que cobraría el Privado (renta anual). Teniendo en consideración que los costos de administración y porteo de la energía quedarían a cargo de la entidad Pública y los costos de mantenimiento del equipo corren por cuenta del Privado.

Para determinar la tasa de descuento Privada, se utiliza el Modelo de Costos de los Activos Fijos o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), desarrollado por Jack L. Treynor, William Sharpe, John Litner y Jan Mossin (Treynor, 1962) la cual es una herramienta utilizada en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para un cierto activo. El modelo toma en cuenta la sensibilidad del activo al riesgo del mercado o riesgo sistémico (β), la rentabilidad esperada del mercado y la rentabilidad esperada de un activo libre de riesgo. (Hernandez, 2015)

$$E_P = R_f + (E_M - R_f)\beta_P$$

E_P : Rentabilidad esperada del activo

R_f : Tasa libre de riesgo

β_P : Coeficiente beta, define la volatilidad de la rentabilidad de un activo ante movimientos de la rentabilidad del mercado

E_M : Rendimiento del mercado

Teniendo los siguientes valores:

R_f : Es la tasa de rendimiento de los Certificados de Tesorería (CETES): 3.04%

β_P : 0.83 (NYU STERN, 2015)

E_M : 10% tasa de descuento social

E_P : 8.8168%

Caso 1

Para este caso, se busca que el VPN de la parte Pública sea igual en caso con APP y en esquema tradicional y el aporte que hace el Privado del equipo completo (“Skid”) es del 100% de su costo. Con estas condiciones, se calcula el porcentaje de los ingresos anuales que el Privado recibiría del proyecto (61.85%).

a) Porcentaje de aporte (Privado)	100%
b) Porcentaje de renta (Privado)	61.85%
c) Porcentaje de gastos (Público)	33.490%
d) Tasa de descuento (Privado)	8.8168%
e) Tasa de descuento (Público)	10.0%

Figura 3. 8 Condiciones Caso 1

- a) Porcentaje aporte (Privado). Es el porcentaje del total del costo del equipo que aporta el privado.
- b) Porcentaje de renta (Privado). Es el porcentaje del ingreso total que cobra.
- c) Porcentaje de gastos (Público). Es el porcentaje que se estima destinado a los gastos administrativos y/o de porteo de la energía eléctrica.
- d) Tasa de descuento (Privado). Es la tasa de descuento, calculado anteriormente E_P : **8.8168%**.
- e) Tasa de descuento (Público). Es la tasa social de descuento (SHCP, 2014).

CASO 1 (Con APP)

Privado

Periodo	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Ingresos		\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	...	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83	\$40,325.83
Inversión	\$ 145,728.00						...						
Mantenimiento		\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	...	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69
Total	\$ (145,728.00)	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	...	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15	\$32,109.15

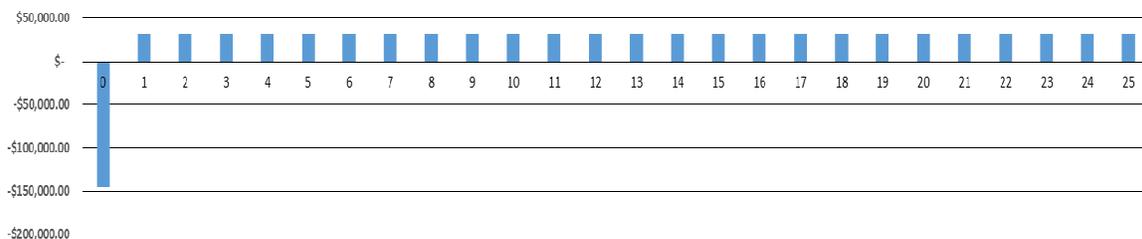


Figura 3. 9 Flujo de efectivo Caso 1 (Privado)

Pública

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Inversión	\$ -						...						
Costos		\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	...	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95	\$62,160.95
Ingresos		\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	...	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93
Total	\$ -	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	...	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97	\$ 3,037.97

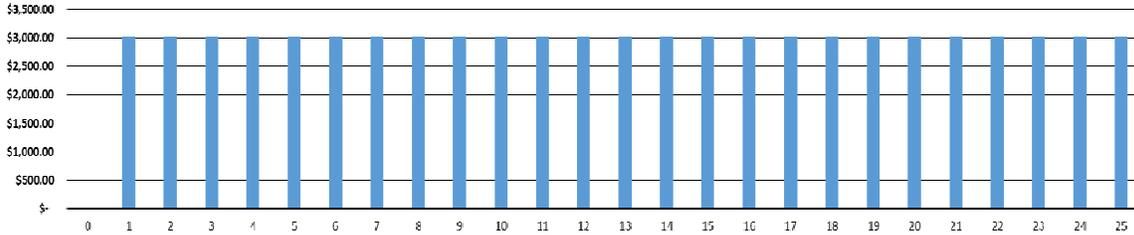


Figura 3. 10 Flujo de efectivo Caso 1 (Pública)

Indicadores de rentabilidad:

Indicadores de Rentabilidad Privado		Indicadores de Rentabilidad Público	
VPN	\$ 174,406.13	VPN	\$ 27,575.81
TIR	21.88%	TIR	N/A
TRI	22.03%	TRI	N/A
PR	6	PR	N/A

Figura 3. 11 Indicadores de rentabilidad Caso 1

Comparativa:

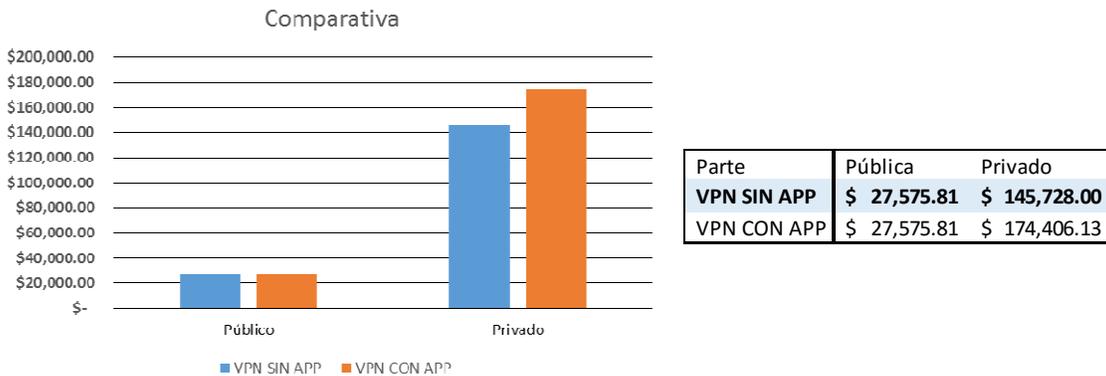


Figura 3. 12 Comparativa Caso 1

Cobrando el 61.85% del total de los ingresos anuales, la entidad Privada, incrementa el VPN en 19.67% manteniéndose el VPN de la entidad Pública, sin embargo, analizando esto, al entrar en el esquema de APP, la entidad Pública, no tiene que erogar gasto alguno al inicio del proyecto lo cual, es una ventaja al evitar la descapitalización que se daría en el caso de obra pública tradicional, además de ello, se elimina el período de recuperación al no presentar una inversión inicial, sin embargo, por parte de la entidad Privada, a pesar de que el VPN que se tiene es mayor en el esquema APP, el período de recuperación, se eleva a 19 años y se presenta una descapitalización fuerte al inicio del esquema.

Observando las gráficas del VPN (Figura 3. 12), se observan los beneficios que presenta el esquema de APP para la entidad Privada, sin embargo, es necesario realizar un análisis del resto de los indicadores de rentabilidad, para así determinar si el proyecto se podría considerar rentable para ambas partes.

Caso 2

Condiciones: El aporte que hace el privado del equipo (“Skid”) es del 50% y se busca el porcentaje máximo cobrable por parte del Privado, logrando que el VPN de la parte Pública, se conserve igual que el caso sin la figura de APP.

Porcentaje de aporte (Privado)	50%
Porcentaje de renta (Privado)	49.54%
Porcentaje de gastos (Público)	33.49%
Tasa de descuento (Privado)	8.8168%
Tasa de descuento (Público)	10.0%

Figura 3. 13 Condiciones Caso 2

Con estas condiciones, los flujos de efectivo serían de la siguiente manera:

CASO 2 (Con APP)

Privado

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Ingresos		\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	...	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55	\$32,298.55
Inversión	\$ 72,864.00						...						
Mantenimiento		\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	...	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69
Total	\$ (72,864.00)	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	...	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86	\$24,081.86

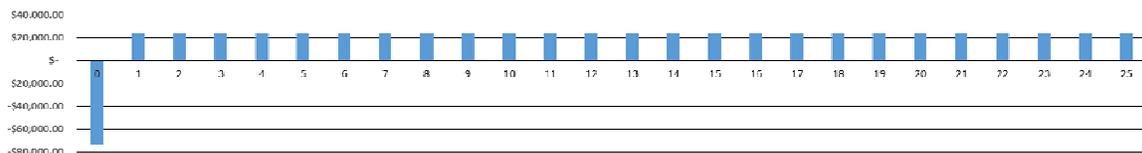


Figura 3. 14 Flujo de efectivo Caso 2 (Privado)

Pública

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Inversión	\$ 72,864.00						...						
Costos		\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	...	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67	\$54,133.67
Ingresos		\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	...	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93
Total	\$ (72,864.00)	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	...	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26	\$11,065.26

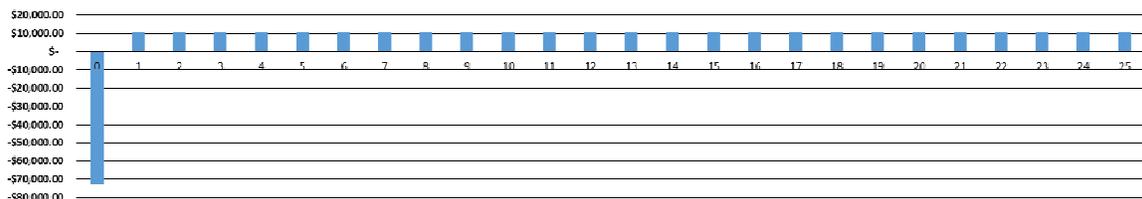


Figura 3. 15 Flujo de efectivo Caso 2 (Pública)

Indicadores de rentabilidad:

Indicadores de Rentabilidad Privado		Indicadores de Rentabilidad Público	
VPN	\$ 167,236.59	VPN	\$ 27,575.81
TIR	33.02%	TIR	14.69%
TRI	33.05%	TRI	15.19%
PR	3	PR	11

Figura 3. 16 Indicadores de rentabilidad Caso 2

Comparativa:

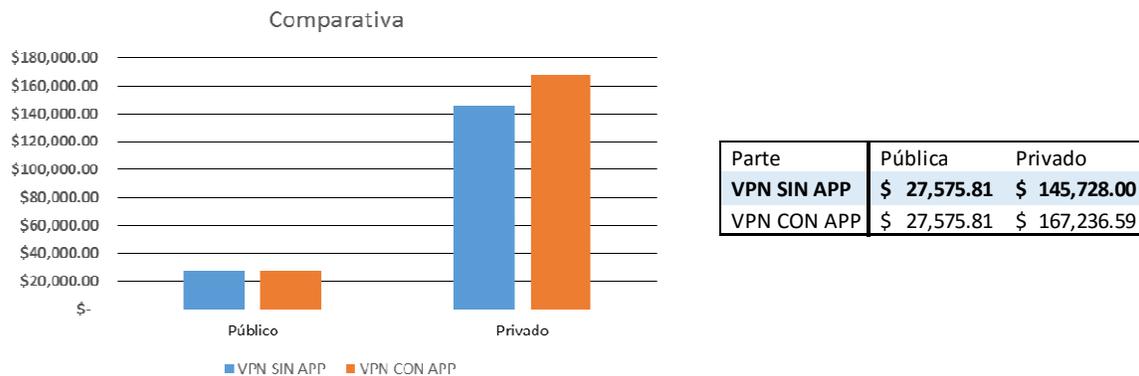


Figura 3. 17 Comparativa Caso 2

Para este caso, la inversión se divide de igual manera para ambas partes, teniendo nuevamente, un decremento en el VPN de la parte Privada (14.75%) del Caso 1, sin embargo, se tiene una reducción en el tiempo de recuperación a 11 años, lo que se podría considerar una ventaja para la inversión Privada. A pesar de que se presenta una inversión inicial para la entidad Pública, los factores de rentabilidad se cumplen, haciendo financierable el proyecto, este esquema, pudiera ser considerado rentable para ambas partes.

Caso 3

Condiciones: Realizado el análisis del Caso 2, considerando una inversión del 50%, se presenta la situación en la cual, se obtiene el VPN para ambas partes igual, encontrando a su vez el máximo VPN posible.

Porcentaje de aporte (Privado)	50%
Porcentaje de renta (Privado)	38.29%
Porcentaje de gastos (Público)	33.490%
Tasa de descuento (Privado)	8.8168%
Tasa de descuento (Público)	10.0%

Figura 3. 18 Condiciones del Caso 3

CASO 3 (Con APP)

Privado

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Ingresos		\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	...	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20	\$24,966.20
Inversión	\$ 72,864.00						...						
Mantenimiento		\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	...	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69
Total	\$ (72,864.00)	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	...	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51	\$16,749.51

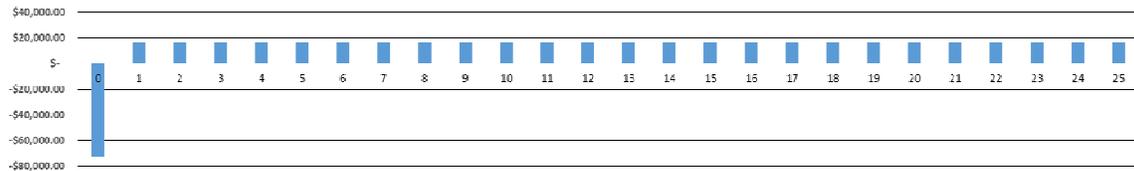


Figura 3. 19 Flujo de efectivo Caso 3 (Privado)

Pública

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Inversión	\$ 72,864.00						...						
Costos		\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	...	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32	\$46,801.32
Ingresos		\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	...	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93
Total	\$ (72,864.00)	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	...	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61	\$18,397.61

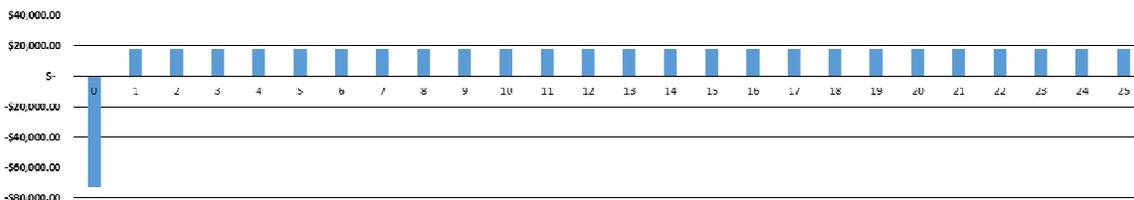


Figura 3. 20 Flujo de efectivo Caso 3 (Pública)

Los indicadores de rentabilidad son:

Indicadores de Rentabilidad Privado		Indicadores de Rentabilidad Pública	
VPN	\$ 94,131.70	VPN	\$ 94,131.85
TIR	22.85%	TIR	25.16%
TRI	22.99%	TRI	25.25%
PR	5	PR	5

Figura 3. 21 Indicadores de rentabilidad Caso 3 a) Privado b) Pública

Los indicadores de rentabilidad para ambos casos, son bastante similares y se podría considerar un acuerdo justo. Así mismo, se presenta la comparativa de este caso (Figura 3. 22), en donde la parte Pública tiene un VPN mayor para el caso con APP en un 341.36% y la entidad Privada disminuye su VPN en un 64.59% del esquema tradicional, por lo que la entidad Privada no se vería beneficiada entrando al esquema de APP.

Comparativa:

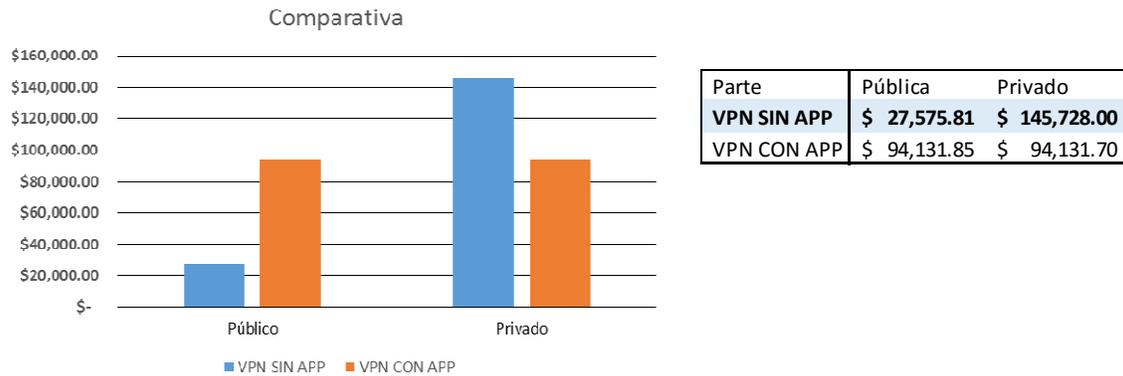


Figura 3. 22 Comparativa Caso 3

En todos los casos presentados, se observa que para tener un resultado óptimo o poder considerar un escenario mejor que otro, es necesario tomar partido y definir de qué lado se quiere estar (Privado o Pública) ya que beneficiando a una de las partes, se perjudica a la otra. Por ejemplo, en este caso, se podría pensar que un esquema de APP, no es conveniente para la parte Privada, sin embargo, si se desea conocer las condiciones del caso más favorable para ambas entidades, es necesario evaluar y analizar todos los casos posibles, lo cual sería una tarea muy exhaustiva. Por tal motivo, se propone tabular ambas variables establecer criterios de rentabilidad, obteniendo así diferentes zonas, en donde se cumplen con los requerimientos demandados por cada uno. Creando así una herramienta que facilita encontrar las condiciones en las que el proyecto cumple con las exigencias.

3.3 Tabla comparativa

Esta tabla muestra los resultados de las evaluaciones de cada una de las condiciones y VPN para cada participante de la APP, de manera ejemplificada, en este apartado, se muestra una zona factible para ambas partes estableciendo las siguientes condiciones:

VPN (Privado)	Mayor o igual a la ganancia sin APP \$145,728.00
VPN (Pública)	Mayor que cero a la tasa de descuento social del 10%

Figura 3. 23 Ejemplificación de uso de tabla

En la Figura 3. 24, se muestran las zonas que cumplen con las condiciones esperadas, esto es, la zona en que ambas columnas (Pública y Privado) están coloreadas.⁷

⁷ Si se desea conocer la tabla más detallada, referirse al Apéndice III.

Porcentaje de aporte Privado "SKID"	Porcentaje de Ingreso															
	Público	Privado														
	60%	36%	63%	37%	62%	38%	61%	39%	60%	40%	59%	41%	58%	42%	57%	43%
0%	\$ 18,834.23	\$ 152,294.44	\$ 20,916.10	\$ 158,934.69	\$ 22,997.97	\$ 165,105.35	\$ 17,079.83	\$ 171,556.80	\$ 11,161.70	\$ 178,036.26	\$ 2,243.57	\$ 184,596.71	\$ 1,074.57	\$ 191,097.16	\$ 16,592.70	\$ 197,597.62
1%	\$ 36,291.51	\$ 150,637.16	\$ 30,373.38	\$ 157,137.61	\$ 24,455.25	\$ 163,638.07	\$ 18,537.11	\$ 170,138.52	\$ 12,618.98	\$ 176,638.98	\$ 6,700.85	\$ 183,139.43	\$ 5,135.42	\$ 189,639.88	\$ 15,135.42	\$ 196,140.34
2%	\$ 37,748.79	\$ 149,179.88	\$ 31,830.66	\$ 155,680.33	\$ 25,912.53	\$ 162,180.79	\$ 19,994.39	\$ 168,681.24	\$ 14,076.26	\$ 175,181.70	\$ 8,158.13	\$ 181,682.15	\$ 2,239.99	\$ 188,182.60	\$ 13,678.14	\$ 194,683.06
3%	\$ 39,206.07	\$ 147,722.60	\$ 33,287.94	\$ 154,223.05	\$ 27,369.81	\$ 160,723.51	\$ 21,451.67	\$ 167,223.96	\$ 15,533.54	\$ 173,724.42	\$ 9,615.41	\$ 180,224.87	\$ 3,697.27	\$ 186,725.32	\$ 12,220.86	\$ 193,225.78
4%	\$ 40,663.35	\$ 146,265.32	\$ 34,745.22	\$ 152,765.77	\$ 28,827.09	\$ 159,266.23	\$ 22,908.95	\$ 165,766.68	\$ 16,990.82	\$ 172,267.14	\$ 11,072.69	\$ 178,767.59	\$ 5,154.55	\$ 185,268.04	\$ 17,633.58	\$ 191,768.50
5%	\$ 42,120.63	\$ 144,808.04	\$ 36,202.50	\$ 151,308.49	\$ 30,284.37	\$ 157,806.95	\$ 24,366.23	\$ 164,309.40	\$ 18,448.10	\$ 170,809.86	\$ 12,529.97	\$ 177,310.31	\$ 6,611.89	\$ 183,810.76	\$ 26,970.70	\$ 190,311.22
6%	\$ 43,577.91	\$ 143,350.76	\$ 37,659.78	\$ 149,851.21	\$ 31,741.65	\$ 156,351.67	\$ 25,823.51	\$ 162,852.12	\$ 19,905.38	\$ 169,352.58	\$ 13,987.25	\$ 178,853.03	\$ 8,069.11	\$ 182,353.48	\$ 22,539.96	\$ 198,853.94
7%	\$ 45,035.19	\$ 141,893.48	\$ 39,117.06	\$ 148,393.93	\$ 33,198.93	\$ 154,894.39	\$ 27,280.79	\$ 161,394.84	\$ 21,362.66	\$ 167,895.30	\$ 15,444.53	\$ 179,395.75	\$ 9,526.39	\$ 180,896.20	\$ 3,608.26	\$ 197,396.66
8%	\$ 46,492.47	\$ 140,436.20	\$ 40,574.34	\$ 146,936.65	\$ 34,656.21	\$ 153,437.11	\$ 28,738.07	\$ 159,937.56	\$ 22,819.94	\$ 166,438.02	\$ 16,901.81	\$ 179,938.47	\$ 10,983.67	\$ 179,438.92	\$ 5,065.54	\$ 185,939.38
9%	\$ 47,949.75	\$ 138,978.92	\$ 42,031.62	\$ 145,479.37	\$ 36,113.49	\$ 151,979.83	\$ 30,195.35	\$ 158,480.28	\$ 24,277.22	\$ 164,980.74	\$ 18,359.09	\$ 179,481.19	\$ 12,440.95	\$ 179,481.19	\$ 6,522.82	\$ 184,482.10
10%	\$ 49,407.03	\$ 137,521.64	\$ 43,488.90	\$ 144,020.09	\$ 37,570.77	\$ 150,520.55	\$ 31,652.63	\$ 157,021.00	\$ 25,734.50	\$ 165,523.46	\$ 19,816.37	\$ 179,023.91	\$ 13,898.23	\$ 176,524.36	\$ 7,980.10	\$ 183,024.82
11%	\$ 50,864.31	\$ 136,064.36	\$ 44,946.18	\$ 142,564.81	\$ 39,028.05	\$ 149,065.27	\$ 33,109.91	\$ 155,565.72	\$ 27,193.78	\$ 162,066.18	\$ 21,273.65	\$ 178,566.63	\$ 15,355.51	\$ 175,067.08	\$ 9,437.38	\$ 181,567.54
12%	\$ 52,321.59	\$ 134,607.08	\$ 46,403.46	\$ 141,107.53	\$ 40,485.33	\$ 147,607.99	\$ 34,567.19	\$ 154,108.44	\$ 28,649.06	\$ 160,608.90	\$ 22,730.93	\$ 177,109.35	\$ 16,812.79	\$ 173,609.80	\$ 10,894.66	\$ 180,110.26
13%	\$ 53,778.87	\$ 133,149.80	\$ 47,860.74	\$ 139,650.25	\$ 41,942.61	\$ 146,150.71	\$ 36,024.47	\$ 152,651.16	\$ 30,106.34	\$ 159,151.62	\$ 24,188.21	\$ 165,652.07	\$ 18,270.07	\$ 172,152.52	\$ 12,351.94	\$ 178,652.98
14%	\$ 55,236.15	\$ 131,692.52	\$ 49,318.02	\$ 138,192.97	\$ 43,399.89	\$ 144,693.43	\$ 37,481.75	\$ 151,193.88	\$ 31,563.62	\$ 157,694.34	\$ 25,645.49	\$ 164,194.79	\$ 19,727.35	\$ 170,695.24	\$ 13,809.22	\$ 177,195.70
15%	\$ 56,693.43	\$ 130,235.24	\$ 50,775.30	\$ 136,735.69	\$ 44,857.17	\$ 143,236.15	\$ 38,939.03	\$ 149,736.60	\$ 33,020.90	\$ 156,237.06	\$ 27,102.77	\$ 162,737.51	\$ 21,184.63	\$ 169,237.96	\$ 15,266.50	\$ 175,738.42
16%	\$ 58,150.71	\$ 128,777.96	\$ 52,232.58	\$ 135,278.41	\$ 46,314.45	\$ 141,778.87	\$ 40,396.31	\$ 148,279.32	\$ 34,478.18	\$ 154,779.78	\$ 28,560.05	\$ 161,280.23	\$ 22,641.91	\$ 167,780.68	\$ 16,723.78	\$ 174,281.14
17%	\$ 59,607.99	\$ 127,320.68	\$ 53,689.86	\$ 133,821.13	\$ 47,771.73	\$ 140,321.59	\$ 41,853.59	\$ 146,822.04	\$ 35,935.46	\$ 153,322.50	\$ 30,017.33	\$ 159,822.95	\$ 24,099.19	\$ 166,323.40	\$ 18,181.06	\$ 173,822.86
18%	\$ 61,065.27	\$ 125,863.40	\$ 55,147.14	\$ 132,363.85	\$ 49,229.01	\$ 138,864.31	\$ 43,310.87	\$ 145,364.76	\$ 37,392.74	\$ 151,865.22	\$ 31,474.61	\$ 158,365.67	\$ 25,556.47	\$ 164,864.12	\$ 19,638.34	\$ 173,366.58
19%	\$ 62,522.55	\$ 124,406.12	\$ 56,604.42	\$ 130,906.57	\$ 50,686.29	\$ 137,407.03	\$ 44,768.15	\$ 143,907.48	\$ 38,850.02	\$ 150,407.94	\$ 32,931.89	\$ 156,908.39	\$ 27,013.75	\$ 163,404.84	\$ 21,095.62	\$ 169,909.30
20%	\$ 63,979.83	\$ 122,948.84	\$ 58,061.70	\$ 129,449.29	\$ 52,143.57	\$ 135,949.75	\$ 46,225.43	\$ 142,450.20	\$ 40,307.30	\$ 148,950.66	\$ 34,389.17	\$ 155,451.11	\$ 28,471.03	\$ 161,951.56	\$ 22,552.90	\$ 168,452.02
21%	\$ 65,437.11	\$ 121,491.56	\$ 59,518.98	\$ 127,992.01	\$ 53,600.85	\$ 134,492.47	\$ 47,682.71	\$ 140,992.92	\$ 41,764.58	\$ 147,493.38	\$ 35,846.45	\$ 153,993.83	\$ 29,926.31	\$ 160,494.28	\$ 24,010.18	\$ 166,994.74
22%	\$ 66,894.39	\$ 120,034.28	\$ 60,976.26	\$ 126,534.73	\$ 55,058.13	\$ 133,035.19	\$ 49,139.99	\$ 139,535.64	\$ 43,211.86	\$ 146,036.10	\$ 37,303.73	\$ 152,536.55	\$ 31,385.59	\$ 159,037.00	\$ 25,467.46	\$ 165,537.46
23%	\$ 68,351.67	\$ 118,577.00	\$ 62,433.54	\$ 125,077.45	\$ 56,515.41	\$ 131,577.91	\$ 50,597.27	\$ 138,078.36	\$ 44,674.14	\$ 144,578.82	\$ 38,761.01	\$ 151,079.27	\$ 32,842.87	\$ 157,579.72	\$ 26,924.74	\$ 164,080.18
24%	\$ 69,808.95	\$ 117,119.72	\$ 63,890.82	\$ 123,620.17	\$ 57,972.69	\$ 130,120.63	\$ 52,054.55	\$ 136,621.08	\$ 46,136.42	\$ 143,121.54	\$ 40,218.29	\$ 149,621.99	\$ 34,300.15	\$ 156,120.44	\$ 28,382.02	\$ 162,622.90
25%	\$ 71,266.23	\$ 115,662.44	\$ 65,348.10	\$ 122,162.89	\$ 59,429.97	\$ 128,663.35	\$ 53,511.83	\$ 135,163.80	\$ 47,593.70	\$ 141,664.26	\$ 41,675.57	\$ 148,164.71	\$ 35,757.43	\$ 154,665.16	\$ 29,839.30	\$ 161,165.62
26%	\$ 72,723.51	\$ 114,205.16	\$ 66,805.38	\$ 120,705.61	\$ 60,887.25	\$ 127,206.07	\$ 54,969.11	\$ 133,705.52	\$ 49,050.98	\$ 140,205.98	\$ 43,132.85	\$ 146,707.48	\$ 37,214.71	\$ 153,207.88	\$ 31,296.58	\$ 159,708.34
27%	\$ 74,180.79	\$ 112,747.88	\$ 68,262.66	\$ 119,248.33	\$ 62,344.53	\$ 125,748.79	\$ 56,426.39	\$ 132,249.24	\$ 50,508.26	\$ 138,749.70	\$ 44,590.18	\$ 145,250.15	\$ 38,671.99	\$ 151,750.69	\$ 32,753.86	\$ 158,251.06
28%	\$ 75,638.07	\$ 111,290.60	\$ 69,719.94	\$ 117,791.05	\$ 63,801.81	\$ 124,291.51	\$ 57,883.67	\$ 130,791.96	\$ 51,965.54	\$ 137,292.42	\$ 46,047.41	\$ 143,792.87	\$ 40,129.27	\$ 150,293.32	\$ 34,211.14	\$ 156,793.78
29%	\$ 77,095.35	\$ 109,833.32	\$ 71,177.22	\$ 116,333.77	\$ 65,259.09	\$ 122,834.23	\$ 59,340.95	\$ 129,334.68	\$ 53,422.82	\$ 135,835.14	\$ 47,504.69	\$ 142,335.59	\$ 41,586.55	\$ 148,836.04	\$ 35,668.42	\$ 155,336.50
30%	\$ 78,552.63	\$ 108,376.04	\$ 72,634.50	\$ 114,876.49	\$ 66,716.37	\$ 121,376.95	\$ 60,798.23	\$ 127,877.40	\$ 54,880.10	\$ 134,377.86	\$ 48,961.97	\$ 140,878.31	\$ 43,043.83	\$ 147,378.76	\$ 37,125.70	\$ 153,879.22
31%	\$ 80,009.91	\$ 106,918.76	\$ 74,091.78	\$ 113,419.21	\$ 68,173.65	\$ 119,919.67	\$ 62,255.51	\$ 126,420.12	\$ 56,337.38	\$ 132,920.58	\$ 50,419.25	\$ 139,421.03	\$ 44,501.11	\$ 145,921.48	\$ 38,582.98	\$ 152,421.94
32%	\$ 81,467.19	\$ 105,461.48	\$ 75,549.06	\$ 111,961.93	\$ 69,630.93	\$ 118,462.38	\$ 63,712.79	\$ 124,962.84	\$ 57,794.66	\$ 131,463.30	\$ 51,876.53	\$ 137,963.75	\$ 45,958.38	\$ 144,464.20	\$ 40,040.26	\$ 150,964.66
33%	\$ 82,924.47	\$ 104,004.20	\$ 77,006.34	\$ 110,504.65	\$ 71,088.21	\$ 117,005.11	\$ 65,170.07	\$ 123,505.56	\$ 59,251.94	\$ 130,006.02	\$ 53,333.81	\$ 136,506.47	\$ 47,415.67	\$ 143,006.92	\$ 41,497.54	\$ 149,507.38
34%	\$ 84,381.75	\$ 102,546.92	\$ 78,463.62	\$ 109,047.37	\$ 72,545.49	\$ 115,547.83	\$ 66,627.35	\$ 122,048.28	\$ 60,709.22	\$ 128,548.74	\$ 54,791.09	\$ 135,049.19	\$ 48,872.95	\$ 141,549.64	\$ 42,954.82	\$ 148,050.10
35%	\$ 85,839.03	\$ 101,089.64	\$ 79,920.90	\$ 107,590.09	\$ 74,002.77	\$ 114,090.55	\$ 68,084.63	\$ 120,591.00	\$ 62,166.50	\$ 127,091.46	\$ 56,248.37	\$ 133,591.91	\$ 50,330.23	\$ 140,092.36	\$ 44,412.10	\$ 146,599.82
36%	\$ 87,296.31	\$ 99,632.36	\$ 81,378.18	\$ 106,132.81	\$ 75,460.05	\$ 112,633.27	\$ 69,541.91	\$ 119,133.72	\$ 63,621.78	\$ 126,634.18	\$ 57,705.65	\$ 132,134.63	\$ 51,767.51	\$ 138,635.08	\$ 45,869.38	\$ 145,135.54
37%	\$ 88,753.59	\$ 98,175.08	\$ 82,835.46	\$ 104,675.53	\$ 76,917.33	\$ 111,175.99	\$ 70,999.19	\$ 117,676.44	\$ 65,080.06	\$ 124,176.90	\$ 59,162.93	\$ 130,677.35	\$ 53,204.79	\$ 137,177.80	\$ 47,328.66	\$ 143,678.26
38%	\$ 90,210.87	\$ 96,717.80	\$ 84,292.74	\$ 103,218.25	\$ 78,374.61	\$ 109,718.71	\$ 72,456.47	\$ 116,219.16	\$ 66,538.34	\$ 122,719.62	\$ 60,620.21	\$ 129,220.07	\$ 54,702.07	\$ 135,720.52	\$ 48,793.94	\$ 142,220.98
39%	\$ 91,668.15	\$ 95,260.52	\$ 85,750.02	\$ 101,760.97	\$ 79,831.89	\$ 108,261.43	\$ 73,913.75	\$ 114,761.88	\$ 67,995.62	\$ 121,262.34	\$ 62,077.49	\$ 127,762.79	\$ 56,159.35	\$ 134,263.24	\$ 50,244.22	\$ 140,763.70
40%	\$ 93,125.43	\$ 93,803.24	\$ 87,207.30	\$ 100,303.69	\$ 81,289.17	\$ 106,804.15	\$ 75,371.03	\$ 113,304.60	\$ 69,452.90	\$ 119,805.06	\$ 63,534.77	\$ 126,305.51	\$ 57,616.63	\$ 132,805.96	\$ 51,698.50	\$ 139,306.42
41%	\$ 94,582.71	\$ 92,345.96	\$ 88,664.58	\$ 98,846.41	\$ 82,746.45	\$ 105,346.87	\$ 76,828.31	\$ 111,847.37	\$ 70,910.18	\$ 118,347.79	\$ 64,992.05	\$ 124,848.23	\$ 59,079.91	\$ 131,348.68	\$ 53,195.78	\$ 137,849.14
42%	\$ 96,039.99	\$ 90,888.68	\$ 90,121.86	\$ 97,389.13	\$ 84,203.73	\$ 103,889.59	\$ 78,285.59	\$ 110,390.04	\$ 72,367.46	\$ 116,890.50	\$ 66,469.33	\$ 122,902.				

Al graficar los valores, no se encuentra un punto óptimo para ambos, ya que como se mencionó anteriormente; al beneficiar a una parte, se perjudica a otra. Teniendo así condiciones factibles (más no óptimas) para cada una de las partes, por ejemplo:

	Privado	Público		Privado	Público
% de Inversión	0%	100%	% de Inversión	100%	0%
% de Renta	36%	64%	% de Renta	34%	66%
VPN	\$ 152,094.44	\$ 34,834.23	VPN	\$ 3,018.25	\$ 201,380.06

Figura 3. 26 Opciones factibles para ambos (extremos en la inversión inicial)

VPN Privado máximo			VPN Público máximo		
	Privado	Público		Privado	Público
% de Inversión	98%	2%	% de Inversión	98%	2%
% de Renta	66%	34%	% de Renta	57%	43%
VPN	\$ 204,294.62	\$ 103.69	VPN	\$ 53,366.88	\$ 145,790.53

Figura 3. 27 a) VPN máx. Privado b) VPN máx. Público

Se observa en los ejemplos, que existe gran cantidad de combinaciones posibles, las cuales van reduciéndose a medida en que las exigencias económicas al proyecto se van incrementando, hasta el punto que el proyecto no tenga posibilidad de llevarse a cabo para una o ambas partes. Por ello, resulta imposible escoger de manera objetiva las condiciones más favorables para ambos.

Capítulo 4 Análisis de Sensibilidad

Después de presentar el desarrollo de la tabla comparativa (Figura 3. 24) y de puntualizar la necesidad de tomar partido y definir una posición, para poder evaluar un opción viable y/o óptima, en este apartado, se elige el caso que se encuentra en el centro de la zona factible, y se varia una de las variables del problema, para así determinar su influencia en el proyecto.

Este análisis, es aplicable para cualquier caso que se desee evaluar o se elija, y por ende, el cambio de que presente, puede ser perjudicial o benéfico, dependiendo del caso al que se le haga el análisis de sensibilidad.

4.1 Caso

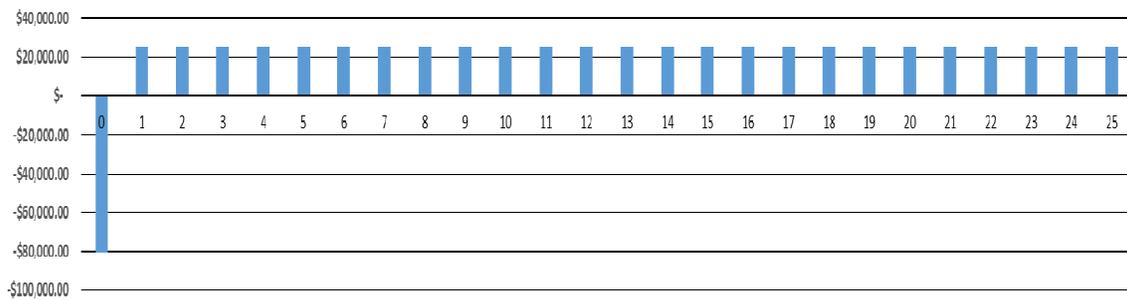
Se presenta uno de los casos, seleccionado del centro de las zonas viables, en donde se cumplen las demandas propuestas anteriormente, presentando las siguientes condiciones:

Porcentaje de aporte (Privado)	55%
Porcentaje de renta (Privado)	51.00%
Porcentaje de gastos (Público)	33.490%
Tasa de descuento (Privado)	8.8168%
Tasa de descuento (Público)	10.0%

Figura 4. 1 Condiciones del Caso para análisis

Privado

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Ingresos		\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	...	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45	\$33,251.45
Inversión	\$ 80,150.40						...						
Mantenimiento		\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	...	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69	\$ 8,216.69
Total	\$ (80,150.40)	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	...	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77	\$25,034.77



Pública

Período	0	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24	25
Inversión	\$ 65,577.60						...						
Costos		\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	...	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57	\$55,086.57
Ingresos		\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	...	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93	\$65,198.93
Total	\$ (65,577.60)	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	...	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35	\$10,112.35

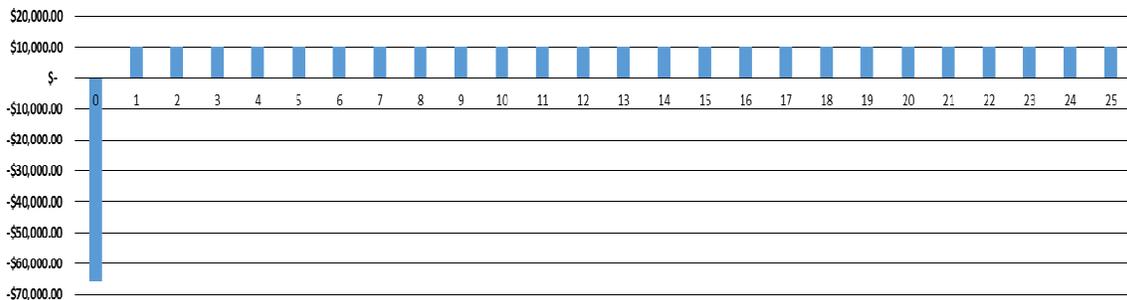


Figura 4. 2 Flujos de efectivo

Indicadores de rentabilidad:

Indicadores de Rentabilidad Privado		Indicadores de Rentabilidad Pública	
VPN	\$ 169,450.85	VPN	\$ 26,212.64
TIR	31.20%	TIR	14.95%
TRI	31.23%	TRI	15.42%
PR	3	PR	10

Figura 4. 3 Indicadores de rentabilidad a) Privado b) Pública

Comparación:

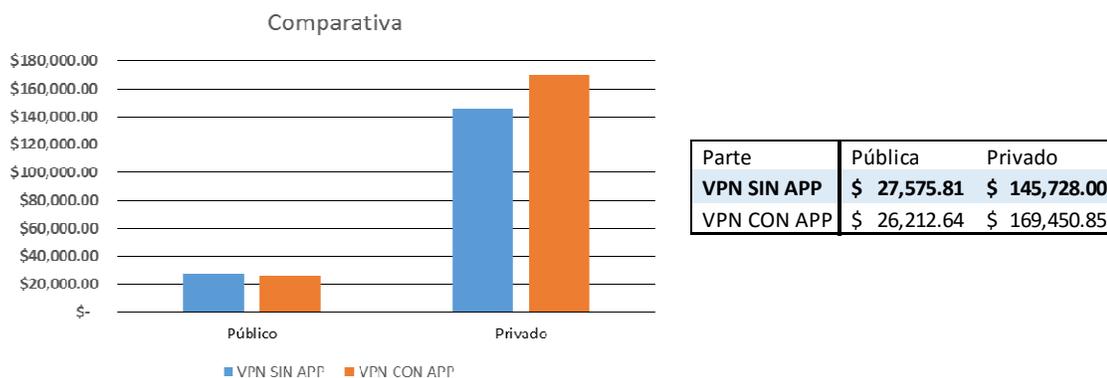


Figura 4. 4 Comparación

Este caso, cumple con los lineamientos de elegibilidad para proyectos Públicos y con las exigencias que se propusieron de la entidad Privada.

Se presentarán los análisis de sensibilidad de las siguientes variables:

- Variación del porcentaje de aporte inicial contra la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Variación del porcentaje de aporte inicial contra el período de recuperación de la inversión.
- Variación de la tasa de descuento (Social y Privada) contra el Valor Presente Neto.
- El Valor Presente Neto contra el porcentaje de los ingresos anuales.
- El valor Presente Neto contra el porcentaje de gastos incurridos por la entidad Pública.

4.2 Variación del porcentaje de aporte inicial contra la TIR

En los flujos de efectivo para cada uno de los casos anteriormente presentados, se observa que la mayor parte del VPN del proyecto, se encuentra ubicado en el primer período de la evaluación del proyecto, es decir, en la inversión inicial y una de las ventajas que presenta la APP, es la disminución de la descapitalización inicial en el proyecto por parte de la entidad Pública. A continuación se presenta la variación que tiene la TIR al cambiar el porcentaje de la inversión inicial, dejando las otras variables fijas, teniendo la opción de repetir estos análisis para cualquier caso.

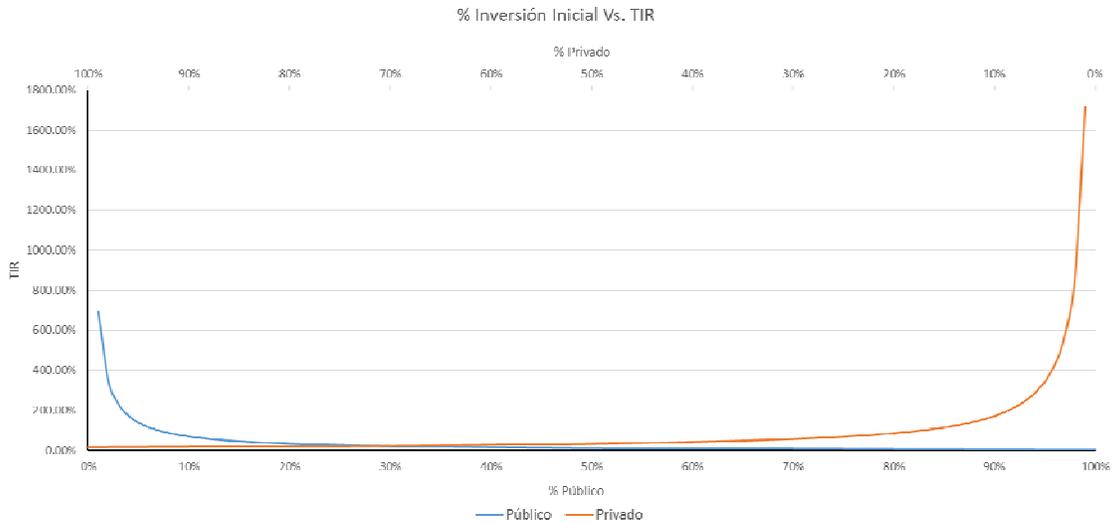


Figura 4. 6 % Inversión inicial Vs. TIR

Como es de esperarse, la TIR incrementa en cada uno de los casos, al disminuir inversión inicial, también, se observa que la parte Privada, puede lograr valores de TIR mayores en un rango de condiciones más grande. Mientras que para la parte Pública, los valores de TIR son menores y el decaimiento es más rápido.

La diferencia que se tiene de estos rangos, es debido al porcentaje de renta que se destina para el Privado siendo en este caso del 51% (49% para el Público) ya que sí este porcentaje cambia, la proporción en la gráfica cambia significativamente, hasta llegar a tener una gráfica opuesta (valores de TIR altos para la entidad Pública y valores de TIR bajos para la entidad Privada), sin embargo, para la entidad Pública no se especifica explícitamente en los lineamientos un valor de TIR mínimo para considerar al proyecto financiable.

4.3 Período de recuperación contra variación del porcentaje de aporte inicial

A pesar de que el período de recuperación, no se encuentra dentro de los lineamientos de elaboración y presentación de los proyectos de inversión, para la entidad Privada, este valor cobra mayor relevancia para la elección de un proyecto, por esta razón se realiza este análisis.

Público		% Inversión Inicial y Flujo acumulado (VP)									
Periodo	100% Flujo Acum.	90% Flujo Acum.	85% Flujo Acum.	80% Flujo Acum.	75% Flujo Acum.	70% Flujo Acum.	65% Flujo Acum.	60% Flujo Acum.	55% Flujo Acum.	50% Flujo Acum.	0% Flujo Acum.
0	\$ 145,728.00	-\$ 145,728.00	-\$ 131,155.20	-\$ 123,868.80	-\$ 116,582.40	-\$ 109,296.00	-\$ 102,009.60	-\$ 94,723.20	-\$ 87,436.80	-\$ 80,150.40	\$ 0.00
1	\$ 9,193.05	-\$ 136,534.95	\$ 9,193.05	-\$ 121,962.15	\$ 9,193.05	-\$ 114,675.75	\$ 9,193.05	-\$ 107,389.35	\$ 9,193.05	-\$ 100,102.95	\$ 9,193.05
2	\$ 8,357.32	-\$ 128,177.63	\$ 8,357.32	-\$ 113,604.83	\$ 8,357.32	-\$ 106,318.43	\$ 8,357.32	-\$ 99,032.03	\$ 8,357.32	-\$ 91,745.63	\$ 8,357.32
3	\$ 7,597.56	-\$ 120,580.07	\$ 7,597.56	-\$ 106,007.27	\$ 7,597.56	-\$ 98,720.87	\$ 7,597.56	-\$ 91,434.47	\$ 7,597.56	-\$ 84,127.07	\$ 7,597.56
4	\$ 6,906.87	-\$ 113,673.20	\$ 6,906.87	-\$ 99,100.40	\$ 6,906.87	-\$ 91,814.00	\$ 6,906.87	-\$ 84,527.60	\$ 6,906.87	-\$ 77,620.20	\$ 6,906.87
5	\$ 6,278.98	-\$ 107,394.22	\$ 6,278.98	-\$ 92,821.42	\$ 6,278.98	-\$ 85,535.02	\$ 6,278.98	-\$ 78,248.62	\$ 6,278.98	-\$ 70,662.22	\$ 6,278.98
6	\$ 5,708.16	-\$ 101,686.06	\$ 5,708.16	-\$ 87,113.26	\$ 5,708.16	-\$ 79,826.86	\$ 5,708.16	-\$ 72,540.46	\$ 5,708.16	-\$ 65,254.26	\$ 5,708.16
7	\$ 5,189.24	-\$ 96,496.83	\$ 5,189.24	-\$ 81,924.03	\$ 5,189.24	-\$ 74,637.63	\$ 5,189.24	-\$ 67,351.23	\$ 5,189.24	-\$ 60,064.83	\$ 5,189.24
8	\$ 4,717.49	-\$ 91,779.34	\$ 4,717.49	-\$ 77,206.54	\$ 4,717.49	-\$ 69,920.14	\$ 4,717.49	-\$ 62,633.74	\$ 4,717.49	-\$ 55,347.34	\$ 4,717.49
9	\$ 4,288.63	-\$ 87,490.71	\$ 4,288.63	-\$ 72,917.91	\$ 4,288.63	-\$ 65,631.51	\$ 4,288.63	-\$ 58,345.11	\$ 4,288.63	-\$ 51,058.71	\$ 4,288.63
10	\$ 3,898.75	-\$ 83,591.96	\$ 3,898.75	-\$ 69,019.16	\$ 3,898.75	-\$ 61,732.76	\$ 3,898.75	-\$ 54,446.36	\$ 3,898.75	-\$ 47,160.96	\$ 3,898.75
11	\$ 3,544.32	-\$ 80,047.65	\$ 3,544.32	-\$ 65,474.85	\$ 3,544.32	-\$ 58,188.45	\$ 3,544.32	-\$ 50,902.05	\$ 3,544.32	-\$ 43,717.65	\$ 3,544.32
12	\$ 3,222.11	-\$ 76,825.54	\$ 3,222.11	-\$ 62,252.74	\$ 3,222.11	-\$ 54,966.34	\$ 3,222.11	-\$ 47,679.94	\$ 3,222.11	-\$ 40,397.14	\$ 3,222.11
13	\$ 2,929.19	-\$ 73,896.35	\$ 2,929.19	-\$ 59,323.55	\$ 2,929.19	-\$ 52,037.15	\$ 2,929.19	-\$ 44,750.75	\$ 2,929.19	-\$ 37,471.55	\$ 2,929.19
14	\$ 2,663.00	-\$ 71,233.45	\$ 2,663.00	-\$ 56,660.65	\$ 2,663.00	-\$ 49,374.25	\$ 2,663.00	-\$ 42,087.85	\$ 2,663.00	-\$ 34,801.45	\$ 2,663.00
15	\$ 2,420.82	-\$ 68,812.63	\$ 2,420.82	-\$ 54,239.83	\$ 2,420.82	-\$ 46,953.43	\$ 2,420.82	-\$ 39,667.03	\$ 2,420.82	-\$ 32,385.63	\$ 2,420.82
16	\$ 2,200.74	-\$ 66,611.89	\$ 2,200.74	-\$ 52,039.09	\$ 2,200.74	-\$ 44,752.69	\$ 2,200.74	-\$ 37,466.29	\$ 2,200.74	-\$ 30,279.89	\$ 2,200.74
17	\$ 2,000.68	-\$ 64,611.22	\$ 2,000.68	-\$ 50,038.42	\$ 2,000.68	-\$ 42,752.02	\$ 2,000.68	-\$ 35,465.62	\$ 2,000.68	-\$ 28,279.22	\$ 2,000.68
18	\$ 1,818.80	-\$ 62,724.92	\$ 1,818.80	-\$ 48,219.62	\$ 1,818.80	-\$ 40,933.22	\$ 1,818.80	-\$ 33,646.82	\$ 1,818.80	-\$ 26,428.02	\$ 1,818.80
19	\$ 1,653.45	-\$ 61,138.97	\$ 1,653.45	-\$ 46,566.17	\$ 1,653.45	-\$ 39,279.77	\$ 1,653.45	-\$ 31,993.37	\$ 1,653.45	-\$ 24,706.97	\$ 1,653.45
20	\$ 1,503.14	-\$ 59,633.83	\$ 1,503.14	-\$ 45,063.03	\$ 1,503.14	-\$ 37,776.63	\$ 1,503.14	-\$ 30,490.23	\$ 1,503.14	-\$ 23,111.63	\$ 1,503.14
21	\$ 1,366.49	-\$ 58,269.34	\$ 1,366.49	-\$ 43,698.54	\$ 1,366.49	-\$ 36,410.14	\$ 1,366.49	-\$ 29,123.74	\$ 1,366.49	-\$ 21,616.34	\$ 1,366.49
22	\$ 1,242.26	-\$ 57,027.08	\$ 1,242.26	-\$ 42,454.28	\$ 1,242.26	-\$ 35,167.88	\$ 1,242.26	-\$ 27,881.48	\$ 1,242.26	-\$ 20,121.08	\$ 1,242.26
23	\$ 1,129.33	-\$ 55,897.75	\$ 1,129.33	-\$ 41,324.95	\$ 1,129.33	-\$ 34,038.55	\$ 1,129.33	-\$ 26,752.15	\$ 1,129.33	-\$ 18,625.75	\$ 1,129.33
24	\$ 1,026.66	-\$ 54,871.09	\$ 1,026.66	-\$ 40,298.29	\$ 1,026.66	-\$ 33,011.89	\$ 1,026.66	-\$ 25,725.49	\$ 1,026.66	-\$ 17,500.09	\$ 1,026.66
25	\$ 933.33	-\$ 53,937.76	\$ 933.33	-\$ 39,364.96	\$ 933.33	-\$ 32,078.56	\$ 933.33	-\$ 24,792.16	\$ 933.33	-\$ 16,523.76	\$ 933.33
Flujo acVPN		\$ 53,937.76	\$ 39,364.96	\$ 32,078.56	\$ 24,792.16	\$ 17,523.76	\$ 10,247.36	\$ 2,970.96	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Periodo de Recuperación		1	1	1	1	2	3	3	3	3	3

Privado		% de Inversión y Flujo acumulado (VP)									
Periodo	0% Flujo Acum.	10% Flujo Acum.	15% Flujo Acum.	20% Flujo Acum.	25% Flujo Acum.	30% Flujo Acum.	35% Flujo Acum.	40% Flujo Acum.	45% Flujo Acum.	50% Flujo Acum.	100% Flujo Acum.
0	\$ -	-\$ 14,572.80	-\$ 14,572.80	-\$ 21,859.20	-\$ 21,859.20	-\$ 29,145.60	-\$ 29,145.60	-\$ 36,432.00	-\$ 43,718.40	-\$ 51,004.80	-\$ 145,728.00
1	\$ 23,006.34	\$ 23,006.34	\$ 23,006.34	\$ 8,433.54	\$ 23,006.34	\$ 1,147.14	\$ 23,006.34	\$ 6,139.26	\$ 23,006.34	-\$ 100,862.46	\$ 23,006.34
2	\$ 21,142.27	\$ 44,148.61	\$ 21,142.27	\$ 29,575.81	\$ 21,142.27	\$ 22,289.41	\$ 21,142.27	\$ 15,003.01	\$ 21,142.27	-\$ 94,292.99	\$ 21,142.27
3	\$ 19,429.23	\$ 63,577.85	\$ 19,429.23	\$ 49,005.05	\$ 19,429.23	\$ 41,718.65	\$ 19,429.23	\$ 34,432.25	\$ 19,429.23	-\$ 60,290.95	\$ 19,429.23
4	\$ 17,854.99	\$ 81,432.84	\$ 17,854.99	\$ 66,860.04	\$ 17,854.99	\$ 59,573.64	\$ 17,854.99	\$ 52,287.24	\$ 17,854.99	-\$ 42,435.96	\$ 17,854.99
5	\$ 16,408.31	\$ 97,841.15	\$ 16,408.31	\$ 83,268.35	\$ 16,408.31	\$ 75,981.95	\$ 16,408.31	\$ 68,695.55	\$ 16,408.31	-\$ 26,027.65	\$ 16,408.31
6	\$ 15,078.84	\$ 112,919.98	\$ 15,078.84	\$ 98,347.18	\$ 15,078.84	\$ 91,060.78	\$ 15,078.84	\$ 83,774.38	\$ 15,078.84	-\$ 10,948.82	\$ 15,078.84
7	\$ 13,857.08	\$ 126,777.07	\$ 13,857.08	\$ 112,204.27	\$ 13,857.08	\$ 104,917.87	\$ 13,857.08	\$ 97,631.47	\$ 13,857.08	-\$ 2,908.27	\$ 13,857.08
8	\$ 12,734.32	\$ 139,511.39	\$ 12,734.32	\$ 124,938.59	\$ 12,734.32	\$ 117,652.19	\$ 12,734.32	\$ 110,365.79	\$ 12,734.32	-\$ 1,642.59	\$ 12,734.32
9	\$ 11,702.54	\$ 151,213.93	\$ 11,702.54	\$ 136,641.13	\$ 11,702.54	\$ 129,354.73	\$ 11,702.54	\$ 122,068.33	\$ 11,702.54	-\$ 27,345.13	\$ 11,702.54
10	\$ 10,754.35	\$ 161,968.28	\$ 10,754.35	\$ 147,395.48	\$ 10,754.35	\$ 140,109.08	\$ 10,754.35	\$ 132,822.68	\$ 10,754.35	-\$ 38,099.48	\$ 10,754.35
11	\$ 9,882.98	\$ 171,851.26	\$ 9,882.98	\$ 157,278.46	\$ 9,882.98	\$ 149,992.06	\$ 9,882.98	\$ 142,705.66	\$ 9,882.98	-\$ 47,982.46	\$ 9,882.98
12	\$ 9,082.22	\$ 180,933.48	\$ 9,082.22	\$ 166,360.68	\$ 9,082.22	\$ 149,074.28	\$ 9,082.22	\$ 151,787.88	\$ 9,082.22	-\$ 57,064.68	\$ 9,082.22
13	\$ 8,346.34	\$ 189,279.82	\$ 8,346.34	\$ 174,707.02	\$ 8,346.34	\$ 167,420.62	\$ 8,346.34	\$ 160,134.22	\$ 8,346.34	-\$ 65,411.02	\$ 8,346.34
14	\$ 7,670.09	\$ 196,949.91	\$ 7,670.09	\$ 182,377.11	\$ 7,670.09	\$ 175,090.71	\$ 7,670.09	\$ 167,804.31	\$ 7,670.09	-\$ 73,081.11	\$ 7,670.09
15	\$ 7,048.62	\$ 203,998.53	\$ 7,048.62	\$ 189,425.73	\$ 7,048.62	\$ 182,139.33	\$ 7,048.62	\$ 174,852.93	\$ 7,048.62	-\$ 80,129.73	\$ 7,048.62
16	\$ 6,477.51	\$ 210,476.05	\$ 6,477.51	\$ 195,903.25	\$ 6,477.51	\$ 188,616.85	\$ 6,477.51	\$ 181,330.45	\$ 6,477.51	-\$ 86,607.25	\$ 6,477.51
17	\$ 5,952.68	\$ 216,428.72	\$ 5,952.68	\$ 201,855.92	\$ 5,952.68	\$ 194,569.52	\$ 5,952.68	\$ 187,283.12	\$ 5,952.68	-\$ 92,559.92	\$ 5,952.68
18	\$ 5,470.37	\$ 221,899.09	\$ 5,470.37	\$ 207,326.29	\$ 5,470.37	\$ 200,039.89	\$ 5,470.37	\$ 192,753.49	\$ 5,470.37	-\$ 98,030.29	\$ 5,470.37
19	\$ 5,027.13	\$ 226,926.22	\$ 5,027.13	\$ 212,353.42	\$ 5,027.13	\$ 205,067.02	\$ 5,027.13	\$ 197,780.62	\$ 5,027.13	-\$ 103,057.42	\$ 5,027.13
20	\$ 4,619.81	\$ 231,546.04	\$ 4,619.81	\$ 216,973.24	\$ 4,619.81	\$ 209,686.84	\$ 4,619.81	\$ 202,400.44	\$ 4,619.81	-\$ 107,677.24	\$ 4,619.81
21	\$ 4,245.50	\$ 235,791.54	\$ 4,245.50	\$ 221,218.74	\$ 4,245.50	\$ 213,932.34	\$ 4,245.50	\$ 206,645.94	\$ 4,245.50	-\$ 111,922.74	\$ 4,245.50
22	\$ 3,901.51	\$ 239,693.05	\$ 3,901.51	\$ 225,120.25	\$ 3,901.51	\$ 217,833.85	\$ 3,901.51	\$ 210,547.45	\$ 3,901.51	-\$ 115,824.25	\$ 3,901.51
23	\$ 3,585.39	\$ 243,278.44	\$ 3,585.39	\$ 228,705.64	\$ 3,585.39	\$ 221,419.24	\$ 3,585.39	\$ 214,132.84	\$ 3,585.39	-\$ 119,409.64	\$ 3,585.39
24	\$ 3,294.89	\$ 246,573.33	\$ 3,294.89	\$ 232,000.53	\$ 3,294.89	\$ 224,714.13	\$ 3,294.89	\$ 217,427.73	\$ 3,294.89	-\$ 122,704.53	\$ 3,294.89
25	\$ 3,027.92	\$ 249,601.25	\$ 3,027.92	\$ 235,028.45	\$ 3,027.92	\$ 227,742.05	\$ 3,027.92	\$ 220,455.65	\$ 3,027.92	-\$ 125,732.45	\$ 3,027.92
Flujo acumulado		\$ 249,601.25	\$ 235,028.45	\$ 227,742.05	\$ 220,455.65	\$ 210,547.45	\$ 202,400.44	\$ 192,753.49	\$ 182,139.33	\$ 174,852.93	\$ 167,420.62
Periodo de recuperación		1	1	1	1	2	3	4	5	6	9

Figura 4. 7 % de Inversión y Flujo acumulado (VP)

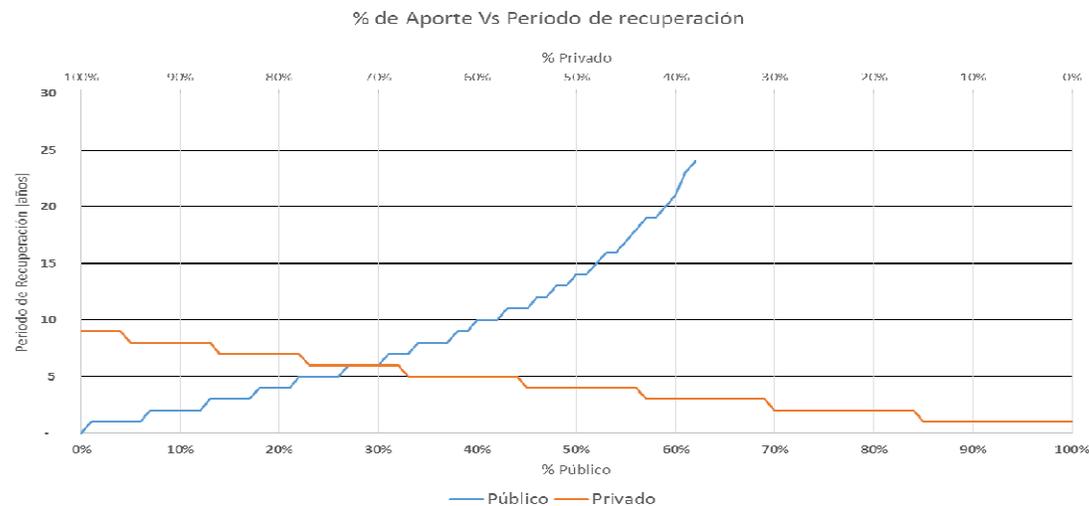


Figura 4. 8 % de aporte vs. Periodo de Recuperación

De la Figura 4. 8 se observa, que el periodo de recuperación de la inversión inicial para la entidad Privada tiene un valor máximo de 9 años, mientras que para la entidad Pública la inversión inicial

podría no recuperarse, debido a que sí se aportará más del 62% de la inversión, y descontando el 51% más los gastos administrativos del ingreso anual, el VPN es menor que cero. La zona en la que el período de recuperación se homologa, es del 27 al 30% de la inversión por parte de la entidad Pública, teniendo así ambos, un período de recuperación de 6 años.

Así mismo, la pendiente para la entidad Privada es mucho menor que para la parte Pública, lo cual refleja una ventaja más al ingresar en el esquema de APP. Sin embargo, la entidad Privada al vender la máquina (esquema tradicional), la ganancia del proyecto, sería instantánea.

4.4 Variación de la tasa de descuento contra el VPN

La tasa de descuento de los flujos de efectivo futuro o tasa de descuento, es una variable muy importante al evaluar los proyectos. Para la entidad Pública, esta tasa, es dictaminada por la SHCP mientras que la entidad Privada, determina esta tasa considerando diferentes factores como: el costo de capital, el riesgo que presenta el proyecto, el costo de oportunidad de una alternativa o inversión diferente, la Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA) de la empresa, etc. Por tal motivo, es importante ver la sensibilidad con la que el proyecto responde a la variación de ésta y así determinar qué tan robusto puede ser el proyecto en términos de la tasa de descuento que se aplique.

Privado		Tasa de descuento										
Periodo	1.000%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	50.00%	55.00%	
0	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	
1	\$ 24,786.90	\$ 23,842.63	\$ 22,758.88	\$ 21,769.36	\$ 20,862.30	\$ 20,027.81	\$ 19,257.51	\$ 18,544.27	\$ 17,881.98	\$ 16,689.84	\$ 16,151.46	
2	\$ 24,541.48	\$ 22,707.27	\$ 20,689.89	\$ 18,929.88	\$ 17,385.25	\$ 16,022.25	\$ 14,813.47	\$ 13,736.50	\$ 12,772.84	\$ 11,126.56	\$ 10,420.30	
3	\$ 24,298.50	\$ 21,625.97	\$ 18,808.99	\$ 16,460.76	\$ 14,487.71	\$ 12,817.80	\$ 11,394.98	\$ 10,175.18	\$ 9,123.46	\$ 7,417.71	\$ 6,722.77	
4	\$ 24,057.92	\$ 20,596.16	\$ 17,099.08	\$ 14,313.71	\$ 12,073.09	\$ 10,254.24	\$ 8,765.37	\$ 7,537.17	\$ 6,516.75	\$ 4,945.14	\$ 4,337.27	
5	\$ 23,819.72	\$ 19,615.39	\$ 15,544.62	\$ 12,446.70	\$ 10,060.91	\$ 8,203.39	\$ 6,742.59	\$ 5,583.09	\$ 4,654.82	\$ 3,296.76	\$ 2,798.24	
6	\$ 23,583.88	\$ 18,681.33	\$ 14,131.47	\$ 10,823.22	\$ 8,384.09	\$ 6,562.71	\$ 5,186.61	\$ 4,135.62	\$ 3,324.87	\$ 2,197.84	\$ 1,805.32	
7	\$ 23,350.38	\$ 17,791.74	\$ 12,846.79	\$ 9,411.50	\$ 6,986.74	\$ 5,250.17	\$ 3,989.70	\$ 3,063.42	\$ 2,374.91	\$ 1,465.23	\$ 1,164.72	
8	\$ 23,119.19	\$ 16,944.51	\$ 11,678.90	\$ 8,183.91	\$ 5,822.29	\$ 4,200.14	\$ 3,069.00	\$ 2,269.20	\$ 1,696.36	\$ 976.82	\$ 751.43	
9	\$ 22,890.28	\$ 16,137.63	\$ 10,617.18	\$ 7,116.44	\$ 4,851.91	\$ 3,360.11	\$ 2,360.77	\$ 1,680.89	\$ 1,211.69	\$ 651.21	\$ 484.80	
10	\$ 22,663.65	\$ 15,369.17	\$ 9,651.99	\$ 6,188.21	\$ 4,043.25	\$ 2,688.09	\$ 1,815.98	\$ 1,245.10	\$ 865.49	\$ 434.14	\$ 312.77	
11	\$ 22,439.25	\$ 14,637.31	\$ 8,774.53	\$ 5,381.05	\$ 3,369.38	\$ 2,150.47	\$ 1,396.90	\$ 922.30	\$ 618.21	\$ 289.43	\$ 201.79	
12	\$ 22,217.08	\$ 13,940.29	\$ 7,976.85	\$ 4,679.18	\$ 2,807.82	\$ 1,720.38	\$ 1,074.54	\$ 683.18	\$ 441.58	\$ 192.95	\$ 130.19	
13	\$ 21,997.11	\$ 13,276.47	\$ 7,251.68	\$ 4,068.85	\$ 2,339.85	\$ 1,376.30	\$ 826.57	\$ 506.06	\$ 315.41	\$ 128.63	\$ 83.99	
14	\$ 21,779.32	\$ 12,644.26	\$ 6,592.44	\$ 3,538.13	\$ 1,949.87	\$ 1,101.04	\$ 635.82	\$ 374.86	\$ 225.29	\$ 85.76	\$ 54.19	
15	\$ 21,563.68	\$ 12,042.15	\$ 5,993.12	\$ 3,076.63	\$ 1,624.89	\$ 880.83	\$ 489.10	\$ 277.68	\$ 160.92	\$ 57.17	\$ 34.96	
16	\$ 21,350.18	\$ 11,468.71	\$ 5,448.29	\$ 2,675.33	\$ 1,354.08	\$ 704.67	\$ 376.23	\$ 205.69	\$ 114.95	\$ 38.11	\$ 22.55	
17	\$ 21,138.79	\$ 10,922.59	\$ 4,952.99	\$ 2,326.38	\$ 1,128.40	\$ 563.73	\$ 289.41	\$ 152.36	\$ 82.10	\$ 25.41	\$ 14.55	
18	\$ 20,929.50	\$ 10,402.46	\$ 4,502.72	\$ 2,022.94	\$ 940.33	\$ 450.99	\$ 222.62	\$ 112.86	\$ 58.65	\$ 16.94	\$ 9.39	
19	\$ 20,722.27	\$ 9,907.11	\$ 4,093.38	\$ 1,759.08	\$ 783.61	\$ 360.79	\$ 171.25	\$ 83.60	\$ 41.89	\$ 11.29	\$ 6.06	
20	\$ 20,517.10	\$ 9,435.34	\$ 3,721.26	\$ 1,529.63	\$ 653.01	\$ 288.63	\$ 131.73	\$ 61.93	\$ 29.92	\$ 7.53	\$ 3.91	
21	\$ 20,313.96	\$ 8,986.04	\$ 3,382.96	\$ 1,330.11	\$ 544.17	\$ 230.90	\$ 101.33	\$ 45.87	\$ 21.37	\$ 5.02	\$ 2.52	
22	\$ 20,112.84	\$ 8,558.13	\$ 3,075.42	\$ 1,156.62	\$ 453.48	\$ 184.72	\$ 77.95	\$ 33.98	\$ 15.27	\$ 3.35	\$ 1.63	
23	\$ 19,913.70	\$ 8,150.60	\$ 2,795.84	\$ 1,005.76	\$ 377.90	\$ 147.78	\$ 59.96	\$ 25.17	\$ 10.90	\$ 2.23	\$ 1.05	
24	\$ 19,716.53	\$ 7,762.48	\$ 2,541.67	\$ 874.57	\$ 314.92	\$ 118.22	\$ 46.12	\$ 18.64	\$ 7.79	\$ 1.49	\$ 0.68	
25	\$ 19,521.32	\$ 7,392.84	\$ 2,310.61	\$ 760.50	\$ 262.43	\$ 94.58	\$ 35.48	\$ 13.81	\$ 5.56	\$ 0.99	\$ 0.44	
VPN	\$ 471,194.14	\$ 272,688.20	\$ 147,091.17	\$ 81,678.06	\$ 43,711.28	\$ 19,610.35	\$ 3,180.56	-\$ 8,661.96	-\$ 17,577.39	-\$ 30,082.85	-\$ 34,633.44	

Período	Tasa de descuento											
	1.000%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	50.00%	55.00%	
0	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60	-\$ 65,577.60
1	\$ 10,012.23	\$ 9,630.81	\$ 9,193.05	\$ 8,793.35	\$ 8,426.96	\$ 8,089.88	\$ 7,778.73	\$ 7,490.63	\$ 7,223.11	\$ 6,741.57	\$ 6,524.10	
2	\$ 9,913.10	\$ 9,172.20	\$ 8,357.32	\$ 7,646.39	\$ 7,022.47	\$ 6,471.91	\$ 5,983.64	\$ 5,548.62	\$ 5,159.36	\$ 4,494.38	\$ 4,209.10	
3	\$ 9,814.95	\$ 8,735.43	\$ 7,597.56	\$ 6,649.04	\$ 5,852.06	\$ 5,177.53	\$ 4,602.80	\$ 4,110.09	\$ 3,685.26	\$ 2,996.25	\$ 2,715.55	
4	\$ 9,717.77	\$ 8,319.46	\$ 6,906.87	\$ 5,781.77	\$ 4,876.71	\$ 4,142.02	\$ 3,540.62	\$ 3,044.51	\$ 2,632.33	\$ 1,997.50	\$ 1,751.97	
5	\$ 9,621.56	\$ 7,923.29	\$ 6,278.98	\$ 5,027.63	\$ 4,063.93	\$ 3,313.62	\$ 2,723.55	\$ 2,255.19	\$ 1,880.23	\$ 1,331.67	\$ 1,130.30	
6	\$ 9,526.29	\$ 7,545.99	\$ 5,708.16	\$ 4,371.85	\$ 3,386.61	\$ 2,650.89	\$ 2,095.04	\$ 1,670.51	\$ 1,343.02	\$ 887.78	\$ 729.23	
7	\$ 9,431.97	\$ 7,186.66	\$ 5,189.24	\$ 3,801.61	\$ 2,822.17	\$ 2,120.71	\$ 1,611.57	\$ 1,237.42	\$ 959.30	\$ 591.85	\$ 470.47	
8	\$ 9,338.59	\$ 6,844.44	\$ 4,717.49	\$ 3,305.75	\$ 2,351.81	\$ 1,696.57	\$ 1,239.67	\$ 916.60	\$ 685.22	\$ 394.57	\$ 303.53	
9	\$ 9,246.13	\$ 6,518.51	\$ 4,288.63	\$ 2,874.56	\$ 1,959.84	\$ 1,357.26	\$ 953.59	\$ 678.97	\$ 489.44	\$ 263.05	\$ 195.82	
10	\$ 9,154.58	\$ 6,208.11	\$ 3,898.75	\$ 2,499.62	\$ 1,633.20	\$ 1,085.81	\$ 733.53	\$ 502.94	\$ 349.60	\$ 175.36	\$ 126.34	
11	\$ 9,063.94	\$ 5,912.48	\$ 3,544.32	\$ 2,173.58	\$ 1,361.00	\$ 868.64	\$ 564.25	\$ 372.55	\$ 249.71	\$ 116.91	\$ 81.51	
12	\$ 8,974.20	\$ 5,630.94	\$ 3,222.11	\$ 1,890.07	\$ 1,134.17	\$ 694.92	\$ 434.04	\$ 275.96	\$ 178.37	\$ 77.94	\$ 52.59	
13	\$ 8,885.35	\$ 5,362.80	\$ 2,929.19	\$ 1,643.54	\$ 945.14	\$ 555.93	\$ 333.88	\$ 204.42	\$ 127.41	\$ 51.96	\$ 33.93	
14	\$ 8,797.37	\$ 5,107.43	\$ 2,662.90	\$ 1,429.17	\$ 787.62	\$ 444.75	\$ 256.83	\$ 151.42	\$ 91.00	\$ 34.64	\$ 21.89	
15	\$ 8,710.27	\$ 4,864.22	\$ 2,420.82	\$ 1,242.75	\$ 656.35	\$ 355.80	\$ 197.56	\$ 112.16	\$ 65.00	\$ 23.09	\$ 14.12	
16	\$ 8,624.03	\$ 4,632.59	\$ 2,200.74	\$ 1,080.65	\$ 546.96	\$ 284.64	\$ 151.97	\$ 83.08	\$ 46.43	\$ 15.40	\$ 9.11	
17	\$ 8,538.64	\$ 4,411.99	\$ 2,000.68	\$ 939.70	\$ 455.80	\$ 227.71	\$ 116.90	\$ 61.54	\$ 33.16	\$ 10.26	\$ 5.88	
18	\$ 8,454.10	\$ 4,201.89	\$ 1,818.80	\$ 817.13	\$ 379.83	\$ 182.17	\$ 89.92	\$ 45.59	\$ 23.69	\$ 6.84	\$ 3.79	
19	\$ 8,370.40	\$ 4,001.80	\$ 1,653.45	\$ 710.55	\$ 316.53	\$ 145.73	\$ 69.17	\$ 33.77	\$ 16.92	\$ 4.56	\$ 2.45	
20	\$ 8,287.52	\$ 3,811.24	\$ 1,503.14	\$ 617.87	\$ 263.77	\$ 116.59	\$ 53.21	\$ 25.01	\$ 12.09	\$ 3.04	\$ 1.58	
21	\$ 8,205.47	\$ 3,629.75	\$ 1,366.49	\$ 537.28	\$ 219.81	\$ 93.27	\$ 40.93	\$ 18.53	\$ 8.63	\$ 2.03	\$ 1.02	
22	\$ 8,124.23	\$ 3,456.91	\$ 1,242.26	\$ 467.20	\$ 183.17	\$ 74.62	\$ 31.48	\$ 13.72	\$ 6.17	\$ 1.35	\$ 0.66	
23	\$ 8,043.79	\$ 3,292.29	\$ 1,129.33	\$ 406.26	\$ 152.65	\$ 59.69	\$ 24.22	\$ 10.17	\$ 4.40	\$ 0.90	\$ 0.42	
24	\$ 7,964.15	\$ 3,135.52	\$ 1,026.66	\$ 353.27	\$ 127.20	\$ 47.75	\$ 18.63	\$ 7.53	\$ 3.15	\$ 0.60	\$ 0.27	
25	\$ 7,885.29	\$ 2,986.21	\$ 933.33	\$ 307.19	\$ 106.00	\$ 38.20	\$ 14.33	\$ 5.58	\$ 2.25	\$ 0.40	\$ 0.18	
VPN	\$ 157,128.34	\$ 76,945.35	\$ 26,212.64	-\$ 209.84	-\$ 15,545.85	-\$ 25,281.00	-\$ 31,917.52	-\$ 36,701.10	-\$ 40,302.33	-\$ 45,353.69	-\$ 47,191.82	

Figura 4. 9 Tasa de descuento y valor presente

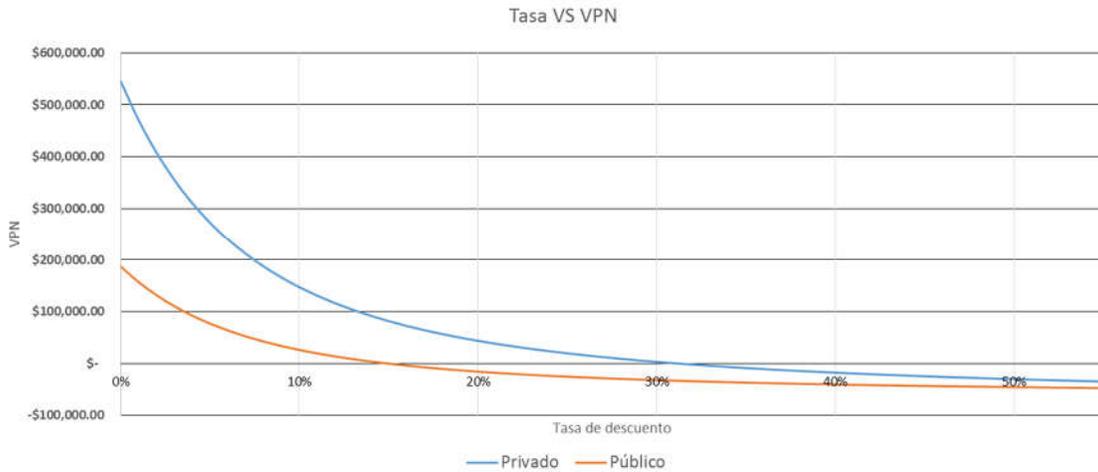


Figura 4. 10 Tasa de descuento vs. VPN

Al evaluar y compara los valores en la Figura 4. 10 se muestra el comportamiento del VPN del Privado y de la entidad Pública. El VPN del Privado tiene un valor positivo hasta un tasa del 31% y en la entidad Pública el cambio de signo tiene lugar con una tasa de 15%. Cumpliendo así con los lineamientos.

La entidad Privada puede “soportar” una tasa de descuento muy alta (31%) a comparación de la tasa a la que se calculó el proyecto base (8.81%), a diferencia de la tasa de descuento social, que se establece del 10%, es importante mencionar, que estás gráficas se desarrollan con las condiciones que se detallan al inicio y los resultados tienen una variación significativa al variar las variables restantes.

4.5 VPN contra el porcentaje de los ingresos anuales

El porcentaje de los ingresos anuales, que le corresponderán a cada parte de la APP, es uno de los puntos claves a acordar en este proyecto (junto con el porcentaje de inversión) por ello, se presenta el análisis de esta variable.

Privado		Porcentaje del Ingreso Anual												
Período	0%	1.000%	2.00%	3.00%	4.00%	5.00%	...	95.00%	96.00%	97.00%	98.00%	99.00%	100.00%	
0	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	...	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	-\$ 80,150.40	
1	-\$ 7,550.94	-\$ 6,951.77	-\$ 6,352.61	-\$ 5,753.45	-\$ 5,154.29	-\$ 4,555.13	...	\$ 49,369.49	\$ 49,968.65	\$ 50,567.81	\$ 51,166.97	\$ 51,766.13	\$ 52,365.30	
2	-\$ 6,939.13	-\$ 6,388.51	-\$ 5,837.90	-\$ 5,287.28	-\$ 4,736.67	-\$ 4,186.05	...	\$ 45,369.36	\$ 45,919.98	\$ 46,470.59	\$ 47,021.21	\$ 47,571.82	\$ 48,122.44	
3	-\$ 6,376.89	-\$ 5,870.89	-\$ 5,364.89	-\$ 4,858.88	-\$ 4,352.88	-\$ 3,846.88	...	\$ 41,693.34	\$ 42,199.34	\$ 42,705.35	\$ 43,211.35	\$ 43,717.35	\$ 44,223.35	
4	-\$ 5,860.21	-\$ 5,395.20	-\$ 4,930.20	-\$ 4,465.20	-\$ 4,000.19	-\$ 3,535.19	...	\$ 38,315.17	\$ 38,780.17	\$ 39,245.18	\$ 39,710.18	\$ 40,175.18	\$ 40,640.19	
5	-\$ 5,385.39	-\$ 4,958.06	-\$ 4,530.73	-\$ 4,103.41	-\$ 3,676.08	-\$ 3,248.75	...	\$ 35,210.71	\$ 35,638.04	\$ 36,065.37	\$ 36,492.69	\$ 36,920.02	\$ 37,347.35	
6	-\$ 4,949.04	-\$ 4,556.34	-\$ 4,163.63	-\$ 3,770.93	-\$ 3,378.23	-\$ 2,985.52	...	\$ 32,357.79	\$ 32,750.49	\$ 33,143.20	\$ 33,535.90	\$ 33,928.60	\$ 34,321.31	
7	-\$ 4,548.05	-\$ 4,187.16	-\$ 3,826.28	-\$ 3,465.39	-\$ 3,104.51	-\$ 2,743.62	...	\$ 29,736.02	\$ 30,096.91	\$ 30,457.79	\$ 30,818.68	\$ 31,179.56	\$ 31,540.45	
8	-\$ 4,179.55	-\$ 3,847.90	-\$ 3,516.26	-\$ 3,184.61	-\$ 2,852.97	-\$ 2,521.32	...	\$ 27,658.68	\$ 27,989.97	\$ 28,321.26	\$ 28,652.55	\$ 28,983.84	\$ 29,315.13	
9	-\$ 3,840.90	-\$ 3,536.13	-\$ 3,231.36	-\$ 2,926.58	-\$ 2,621.81	-\$ 2,317.04	...	\$ 25,112.56	\$ 25,417.33	\$ 25,722.11	\$ 26,026.88	\$ 26,331.65	\$ 26,636.43	
10	-\$ 3,529.70	-\$ 3,249.62	-\$ 2,969.54	-\$ 2,689.46	-\$ 2,409.38	-\$ 2,129.30	...	\$ 23,077.83	\$ 23,357.91	\$ 23,637.99	\$ 23,918.07	\$ 24,198.15	\$ 24,478.23	
11	-\$ 3,243.70	-\$ 2,986.32	-\$ 2,728.93	-\$ 2,471.55	-\$ 2,214.16	-\$ 1,956.77	...	\$ 21,207.97	\$ 21,465.36	\$ 21,722.74	\$ 21,980.13	\$ 22,237.51	\$ 22,494.90	
12	-\$ 2,980.89	-\$ 2,744.35	-\$ 2,507.82	-\$ 2,271.29	-\$ 2,034.76	-\$ 1,798.23	...	\$ 19,489.61	\$ 19,726.14	\$ 19,962.67	\$ 20,199.20	\$ 20,435.74	\$ 20,672.27	
13	-\$ 2,739.36	-\$ 2,522.00	-\$ 2,304.63	-\$ 2,087.26	-\$ 1,869.90	-\$ 1,652.53	...	\$ 17,910.48	\$ 18,127.85	\$ 18,345.21	\$ 18,562.58	\$ 18,779.95	\$ 18,997.31	
14	-\$ 2,517.41	-\$ 2,317.65	-\$ 2,117.90	-\$ 1,918.14	-\$ 1,718.39	-\$ 1,518.63	...	\$ 16,459.30	\$ 16,659.05	\$ 16,858.81	\$ 17,058.56	\$ 17,258.31	\$ 17,458.07	
15	-\$ 2,313.44	-\$ 2,129.87	-\$ 1,946.30	-\$ 1,762.73	-\$ 1,579.16	-\$ 1,395.59	...	\$ 15,125.69	\$ 15,309.26	\$ 15,492.83	\$ 15,676.40	\$ 15,859.97	\$ 16,043.54	
16	-\$ 2,125.99	-\$ 1,957.30	-\$ 1,788.60	-\$ 1,619.90	-\$ 1,451.21	-\$ 1,282.51	...	\$ 13,900.15	\$ 14,068.84	\$ 14,237.54	\$ 14,406.23	\$ 14,574.93	\$ 14,743.63	
17	-\$ 1,953.73	-\$ 1,798.71	-\$ 1,643.68	-\$ 1,488.65	-\$ 1,333.62	-\$ 1,178.60	...	\$ 12,773.90	\$ 12,928.92	\$ 13,083.95	\$ 13,238.98	\$ 13,394.01	\$ 13,549.03	
18	-\$ 1,795.43	-\$ 1,652.97	-\$ 1,510.50	-\$ 1,368.03	-\$ 1,225.57	-\$ 1,083.10	...	\$ 11,738.90	\$ 11,881.37	\$ 12,023.83	\$ 12,166.30	\$ 12,308.77	\$ 12,451.23	
19	-\$ 1,649.96	-\$ 1,519.04	-\$ 1,388.11	-\$ 1,257.19	-\$ 1,126.27	-\$ 995.34	...	\$ 10,787.77	\$ 10,918.69	\$ 11,049.61	\$ 11,180.54	\$ 11,311.46	\$ 11,442.38	
20	-\$ 1,516.27	-\$ 1,395.96	-\$ 1,275.64	-\$ 1,155.33	-\$ 1,035.01	-\$ 914.70	...	\$ 9,913.69	\$ 10,034.01	\$ 10,154.33	\$ 10,274.64	\$ 10,394.96	\$ 10,515.27	
21	-\$ 1,393.42	-\$ 1,282.85	-\$ 1,172.29	-\$ 1,061.72	-\$ 951.15	-\$ 840.58	...	\$ 9,110.44	\$ 9,221.01	\$ 9,331.58	\$ 9,442.15	\$ 9,552.71	\$ 9,663.28	
22	-\$ 1,280.52	-\$ 1,178.91	-\$ 1,077.30	-\$ 975.69	-\$ 874.09	-\$ 772.48	...	\$ 8,372.28	\$ 8,473.89	\$ 8,575.49	\$ 8,677.10	\$ 8,778.71	\$ 8,880.32	
23	-\$ 1,176.77	-\$ 1,083.39	-\$ 990.01	-\$ 896.64	-\$ 803.26	-\$ 709.89	...	\$ 7,693.92	\$ 7,787.30	\$ 7,880.67	\$ 7,974.05	\$ 8,067.42	\$ 8,160.79	
24	-\$ 1,081.42	-\$ 995.61	-\$ 909.80	-\$ 823.99	-\$ 738.18	-\$ 652.37	...	\$ 7,070.53	\$ 7,156.34	\$ 7,242.15	\$ 7,327.96	\$ 7,413.77	\$ 7,499.58	
25	-\$ 993.80	-\$ 914.94	-\$ 836.08	-\$ 757.23	-\$ 678.37	-\$ 599.51	...	\$ 6,497.64	\$ 6,576.50	\$ 6,655.36	\$ 6,734.21	\$ 6,813.07	\$ 6,891.93	
VPN	-\$162,072.30	-\$ 155,571.85	-\$149,071.39	-\$142,570.94	-\$136,070.48	-\$129,570.03	...	\$ 455,470.82	\$461,971.27	\$468,471.73	\$474,972.18	\$481,472.64	\$487,973.09	

Público		Porcentaje del Ingreso Anual												
Período	100%	99.000%	98.000%	97.000%	96.000%	95.000%	...	5.000%	4.000%	3.000%	2.000%	1.000%	0.000%	
0	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	...	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	\$ 65,577.60	
1	\$ 39,421.64	\$ 38,828.93	\$ 38,236.21	\$ 37,643.49	\$ 37,050.77	\$ 36,458.05	...	\$ 16,886.52	\$ 17,479.24	\$ 18,071.96	\$ 18,664.67	\$ 19,257.39	\$ 19,850.11	
2	\$ 35,837.86	\$ 35,299.02	\$ 34,760.19	\$ 34,221.35	\$ 33,682.52	\$ 33,143.69	...	\$ 15,351.38	\$ 15,890.22	\$ 16,429.05	\$ 16,967.89	\$ 17,506.72	\$ 18,045.55	
3	\$ 32,579.87	\$ 32,090.02	\$ 31,600.17	\$ 31,110.32	\$ 30,620.47	\$ 30,130.62	...	\$ 13,955.80	\$ 14,445.65	\$ 14,935.50	\$ 15,425.35	\$ 15,915.20	\$ 16,405.05	
4	\$ 29,618.06	\$ 29,172.75	\$ 28,727.43	\$ 28,282.11	\$ 27,836.79	\$ 27,391.48	...	\$ 12,687.09	\$ 13,132.41	\$ 13,577.73	\$ 14,023.05	\$ 14,468.36	\$ 14,913.68	
5	\$ 26,925.51	\$ 26,520.68	\$ 26,115.84	\$ 25,711.01	\$ 25,306.18	\$ 24,901.34	...	\$ 11,533.72	\$ 11,938.56	\$ 12,343.39	\$ 12,748.22	\$ 13,153.06	\$ 13,557.89	
6	\$ 24,477.74	\$ 24,109.71	\$ 23,741.68	\$ 23,373.65	\$ 23,005.61	\$ 22,637.58	...	\$ 10,485.20	\$ 10,853.23	\$ 11,221.26	\$ 11,589.29	\$ 11,957.33	\$ 12,325.36	
7	\$ 22,252.49	\$ 21,917.92	\$ 21,583.34	\$ 21,248.77	\$ 20,914.20	\$ 20,579.62	...	\$ 9,532.00	\$ 9,866.58	\$ 10,201.15	\$ 10,535.72	\$ 10,870.30	\$ 11,204.87	
8	\$ 20,229.54	\$ 19,925.38	\$ 19,621.22	\$ 19,317.06	\$ 19,012.90	\$ 18,708.75	...	\$ 8,665.46	\$ 8,969.61	\$ 9,273.77	\$ 9,577.93	\$ 9,882.09	\$ 10,186.25	
9	\$ 18,390.49	\$ 18,113.98	\$ 17,837.47	\$ 17,560.97	\$ 17,284.46	\$ 17,007.95	...	\$ 7,877.69	\$ 8,154.19	\$ 8,430.70	\$ 8,707.21	\$ 8,983.72	\$ 9,260.22	
10	\$ 16,718.62	\$ 16,467.25	\$ 16,215.88	\$ 15,964.51	\$ 15,713.14	\$ 15,461.77	...	\$ 7,161.53	\$ 7,412.90	\$ 7,664.27	\$ 7,915.64	\$ 8,167.01	\$ 8,418.38	
11	\$ 15,198.75	\$ 14,970.23	\$ 14,741.71	\$ 14,513.20	\$ 14,284.68	\$ 14,056.16	...	\$ 6,510.49	\$ 6,739.00	\$ 6,967.52	\$ 7,196.04	\$ 7,424.56	\$ 7,653.08	
12	\$ 13,817.05	\$ 13,609.30	\$ 13,401.56	\$ 13,193.81	\$ 12,986.07	\$ 12,778.33	...	\$ 5,918.62	\$ 6,126.37	\$ 6,334.11	\$ 6,541.85	\$ 6,749.60	\$ 6,957.34	
13	\$ 12,560.95	\$ 12,372.09	\$ 12,183.23	\$ 11,994.38	\$ 11,805.52	\$ 11,616.66	...	\$ 5,380.57	\$ 5,569.42	\$ 5,758.28	\$ 5,947.14	\$ 6,136.00	\$ 6,324.86	
14	\$ 11,419.05	\$ 11,247.36	\$ 11,075.67	\$ 10,903.98	\$ 10,732.29	\$ 10,560.60	...	\$ 4,891.42	\$ 5,063.11	\$ 5,234.80	\$ 5,406.49	\$ 5,578.18	\$ 5,749.87	
15	\$ 10,380.95	\$ 10,224.87	\$ 10,068.79	\$ 9,912.71	\$ 9,756.63	\$ 9,600.55	...	\$ 4,446.75	\$ 4,602.83	\$ 4,758.91	\$ 4,914.99	\$ 5,071.07	\$ 5,227.15	
16	\$ 9,437.23	\$ 9,295.34	\$ 9,153.44	\$ 9,011.55	\$ 8,869.66	\$ 8,727.77	...	\$ 4,042.50	\$ 4,184.39	\$ 4,326.28	\$ 4,468.17	\$ 4,610.07	\$ 4,751.96	
17	\$ 8,579.30	\$ 8,450.31	\$ 8,321.31	\$ 8,192.32	\$ 8,063.33	\$ 7,934.34	...	\$ 3,675.00	\$ 3,803.99	\$ 3,932.98	\$ 4,061.98	\$ 4,190.97	\$ 4,319.96	
18	\$ 7,799.36	\$ 7,682.10	\$ 7,564.83	\$ 7,447.56	\$ 7,330.30	\$ 7,213.03	...	\$ 3,340.91	\$ 3,458.17	\$ 3,575.44	\$ 3,692.71	\$ 3,809.97	\$ 3,927.24	
19	\$ 7,090.33	\$ 6,983.72	\$ 6,877.12	\$ 6,770.51	\$ 6,663.91	\$ 6,557.30	...	\$ 3,037.19	\$ 3,143.79	\$ 3,250.40	\$ 3,357.01	\$ 3,463.61	\$ 3,570.22	
20	\$ 6,445.75	\$ 6,348.84	\$ 6,251.93	\$ 6,155.01	\$ 6,058.10	\$ 5,961.18	...	\$ 2,761.08	\$ 2,858.00	\$ 2,954.91	\$ 3,051.82	\$ 3,148.74	\$ 3,245.65	
21	\$ 5,859.78	\$ 5,771.67	\$ 5,683.57	\$ 5,595.46	\$ 5,507.36	\$ 5,419.26	...	\$ 2,510.07	\$ 2,598.18	\$ 2,686.28	\$ 2,774.38	\$ 2,862.49	\$ 2,950.59	
22	\$ 5,327.07	\$ 5,246.97	\$ 5,166.88	\$ 5,086.79	\$ 5,006.69	\$ 4,926.60	...	\$ 2,281.89	\$ 2,361.98	\$ 2,442.07	\$ 2,522.17	\$ 2,602.26	\$ 2,682.36	
23	\$ 4,842.79	\$ 4,769.98	\$ 4,697.16	\$ 4,624.35	\$ 4,551.54	\$ 4,478.73	...	\$ 2,074.44	\$ 2,147.25	\$ 2,220.07	\$ 2,292.88	\$ 2,365.69	\$ 2,438.51	
24	\$ 4,402.54	\$ 4,336.34	\$ 4,270.15	\$ 4,203.96	\$ 4,137.76	\$ 4,071.57	...	\$ 1,885.86	\$ 1,952.05	\$ 2,018.24	\$ 2,084.44	\$ 2,150.63	\$ 2,216.82	
25	\$ 4,002.31	\$ 3,942.13	\$ 3,881.95	\$ 3,821.78	\$ 3,761.60	\$ 3,701.43	...	\$ 1,714.41	\$ 1,774.59	\$ 1,834.77	\$ 1,894.94	\$ 1,955.12	\$ 2,015.29	
VPN	\$328,037.41	\$ 322,119.28	\$316,201.15	\$310,283.01	\$304,364.88	\$298,446.75	...	-\$ 234,185.20	-\$240,103.34	-\$246,021.47	-\$251,939.60	-\$257,857.73	-\$263,775.87	

Figura 4. 11 Porcentaje de ingresos anuales y VPN

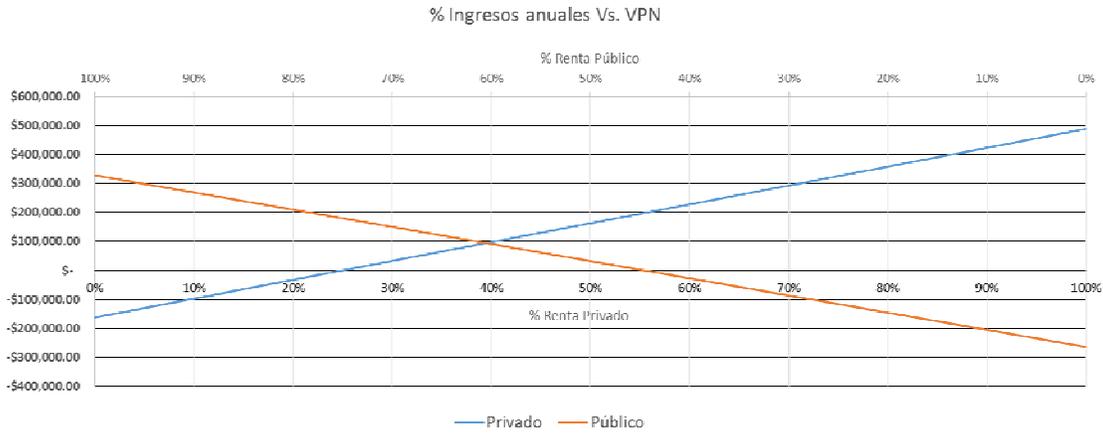


Figura 4. 12 % de Ingresos anuales vs. VPN

Para la entidad Privada, se tiene un límite en la combinación 25% Privado-75% Público teniendo un VPN de \$439.05 a pesar de que éste valor es positivo la cantidad es muy baja de ahí la necesidad de establecer este valor mínimo del VPN que se le exige al proyecto, mientras que para la entidad Pública, el límite se encuentra en la combinación 45% Público-55% Privado con un VPN de \$2,540.11. Con estos valores, se puede establecer un rango en las negociaciones del proyecto, teniéndolo para el Privado de 25% a 55% en donde se cumplen los lineamientos de selección de la parte Pública.

4.6 VPN contra el porcentaje de gastos incurridos por la entidad Pública

La Secretaria de Energía (SENER) es su portal del Sector Eléctrico (SENER, 2015), publicó los costos unitarios de operación sin combustible y energía, los cuales, varía año con año. Por otro lado, si se consultan los estados consolidados de CFE no se mencionan estos costos unitarios, por tal motivo, no se puede asegurar que estos costos se puedan aplicar, sean los definitivos o que sean los correctos para evaluar proyectos de esta índole por lo que se determina incluir este análisis.

Público		% de Gastos											
Periodo	100%	99.000%	98.000%	97.000%	96.000%	95.000%	...	5.000%	4.000%	3.000%	2.000%	1.000%	0.000%
0	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	...	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00	-\$291,456.00
1	-\$ 8,216.69	-\$ 7,623.97	-\$ 7,031.25	-\$ 6,438.54	-\$ 5,845.82	-\$ 5,253.10	...	-\$ 48,091.48	-\$ 48,684.19	-\$ 49,276.91	-\$ 49,869.63	-\$ 50,462.35	-\$ 51,055.06
2	-\$ 8,216.69	-\$ 7,677.85	-\$ 7,139.02	-\$ 6,600.19	-\$ 6,061.35	-\$ 5,522.52	...	-\$ 42,972.55	-\$ 43,511.39	-\$ 44,050.22	-\$ 44,589.06	-\$ 45,127.89	-\$ 45,666.72
3	-\$ 8,216.69	-\$ 7,726.84	-\$ 7,236.99	-\$ 6,747.14	-\$ 6,257.29	-\$ 5,767.44	...	-\$ 38,318.99	-\$ 38,808.84	-\$ 39,298.68	-\$ 39,788.53	-\$ 40,278.38	-\$ 40,768.23
4	-\$ 8,216.69	-\$ 7,771.37	-\$ 7,326.05	-\$ 6,880.74	-\$ 6,435.42	-\$ 5,990.10	...	-\$ 34,088.47	-\$ 34,533.79	-\$ 34,979.10	-\$ 35,424.42	-\$ 35,869.74	-\$ 36,315.06
5	-\$ 8,216.69	-\$ 7,811.85	-\$ 7,407.02	-\$ 7,002.19	-\$ 6,597.35	-\$ 6,192.52	...	-\$ 30,242.55	-\$ 30,647.38	-\$ 31,052.21	-\$ 31,457.05	-\$ 31,861.88	-\$ 32,266.72
6	-\$ 8,216.69	-\$ 7,848.66	-\$ 7,480.63	-\$ 7,112.59	-\$ 6,744.56	-\$ 6,376.53	...	-\$ 26,746.25	-\$ 27,114.28	-\$ 27,482.31	-\$ 27,850.35	-\$ 28,218.38	-\$ 28,586.41
7	-\$ 8,216.69	-\$ 7,882.11	-\$ 7,547.54	-\$ 7,212.97	-\$ 6,878.39	-\$ 6,543.82	...	-\$ 23,567.80	-\$ 23,902.38	-\$ 24,236.95	-\$ 24,571.52	-\$ 24,906.10	-\$ 25,240.67
8	-\$ 8,216.69	-\$ 7,912.53	-\$ 7,608.37	-\$ 7,304.21	-\$ 7,000.06	-\$ 6,695.90	...	-\$ 20,678.30	-\$ 20,982.46	-\$ 21,286.62	-\$ 21,590.78	-\$ 21,894.94	-\$ 22,199.09
9	-\$ 8,216.69	-\$ 7,940.18	-\$ 7,663.67	-\$ 7,387.17	-\$ 7,110.66	-\$ 6,834.15	...	-\$ 18,051.49	-\$ 18,327.99	-\$ 18,604.50	-\$ 18,881.01	-\$ 19,157.52	-\$ 19,434.02
10	-\$ 8,216.69	-\$ 7,965.32	-\$ 7,713.95	-\$ 7,462.58	-\$ 7,211.21	-\$ 6,959.84	...	-\$ 15,663.47	-\$ 15,914.84	-\$ 16,166.21	-\$ 16,417.58	-\$ 16,668.95	-\$ 16,920.32
11	-\$ 8,216.69	-\$ 7,988.17	-\$ 7,759.65	-\$ 7,531.13	-\$ 7,302.61	-\$ 7,074.10	...	-\$ 13,492.55	-\$ 13,721.07	-\$ 13,949.58	-\$ 14,178.10	-\$ 14,406.62	-\$ 14,635.14
12	-\$ 8,216.69	-\$ 8,008.94	-\$ 7,801.20	-\$ 7,593.46	-\$ 7,385.71	-\$ 7,177.97	...	-\$ 11,518.98	-\$ 11,726.72	-\$ 11,934.47	-\$ 12,142.21	-\$ 12,349.96	-\$ 12,557.70
13	-\$ 8,216.69	-\$ 8,027.83	-\$ 7,838.97	-\$ 7,650.11	-\$ 7,461.26	-\$ 7,272.40	...	-\$ 9,724.83	-\$ 9,913.69	-\$ 10,102.55	-\$ 10,291.40	-\$ 10,480.26	-\$ 10,669.12
14	-\$ 8,216.69	-\$ 8,045.00	-\$ 7,873.31	-\$ 7,701.62	-\$ 7,529.93	-\$ 7,358.24	...	-\$ 8,093.78	-\$ 8,265.47	-\$ 8,437.16	-\$ 8,608.85	-\$ 8,780.54	-\$ 8,952.23
15	-\$ 8,216.69	-\$ 8,060.61	-\$ 7,904.53	-\$ 7,748.44	-\$ 7,592.36	-\$ 7,436.28	...	-\$ 6,611.01	-\$ 6,767.09	-\$ 6,923.17	-\$ 7,079.26	-\$ 7,235.34	-\$ 7,391.42
16	-\$ 8,216.69	-\$ 8,074.80	-\$ 7,932.90	-\$ 7,791.01	-\$ 7,649.12	-\$ 7,507.23	...	-\$ 5,263.04	-\$ 5,404.93	-\$ 5,546.82	-\$ 5,688.71	-\$ 5,830.61	-\$ 5,972.50
17	-\$ 8,216.69	-\$ 8,087.70	-\$ 7,958.70	-\$ 7,829.71	-\$ 7,700.72	-\$ 7,571.72	...	-\$ 4,037.61	-\$ 4,166.60	-\$ 4,295.59	-\$ 4,424.59	-\$ 4,553.58	-\$ 4,682.57
18	-\$ 8,216.69	-\$ 8,099.42	-\$ 7,982.16	-\$ 7,864.89	-\$ 7,747.62	-\$ 7,630.36	...	-\$ 2,923.58	-\$ 3,040.85	-\$ 3,158.11	-\$ 3,275.38	-\$ 3,392.65	-\$ 3,509.91
19	-\$ 8,216.69	-\$ 8,110.08	-\$ 8,003.48	-\$ 7,896.87	-\$ 7,790.27	-\$ 7,683.66	...	-\$ 1,910.83	-\$ 2,017.44	-\$ 2,124.04	-\$ 2,230.65	-\$ 2,337.25	-\$ 2,443.86
20	-\$ 8,216.69	-\$ 8,119.77	-\$ 8,022.86	-\$ 7,925.95	-\$ 7,829.03	-\$ 7,732.12	...	-\$ 990.15	-\$ 1,087.06	-\$ 1,183.98	-\$ 1,280.89	-\$ 1,377.80	-\$ 1,474.72
21	-\$ 8,216.69	-\$ 8,128.58	-\$ 8,040.48	-\$ 7,952.38	-\$ 7,864.27	-\$ 7,776.17	...	-\$ 153.16	-\$ 241.27	-\$ 329.37	-\$ 417.47	-\$ 505.58	-\$ 593.68
22	-\$ 8,216.69	-\$ 8,136.59	-\$ 8,056.50	-\$ 7,976.41	-\$ 7,896.31	-\$ 7,816.22	...	-\$ 607.73	-\$ 527.64	-\$ 447.54	-\$ 367.45	-\$ 287.36	-\$ 207.26
23	-\$ 8,216.69	-\$ 8,143.87	-\$ 8,071.06	-\$ 7,998.25	-\$ 7,925.44	-\$ 7,852.62	...	-\$ 1,299.46	-\$ 1,226.64	-\$ 1,153.83	-\$ 1,081.02	-\$ 1,008.20	-\$ 935.39
24	-\$ 8,216.69	-\$ 8,150.49	-\$ 8,084.30	-\$ 8,018.11	-\$ 7,951.91	-\$ 7,885.72	...	-\$ 1,928.30	-\$ 1,862.10	-\$ 1,795.91	-\$ 1,729.71	-\$ 1,663.52	-\$ 1,597.33
25	-\$ 8,216.69	-\$ 8,156.51	-\$ 8,096.34	-\$ 8,036.16	-\$ 7,975.98	-\$ 7,915.81	...	-\$ 2,499.97	-\$ 2,439.79	-\$ 2,379.62	-\$ 2,319.44	-\$ 2,259.26	-\$ 2,199.09
VPN	-\$496,873.19	-\$ 490,955.06	-\$485,036.93	-\$479,118.80	-\$473,200.66	-\$467,282.53	...	-\$ 65,349.42	-\$ 71,267.55	-\$ 77,185.69	-\$ 83,103.82	-\$ 89,021.95	-\$ 94,940.08

Figura 4. 15 % de Gastos y VP sin APP

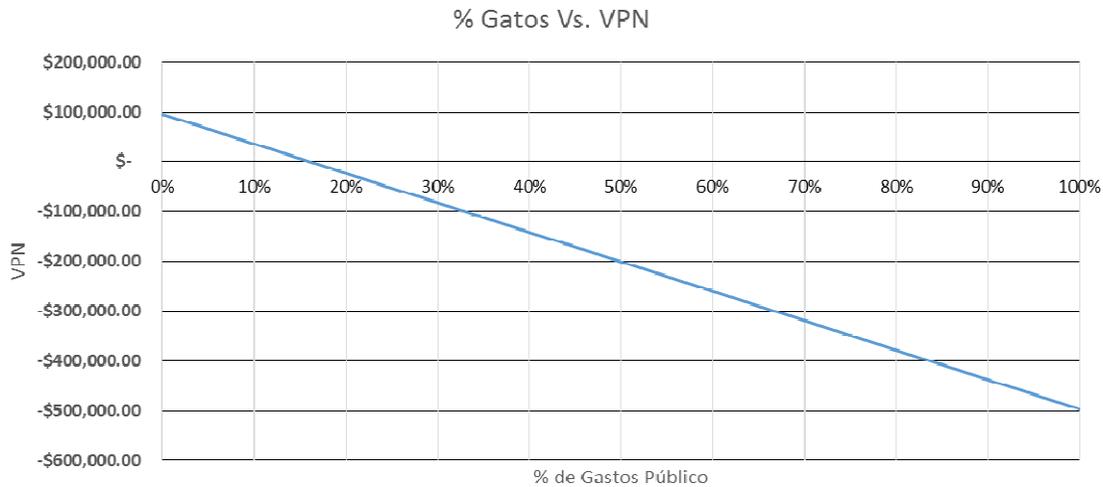


Figura 4. 16 % Gastos vs. VPN sin APP

Viendo en la Figura 4. 16 se puntualiza una de las ventajas de entrar al proyecto con un APP ya que el VPN, a la tasa social de descuento del 10%, es negativo a partir de un porcentaje de gastos del 17% incluyendo los gastos de mantenimiento, y con un esquema de APP, serían cubiertos por la entidad privada, incrementado el porcentaje máximo de gastos a un 37% antes de que el proyecto presente un VPN negativo.

Capítulo 5 Conclusiones y Trabajo a futuro

Se obtuvo el esquema para ingresar este proyecto mediante una APP, o ingresarlo as SEN mediante un esquema de adquisición de bienes tradicional, así mismo, se comprobó la viabilidad económica del Ciclo Binario de Evaporación Instantánea. Adicional a esto, se desarrolló una herramienta que facilita el manejo de múltiples opciones en las condiciones en que se podría realizar la asociación. Esta herramienta, incluye el análisis de sensibilidad de un caso a elegir, lo que a su vez, facilita evaluar y comparar diferentes casos, para lograr con esto, una decisión final. Cabe mencionar que esta herramienta no es exclusiva para evaluar el CBEI, sino que se puede evaluar cualquier proyecto, siempre y cuando, se tenga la información necesaria.

Por otro lado, la geotermia en la actualidad es considera como una energía limpia y renovable, además México, posee un gran potencial de esta energía con posibilidad de ser explotada, debido a la posición geográfica del país, sin embargo, el porcentaje de la capacidad efectiva instalada en México de electricidad producida a partir de energía geotérmica es del 1.50% del total y su crecimiento en los últimos años ha sido prácticamente nulo, mientras que la energía eólica ha tenido un crecimiento de casi siete veces debido a la entrada los Productores Independientes de Energía (PIE) con una capacidad de 510.85 MW. Es por ello, que este proyecto tiene gran importancia en el sector energético nacional y su implementación ayudará a cumplir la meta establecida en la Ley General de Cambio Climático que estable un mínimo del 35% (Alemán Nava, et al., 2014) de la generación realizada a partir de fuentes limpias.

El esquema de obra pública tradicional, para este proyecto, podría considerarse viable, sin embargo, un esquema de Asociación Pública Privada, presenta ventajas económicas y técnicas. A pesar de que el costo unitario del ciclo, está dentro del rango del monto de inversión de (0-50 millones de pesos) en donde la SHCP solicita únicamente una ficha técnica para presentar la evaluación socioeconómica, la adquisición no está limitada únicamente a un sola pieza, debido a la cantidad de agua caliente disponible, ésta puede escalar a un mayor número de unidades entrando en un rango de montos mayor y necesitando un estudio más detallado.

No es posible llegar a un escenario ideal, ya que al realizar una evaluación objetiva, alguna de las partes se beneficia mientras que la otra se encarece, por ello, es importante que este tipo de evaluaciones, en el esquema de APP, sea realizada por ambas partes y se tengan en consideración la evaluación para la entidad Pública y Privada, y con ello, tener una idea completa del desarrollo del proyecto. Para el CBEI, inicialmente se decidió variar los porcentajes de aporte y del ingreso anual correspondiente a la entidad Privada y Público, como resultado de esto, se obtuvo una tabla en la que estableciendo las exigencias económicas al proyecto se generan diferentes zonas de factibilidad y al tener éstas, se facilita la elección de las condiciones en las que se entraría en el esquema.

Al realizar el análisis de sensibilidad a un caso, se ejemplifica la influencia que tienen los demás factores, lo cuales, al cambiarse modifican completamente los indicadores económicos del proyecto, por lo que se propone realizar un método iterativo al hacer estos cambios.

Sumado a los factores propios del proyecto, un factor que no depende exclusivamente del él, es la tasa de descuento a la que se evalúa, para la entidad Privada, se tiene la ventaja de que la tasa es impuesta por el mercado, mientras que para la entidad Pública, la tasa “social de descuento” es impuesta por la SHCP, la cual, limita a los proyectos a evaluar, ya que no está en función de las características del sector, los riesgos propios del proyecto o las características propias de la entidad Pública que está realizando la evaluación del proyecto. Por lo que se recomienda tomar esto en consideración al evaluar proyectos de esta índole.

Sin embargo, este trabajo, no realiza la asignación del riesgo, factor importante en este tipo de esquema, sin embargo, al presentar el análisis de sensibilidad se pueden identificar si se hablará de un riesgo retenido o un riesgo transferido, logrando así la sinergia que se busca en la asociación.

Además de la opción de adquirir numerosos equipos, se recomienda realizar un análisis de escalabilidad para determinar si es conveniente realizar un equipo de mayor tamaño con las mismas bases técnicas de este equipo (10kW).

Debido a los cambios recientes en la Reforma Energética, y la apertura que se dio a la inversión privada en el sector energético, este proyecto, puede ser evaluado con otro esquema de adquisición ya sea por una entidad Pública o por otra entidad Privada. Puntos que se deberán desarrollar en el futuro, para continuar con la evaluación del proyecto y las variantes técnicas y políticas.

Apéndice I Condiciones del Sector Eléctrico Nacional y CBEI

Antecedentes

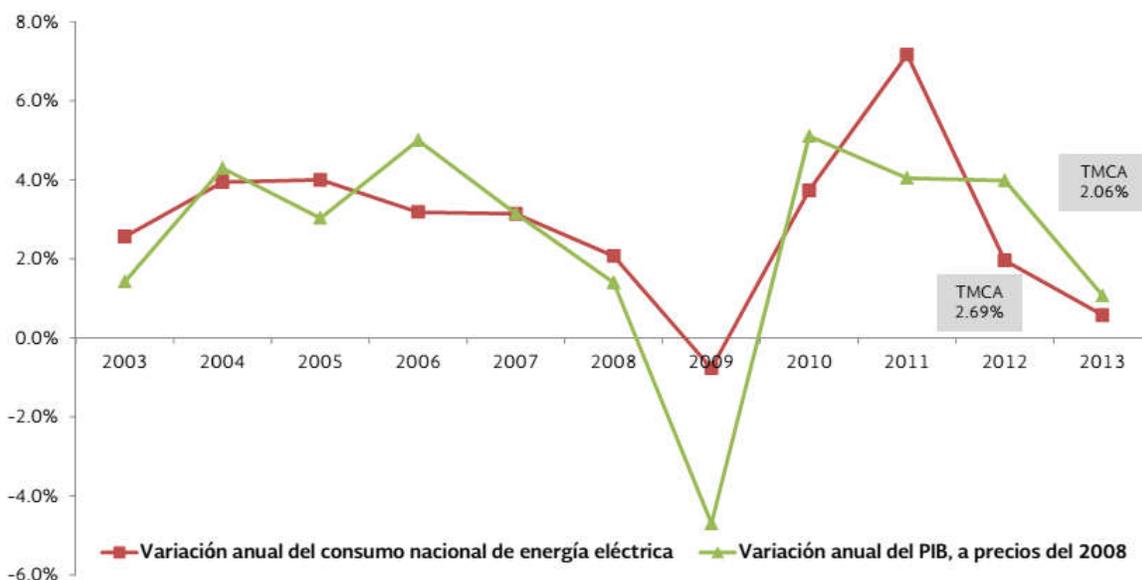
La Comisión Federal de Electricidad, es el organismo encargado de prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, buscando la satisfacción de los usuarios, contribuyendo decisivamente al desarrollo del país y participando de manera activa en la preservación del medio ambiente. (CFE, 2012a)

Según su informe anual 2012, se plantea los siguientes objetivos:

- Mantener a la CFE como la empresa del servicio público de energía eléctrica más importante a nivel nacional.
- Operar sobre las bases de los indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología.
- Ser reconocida por nuestros usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- Elevar la productividad y optimiza los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.

El crecimiento del consumo y de la demanda máxima de electricidad está sujeto a cinco factores primordiales (CFE, 2013):

- Crecimiento económico (Tasa media de crecimiento anual de PIB 2.06% y TMCA del consumo de energía eléctrica 2.69%) (Figura I. 1)
- Estructura económica
- Crecimiento poblacional
- Estacionalidad
- Niveles tarifarios



Fuente: SENER con información del INEGI y CFE.

Figura I. 1 Evolución del PIB y el consumo de energía eléctrica 2003-2013 (SENER, 2014)

Capacidad instalada Nacional anual

En el Capítulo 1, se incluye la capacidad instalada de generación, y se realiza un análisis de la misma, sin embargo, si se desea una visión Nacional, es necesario considerar a los Productores Independientes de Energía (PIE), a continuación se muestra estos valores:

		REALES-ANUAL (MW)							
Año		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Termoeléctrica	Vapor	12,865	12,865	12,895	12,876	12,336	11,699	11,699	11,399
	Ciclo Combinado CFE	5,416	5,456	6,115	6,115	6,122	6,122	7,420	7,567
	Ciclo Combinado PIE	11,457	11,457	11,457	11,907	11,907	11,907	12,340	12,340
	Turbo Gas	2,620	2,653	2,505	2,537	2,185	2,658	2,064	2,303
	Combustión Interna	217	216	216	214	211	252	259	307
	Dual	2,100	2,100	2,100	2,778	2,778	2,778	2,778	2,778
Renovables	Carboeléctrica	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
	Nucleoeléctrica	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,610	1,400	1,400
	Geotérmica	960	965	965	965	887	812	823	813
	Eólica CFE	85	85	85	85	87	87	87	86
	Eólica PIE	0	0	0	0	0	511	511	511
	Hidroeléctrica	11,343	11,343	11,383	11,503	11,453	11,498	11,509	12,269
	Fotovoltaica	0	0	0	0	0	6	6	6
	Total	51,029	51,105	51,686	52,945	51,931	52,539	53,497	54,379
	No Renovables	37,275	37,348	37,888	39,028	38,140	38,016	39,161	39,294
	Renovables	13,753	13,758	13,798	13,918	13,791	14,523	14,336	15,085

REALES-ANUAL								
Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Termoeléctrica	63.84%	63.88%	64.21%	63.55%	63.09%	62.12%	63.15%	62.37%
Dual	4.12%	4.11%	4.06%	5.25%	5.35%	5.29%	5.19%	5.11%
Carboeléctrica	5.10%	5.09%	5.03%	4.91%	5.01%	4.95%	4.86%	4.78%
Nucleoeléctrica	2.67%	2.67%	2.64%	2.58%	2.63%	3.06%	2.62%	2.57%
Geotérmica	1.88%	1.89%	1.87%	1.82%	1.71%	1.54%	1.54%	1.50%
Eólica	0.17%	0.17%	0.16%	0.16%	0.17%	1.14%	1.12%	1.10%
Hidroeléctrica	22.23%	22.20%	22.02%	21.73%	22.05%	21.88%	21.51%	22.56%
Fotovoltaica	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%
No Renovables	73.05%	73.08%	73.30%	73.71%	73.44%	72.36%	73.20%	72.26%
Renovables	26.95%	26.92%	26.70%	26.29%	26.56%	27.64%	26.80%	27.74%

Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

Actualmente, se cubre el 98.23% de la población del país. El 1.77% de la población se encuentra en lugares que generalmente son de difícil acceso, por lo que resulta muy costosa una conexión al sistema eléctrico nacional. La CFE proporciona el servicio eléctrico a todo el que lo solicite.

Los beneficios que se derivan de la expansión de la red eléctrica principal están relacionado con uno o más de los siguientes conceptos:

- Seguridad, posibilidad de mantener operando en sincronismo las unidades generadoras inmediatamente después de una contingencia crítica de generación o transmisión.
- Calidad, posibilidad de mantener el voltaje y la frecuencia dentro de los rangos aceptables por los usuarios.
- Confiabilidad, reducción del valor esperado de la energía que no es posible suministra, por fallas en elementos del sistema.
- Economía de la operación, disminución de los costos de operación del sistema eléctrico.

Capacidad de transmisión entre regiones, 2016

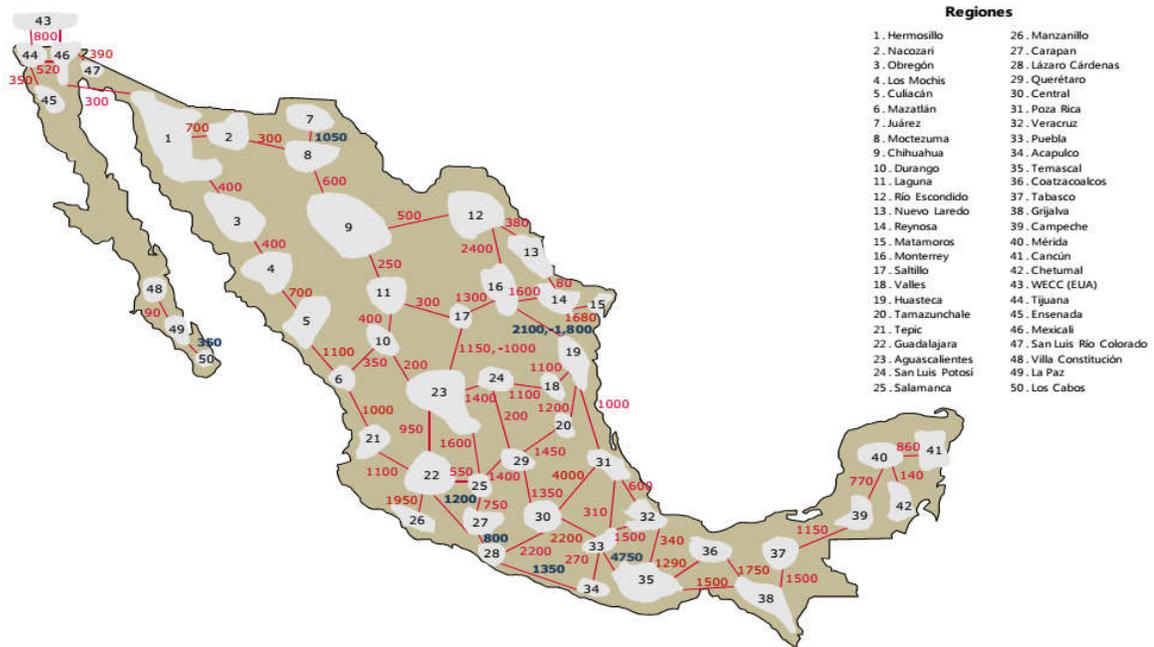


Figura I. 2 Capacidad de transmisión proyectada entre regiones 2016 (SENER, 2013)

En la Figura I. 2, se muestra la capacidad de transmisión entre regiones para el año 2016, en este mapa se incluyen proyectos ya definidos con estudios de factibilidad técnica y económica hasta el año 2016. Junto con la Figura I. 3 se observa como el sistema eléctrico en la zona de la península de Baja California y Baja California Sur, se encuentran aislados del resto del SEN, en contraste a ello, el Instituto de Ingeniería de la UNAM en la Figura I. 4, presenta la presencia de pozos geotérmicos en la zona de la península de BC y BCS, por ello, se propone la explotación comercial de este recurso para el aprovechamiento de este tipo de recurso. Actualmente, en México, es explotado en esta zona, sin embargo, el tipo de pozos que se explotan, son de alta entalpía, teniendo agua de descarga y reinyección entre 150-100°C (CFE, 2013), este líquido aun teniendo energía aprovechable, es reinyectado a los pozos geotérmicos, esto se debe a que a pesar de tener energía, el líquido no contiene suficiente energía como para ser aprovechado mediante un ciclo geotérmico convencional, es por ello, que el II, con el grupo IIDEA, propone un diseño de un ciclo binario modificado con una capacidad de 10 kWe. El cual, tiene la capacidad de aprovechar este tipo de recurso de baja entalpía.



Figura I. 3 Red Troncal del Sistema Eléctrico Nacional (CFE, 2006)

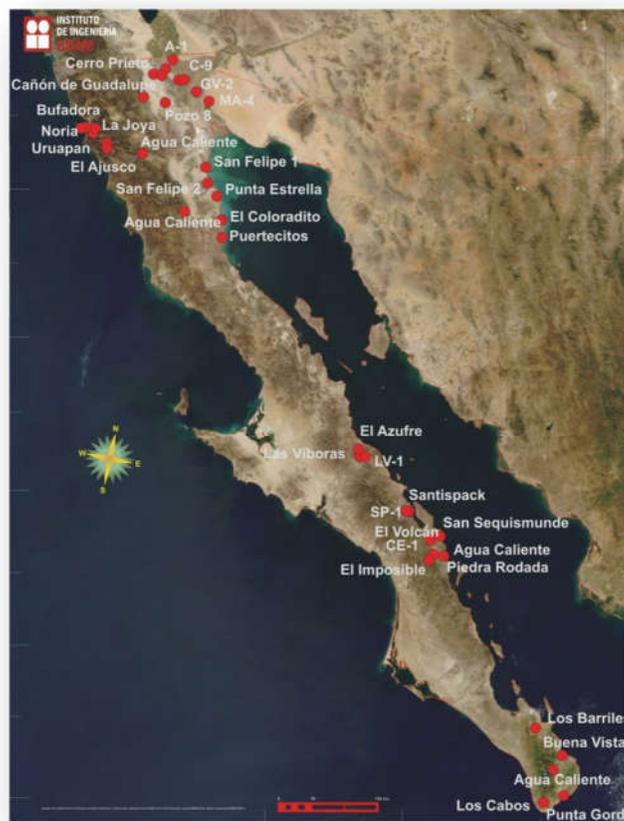


Figura I. 4 Exploración geotérmica por II (IMPULSA, 2008)

Localización

En este proyecto, nos enfocaremos a la zona de Baja California, en la cual la CFE en su informe anual 2012, presenta un mapa con las centrales en construcción y en licitación en esta zona, así mismo, se incluye una mapa con las principales centrales en operación en el año 2009, este crecimiento, puede ser acompañado con la instalación de este tipo de plantas modulares.

La Figura I. 5, muestra la evolución que se ha tenido en proyectos de generación eléctrica para la península de Baja California y Baja California Sur, la cual, a pesar del demostrado potencial geotérmico que se tiene, en estos proyectos, no se incluyen planta geotérmicas.

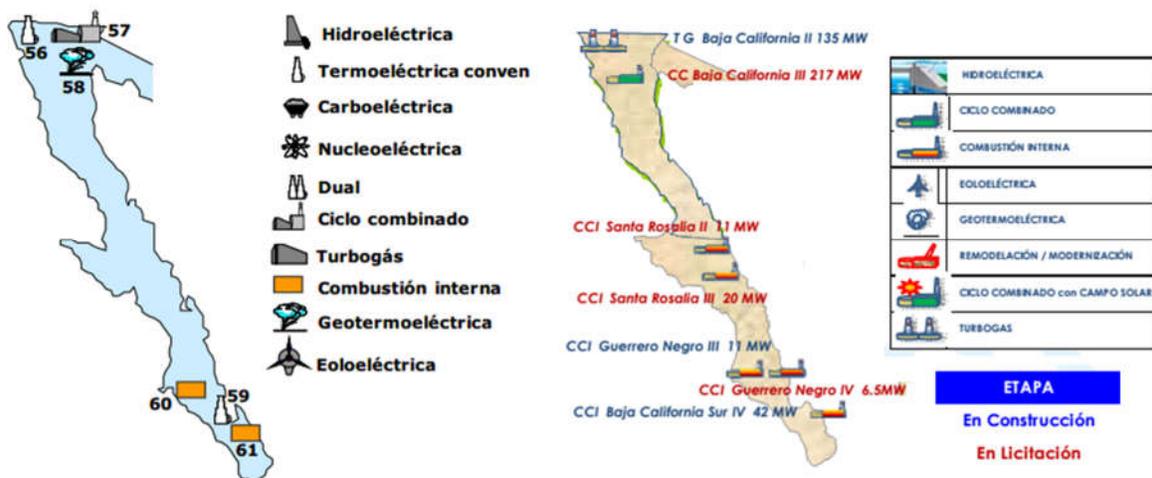


Figura I. 5 Principales centrales en funcionamiento al 2010 (CFE, 2012b) y Centrales en licitación y construcción (CFE, 2012a)

Evolución de los volúmenes de venta y crecimiento de población

Nos centraremos en el estado de Baja California, por presentar mayor número de pozos geotérmicos (Figura I. 4) de la península, presentando algunas estadísticas (INEGI, 2011) y (CFE, 2012a):

Tabla I. 1 Capacidad instalada nacional (SIE, 2015)

Volumen de las ventas de energía eléctrica y Crecimiento Poblacional de BC (Megawatts-Hora)				
Año	Volumen de ventas(MW/h)	Población	Tasa de crecimiento	
1995	4,560,166	2,112,140		
2000	7,522,295	2,487,367	0.650	0.178
2005	8,496,343	2,844,469	0.129	0.144
2010	8,928,378	3,155,070	0.051	0.109
Tasa de crecimiento promedio			0.277	0.143

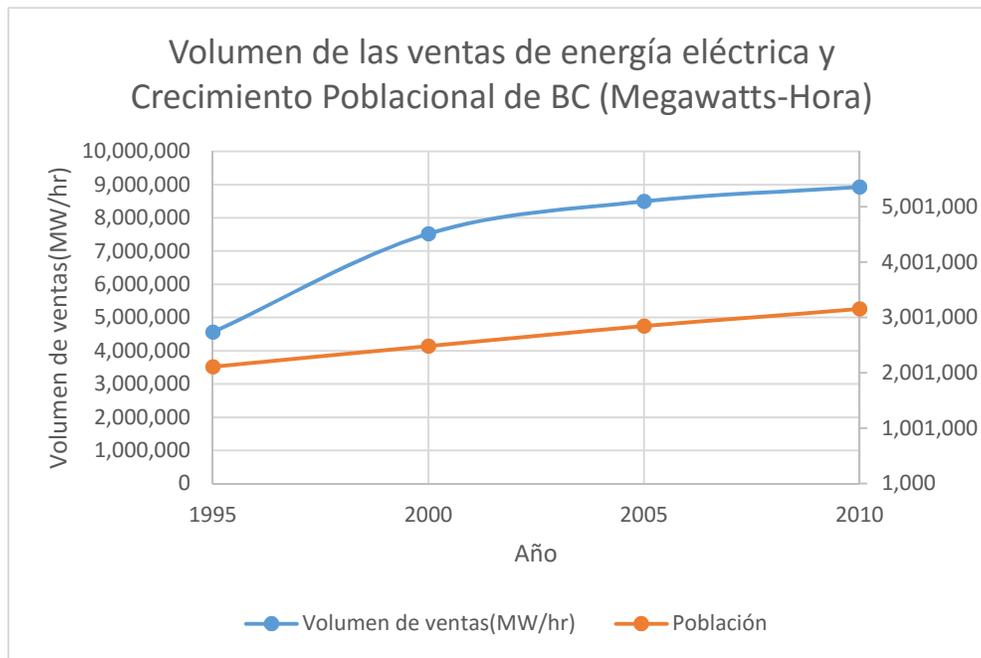


Figura I. 6 Volumen de ventas y crecimiento poblacional de BC

En la Figura I. 6, se aprecia que la tasa de crecimiento de la demanda de volumen de ventas y la tasa de crecimiento poblacional tiene una disparidad de casi el doble, con ello se puede argumentar que el aumento en la capacidad de generación es un punto de gran importancia para el desarrollo económico y social del país.

Por la capacidad de la planta CBEI, se realiza una ubicación más delimitada para el proyecto, reduciendo así, la aplicación al municipio Ensenada, en este municipio se presenta el siguiente crecimiento poblacional y del volumen de ventas de energía eléctrica:

Tabla I. 2 Ventas de energía eléctrica y crecimiento poblacional de Ensenada

Volumen de las ventas de energía eléctrica y Crecimiento Poblacional de Ensenada (Megawatts-Hora)				
Año	Volumen de ventas (MW/h)	Población	Tasa de crecimiento	
1995	480,184	315,289		
2000	697,094	370,730	0.452	0.176
2005	800,684	413,481	0.149	0.115
2010	829,101	466,814	0.035	0.129
Tasa de crecimiento promedio			0.212	0.140

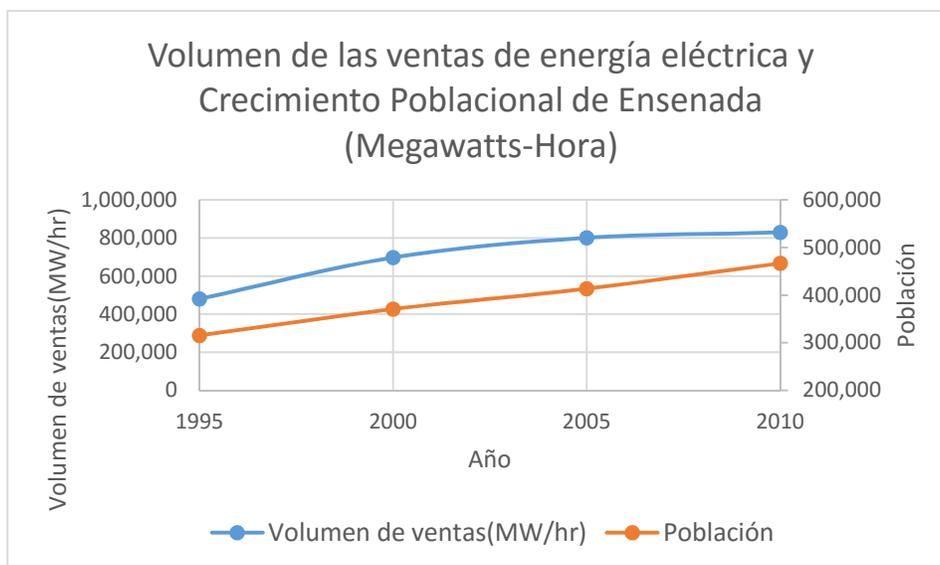


Figura I. 7 Volumen de ventas y crecimiento poblacional de Ensenada

El municipio de Ensenada, presenta un comportamiento similar, al descrito para el estado.

Ciclo CBEI

- ✓ Producción

El ciclo CBEI, está diseñado para una producción neta de 10 kWe, a continuación se presenta una suposición de elementos necesarios para una vivienda estándar, teniendo en consideración una característica importante para la vivienda en esta región, es decir, por el clima que se maneja en esa zona del país, es necesario, que las viviendas cuenten con un sistema de aire acondicionado (Tabla I. 3).

Tabla I. 3 Carga eléctrica por vivienda (estimada)

Aparato	Consumo (watts)	Cantidad	Total	Horas de uso al día	Consumo (Watts-h) al día	Consumo (Watts-h) al mes
HVAC	900	1	900	6	5400	162000
Refrigerador	144	1	144	24	3456	103680
Televisión	50	2	100	3	300	9000
Licuada	287	1	287	0.25	71.75	2152.5
Lavadora	120	1	120	1	120	3600
Plancha	300	1	300	0.5	150	4500
Focos	14	10	140	8	1120	33600
Suma			1991		10,617.75	318,532.50

Presentando una carga total estimada de **318.53 MWh** al mes.

Con esta carga, y una producción neta de 10 kWe, es decir una producción de 240,000 Wh al día, es suficiente de abastecer en promedio a un total de **22.6 (entre 22-23)** casas, teniendo alguna posible variación debido a las horas de uso de cada elemento.

Con estos valores, es posible estimar, considerando la tarifa final de energía eléctrica del suministro básico a usuarios domésticos (SEGOB, 2015), la tarifa que se le cobrará a cada una de las viviendas, considerando las cuotas mensuales aplicables, según el consumo (Tabla I. 4).

Tabla I. 4 Tarifa mensual, según consumo

Precio kWh	kWh consumidos
0.595	0-300
0.741	300-450
0.967	450-600
2.859	Resto

Calculando con esto, tarifa en el recibo mensual de cada vivienda:

Tarifa (Recibo) por vivienda	\$ 192.23
------------------------------	-----------

Teniendo un ingreso mensual por cada ciclo instalado de:

Ingreso mensual por ciclo instalado	\$ 4,345.16
-------------------------------------	-------------

Este es el ingreso bruto que tendría CFE, es decir, no se están descontando los costos administrativos, los costos de transmisión, uso de la infraestructura, generación debido a cargas etc.

✓ **Mantenimiento**

El equipo, por ser un equipo nuevo, y no tener algún equipo previo trabajando tanto tiempo, podría considerarse un vida de funcionamiento muy larga, teniendo en cuenta que los equipos que limitan la vida útil son las partes móviles del equipo, es decir: bombas, turbina y generador y el ciclo de cada uno de ellos, nos lo entregaría el fabricante de estos equipos, el resto de los componentes son tuberías, intercambiadores y válvulas, por lo que con un mantenimiento preventivo, se lograría mantener el ciclo en funcionamiento por un largo tiempo.

Para dar una idea de cuáles son los componentes que requieren especial atención en cuanto a mantenimiento, a continuación se presenta qué porcentaje ocupa el costo de cada elemento, del costo total de equipo (Tabla I. 5).

Tabla I. 5 Porcentaje del costo total

Porcentaje del costo total	
Turbina	38.70%
Intercambiador de placas	21.00%
Separador	5.50%
Condensador	5.00%
Bombas	1.80%
Base del ciclo	0.30%
Tubería	0.19%

Siendo la turbina el elemento que presenta el mayor porcentaje del costo del ciclo, se investigó en el mercado y el tiempo medio entre mantenimiento es de 10,000 horas, en cuanto a los rodamientos para esta turbina se estima una vida útil de 100,000 h.

El segundo lugar de aportación al costo total del ciclo lo tiene el intercambiador de placas. Es impreciso estimar un período de tiempo entre mantenimientos, ya que éste depende de las incrustaciones que se generen en las placas⁸. Sin embargo, el tiempo de vida útil, también es muy grande, ya que las placas son remplazadas por nuevas al hacer el mantenimiento, ventaja que presenta el haber escogido este tipo de intercambiadores.

- ✓ Materia prima que ingresa al CBEI

El ciclo CBEI, como se ha mencionado anteriormente, utiliza fluido geotérmico (fluido primario) de baja entalpía para calentar el fluido secundario o de trabajo, y a su vez, generar energía eléctrica con el fluido de trabajo.

El fluido primario, podría ser obtenido de la descarga de una planta geotermoeléctrica de mayor capacidad de generación, a manera de referencia y dar una idea de la disponibilidad de este recurso, se presenta el balance de salmuera de la planta geotermoeléctrica en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes, B.C.S. zona sur:

Tabla I. 6 Balance de salmuera (CFE, 2013)

Balance de salmuera	t/h
Producción actual (LV-6,LV-11)	204
Producción adicional (Acid if LV-13-Nov 2012)	30
Producción LV-10(Pozo nuevo -2013)	80
Total:	314

⁸ Las incrustaciones en las placas dependen de las características químicas del recurso geotérmico, las cuales varían dependiendo la fuente del recurso.

El gasto necesario para la generación de 10kWe, está en función de la temperatura de la entrada del fluido, en la Figura I. 8 se muestra el gasto que se requiere para diferentes temperaturas dentro del rango de trabajo propuesto.

Con esta gráfica, se observa que tiene un comportamiento exponencial la influencia de la temperatura en el gasto requerido, incrementando con ello, las dimensiones del intercambiador de placas planas. Por lo que se recomienda una temperatura de la fuente entre 125-150 °C, sin embargo, este ciclo, tiene la opción de hacer un cambio el fluido de trabajo, con el fin de aprovechar los pozos de baja temperatura, por lo que se requería hacer una modificación específica.

Tabla I. 7 Temperatura del recurso geotérmico y el gasto necesario para la producción de 10 kWe.

T(°C)	Gasto(kg/s)
110.3	8.58
115	3.75
120	2.19
125	1.55
130	1.20
135	0.97
140	0.82
145	0.71
150	0.62

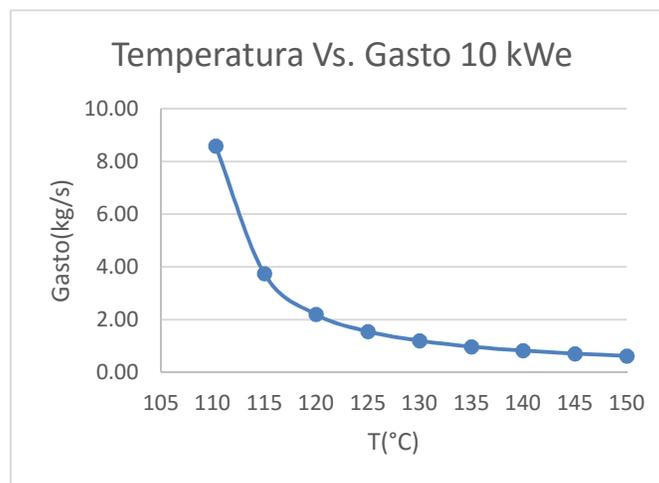


Figura I. 8 Temperatura (°C) contra gasto (kg/s)

Comparando estos dos valores (el gasto requerido y el gasto producido), se concluye que el ciclo CBEI, tendrá la materia prima que necesita en durante toda su vida útil.

Apéndice II Equipos similares en el mercado

Equipos en el mercado

Se realizó un estudio de mercado, entre las principales marcas, que manejan sistemas de generación eléctrica con la tecnología de un ciclo binario (ORC), a continuación se muestran de manera ordenada, siendo la primera opción la que presenta mayor similitud, incluyendo: potencia generada, tamaño, elementos que lo componen y tecnología utilizada.

Infinity turbine

Empresa en Ferndale, Washington USA. Cuenta con diferentes esquemas de compras, entre los cuales se encuentran: venta de paquete con turbina generador, turbina generador en el que se incluyen planos de manufactura, plan para desarrollar una marca propia con sus equipos y un ciclo completo.



Figura II. 1 Infinity Turbine (Infinity Turbine, 2015)

Cotización

Ciclo completo	
Potencia	10kW
Flujo	20-30 gpm
Precio en dlls	\$ 50,000.00
Precio en pesos	\$ 785,000.00

Green Turbine

Empresa Holandesa, la cual desarrolla turbinas y ciclos ORC completos.

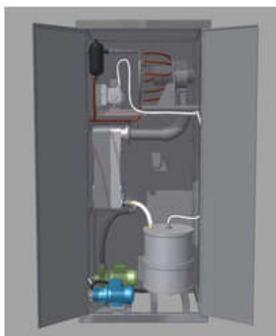


Figura II. 2 Green Turbine (Green Turbine, 2015)

Cotización

Ciclo completo	
Potencia	15kW
Flujo	9.8kg/kWh
Precio en EUR	€ 35,000.00
Precio en pesos	\$ 595,000.00

Rank

Empresa española, únicamente ofrecen el ciclo completo.



Figura II. 3 Ciclo orgánico Rank (Rank, 2015)

Cotización

Ciclo completo	
Potencia	10.5kW
Flujo	1 kg/s
Precio en EUR	€ 60,000.00
Precio en pesos	\$ 1,020,000.00

Heaven energy

Empresa francesa, manufacturan ciclos ORC completos con temperatura mínima de 110°C.

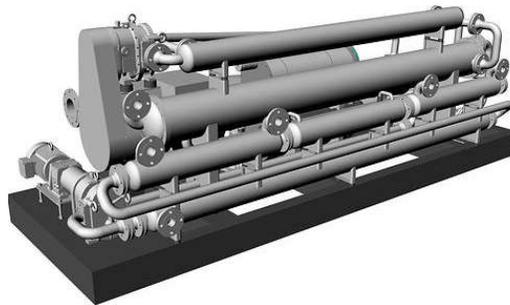


Figura II. 4 Ciclo orgánico Heaven energy (Heaven Energy, 2015)

Enertime (Francia)

Cuenta con ciclo ORC de 300 kWe a 3MWe



Figura II. 5 Enertime (Enertime, 2015)

Apéndice III Tabla para establecer zonas factibles

VPN

Porcentaje de aporte Privado "SKID"	Porcentaje de Ingreso									
	Público	Privado								
	100%	0%	99%	1%	98%	2%	97%	3%	96%	4%
0%	\$ 247,887.01	\$ (81,921.90)	\$ 241,968.88	\$ (75,421.45)	\$ 236,050.75	\$ (68,920.99)	\$ 230,132.61	\$ (62,420.54)	\$ 224,214.48	\$ (55,920.08)
10%	\$ 262,459.81	\$ (96,494.70)	\$ 256,541.68	\$ (89,994.25)	\$ 250,623.55	\$ (83,493.79)	\$ 244,705.41	\$ (76,993.34)	\$ 238,787.28	\$ (70,492.88)
20%	\$ 277,032.61	\$ (111,067.50)	\$ 271,114.48	\$ (104,567.05)	\$ 265,196.35	\$ (98,066.59)	\$ 259,278.21	\$ (91,566.14)	\$ 253,360.08	\$ (85,065.68)
30%	\$ 291,605.41	\$ (125,640.30)	\$ 285,687.28	\$ (119,139.85)	\$ 279,769.15	\$ (112,639.39)	\$ 273,851.01	\$ (106,138.94)	\$ 267,932.88	\$ (99,638.48)
31%	\$ 293,062.69	\$ (127,097.58)	\$ 287,144.56	\$ (120,597.13)	\$ 281,226.43	\$ (114,096.67)	\$ 275,308.29	\$ (107,596.22)	\$ 269,390.16	\$ (101,095.76)
32%	\$ 294,519.97	\$ (128,554.86)	\$ 288,601.84	\$ (122,054.41)	\$ 282,683.71	\$ (115,553.95)	\$ 276,765.57	\$ (109,053.50)	\$ 270,847.44	\$ (102,553.04)
33%	\$ 295,977.25	\$ (130,012.14)	\$ 290,059.12	\$ (123,511.69)	\$ 284,140.99	\$ (117,011.23)	\$ 278,222.85	\$ (110,510.78)	\$ 272,304.72	\$ (104,010.32)
34%	\$ 297,434.53	\$ (131,469.42)	\$ 291,516.40	\$ (124,968.97)	\$ 285,598.27	\$ (118,468.51)	\$ 279,680.13	\$ (111,968.06)	\$ 273,762.00	\$ (105,467.60)
35%	\$ 298,891.81	\$ (132,926.70)	\$ 292,973.68	\$ (126,426.25)	\$ 287,055.55	\$ (119,925.79)	\$ 281,137.41	\$ (113,425.34)	\$ 275,219.28	\$ (106,924.88)
36%	\$ 300,349.09	\$ (134,383.98)	\$ 294,430.96	\$ (127,883.53)	\$ 288,512.83	\$ (121,383.07)	\$ 282,594.69	\$ (114,882.62)	\$ 276,676.56	\$ (108,382.16)
37%	\$ 301,806.37	\$ (135,841.26)	\$ 295,888.24	\$ (129,340.81)	\$ 289,970.11	\$ (122,840.35)	\$ 284,051.97	\$ (116,339.90)	\$ 278,133.84	\$ (109,839.44)
38%	\$ 303,263.65	\$ (137,298.54)	\$ 297,345.52	\$ (130,798.09)	\$ 291,427.39	\$ (124,297.63)	\$ 285,509.25	\$ (117,797.18)	\$ 279,591.12	\$ (111,296.72)
39%	\$ 304,720.93	\$ (138,755.82)	\$ 298,802.80	\$ (132,255.37)	\$ 292,884.67	\$ (125,754.91)	\$ 286,966.53	\$ (119,254.46)	\$ 281,048.40	\$ (112,754.00)
40%	\$ 306,178.21	\$ (140,213.10)	\$ 300,260.08	\$ (133,712.65)	\$ 294,341.95	\$ (127,212.19)	\$ 288,423.81	\$ (120,711.74)	\$ 282,505.68	\$ (114,211.28)
50%	\$ 320,751.01	\$ (154,785.90)	\$ 314,832.88	\$ (148,285.45)	\$ 308,914.75	\$ (141,784.99)	\$ 302,996.61	\$ (135,284.54)	\$ 297,078.48	\$ (128,784.08)
60%	\$ 335,323.81	\$ (169,358.70)	\$ 329,405.68	\$ (162,858.25)	\$ 323,487.55	\$ (156,357.79)	\$ 317,569.41	\$ (149,857.34)	\$ 311,651.28	\$ (143,356.88)
70%	\$ 349,896.61	\$ (183,931.50)	\$ 343,978.48	\$ (177,431.05)	\$ 338,060.35	\$ (170,930.59)	\$ 332,142.21	\$ (164,430.14)	\$ 326,224.08	\$ (157,929.68)
80%	\$ 364,469.41	\$ (198,504.30)	\$ 358,551.28	\$ (192,003.85)	\$ 352,633.15	\$ (185,503.39)	\$ 346,715.01	\$ (179,002.94)	\$ 340,796.88	\$ (172,502.48)
90%	\$ 379,042.21	\$ (213,077.10)	\$ 373,124.08	\$ (206,576.65)	\$ 367,205.95	\$ (200,076.19)	\$ 361,287.81	\$ (193,575.74)	\$ 355,369.68	\$ (187,075.28)
100%	\$ 393,615.01	\$ (227,649.90)	\$ 387,696.88	\$ (221,149.45)	\$ 381,778.75	\$ (214,648.99)	\$ 375,860.61	\$ (208,148.54)	\$ 369,942.48	\$ (201,648.08)

VPN

Porcentaje de aporte Privado "SKID"	Porcentaje de Ingreso		Porcentaje de Ingreso		Porcentaje de Ingreso		Porcentaje de Ingreso		Porcentaje de Ingreso	
	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
	95%	5%	90%	10%	85%	15%	80%	20%	75%	25%
0%	\$ 218,296.35	\$ (49,419.63)	\$ 188,705.68	\$ (16,917.36)	\$ 159,115.02	\$ 15,584.91	\$ 129,524.36	\$ 48,087.18	\$ 99,933.69	\$ 80,589.45
10%	\$ 232,869.15	\$ (63,992.43)	\$ 203,278.48	\$ (31,490.16)	\$ 173,687.82	\$ 1,012.11	\$ 144,097.16	\$ 33,514.38	\$ 114,506.49	\$ 66,016.65
20%	\$ 247,441.95	\$ (78,565.23)	\$ 217,851.28	\$ (46,062.96)	\$ 188,260.62	\$ (13,560.69)	\$ 158,669.96	\$ 18,941.58	\$ 129,079.29	\$ 51,443.85
30%	\$ 262,014.75	\$ (93,138.03)	\$ 232,424.08	\$ (60,635.76)	\$ 202,833.42	\$ (28,133.49)	\$ 173,242.76	\$ 4,368.78	\$ 143,652.09	\$ 36,871.05
31%	\$ 263,472.03	\$ (94,595.31)	\$ 233,881.36	\$ (62,093.04)	\$ 204,290.70	\$ (29,590.77)	\$ 174,700.04	\$ 2,911.50	\$ 145,109.37	\$ 35,413.77
32%	\$ 264,929.31	\$ (96,052.59)	\$ 235,338.64	\$ (63,550.32)	\$ 205,747.98	\$ (31,048.05)	\$ 176,157.32	\$ 1,454.22	\$ 146,566.65	\$ 33,956.49
33%	\$ 266,386.59	\$ (97,509.87)	\$ 236,795.92	\$ (65,007.60)	\$ 207,205.26	\$ (32,505.33)	\$ 177,614.60	\$ (3.06)	\$ 148,023.93	\$ 32,499.21
34%	\$ 267,843.87	\$ (98,967.15)	\$ 238,253.20	\$ (66,464.88)	\$ 208,662.54	\$ (33,962.61)	\$ 179,071.88	\$ (1,460.34)	\$ 149,481.21	\$ 31,041.93
35%	\$ 269,301.15	\$ (100,424.43)	\$ 239,710.48	\$ (67,922.16)	\$ 210,119.82	\$ (35,419.89)	\$ 180,529.16	\$ (2,917.62)	\$ 150,938.49	\$ 29,584.65
36%	\$ 270,758.43	\$ (101,881.71)	\$ 241,167.76	\$ (69,379.44)	\$ 211,577.10	\$ (36,877.17)	\$ 181,986.44	\$ (4,374.90)	\$ 152,395.77	\$ 28,127.37
37%	\$ 272,215.71	\$ (103,338.99)	\$ 242,625.04	\$ (70,836.72)	\$ 213,034.38	\$ (38,334.45)	\$ 183,443.72	\$ (5,832.18)	\$ 153,853.05	\$ 26,670.09
38%	\$ 273,672.99	\$ (104,796.27)	\$ 244,082.32	\$ (72,294.00)	\$ 214,491.66	\$ (39,791.73)	\$ 184,901.00	\$ (7,289.46)	\$ 155,310.33	\$ 25,212.81
39%	\$ 275,130.27	\$ (106,253.55)	\$ 245,539.60	\$ (73,751.28)	\$ 215,948.94	\$ (41,249.01)	\$ 186,358.28	\$ (8,746.74)	\$ 156,767.61	\$ 23,755.53
40%	\$ 276,587.55	\$ (107,710.83)	\$ 246,996.88	\$ (75,208.56)	\$ 217,406.22	\$ (42,706.29)	\$ 187,815.56	\$ (10,204.02)	\$ 158,224.89	\$ 22,298.25
50%	\$ 291,160.35	\$ (122,283.63)	\$ 261,569.68	\$ (89,781.36)	\$ 231,979.02	\$ (57,279.09)	\$ 202,388.36	\$ (24,776.82)	\$ 172,797.69	\$ 7,725.45
60%	\$ 305,733.15	\$ (136,856.43)	\$ 276,142.48	\$ (104,354.16)	\$ 246,551.82	\$ (71,851.89)	\$ 216,961.16	\$ (39,349.62)	\$ 187,370.49	\$ (6,847.35)
70%	\$ 320,305.95	\$ (151,429.23)	\$ 290,715.28	\$ (118,926.96)	\$ 261,124.62	\$ (86,424.69)	\$ 231,533.96	\$ (53,922.42)	\$ 201,943.29	\$ (21,420.15)
80%	\$ 334,878.75	\$ (166,002.03)	\$ 305,288.08	\$ (133,499.76)	\$ 275,697.42	\$ (100,997.49)	\$ 246,106.76	\$ (68,495.22)	\$ 216,516.09	\$ (35,992.95)
90%	\$ 349,451.55	\$ (180,574.83)	\$ 319,860.88	\$ (148,072.56)	\$ 290,270.22	\$ (115,570.29)	\$ 260,679.56	\$ (83,068.02)	\$ 231,088.89	\$ (50,565.75)
100%	\$ 364,024.35	\$ (195,147.63)	\$ 334,433.68	\$ (162,645.36)	\$ 304,843.02	\$ (130,143.09)	\$ 275,252.36	\$ (97,640.82)	\$ 245,661.69	\$ (65,138.55)

VPN

Porcentaje de aporte Privado "SKID"	Porcentaje de Ingreso									
	Público	Privado								
	20%	80%	15%	85%	10%	90%	5%	95%	0%	100%
0%	\$ (225,563.61)	\$ 438,114.41	\$ (255,154.28)	\$ 470,616.68	\$ (284,744.94)	\$ 503,118.95	\$ (314,335.60)	\$ 535,621.22	\$ (343,926.27)	\$ 568,123.49
10%	\$ (210,990.81)	\$ 423,541.61	\$ (240,581.48)	\$ 456,043.88	\$ (270,172.14)	\$ 488,546.15	\$ (299,762.80)	\$ 521,048.42	\$ (329,353.47)	\$ 553,550.69
20%	\$ (196,418.01)	\$ 408,968.81	\$ (226,008.68)	\$ 441,471.08	\$ (255,599.34)	\$ 473,973.35	\$ (285,190.00)	\$ 506,475.62	\$ (314,780.67)	\$ 538,977.89
30%	\$ (181,845.21)	\$ 394,396.01	\$ (211,435.88)	\$ 426,898.28	\$ (241,026.54)	\$ 459,400.55	\$ (270,617.20)	\$ 491,902.82	\$ (300,207.87)	\$ 524,405.09
31%	\$ (180,387.93)	\$ 392,938.73	\$ (209,978.60)	\$ 425,441.00	\$ (239,569.26)	\$ 457,943.27	\$ (269,159.92)	\$ 490,445.54	\$ (298,750.59)	\$ 522,947.81
32%	\$ (178,930.65)	\$ 391,481.45	\$ (208,521.32)	\$ 423,983.72	\$ (238,111.98)	\$ 456,485.99	\$ (267,702.64)	\$ 488,988.26	\$ (297,293.31)	\$ 521,490.53
33%	\$ (177,473.37)	\$ 390,024.17	\$ (207,064.04)	\$ 422,526.44	\$ (236,654.70)	\$ 455,028.71	\$ (266,245.36)	\$ 487,530.98	\$ (295,836.03)	\$ 520,033.25
34%	\$ (176,016.09)	\$ 388,566.89	\$ (205,606.76)	\$ 421,069.16	\$ (235,197.42)	\$ 453,571.43	\$ (264,788.08)	\$ 486,073.70	\$ (294,378.75)	\$ 518,575.97
35%	\$ (174,558.81)	\$ 387,109.61	\$ (204,149.48)	\$ 419,611.88	\$ (233,740.14)	\$ 452,114.15	\$ (263,330.80)	\$ 484,616.42	\$ (292,921.47)	\$ 517,118.69
36%	\$ (173,101.53)	\$ 385,652.33	\$ (202,692.20)	\$ 418,154.60	\$ (232,282.86)	\$ 450,656.87	\$ (261,873.52)	\$ 483,159.14	\$ (291,464.19)	\$ 515,661.41
37%	\$ (171,644.25)	\$ 384,195.05	\$ (201,234.92)	\$ 416,697.32	\$ (230,825.58)	\$ 449,199.59	\$ (260,416.24)	\$ 481,701.86	\$ (290,006.91)	\$ 514,204.13
38%	\$ (170,186.97)	\$ 382,737.77	\$ (199,777.64)	\$ 415,240.04	\$ (229,368.30)	\$ 447,742.31	\$ (258,958.96)	\$ 480,244.58	\$ (288,549.63)	\$ 512,746.85
39%	\$ (168,729.69)	\$ 381,280.49	\$ (198,320.36)	\$ 413,782.76	\$ (227,911.02)	\$ 446,285.03	\$ (257,501.68)	\$ 478,787.30	\$ (287,092.35)	\$ 511,289.57
40%	\$ (167,272.41)	\$ 379,823.21	\$ (196,863.08)	\$ 412,325.48	\$ (226,453.74)	\$ 444,827.75	\$ (256,044.40)	\$ 477,330.02	\$ (285,635.07)	\$ 509,832.29
50%	\$ (152,699.61)	\$ 365,250.41	\$ (182,290.28)	\$ 397,752.68	\$ (211,880.94)	\$ 430,254.95	\$ (241,471.60)	\$ 462,757.22	\$ (271,062.27)	\$ 495,259.49
60%	\$ (138,126.81)	\$ 350,677.61	\$ (167,717.48)	\$ 383,179.88	\$ (197,308.14)	\$ 415,682.15	\$ (226,898.80)	\$ 448,184.42	\$ (256,489.47)	\$ 480,686.69
70%	\$ (123,554.01)	\$ 336,104.81	\$ (153,144.68)	\$ 368,607.08	\$ (182,735.34)	\$ 401,109.35	\$ (212,326.00)	\$ 433,611.62	\$ (241,916.67)	\$ 466,113.89
80%	\$ (108,981.21)	\$ 321,532.01	\$ (138,571.88)	\$ 354,034.28	\$ (168,162.54)	\$ 386,536.55	\$ (197,753.20)	\$ 419,038.82	\$ (227,343.87)	\$ 451,541.09
90%	\$ (94,408.41)	\$ 306,959.21	\$ (123,999.08)	\$ 339,461.48	\$ (153,589.74)	\$ 371,963.75	\$ (183,180.40)	\$ 404,466.02	\$ (212,771.07)	\$ 436,968.29
100%	\$ (79,835.61)	\$ 292,386.41	\$ (109,426.28)	\$ 324,888.68	\$ (139,016.94)	\$ 357,390.95	\$ (168,607.60)	\$ 389,893.22	\$ (198,198.27)	\$ 422,395.49

Referencias

1. Arellano Gómez, V. & Rodríguez Iglesias, E., 2008. *La energía geotérmica: Una opción tecnológica y económicamente madura*, Cuernavaca, Morelos, México: Instituto de Investigaciones Electrica.
2. Bertani, R., 2010. Geothermal Power Generation In the World 2005-2010 Update Report. *Proceedings World Geothermal Congress*.
3. Bertani, R., 2015. *Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report*. s.l.:s.n.
4. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 1999. *Apuntes sobre evaluación social de proyectos*. Primera ed. México: BANOBRAS.
5. CFE, 2006. *El Sistema Eléctrico Nacional*. s.l.:CFE.
6. CFE, 2011. *Informe anual 2011*, s.l.: Comisión Federal de Electricidad.
7. CFE, 2012a. *Informa Anual 2012*. México: CFE.
8. CFE, 2012b. *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026*, México: CFE.
9. CFE, 2013. *Análisis Costo-Beneficio Proyecto GE Santa Rosalía Ciclo Binario*, B.C.S.: CFE.
10. CFE, 2015. *Comisión Federal de Electricidad*. [En línea]
Available at:
http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2015
[Último acceso: 17 Noviembre 2015].
11. Enertime, 2015. *enertime*. [En línea]
Available at: <http://www.enertime.com/>
[Último acceso: 02 Febrero 2015].
12. Green Turbine, 2015. *Green Turbine*. [En línea]
Available at: <http://www.greenturbine.eu/>
[Último acceso: 26 Febrero 2015].
13. Gutierrez-Negrín, L. C., Maya-González, R. & Quijano-León, J. L., 2010. Current Status of Geothermics in Mexico. *Proceedings World Geothermal Congress 2010*, Abril.pp. 25-29.

14. Heaven Energy, 2015. *Heaven Energy*. [En línea]
Available at: <http://www.heaven-energy.fr/>
[Último acceso: 02 Marzo 2015].
15. Hiriart, G. L. B., 2011. *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*, México: Comisión Reguladora de Energía.
16. IMPULSA, I., 2008. *Proyecto IMPULSA IV Ingen*, México: Instituto de Ingeniería (UNAM).
17. INEGI, 2011. *Información Nacional, por entidad Federativa y Municipios*, s.l.: s.n.
18. Infinity Turbine, 2015. *Infinity Turbine*. [En línea]
Available at: http://www.infinityturbine.com/ORC/ORC_Waste_Heat_Turbine.html
[Último acceso: 26 Marzo 2015].
19. Kagel, A. & Gawell, K., 2005. Promoting Geothermal Energy: Air Emissions Comparison and Externality Analysis. *The Electricity Journal*, 18(7), pp. 90-99.
20. Lund, J. W., 2006. Chena Hot Spring. *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin*, 27(3), pp. 2-4.
21. Lund, J. W., Bjelm, L., Bloomquist, G. & Mortensen, A. K., 2008. Characteristics, development and utilization of geothermal resources - a Nordic perspective. 31(1).
22. Monroy Parada, A. F., 2013. Geothermal Binary Cycle Power Plant Principles, Operation and Maintenance. *Geothermal Training Programme*, Issue 20.
23. Ortigón, E., Pacheco, J. F. & Roura, H., 2005. *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
24. Rank, 2015. *Rank*. [En línea]
Available at: <http://www.rankweb.es/>
[Último acceso: 9 Marzo 2015].
25. Santoyo, E. & Torres Alvarado, I., 2010. Escenario Futuro de Explotación de la Energía Geotérmica: Hacia un Desarrollo Sustentable. aa(10).
26. Santoyo-Gutierrez, E. & Torres Alvarado, I., 2010. Escenario Futuro de Explotación de la Energía Geotérmica: Hacia un Desarrollo Sustentable. *Revista Digital Universitaria*, 11(10).
27. SEGOB, 2015. Diario Oficial de la Federación. *Diario Oficial de la Federación*, 01 01.
28. SENER, 2013. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027*. México: SENER.
29. SENER, 2014. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028*. México: SENER.

30. SENER, 2015. *Sector Eléctrico Nacional Subsecretaría de electricidad*. [En línea]
Available at: <http://egob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html>
[Último acceso: 13 Noviembre 2015].
31. SHCP, 2014. *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. [En línea]
[Último acceso: 14 Enero 2015].
32. SIE, 2015. *Sistema de Información Energética*. [En línea]
Available at:
<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
[Último acceso: 06 Enero 2016].