

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
UNIDAD DE POSTGRADO



TRABAJO DE POSTGRADO

"ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTVOLTAICOS AISLADOS UTILIZADOS EN VIVIENDAS Y ESCUELAS RURALES Y ANALISIS DE LA RENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTVOLTAICOS CON CONEXIÓN A LA RED EN EL SALVADOR".

PRESENTADO POR:

EDUARDO ARTURO MENDEZ RAMIREZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

MAESTRIA EN ADMINISTRACION FINANCIERA

DOCENTE DIRECTOR:

MASTER MAURICIO VLADIMIR UMAÑA RAMIREZ

AGOSTO 2010

SANTA ANA EL SALVADOR CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



RECTOR

INGENIERO Y MASTER RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

VICE-RECTOR ACADEMICO

MASTER MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO

MASTER OSCAR NOE NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FISCAL GENERAL

LICENCIADO RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

AUTORIDADES



DECANO

LICENCIADO JORGE MAURICIO RIVERA

VICE-DECANO

MASTER ELADIO EFRAIN ZACARIAS ORTEZ

SECRETARIO

LICENCIADO VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DE LA UNIDAD DE POSTGRADO

MASTER RAUL DE JESUS LOPEZ GRIJALVA

ÍNDICE

Introducción.	i
CAPITULO I	
Generalidades de la investigación	
1.1. Introducción.	1
1.2. Planteamiento del problema y planteamiento de las hipótesis.	2
1.3. Planteamiento de hipótesis de trabajo.	6
1.4. Justificación.	7
1.5. Objetivos.	10
1.6. Antecedentes.	10
1.6.1 Estudio de mercado.	13
1.7. Alcances.	25
1.8. Limitaciones.	26
CAPITULO II	
Marco teórico	
2.1. ¿Qué es la energía solar fotovoltaica?.	28
2.2. Ventajas de la energía solar fotovoltaica.	29
2.3. Inconvenientes y limitaciones.	33
2.4. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en el medio rural.	37
2.4.1. Enfoque físico-tecnológico.	37
2.4.2. Enfoque atendiendo al camino de búsqueda.	38

2.4.3. Enfoque atendiendo al ámbito de incidencia.	39
2.4.4. Enfoque atendiendo al carácter de utilidad.	40
2.5. Efectos de la energía solar fotovoltaica en las comunidades rurales.	41
2.6. Proyecto de inversión.	44
2.7. Clasificación de los proyectos de inversión.	45
2.8. Propósito de un estudio de factibilidad financiera..	50
2.8.1. Estudios técnicos y económicos.	50
2.8.2. Las estimaciones básicas de una inversión.	51
2.8.3. Inversiones.	52
2.8.4. Vida económica.	54
2.8.5. Valores residuales.	56
2.8.6. Flujos de beneficios.	57
2.8.7. Depreciaciones y amortizaciones.	60
2.8.8. Gastos financieros.	62
2.8.9. Flujos de efectivos absolutos y relativos.	63
2.9. Herramientas financieras para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión.	65
2.9.1. Los métodos de evaluación.	65
2.9.2. Periodo de recuperación.	67
2.9.3. Rentabilidad contable.	70
2.9.4. Tasa interna de rendimiento.	73
2.9.5. Valor presente neto.	75
2.9.6. Índice de deseabilidad.	78

2.9.7. Valor presente neto ajustado.	80
2.9.8. Valor presente neto.	82
2.9.9. Costo de emisión.	84
2.9.10. Financiación subsidiada.	84
2.9.11. Endeudamiento/Escudos fiscales.	86
2.10. Simulación del riesgo financiero en la inversión. .	90
2.10.1. Definición de simulación.	91
2.10.2. Pasos a seguir para simular un proyecto de inversión.	95

CAPITULO III

Análisis de la rentabilidad del uso de sistemas solares
fotovoltaicos aislados y con inyección a la red

3.1. Análisis de sistemas solares fotovoltaicos.	98
3.1.1. La inversión para el Estado salvadoreño como un proyecto social.	98
3.1.2. La inversión para un ciudadano salvadoreño. . .	103
3.1.3. La inversión en escuelas rurales de sistemas solares fotovoltaicos aislados.	106
3.2. Análisis de sistemas solares fotovoltaicos con inyección a la red.	109
3.2.1. La inversión para El Estado salvadoreño como un proyecto social.	109
3.2.2 La inversión para un ciudadano salvadoreño sin	

considerar el ahorro en la factura por inyectar energía a la red.	113
3.2.3 La inversión para un ciudadano salvadoreño considerando el ahorro en la factura.	116

CAPITULO IV

Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones.	121
4.2 Recomendaciones.	125
Bibliografía.	130
Anexos.	132

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos aislados utilizados en viviendas y escuelas rurales.

El principal objetivo de este estudio es conocer la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos en el desarrollo rural sostenible, así también, en las viviendas con conexión a la red. Resulta, en efecto, de primera importancia determinar la contribución potencial de los sistemas fotovoltaicos al desarrollo rural, con el fin de lograr un mayor compromiso económico y político con los proyectos y programas de energía solar fotovoltaica y perfeccionar su elaboración.

Los sistemas solares fotovoltaicos, por la flexibilidad de su aplicación, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione paquetes de servicios a las zonas rurales aisladas, por ejemplo para los servicios de salud, educación, comunicaciones y luz eléctrica, así como para la agricultura y el suministro de agua.

El contenido del trabajo es el siguiente:

CAPITULO I. Generalidades de la investigación; se da una introducción del capítulo; planteamiento del problema y de las hipótesis; planteamiento de hipótesis de trabajo; justificación; objetivos, antecedentes; estudio de mercado; alcances; limitaciones.

CAPITULO II. Marco teórico, concepto de lo que es la energía solar fotovoltaica (ESF); ventajas de la ESF, inconvenientes y limitaciones; aplicaciones de la ESF en el medio rural; efectos de la ESF en las comunidades rurales; proyecto de inversión; clasificación de los proyectos de inversión; propósito de un estudio de factibilidad financiera; herramientas financieras para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión; simulación del riesgo financiero en la inversión; definición de simulación; pasos a seguir para simular un proyecto de inversión.

CAPITULO III. Análisis de la rentabilidad del uso de sistemas solares fotovoltaicos aislados y con inyección a la red;

análisis de sistemas solares fotovoltaicos aislados; análisis de sistemas solares fotovoltaicos con inyección a la red.

CAPITULO IV. Conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

"Análisis de rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos aislados utilizados en viviendas y escuelas rurales y análisis de la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos con conexión a la red en El Salvador."

1.1 Introducción

El sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los inicios de la historia, puede satisfacer todas las necesidades, si aprende cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. ¹

Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberar

¹ M. Coopens, manual de energía solar fotovoltaica, editorial clásica, Costa Rica, (2006).

definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas energéticas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables. La energía, en sus múltiples formas, constituye un pilar básico en la vida de toda comunidad o país. Debido a las carencias que en este sentido suelen tener muchos países, se debe emprender programas de desarrollo que incluya entre sus objetivos el abastecimiento de energía. Como caso concreto, y de una importancia creciente en las sociedades, está el suministro de electricidad a poblaciones que difícilmente pueden obtenerla de forma convencional; es decir, conectándose a la red eléctrica de su país.

Cuando se habla de electrificación no es tan sencillo encontrar soluciones apropiadas, debido a las complejidades que encierra el tema, pero hay tecnologías más adecuadas que otras, es decir, que se acercan más a los criterios señalados. En este sentido, las energías renovables son más apropiadas que las convencionales.

1.2. Planteamiento del problema y planteamiento de las hipótesis

El potencial de los sistemas de energía solar fotovoltaica (FV) se ha demostrado en los proyectos de electrificación

rural realizados en todo el mundo, un gran ejemplo de país, utilizando los sistemas solares aislados desde hace años es España, en especial en los sistemas solares domésticos, la evolución ha llegado al 2010 hasta los parques solares, en donde se recolecta la energía solar en grandes extensiones territoriales de paneles solares para que sea utilizada posteriormente, por comunidades, y provincias. Crece la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos gracias a la constante disminución de sus precios, así como por la experiencia en su aplicación en otros sectores, como los servicios sociales y comunales, la agricultura y otras actividades productivas capaces de repercutir significativamente en el desarrollo rural; de todas formas, hace falta más información del potencial y las limitaciones de esas aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Otro ejemplo de país, es Canadá, que ya tiene algunos años incluso en el innovador sistema de inyección a la red eléctrica, haciendo uso el ciudadano del ahorro de energía obtenida del sol, para el beneficio propio y el de su país.

Así pues, el principal objetivo de este estudio es conocer la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos en el desarrollo rural sostenible, así también, en las viviendas con conexión a la red. Resulta, en efecto, de primera

importancia determinar la contribución potencial de los sistemas fotovoltaicos al desarrollo rural, con el fin de lograr un mayor compromiso económico y político con los proyectos y programas de energía solar fotovoltaica y perfeccionar su elaboración.

Los sistemas solares fotovoltaicos, por la flexibilidad de su aplicación, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione paquetes de servicios a las zonas rurales aisladas, por ejemplo para los servicios de salud, educación, comunicaciones y luz eléctrica, así como para la agricultura y el suministro de agua.

Por lo anterior se define el problema a estudiar en dos preguntas básicas:

1. ¿Será rentable para el Estado invertir en sistemas de energía solar fotovoltaica en El Salvador?

Del anterior problema se plantean sub problemas a estudiar, resumidos en las siguientes preguntas básicas:

1.1 ¿Es rentable para el Estado invertir en sistemas de energía solar fotovoltaica aislada en El Salvador?

1.2 ¿Cuan rentable para el Estado invertir en sistemas

de energía solar fotovoltaica con inyección a la red en El Salvador?

2. ¿Será rentable para un ciudadano invertir en sistemas de energía solar fotovoltaica?

Del anterior problema se plantean sub problemas a estudiar, resumidos en las siguientes preguntas básicas:

2.1 ¿Podría ser rentable para un ciudadano Salvadoreño la inversión en sistemas de energía solar fotovoltaica aislada?

2.2 ¿Sería rentable para una escuela rural la inversión en sistemas solares fotovoltaicos aislados?

2.3 ¿Es rentable para un ciudadano Salvadoreño la inversión en sistemas de energía solar fotovoltaica con inyección a la red sin considerar el ahorro en la factura, por estos beneficios de la inyección?

2.4 ¿Cuan rentable es para un ciudadano salvadoreño la inversión en sistemas de energía solar fotovoltaica con inyección a la red considerando el ahorro en la factura,

por estos beneficios de la inyección?

1.3. Planteamiento de hipótesis de trabajo

Ho: No hay evidencia que la energía solar fotovoltaica sea rentable como alternativa de inversión del Estado Salvadoreño

H1: La energía solar fotovoltaica aislada es rentable como alternativa de inversión del Estado Salvadoreño.

H2: La energía solar fotovoltaica con inyección a la red es rentable como alternativa de inversión del Estado Salvadoreño.

Ho1: No hay evidencia que la energía solar fotovoltaica aislada sea rentable como alternativa de inversión del ciudadano salvadoreño

H3: La energía solar fotovoltaica aislada es rentable como alternativa de inversión del ciudadano salvadoreño

H4: La energía solar fotovoltaica con inyección a la red es rentable como alternativa de inversión del ciudadano salvadoreño, aún sin considerar el ahorro en la factura

H5: La energía solar fotovoltaica con inyección a la red es rentable como alternativa de inversión del ciudadano salvadoreño, considerando el ahorro en la factura.

Ho3: No hay evidencia que la energía solar fotovoltaica aislada sea rentable como alternativa de inversión de las escuelas rurales en El Salvador.

H6: La energía solar fotovoltaica aislada es rentable como alternativa de inversión de las escuelas rurales en El Salvador.

1.4 Justificación

Existen grandes desequilibrios entre unos países y otros en cuanto a consumo de energía primaria se refieren. Estas diferencias son tales que la cuarta parte de la población mundial, perteneciente al mundo industrializado, consume las tres cuartas partes del total de la energía primaria en el mundo. Si lo que considera es una energía de alta calidad como es el caso de la electricidad, las desigualdades son mucho más profundas, ya que su demanda aumenta según lo hace el nivel de desarrollo de los distintos países. Actualmente de una población de unos 5500 millones de personas, 2000 millones no están conectados a

ninguna red eléctrica, y 1000 millones no tienen acceso alguno a electricidad de ningún tipo (estando todos éstos en países menos desarrollados, cuya población suma un total de 4200 millones).

Dicho esto, se puede concluir que la dependencia que hay entre la disponibilidad de una fuente energética y el desarrollo tecnológico de una comunidad es muy grande. El no tener acceso a la energía eléctrica tiene consecuencias importantes. Entre ellas cabe destacar la incomunicación (falta de teléfono, de medios audiovisuales, etcétera), las condiciones desfavorables en la vida cotidiana (en los trabajos nocturnos en el hogar, en la atención a la salud, en el estudio y la lectura de los más jóvenes, etcétera) y los problemas en la vida productiva.

Por otro lado, es un hecho igualmente palpable que, tanto en los países ricos como en los pobres, la gran mayoría de la población sin electrificar se encuentra en las zonas rurales caracterizadas por poblaciones muy dispersas y alejadas de la red convencional. En los países pobres, además, es habitual que en las capitales sólo tengan acceso a la electricidad en el centro y en las zonas más ricas.

Los suburbios carecen de este recurso. Es precisamente en este escenario donde la energía solar fotovoltaica puede jugar un importante papel.

Desde la experiencia en el desarrollo de sistemas fotovoltaicos en áreas rurales, se ha llegado al convencimiento de que sólo desde una perspectiva doble, la técnica y la social, pueden realizarse éstos satisfactoriamente. Es por eso por lo que se hace necesario un equipo de trabajo interdisciplinario, que aúne las vertientes técnica y social, y que intervenga en todas las fases del proyecto, desde sus primeros pasos hasta la evaluación.

La ausencia de equipos interdisciplinarios hace que, con frecuencia, se emprendan acciones de desarrollo tecnológico que, al no tener en cuenta los factores sociales, generan efectos no deseados o incluso perjudiciales para el desarrollo y la modernización comunitarias, como por ejemplo: aumento de las diferencias sociales, deficiencias en el mantenimiento, falta de eficiencia en los sistemas técnicos, empobrecimiento del campesino, etcétera.

1.5 Objetivos

Generales:

Determinar la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos para el beneficio del presupuesto familiar de los ciudadanos de El Salvador, encontrando los ahorros de la aplicación de este sistema en el área rural.

Específicos:

Analizar la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos aislados utilizados en viviendas rurales y escuelas rurales.

Analizar la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos con conexión a la red en El Salvador.

Encontrar el horizonte de recuperación de la inversión financiera en sistemas solares fotovoltaicos, para ciudadanos en área rural, estudiando los casos de sistemas solares fotovoltaicos aislados y con conexión a la red.

1.6 Antecedentes

La población rural sigue siendo una importante mayoría en casi todos los países en desarrollo y, según las

estadísticas, seguirá siendo así hasta bien avanzado el siglo XXI. Aunque muchos de estos países han logrado un significativo crecimiento económico en los últimos decenios, las cifras son promedios nacionales, y éstas encubren desigualdades económicas y falta de acceso de los pobres a los servicios básicos necesarios, en especial en el medio rural. La pobreza suele estar repartida en forma desigual en las zonas rurales, sobre todo en los países en desarrollo. Los programas de las autoridades nacionales e internacionales no suelen prestar atención a las zonas rurales, ya que la mayor parte de la atención política y económica se dirige al crecimiento económico que activa la industria. Aparte de la injusticia con tantas personas, en los países en desarrollo, se genera un volumen enorme de recursos humanos desaprovechados. Es más, hay que darse cuenta de que en las zonas rurales es donde se originan muchos de los recursos fundamentales (como el agua, los alimentos, entre otros) para la sociedad en conjunto.

Las zonas rurales y sus recursos naturales y humanos son la piedra angular de la economía, especialmente en los países en desarrollo, y deberían ser objeto, por lo tanto, de más atención en las prioridades del desarrollo. En 1991 la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación), estableció un marco de la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS) como parte de su mandato de mejorar las condiciones de las poblaciones rurales y la productividad agrícola: "...la ordenación y la conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de modo tal que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras".²

En El Salvador, después de la condonación de la deuda agraria, muchos campesinos han quedado sin acceso a crédito, sin tierra que cultivar y sin recursos básicos, sumergidos en la miseria de un sistema que no ofrece oportunidades laborales.

El ciudadano de la zona urbana y rural tiene grandes dificultades en su presupuesto familiar para sufragar los costos del consumo energético por hogar, por lo cual se deben buscar alternativas viables para hacer frente a la crisis energética en El Salvador.

² B. Van Campen, D. Guidi y G. Best, energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenible, editorial Cervantes, España, (2007).

1.6.1. Estudio de Mercado

Este tipo de tecnología todavía es incipiente en el país, aunque se han hecho ya algunos estudios por ONG's y por Universidades como la UCA (Universidad Centroamericana José Simeón Cañas), quienes han acompañado la instalación y puesta en marcha de sistemas solares fotovoltaicos en zonas rurales de difícil acceso, tanto en el modelo aislado como en el modelo de inyección. La oferta y demanda se regula en un sector muy exclusivo de la población en el área urbana, los potenciales consumidores se dan cuenta de esta tecnología y el ciudadano o la empresa por el efecto boca a boca de la posibilidad de instalar un sistema de este tipo, con una proyección de largo plazo en la recuperación de la inversión y con inversiones que de acuerdo a la complejidad del sistema que se desea utilizar pueden oscilar desde los \$1300.00 para una casa pequeña con 4 cargas o focos en promedio, un televisor, equipo de sonido, y no electrodomésticos de alto consumo energético, hasta instalaciones que para una residencia pueden oscilar en más de los \$20,000. Es decir, está dirigido a un mercado o target muy reducido de la población, podría establecerse que hasta este año 2010, el target es el segmento alto, es decir el de mayor poder adquisitivo y que por sus experiencias personales en viajes a otros países o por su

nivel cultural y concientización hacia los temas ambientales conocen los beneficios de este tipo de tecnología, no obstante existen empresas que ofrecen estas instalaciones en la ciudad, como el del experto en el país el Ing. Roberto Bonilla, pero al ser entrevistado, él mismo acepta que su mercado de clientes es un segmento exclusivo de la población del más alto poder adquisitivo, o extranjeros que tienen una cultura muy responsable con el medio ambiente, como los alemanes, ingleses y estadounidenses radicados en El Salvador, asimismo las empresas que están interesadas en este tipo de tecnologías son multinacionales o marcas globales, cuyas políticas enviadas desde la casa matriz, los hacen buscar alternativas de menos impacto en el medio ambiente como es el caso de HSBC, en El Salvador, de quien su misma Gerente de sustentabilidad y responsabilidad social corporativa, Licda. María Eugenia Brizuela de Ávila, manifiesta que todos los esfuerzos que ellos hacen en el país por buscar alternativas de menos contaminación a la sociedad, menos desperdicio de papel, mejor uso de la energía vienen de la casa matriz en Londres.

Se ha consultado sobre este tema a un experto en estas instalaciones en el país el Ing. Bonilla, quien posee su

propia empresa en instalaciones de energía solar y quien incluso le ha realizado instalaciones y supervisa el sistema de inyección a la red de la Escuela Alemana en San Salvador.

La localización en la ciudad se da en zonas retiradas a orillas de la ciudad, en grandes residencias o en casas de dimensiones considerables, arriba de los 100mts², también en zonas residenciales. Por ello el segmento es muy exclusivo para la zona urbana. No se prevee un aumento del mercado potencial a futuro en la ciudad a menos que el Estado ofrezca ciertos incentivos fiscales y/o subsidios por utilizar esta tecnología en la fuente de energía.

A nivel rural hay muchos proyectos ya ejecutados, en marcha y con buenas experiencias, financiados en gran parte por la Comunidad Económica Europea, la ONG INTERVIDA, LA AECID (Agencia Española para la Cooperación Internacional y el Desarrollo), GTZ (Agencia de Cooperación Española) y Universidades como la UCA (Universidad Centroamericana José Simeón Cañas), a través de fondos administrados y donados por fundaciones del gobierno Español. Este es un resumen de experiencia nacional de este tema por el experto y pionero de la energía solar en El Salvador, Ing. Roberto Bonilla,

para poder sustentar muy bien los antecedentes del tema, quien explica las diferencias en la legislación alemana y la salvadoreña, para los beneficios de la energía solar y los sistemas de inyección a la red.

Entrevista al Ingeniero Roberto Bonilla sobre la actualidad y potencialidad de la energía solar en El Salvador.



El Ingeniero Roberto Bonilla, es el Gerente General de suministros eléctricos y electrónicos, que tiene la división ingeniería solar, empresas que son pioneras en El Salvador en la introducción de energía solar. La sede de su empresa es un ejemplo de cómo se utiliza la energía solar, así que, luego de constatar el funcionamiento de su instalación solar, se le preguntó:

1. ¿Es caro para un trabajador, para un obrero, que gane 300 dólares instalar un sistema solar?

De contado solo que ahorre tres, cinco años. De fiado, no

hay quien se lo financie. Mi empresa quisiera hacerlo pero no tenemos la capacidad económica, porque un sistema para una casa, que le va a durar, mínimo, veinticinco años, le puede costar a usted , pero tiene que invertir seis ó siete mil dólares, y ya no va a gastar en energía eléctrica, aunque para comprar un carro sí hay. Es cuestión de cultura. En Alemania, por ejemplo, si usted quiere poner un sistema solar, le dicen, no se preocupe, firme acá y vaya a comprarlo, hay lo paga con lo que le produzca el sistema solar, porque puede inyectar energía a la red, se la compran a tres veces más del precio que paga por la que consume, allá se está pagando a 28 ó 30 centavos de Euro el kilovatio/hora, pero si inyecta a la red se la pagan a 72 centavos de Euro.

2. ¿En qué tipo de aplicaciones caseras ya se está utilizando y qué tipo de negocios se pueden hacer con un panel solar?

A nivel rural ya hay casi cinco mil sistemas instalados en el país los cuales tienen tres ó cuatro años de funcionar. Al área rural tal vez dentro de diez o quince años le va a llegar la energía eléctrica, y con un rango de mil a mil 500 dólares se puede poner un sistema para tres, cuatro luces, lámparas, televisor a doce voltios, radio a doce

voltios y puede tener el cargador de su celular a doce voltios. Es una inversión que la va a hacer una vez y le dura 25 años como mínimo. Lo que tiene que cambiar a nivel de mantenimiento, es la batería y esto oscila dependiendo del tipo de batería que escoja, por un valor aproximado de 70 a 100 dólares cada cinco años.

3. ¿Qué otras aplicaciones tenemos?

Las vallas electrónicas en el FOVIAL (fondo de conservación vial), como no tienen dónde conectarlas inmediatamente y es muy caro tener un generador para ese display, lo que se hace es poner paneles solares y la energía se acumula en baterías para que en el día esté trabajando y en la noche continúe sin tener que estar conectado a la red pública.

4. El edificio de su empresa tiene energía solar, ¿qué tanto le ahorra en la factura eléctrica?

Más o menos cien dólares mensuales. Es un proyecto que costó catorce mil dólares, y que se va a pagar, si usted lo pone a 100 dólares por doce, son mil doscientos dólares de ahorro por año, en diez años este sistema va a estar pagado con los precios actuales. Con los precios que vienen a futuro, en que la energía eléctrica va a ser más cara, este sistema va a estar pagado en ocho o cinco años.

5. ¿Este sistema de su empresa inyecta energía a la red?

Correcto. Cuando no se utiliza la red interna, esa energía no se pierde se va a la red pública, y la pueden estar usando tal vez en Guatemala, en Santa Ana, en San Miguel. La energía no tiene frontera.

6. Es decir, si una colonia como de 800 casas tuviera paneles solares, y dejaran de utilizarlo, por ejemplo, en la noche, se puede pasar a la red pública. ¿No se desperdicia energía?

El caso está en Hermosillo, México. Allí hay 225 viviendas instaladas a las que el año pasado se les instaló paneles solares, son de 25 kilovatios/pico cada uno que van a producir alrededor de 100 kilovatios/hora diarios y la casa consume tres o cuatro, la diferencia la van a meter a la red pública, y eso lo va a pagar el CFE, que es la Comisión Federal de Electricidad, a cada uno de los usuarios.

7. Se tiene la idea de que la energía solar sólo sirve para un televisor pequeño, unos focos... ¿hay capacidad para generar más energía?

Sí. Por ejemplo hay una ciudad en Alemania en la cual se han instalado 32,500 paneles, los cuales producen 5 megavatios y es capaz de mover toda la ciudad, de todos los

hogares, con su alumbrado público, con los comercios, con las fábricas, es una ciudad totalmente independiente de la red pública, es a puro panel solar la energía que se produce.

8. ¿Es decir podemos prescindir de la generación por carbón y gas?

¡Claro que sí! Y todavía es más factible, porque usted lo que haría es lo que se llama una generación distribuida, si cada casa produjera 25 kilovatios horas, en seis horas pico que tenemos en El Salvador tenemos suficiente energía. Usted me puede decir que en la noche no hay energía solar, ¿cómo se hace? la energía que usted no consume en el día, se rebombea, como un río hacia arriba y en la noche deja caer el agua, a través de generadores que producen la energía en la noche. Esa ciudad existe y es una ciudad modelo en Alemania. Alemania, ya a febrero del año 2009 tenía más del 5 por ciento de toda la energía que consume producida por paneles solares, y el 10 por ciento con energía eólica.

9. ¿Considera que hay posibilidades para que llegue la energía solar a los hogares salvadoreños?

Tecnológicamente sí hay capacidad, las dificultades son

económicas. Nuestra empresa está tratando de buscar financiamiento externo para poder proporcionarles la energía a los ciudadanos para darles la facilidad de que puedan conseguirlo con cuotas módicas.

10. ¿No es difícil instalar un sistema en una casa?

No, pero sí tiene su técnica. La razón es que no es alta tecnología y no se puede decir que un ingeniero salvadoreño no lo puede manejar, cómo no, inclusive mi empresa donó un sistema al Instituto Tecnológico, el ITCA de Santa Tecla, en el año 2007, para que los muchachos aprendan, como se instala, como funciona. Ya hay personal preparado para eso. No se necesitan mayores conocimientos, pero sí honradez para poderlos instalar, porque se ha visto que hay algunas compañías que andan ofreciendo muchas cosas y con un panel pequeño le dicen 'nosotros le damos energía a toda su casa, no importa lo que usted consuma' y hay gente sin experiencia que dice que 'una fábrica se puede trabajar con un panel solar', eso no es cierto, la instalación es un tema de técnica, tiene su costo, pero es accesible.



Alumbrado en una comunidad rural al oriente del país.

11. ¿Qué perspectiva le vemos a la energía solar en un país pobre como este?

En las energías renovables está la alternativa para evitar que podamos tener más efectos invernadero por los CO₂ que estamos mandando a la atmósfera, eso es por un lado, y por el otro lado la necesidad que tenemos de energía y tenemos recursos, no solo solar, fotovoltaica, solar térmica, nosotros gastamos diesel, kerosene, o gasolina para calentar agua, y es la cosa más fácil calentar agua con paneles solares. El Hotel Terraza tiene quince años de tener paneles solares, y durante el Stan no sufrió por falta de agua caliente, y esa agua caliente la usan para la lavandería, para la cocina y para los huéspedes, a tal grado que ellos habían comprado un calentador eléctrico por si no les daba resultado el panel solar, y se les arruinó porque nunca lo usaron. Nosotros, en El Salvador, tenemos la bendición del sol.

12. ¿Qué servicios presta una empresa que se dedica a este rubro?

En primer lugar damos asesoría, hacemos los estudios de factibilidad. No vamos a decirle a usted compre el sistema y en un año lo tiene pagado. No, cuando le hacemos el estudio de factibilidad a la empresa o a la persona, le

estamos diciendo cuáles van a ser sus costos, cuáles van a ser sus beneficios, y naturalmente cuál es el mantenimiento que tiene que darle, que es bajo, pero hay que darlo, después le damos una cotización con los costos exactos de lo que se va a instalar, después se los instalamos, le damos el mantenimiento correspondiente durante la garantía, que normalmente es un año, y después de la garantía. Somos una empresa que tenemos ya 28 años de estar en el mercado, y hasta ahorita nadie nos puede decir, no se ha cumplido el contrato de mantenimiento por un sistema solar instalado.

13. ¿Está creciendo la demanda de esta tecnología?

Sí. Todos los días tenemos nosotros instalaciones privadas, tenemos consultas de ciudadanos, inclusive del gobierno, de las ONG's que están tratando de llevar la electrificación al área rural sobremanera, aunque en la parte urbana todavía no ha despegado este tema, porque todavía la gente cree que poner un sistema solar es un lujo, sin embargo, ahora que ya estamos pagando a 30 o 35 centavos el kilovatio/hora, van a salir rápidamente a comprar los sistemas solares, porque si usted ve el sistema solar meramente como inversión, le produce o puede generar alrededor de 13 centavos el kilovatio/hora.

No existe un dato exacto de población de hogares que posee este recurso, ya que el tema es incipiente en el país, pero está muy demarcado que el enfoque es hacia la zona rural, ya que como lo manifiesta el experto y líder de opinión del estudio, Ing. Roberto Bonilla, no hemos llegado a la etapa en donde el ciudadano está consciente de la necesidad de invertir en este tipo de energía.

El promedio de costo de un sistema de energía solar de este tipo por instalarlo para una vivienda rural de escasas dimensiones de 100m² es de \$1,200 a \$1,300, dependiendo la necesidad energética particular de la vivienda rural.

Estimar la cobertura de este servicio que le corresponde al servicio de energía eléctrica tanto en hogares como en escuelas rurales, es difícil ya que las estadísticas de la SIGET están enfocadas en la eficiencia que tienen en el 100% del mercado que sirven actualmente, pero no en la gran oportunidad que existe ofreciendo otras clases de energía a ciudadanos en zonas rurales de difícil acceso. Posiblemente vean en la energía solar las actuales distribuidoras una agresiva competencia, más que una alternativa para los ciudadanos. Por ello se ha seleccionado la valoración de acuerdo al criterio del experto Ing. Roberto Bonilla,

retomando sus palabras de lo que se ha hecho en El Salvador, de otras 5 mil viviendas, con sistemas de energía fotovoltaica, por supuesto asumiendo varios supuestos y condiciones experimentales, que crean limitantes de este estudio, como por ejemplo el tamaño de las viviendas y sus necesidades energéticas básicas.

1.7 Alcances

El estudio se limita a la investigación sobre la rentabilidad financiera del uso de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales de difícil acceso; el estudio también comprende la investigación sobre la rentabilidad del uso de sistemas fotovoltaicos como fuente de inyección a la red energética en El Salvador en zonas rurales.

El estudio no comprende un análisis de factibilidad técnica, de las posibilidades de compra de equipo, costeo, transporte, logística, distribución y montaje de los sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales de difícil acceso y en el sistema propuesto de inyección a la red.

La investigación comprende una introducción al mercado potencial del parque de viviendas y potenciales beneficiarios en el juego económico de la oferta y la

demanda, por otra parte la investigación no comprende los antecedentes económicos del estudio técnico, ni los antecedentes económicos del estudio legal, para la formulación de un proyecto de inversión para el Estado salvadoreño, ya que las limitaciones del estudio son grandes y el objetivo del mismo es: evaluar la rentabilidad financiera del uso de sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador.

1.8 Limitaciones

Para la realización de este estudio se tienen limitantes de tiempo disponible para la investigación, asimismo de presupuesto ya que se requiere invertir en viáticos para las entrevistas y recolección de datos a realizar en diferentes sectores industriales y ciudades de un país.

Se tienen restricciones de acceso a información por parte de personas naturales e instituciones, ya sean estas públicas o privadas, que analicen utilizar energía solar como fuente de su ventaja competitiva, por ende pueden ser muy celosas con su información.

También existen restricciones de elementos ocultos en la población, refiriéndose a personas naturales o empresas

públicas o privadas que utilizan sistemas fotovoltaicos, porque el tema es incipiente en el país y existe desconocimiento del uso de estos sistemas por parte de los ciudadanos, esto dificulta el muestreo a utilizar para la investigación, por ello se utilizará un muestreo de bola de nieve.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Qué es la energía solar fotovoltaica?

El sol representa un papel destacado en nuestra vida, y no hay más que pensar en su influencia en los ciclos agrícolas o en la distribución de tareas a lo largo del día. Una influencia que ha llevado a numerosas civilizaciones a lo largo de la historia a dotar al sol de un fuerte valor simbólico, y una influencia de la que el hombre siempre ha intentado sacar provecho.

La energía solar fotovoltaica (ESF) es un claro ejemplo de aprovechamiento. Consiste en transformar la energía luminosa procedente del sol en energía eléctrica, mediante la exposición al sol de ciertos materiales convenientemente tratados (silicio purificado a partir de arena mediante complejos procedimientos, fundamentalmente), y la posterior recogida de la electricidad generada.

A grandes rasgos, los sistemas que aprovechan la ESF constan de un *generador* (paneles fotovoltaicos, responsables de la producción de electricidad), un *acumulador* (para poder almacenar energía sobrante y

utilizarla cuando sea necesaria), y *regulador* (elemento de control entre los anteriores y los equipos que consumen la energía). La posibilidad de almacenar energía para su posterior utilización permite adecuar los procesos de generación y consumo, si bien con ciertas limitaciones, como se verá más adelante.

2.2. Ventajas de la energía solar fotovoltaica

Diversas son las características que confieren a la ESF el carácter de tecnología apropiada para las comunidades rurales:

- El sol es una fuente de energía gratuita, ilimitada y respetuosa con el medio ambiente, que favorece el autoabastecimiento energético y una menor dependencia del exterior.
- Es una tecnología de diseño modular, que produce energía a cualquier escala permaneciendo constante el coste de la energía generada, y flexible o de fácil extensión.
- Su manejo es sencillo, y el mantenimiento básico puede realizarse en el ámbito local.
- Suele motivar el desarrollo de otros sectores. En efecto, se conocen diversas experiencias en las que la electrificación del sector doméstico con ESF ha

generado un mercado fotovoltaico que ha ido evolucionando en el sentido de mejorar la calidad técnica de las instalaciones (mantenimiento incluido) y ampliar progresivamente el espectro de aplicaciones.

- Ha demostrado su rentabilidad en aplicaciones de electrificación rural, frente a sistemas convencionales como los generadores diesel e incluso la extensión de la red eléctrica.

A este respecto, no resulta sencillo determinar en qué casos la opción fotovoltaica es la solución óptima para acometer un proyecto de electrificación rural. De hecho, no existe una frontera nítida entre unas opciones y otras, pues la evaluación económica de las mismas exige establecer hipótesis sobre el devenir a largo plazo de la situación económica (costes futuros de combustible, inflación, coste futuro de extensión de la red eléctrica, etcétera). No obstante, pueden señalarse dos condiciones que justifican un planteamiento en principio favorable para la opción fotovoltaica, suponiendo que la red eléctrica no esté disponible y no haya planes de que lo vaya a estar:

- Hábitat disperso (núcleos de población con un número de viviendas inferior a 100).
- Bajo consumo de electricidad.

Cuando se cumpla alguna de ellas, las condiciones particulares de cada caso (aislamiento, disponibilidad de sol, tipo de comunidad) deben ser analizadas con detalle para tomar la decisión final.

Ejemplo en El Salvador: \$30 millones para energía solar en hotelería.

El proyecto impulsa la utilización de paneles solares en el sector hotelero salvadoreño.

Los recursos son proporcionados por el Banco Multisectorial de Inversiones (BMI) y la KfW de Alemania (Kreditanstalt für Wiederaufbau).



Instalación de paneles solar por obreros especializados

Samuel Salazar, director de la Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria (FIAGRO) para expresó: "...el proyecto busca que las empresas se pongan a tono con la

protección al medio ambiente y que, además, ahorren costos con la utilización de energía solar para iluminar o poner a trabajar calentadores de agua."³

Ejemplo en El Salvador: Estudio realizado por CEL (empresa autónoma salvadoreña) reafirma alto potencial solar en El Salvador.

Una instalación de energía fotovoltaica en El Salvador funciona tan bien como una que trabaje en Arabia Saudí, uno de los mejores sitios en el mundo para la explotación solar, aseguró César Villalta, catedrático de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA).



Edificio de CEL.

La afirmación de Villalta es uno de los resultados que arrojó el primer año de funcionamiento del proyecto de investigación en generación fotovoltaica desarrollado por

³ M. Coopens, manual de energía solar fotovoltaica, editorial clásica, Costa Rica, (2006).

la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

Los resultados preliminares del proyecto, que se van a afinar con el tiempo, indican que los generadores que colocamos en la azotea de CEL hace un año proveen más energía comparado con uno que esté en la mejor región de España, sintetizó Villalta; el proyecto fotovoltaico de CEL consiste en 141 paneles ubicados en la azotea del edificio de la autónoma en el Centro de Gobierno, que tienen por objetivo medir su potencia y ver cuál tecnología solar es más factible para las condiciones del país.

Según Luis García, gerente de inversiones y energías renovables del CEL, el proyecto también servirá para proporcionar parámetros para inversiones futuras en este tipo de tecnología. Actualmente, los especialistas en energía fotovoltaica de la UCA siguen capacitando a los técnicos de la CEL en su manejo.

2.3. Inconvenientes y limitaciones

Se puede objetar que la tecnología fotovoltaica no es apropiada para las zonas rurales de los países pobres porque genera dependencia, ya que la tecnología necesaria para fabricar los paneles no estará, al menos a medio

plazo, al alcance de estos países. Pero conviene matizar esta aseveración: en primer lugar, en el sentido de que los paneles fotovoltaicos (la tecnología más compleja y menos accesible de la instalación) son el elemento más fiable y de mayor duración, estimada entre veinte o treinta años; y en segundo lugar, porque no hay que olvidar que otras formas de generar electricidad también presentan esa limitación (tal es el caso de los generadores diesel de fabricación occidental y de las palas eólicas). Hoy en día, en general, no es posible llegar a sistemas de generación eléctrica fiables e independientes (hacerse con los equipos deseados) desde el nivel local, al menos en un primer estadio. Por tanto, quizá deba predominar como criterio el mantenimiento, esto es, que la tecnología se pueda mantener desde el ámbito local o nacional. Será pues, fundamental, planificar acciones que aseguren el mantenimiento, y en el caso de no poder asegurarlo se deberá reconsiderar el uso de esta tecnología.

En cuanto a las limitaciones inherentes a la ESF, cabe mencionar las siguientes:

- *Energía disponible.* Pese a que los sistemas fotovoltaicos suelen contar con un elemento acumulador, ello no asegura una disponibilidad

ilimitada de energía. El ejemplo del pozo de agua ilustra bastante bien esta limitación: si el ritmo de extracción es tan elevado que no permite la reposición del agua, por filtración a través de las paredes del pozo, llegará un momento en que se seque. Pues bien, con la instalación fotovoltaica ocurre algo similar: si el consumo de electricidad procedente de los elementos generador y acumulador es superior al ritmo de recarga de este último, esto provocará un agotamiento temporal de la instalación, hasta que el sol restablezca de nuevo energía disponible. Es de importancia máxima la educación del usuario sobre la fuente energética y su forma de utilización.

La idea anterior pone de manifiesto la necesidad de relacionar estrechamente la generación/almacenamiento y el consumo, sobre todo en épocas de climatología adversa. Se puede decir que tales épocas suponen una especie de alarma para el usuario, para que racionalice el consumo.

- *Máxima potencia.* Los sistemas fotovoltaicos, en la mayoría de los casos, están diseñados para bajos niveles de consumo, habituales en las zonas rurales. La máxima potencia que dichos sistemas son capaces de entregar estará limitada a valores relativamente

bajos, aun en el caso de instalaciones centralizadas.

- *Aplicaciones no recomendadas.* ⁴Las aplicaciones de la ESF son variadas (véase el apartado siguiente), y a excepción del bombeo de agua, todas ellas tienen en común el uso final de la electricidad, bien sea para iluminación, bien para electrodomésticos. Las aplicaciones térmicas, tanto de frío como de calor (cocinas, planchas, refrigeradores eléctricos, etcétera), consumen mucha potencia, por lo que su uso está desaconsejado.

Un caso diferente lo constituyen los refrigeradores utilizados para almacenar vacunas y medicinas. Pese a que se trata de una cadena de frío, para la cual la ESF no está en un principio recomendada, hay un gran valor social que estas aplicaciones representan para las comunidades carenciales (mejora de la salud comunitaria) lo que hace que incluso la Organización Mundial para la Salud recomiende su uso (ésta ha desarrollado, además, una normativa internacional, de obligado cumplimiento, para refrigeradores alimentados mediante ESF). Una consideración parecida merecen las aplicaciones para potabilizar agua, en las que también intervienen ciclos de calor.

⁴ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

2.4. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en el medio rural

No es posible clasificar las aplicaciones fotovoltaicas según un esquema cerrado, sino que es preciso tener en cuenta diferentes enfoques o puntos de vista en la enumeración, como se muestra en la *Tabla 1*, y se explica a continuación.

2.4.1 Enfoque físico-tecnológico

Tiene por objetivo el uso racional de la energía, por lo tanto predominarán aquellas aplicaciones en las cuales la relación entre consumo y utilidad sea más ventajosa. Se distinguirán tres tipos de aplicaciones, según sea el consumo:

- Consumo **bajo**: iluminación (privada, pública).
- Consumo **medio**: motores de poca potencia (bombeo, molinos, pequeños electrodomésticos, lavadora, televisión, etcétera).
- Consumo **alto** (aconsejado sólo si el beneficio social es elevado): ciclos de frío y calor (dispensario médico, potabilizadora, etcétera).

Cuadro 1: Esquema de los distintos enfoques para abordar y clasificar las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.

Enfoque	Dimensión	Clasificación	Ejemplos
FÍSICO- TÉCNICO	<i>Consumo</i>	bajo medio alto	Iluminación Pequeños motores Ciclos de frío y calor
CAMINO DE BÚSQUEDA	<i>Manifestación de las necesidades</i>	evidentes ocultas mixtas	Sanidad Animación cultural Trituración de grano
ÁMBITO DE INCIDENCIA	<i>Unidad social</i>	familiar colectivo de grupo	Iluminación doméstica Servicios públicos Trituración de grano

Fuente: Ariaza, F.J. simulación y toma de decisiones

2.4.2 Enfoque atendiendo al camino de búsqueda

Es decir, según el criterio que se sigue para elegir una determinada aplicación. Este puede ser:

- Atendiendo a necesidades **evidentes** (conocidas de antemano por el técnico solar, o demandadas por la comunidad en primer lugar): iluminación (privada, pública), sanidad (equipo del dispensario), servicios públicos (escuela, etcétera).

- Atendiendo a necesidades **ocultas** (descubiertas tras el estudio socio-antropológico de la comunidad): lavado colectivo, máquinas de costura, equipos para animación cultural, riego agrícola, maquinaria agrícola - ganadera.
- Atendiendo a necesidades **mixtas** (evidentes, pero que pueden pasar fácilmente inadvertidas): trituración de grano (que puede ser sólo evidente cuando se cuenta con el colectivo femenino, pues es el que suele realizar, a mano, esta tarea).

2.4.3 Enfoque atendiendo al ámbito de incidencia

Es decir, a qué grupos sociales va dirigida la aplicación.

Para ello se distingue entre:

- Ámbito **familiar** (prioritario en las sociedades rurales de países más avanzados): iluminación privada, equipamiento doméstico, bombas de agua.
- Ámbito **colectivo** (predomina en las sociedades rurales de países menos desarrollados, con un marcado sentimiento de colectividad): bombeo de agua, trituración de grano, centros comunitarios, servicios públicos (religiosos, administrativos, etcétera), iluminación pública.

- **Ámbito de grupo** (hace referencia a géneros, asociaciones, etcétera): molturación de grano, centros de asociaciones sociales, bombeo en campos de mujeres y jóvenes sobre todo, asociaciones ganaderas y otras.

2.4.4 Enfoque atendiendo al carácter de utilidad

Esto es, qué facetas sociales resultan afectadas: se intentará favorecer a la comunidad en su conjunto, y no a unos sobre otros. Se distinguen tres tipos de repercusiones:⁵

- Sobre la **subsistencia** (mejoras fundamentalmente en la vida cotidiana, a veces también en la economía): equipamiento de centros públicos y/o colectivos (dispensario, mezquita, iglesia, etcétera), trituración de grano.
- Sobre la **producción** (mejoras fundamentalmente en la economía, a veces también en la subsistencia): bombeo de agua, riego, máquinas de coser, etcétera.
- Sobre el **ocio** (inciden fundamentalmente en el entretenimiento comunitario, a veces también en la economía): equipamiento de centros sociales, música y animación comunitaria.

⁵ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

2.5 Efectos de la energía solar fotovoltaica en las comunidades rurales

La introducción de la energía solar fotovoltaica en una comunidad trae consigo una serie de cambios que van más allá de la mera solución técnica a un problema de carencia de electricidad. Son cambios sociales y culturales que se deben perseguir en la medida en que inciden en el desarrollo social de la comunidad. Normalmente, éstos no son espontáneos, sino que se han de prever y potenciar en el contexto del proyecto. Algunos efectos destacables son:

- Al posibilitar mejoras en la existencia colectiva y la comunicación (la luz, frente a la oscuridad, potencia distintos ritmos de la vida cotidiana), rompe con el propio sentido de marginación de la población.
- El acceso a los medios de comunicación (radio, televisión, teléfono) reduce las deficiencias de comunicación con el exterior (aislamiento). Desde cierto punto de vista, el acceso a algunos medios de comunicación (televisión, en concreto), se puede ver más como un mal para la población que como una ventaja, en el sentido de la mala influencia que este medio puede ejercer (colonización cultural, etcétera). A este respecto, se piensa que se tiene que atender las necesidades que los beneficiarios *sienten* como

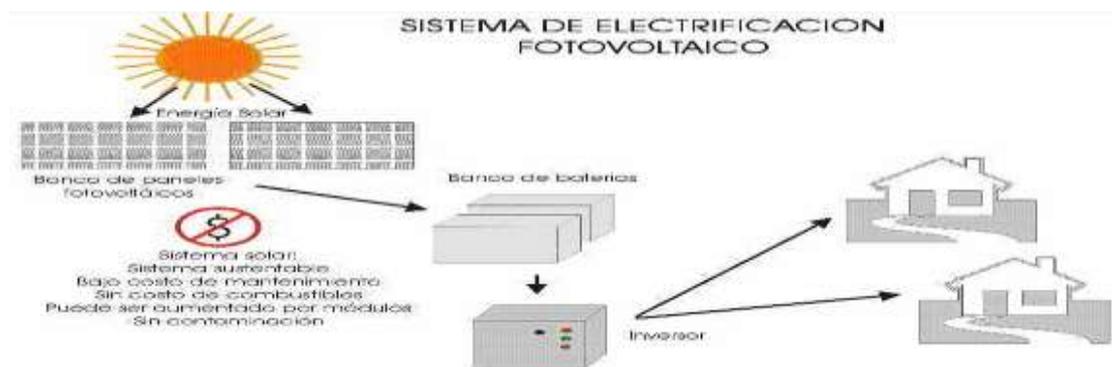
suyas: ni forzar la televisión si ellos no la quieren, ni negársela si la requieren. Se pretende mejorar sus condiciones de vida, no imponer patrones de lo que son sus necesidades básicas.

- La descentralización puede cambiar el esquema tradicional de distribución de energía, donde todo parte de un sistema centralizado en el cual el acceso a la energía viene condicionado por la importancia económica y demográfica del grupo. Se puede modificar, pues, la distribución jerárquica por una distribución horizontal.
- En ocasiones, ayuda a mejorar la situación de los grupos sociales más marginados (por lo general, las mujeres y los niños), resultando en una vida menos dura y en una mejor posición dentro de la comunidad. Esto es obviamente una cuestión delicada que se debe contemplar desde el principio, identificando también los factores externos al proyecto que inciden en esta situación, y tomando medidas que contribuyan a este cambio.

Por último, se destaca el efecto quizá más importante que se pretende con la introducción de la Energía Solar Fotovoltaica en la comunidad. Cuando ésta logra mantener satisfactoriamente una instalación fotovoltaica (esto es, a

lo largo de las etapas de puesta en marcha, funcionamiento y mantenimiento), es precisamente la autogestión el principal cambio que experimenta la comunidad con respecto de la situación energética anterior. De esta forma la energía solar fotovoltaica puede contribuir a que la comunidad sea artífice de su propio desarrollo, posibilitando cierto grado de organización local y eliminando parte de la dependencia del exterior.

Figura 1 sistema de electrificación fotovoltaica



Fuente: Manual de energía solar fotovoltaica, editorial clásica, Costa Rica, (2006).

El parque solar La Pedrera I (Olite - Navarra), fue el primer parque construido por el Grupo FOTONA en una superficie de 208.000 m² con 2.545kwp de potencia y una producción estimada de 4.900.000 Kwh.



Parque solar que en Navarra, España está dando al año 2010, energía solar a 196 familias.

2.6. Proyecto de Inversión

Definiciones

Inversión significa formación de capital. Desde el punto de vista económico se entiende por capital al conjunto de bienes, tangibles e intangibles, que sirven para producir otros bienes. Dentro del capital se incluyen todos los bienes destinados a las labores productivas, desde terrenos, edificios, instalaciones, maquinarias, equipos e inventarios hasta marcas, información, conocimiento, procesos, sistemas, destrezas y habilidades de ejecutivos y empleados. Una empresa invierte y aumenta su capital cuando incrementa sus activos tangibles e intangibles.

La presupuestación de inversiones es el proceso por medio del cual se asignan recursos humanos, activos, físicos y

financieros entre diferentes proyectos de inversión. La presupuestación de inversiones analiza, fundamentalmente, las inversiones cuyos efectos se manifiestan en varios períodos anuales. Ejemplos de proyectos de inversión en una empresa son: la introducción de nuevos productos, el establecimiento de nuevos sistemas de distribución, la modernización de una planta, el entrenamiento de ejecutivos o empleados, la compra de una marca, la penetración de nuevos mercados, el desarrollo de sistemas de información, la construcción de instalaciones para bodegas o la renovación de la flota de transporte. Todas las adquisiciones de activos tangibles o intangibles, aunque sea para reponer equipos o sistemas existentes, son decisiones enmarcadas dentro del presupuesto de inversiones

Las propuestas de inversión deben ser evaluadas cuidadosamente a fin de determinar su aceptación o rechazo y establecer su grado de prioridad dentro de los planes estratégicos de la empresa.

2.7 Clasificación de los proyectos de inversión

Los proyectos pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios y desde diferentes puntos de vista. En primer término, se puede clasificar los proyectos de inversión por

el tipo de función que desempeñan dentro de la empresa:

- **Proyecto de renovación.** Estas inversiones se realizan a fin de sustituir equipos, instalaciones o edificaciones obsoletas o desgastadas físicamente por nuevos elementos productivos. Se invierte en renovar las operaciones existentes.
- **Proyectos de modernización.** En esta categoría están comprendidas todas las inversiones que se efectúan para mejorar la eficiencia de la empresa tanto en su fase productiva como en la de la comercialización de sus productos. Se invierte en mejorar la eficiencia operacional.
- **Proyectos de expansión.** Corresponden a esta clasificación las inversiones que se realizan para satisfacer una demanda creciente de los productos de la empresa.
- **Proyectos estratégicos.** Las inversiones calificadas como estratégicas son las que afectan la esencia misma de la empresa, ya que tomadas en conjunto definen el sistema de actividades de la misma.

Estas inversiones se derivan del análisis de la estrategia de la empresa y su impacto en el sistema de actividades es contundente. Como ejemplos podemos citar las inversiones para diversificación, la cobertura de nuevos mercados, las inversiones asociadas con nuevos desarrollos tecnológicos y las derivadas de las decisiones de integración vertical en la empresa.

Una segunda forma de clasificar los proyectos de inversión de acuerdo con este criterio, pueden clasificarse en complementarias, independientes y mutuamente excluyente.

Se considera dos o más inversiones como complementarias cuando la ejecución de una de ellas facilita o es condición para realizar otras. Los flujos de fondos correspondientes a proyectos complementarios tienen un alto grado de dependencia entre sí, especialmente los referentes a la medición de los ingresos de los proyectos. Las inversiones son independientes cuando no guardan ninguna relación o dependencia económica entre sí. Por último, las inversiones son mutuamente excluyentes cuando, por su propia naturaleza, sólo puede llevarse a la práctica una de ellas.

Un ejemplo de inversiones mutuamente excluyentes puede ser

el de distintos equipos para desempeñar un mismo proceso o el de distintas utilizaciones posibles de una misma extensión de tierra. En las inversiones mutuamente excluyentes, la selección de una de las diferentes opciones elimina todas las otras porque solamente una de ellas podrá realizarse. También existen situaciones en que invertir en un proyecto A permite una posterior inversión en un proyecto B o C, pero que no compromete a la empresa con esas inversiones posteriores. Es decir, el proyecto A genera la opción de invertir en los proyectos B y C pero no obliga. Una opción no es una obligación.

Una tercera forma de clasificar los proyectos de inversión es en función del sector de la economía en empresas del sector privado e inversiones en el sector público. Los proyectos de inversión del sector privado se deben aceptar cuando se esperan incrementos en los beneficios de las empresas (crean valor) y por lo tanto se espera que aumente el patrimonio de sus accionistas.

Sin embargo, en algunas ocasiones se encuentra con inversiones de carácter estratégico que no producen los rendimientos mínimos requeridos por la empresa, pero que se aprueban porque completan el sistema de actividades

escogido por la estrategia de la empresa. En las empresas privadas la dimensión financiera de la presupuestación de inversiones nos proporciona métodos de selección y criterios de rendimiento para evaluar los proyectos de inversión como tales. En estas empresas se facilita el proceso de análisis y evaluación porque las inversiones, los ingresos y los costos relacionados utilizan precios de mercado, situación que se dificulta en las inversiones públicas, en las cuales algunos elementos no se pueden valorar fácilmente a precios de mercado.

En las inversiones públicas se tienen que valorar aspectos tanto cuantitativos como cualitativos de beneficio económico y social.

El objetivo primordial en los proyectos del sector público es aumentar el bienestar social y el análisis denominado costo-beneficio proporciona criterios de racionalidad para evaluar la deseabilidad de este tipo de inversiones. La necesidad del análisis costo-beneficio se debe únicamente a la disparidad entre el beneficio neto privado como el bienestar social que buscan las inversiones públicas. Si esta diferencia no existiera, los métodos de selección y evaluación de proyectos privados y públicos serían

completamente idénticos.

La presupuestación de inversiones debe visualizarse como un proceso continuo y dinámico que se genera dentro de las organizaciones y no como una agrupación de técnicas aplicables a las decisiones.

2.8. Propósito de un estudio de factibilidad financiera

2.8.1 Estudios técnicos y económicos

Uno de los propósitos fundamentales de la presupuestación de inversiones es determinar la contribución económica de los diversos proyectos a la empresa, para otorgar prioridad a aquellos que ofrezcan mayor contribución. Para determinar el potencial de contribución de un proyecto se requiere estimar las inversiones, los ingresos, los costos y gastos y los valores residuales del mismo. Asimismo, es necesario determinar el tiempo en que se producen estas transacciones.⁶ Las estimaciones cuantitativas pueden ser pocas y sencillas o bien muchas y complejas, dependiendo del tamaño y del tipo de proyecto. Se puede reflexionar sobre las estimaciones económicas, técnicas y financieras que se requieren, por ejemplo, para determinar el potencial

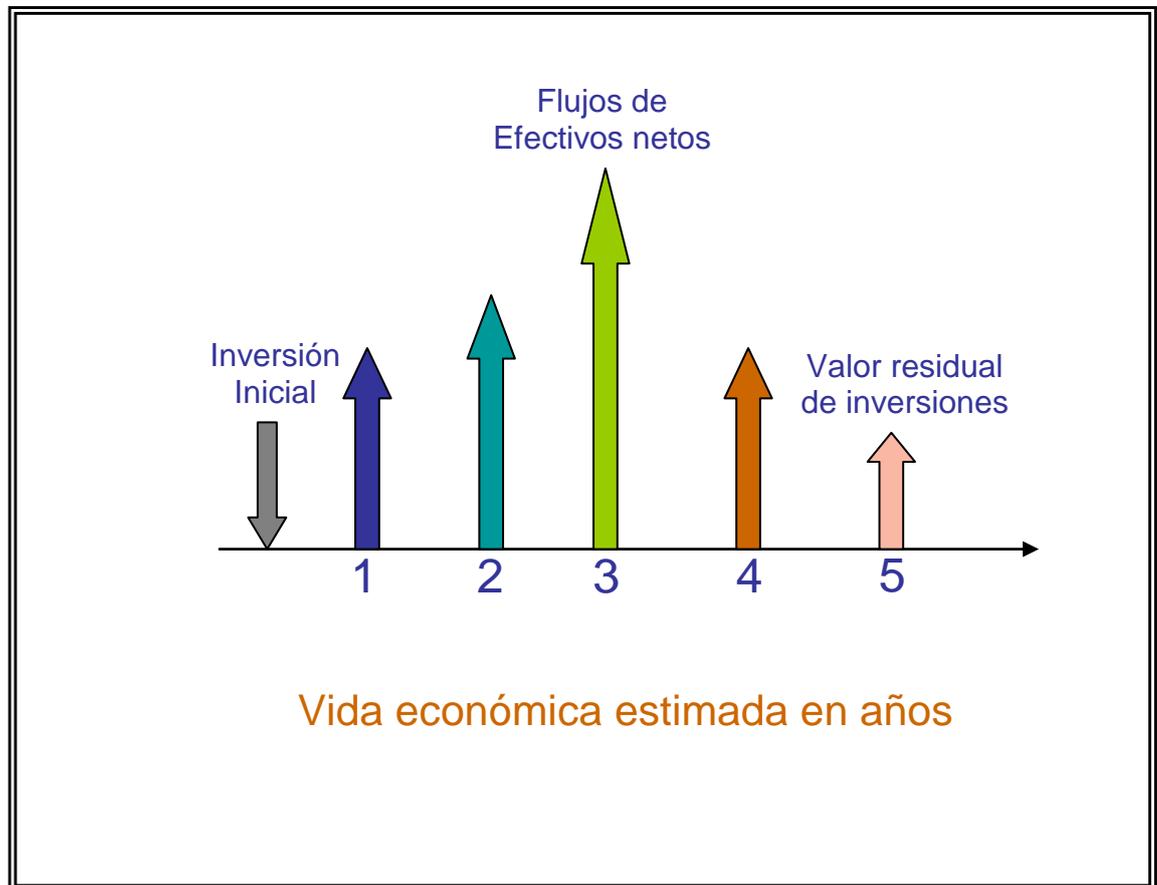
⁶ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

de contribución de la adquisición de una unidad de transporte, versus una nueva fábrica de fertilizantes. En el último caso es necesario hacer estudios completos de mercados, competencia, mezcla de productos, costos, tamaño óptimo de la planta, localización de la planta, sistema de distribución, etc. Al conjunto de estos estudios generalmente se les denomina estudios técnico-económicos de factibilidad, o simplemente estudios de factibilidad.

2.8.2. Las estimaciones básicas de una inversión.

A pesar de la importancia que tienen los estudios de factibilidad, por el contrario, su enfoque corresponde más bien al estudio del proceso de evaluación de los proyectos ya estudiados. No obstante lo anterior, es necesario destacar la gran importancia que tienen para la correcta evaluación de los proyectos algunas estimaciones financieras contenidas en los estudios. A continuación se presentan esas estimaciones básicas (inversiones, vida económica, valores residuales y flujos de efectivo) que en conjunto forman lo que podríamos denominar como el perfil económico del proyecto. Estos cuatro núcleos, que conforman el horizonte económico de un proyecto, se ilustra en la gráfica 1, la cual muestra las relaciones que existen entre ellos.

Grafica 1 flujos de efectivos netos



Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

2.8.3 Inversiones

El término inversión se refiere a las erogaciones o flujos negativos que ocurren al comienzo de la vida económica de un proyecto y que representan desembolsos de efectivo para la adquisición de activos de capital, tales como terrenos, edificios, maquinarias y equipos. Es importante destacar que deben incluirse los costos de transporte y los costos de instalaciones relacionados. Asimismo, se deben incluir,

como parte de las inversiones, los incrementos en el capital de trabajo de la empresa causados por el proyecto.

Las inversiones que reflejen incrementos en las ventas de la empresa ocasionarán necesidades adicionales en los rubros de cuentas por cobrar, inventarios y quizás de efectivo. Estas necesidades adicionales serán compensadas parcialmente por los aumentos de las fuentes espontáneas de financiamiento, especialmente por el rubro de cuentas por pagar. La parte que no es compensada - el incremento neto en el capital de trabajo - debe considerarse como un desembolso de efectivo atribuible. Los desembolsos de efectivo de US\$1, 000,000 en inventario o en cuentas por cobrar y si existe un financiamiento parcial por medio de un aumento del pasivo circulante espontáneo de US\$600,000 indican entonces que el desembolso de efectivo correspondiente a la inversión por capital de trabajo es de US\$400,000. Una característica importante del capital de trabajo es que muy posiblemente se presente como desembolso en varios períodos de tiempo, a medida que el proyecto se va desarrollando hasta alcanzar su punto máximo de ventas. Para estimar las inversiones de un proyecto, el criterio que debe prevalecer es el de las inversiones incrementales, en contraposición al concepto de inversión contable. Las

cifras de inversión que se desean son cifras incrementales y netas de todos los flujos relacionados. Por ejemplo, si se está considerando una inversión y como consecuencia de la misma se debe reemplazar una maquinaria obsoleta, entonces se debe anotar un flujo positivo de fondos en el periodo inicial, que reducirá el monto de la inversión total, proveniente de la probable venta o disposición de la maquinaria antigua.

Los flujos de las inversiones se pueden estimar sin mucha incertidumbre, es decir, pueden calcularse con un alto grado de precisión, debido a que los flujos se presentan al inicio de la vida económica del proyecto y además muchos de sus rubros están sujetos a contratos cerrados y ofertas en firme.

A pesar de lo anterior, se debe reconocer que si las estimaciones de las inversiones no son correctas, las distorsiones que causan en el rendimiento económico del proyecto son considerables.

2.8.4 Vida económica

El término vida económica es el periodo de tiempo en el cual se desarrolla el proyecto, superior a la inversión

alternativa para desempeñar el mismo fin, es decir, el período durante el cual la inversión no se vuelve obsoleta. La vida económica del proyecto es el horizonte de tiempo que se adopta para su evaluación. Algunos proyectos tienen fechas terminales bien definidas, después de las cuales los flujos operativos dejan de existir; en estos casos lo apropiado sería considerar la vida económica estimada del proyecto. Por otro lado, existen inversiones relacionadas con actividades continuas e indefinidas. Como ejemplo, podemos citar una nueva planta para elaborar un nuevo producto que se espera tenga un mercado por muchos años y prácticamente indefinido. Las instalaciones y el equipo tienen una vida física definida, pero se supone que pueden reponerse cada vez, que se desgaste. ¿Cómo definir un horizonte económico para analizar esta inversión?

En general, a medida que el horizonte considerado es más lejano, la evaluación del proyecto es más completa, pero existe un punto en el tiempo donde anticipar más años redundaría en rendimientos decrecientes, pues la comprensión adicional no es compensada por los costos en que se incurre en el análisis adicional. Con frecuencia se considera que horizontes de 10 a 12 años son adecuados en los proyectos comerciales e industriales de vida indefinida; sin embargo,

la definición del horizonte depende en último término de la naturaleza e importancia de la inversión, del tiempo disponible para el análisis y del comportamiento de los flujos del proyecto.

2.8.5 Valores residuales

Al finalizar la vida económica de un proyecto, se anotarán como flujos positivos los valores residuales de los activos productivos depreciables y no depreciables, incluyendo la recuperación del capital de trabajo. Debe tenerse especial cuidado en la estimación de ciertos activos, tales como bienes raíces, que pueden tener una apreciación de su valor a lo largo de los años. Los impuestos relacionados con los valores residuales de los activos fijos deben ser incluidos en el análisis como flujos negativos o positivos, según el caso.

Las estimaciones de la vida económica y de los valores residuales están sujetas a incertidumbre, para su mejor estimación es necesario el concurso de ejecutivos expertos en áreas funcionales, especialmente producción y ventas. A pesar de que la probabilidad de equivocarse en estas estimaciones, es alta, el impacto de errores en las tasas de rendimiento de los proyectos se diluye debido a que los

efectos se manifiestan en los flujos finales del horizonte económico.

2.8.6 Flujos de beneficios

Los proyectos de inversión reflejan un compromiso de asignar recursos iniciales con la esperanza de obtener beneficios durante el desarrollo de sus vidas económicas.

Cuando se evalúan inversiones, se recomienda para la medición de sus beneficios usar el concepto de los flujos de efectivos generados y no el de las utilidades contables resultantes. Es necesario, entonces, diferenciar utilidades contables relacionadas con un proyecto. La información contable es de mucha utilidad para evaluar ejecutorias y efectuar comparaciones entre empresas, pero su importancia es limitada cuando se quiere emplear en evaluación de proyectos. En estos proyectos los beneficios deben medirse por los flujos de entrada de efectivo relevantes para la inversión, es decir, los flujos de efectivos incrementales generados en la empresa por la nueva inversión, independientemente de su clasificación contable. Los flujos relevantes para el análisis son los que son directamente atribuible a la inversión y que por lo tanto son flujos incrementales.

Una de las principales ventajas del flujo de efectivo es la de evitar los problemas que se presentan como consecuencia del cálculo de las utilidades contables de la empresa, típico del método de contabilidad por acumulaciones, problemas tales como: que desembolsos deben considerarse como inversiones y cuales como gastos de operación, los efectos de los diferentes métodos de depreciación en las utilidades de la empresa, la determinación de los costos inventariables y los efectos de los diferentes procedimientos para la valoración de inventario son algunos ejemplos de complicaciones que el uso de flujos de efectivo reduce considerablemente. En resumen, una ventaja de usar el concepto de flujo es que la transacción de efectivo es un suceso claramente definido, objetivo y que conduce a una situación significativamente diferente de la ocasionada por las convenciones contables.

Es importante notar que la estimación de los flujos de efectivo provenientes de las operaciones es un aspecto crítico en la determinación del rendimiento de una inversión. Casi siempre, el tiempo y el costo relacionado con su cálculo se ven compensados por mejores decisiones de inversión. La estimación de los flujos de un proyecto no es un trabajo rutinario de recolección estadística, sino que

por el contrario requiere la contribución de diferentes especialistas.

Los proyectos se realizan para obtener aumentos en las ventas o reducciones en los costos o para una combinación de ambas cosas. Los flujos de efectivos positivos se determinan por los aumentos y/o reducciones mencionadas.

Las inversiones que mejoran los ingresos aumentando ventas (introduciendo un nuevo producto en el mercado o ampliando la capacidad de una fábrica) producen simultáneamente incrementos en los costos y en las ventas. Los costos y los gastos incrementales son generalmente menos difíciles de estimar que los ingresos por ventas a un mayor grado de incertidumbre.

Las estimaciones de ventas requieren determinar el tamaño y segmento del mercado de un producto. Estas variables dependen, a su vez, de muchos factores entre los cuales se puede mencionar: precios, publicidad, esfuerzo de ventas, reacciones de la competencia, preferencias del consumidor y la situación económica ambiental.

La estimación de los flujos en los primeros años de la vida

económica de un proyecto es más fácil que en los últimos años, y en la medida en que las estimaciones se efectúan en un horizonte más lejano las dificultades aumentan. Afortunadamente, a medida que la incertidumbre, reflejada en cálculos menos confiables, ocurre en los años más lejanos del proyecto su efecto en las estimaciones del rendimiento de la inversión es menor. Se utilizarán metodologías para incorporar la incertidumbre en los flujos del proyecto o en la tasa de descuento utilizada para las estimaciones del valor presente de los proyectos y para evitar el doble conteo.

En la determinación de los flujos de operaciones se debe tener especial cuidado con los efectos fiscales de las partidas de depreciación y los gastos financieros relacionados con el financiamiento del proyecto. A continuación se trata ambos desafíos.

2.8.7 Depreciaciones y amortizaciones.

Las depreciaciones de un proyecto y las amortizaciones de los gastos de organización representan flujos de efectivos, puesto que el flujo relevante se presentó cuando los activos fueron adquiridos y las depreciaciones en los períodos contables subsiguientes representan un costo no

desembolsable. Sin embargo, nótese que las depreciaciones y los otros costos no desembolsables tienen un efecto en los flujos del proyecto a través del impacto que producen en el impuesto sobre la renta que debe pagarse, que sí es claramente un flujo de efectivo. Cada dólar de depreciación reduce el impuesto sobre la renta correspondiente a millones de dólares (M), donde M es la tasa marginal del impuesto sobre la renta. Como ilustración, considérese el ejemplo siguiente: Un equipo industrial que representa una inversión de US\$10,000 y que se depreciará en línea recta, en 10 años y sin valor residual al término de su vida económica. Suponiendo que la tasa impositiva marginal es del 40%, los cargos por depreciación anuales de US\$1,000 reducirán los impuestos que pagaría la empresa en US\$400 por año. El efecto fiscal que produce la depreciación se conoce como el escudo fiscal de la depreciación.

La escogencia del método de depreciación, aunque no afecta el total del impuesto sobre la renta que debe pagarse, sí tiene un efecto importante en el tiempo en que se pagan los impuestos. Los métodos de depreciación acelerado permiten reducir los impuestos por pagar en los primeros años del proyecto y diferir su pago a años posteriores. Puesto que el dinero tiene importancia en función del tiempo, la

posposición del pago de los impuestos es ventajosa, tanto para el proyecto como para la empresa; sin embargo, debe observarse, no obstante que con los métodos de depreciación acelerada se producen mayores flujos después de impuestos, se ocasionarán simultáneamente utilidades contables menores en los últimos años.

2.8.8 Gastos financieros.

Los gastos financieros relacionados con un proyecto por lo general no deben considerarse como parte integrante de los flujos de costos y gastos. La exclusión de los gastos financieros es conveniente para separar los flujos de operación de los flujos de financiamiento, a fin de determinar el rendimiento del proyecto independientemente de las decisiones de financiamiento. Los gastos financieros se toman en cuenta posteriormente cuando se calcula el punto de corte para la selección definitiva de los proyectos de inversión. Al considerar los intereses en la estimación de los flujos primero y después (como elemento de costo) dentro del punto de corte se estaría incurriendo en el error de incluirlos dos veces en el cálculo de los rendimientos del proyecto.

2.8.9 Flujos de efectivos absolutos y relativos.

El análisis de inversiones involucra una comparación de dos o más alternativas, razón por la cual cualquier estimado de flujos debe hacerse sobre una base comparativa. Cuando la comparación se efectúa entre los flujos de un proyecto y los flujos de efectivo cero (la alternativa de no realizar el proyecto), entonces se está ante una situación de flujos absolutos de efectivo. Un análisis alternativo es comparar los flujos de un proyecto con los flujos de otro proyecto y obtener de esta forma flujos de efectivo diferenciales, a los cuales se les pueden estimar un rendimiento. En este caso, los flujos calculados se denominan relativos puesto que un proyecto está siendo medido con relación a otro proyecto. En términos generales, es preferible trabajar con flujos de efectivos absolutos, debido a la menor complejidad de los cálculos y a que la interpretación de los resultados es más sencilla. No obstante lo anterior, cuando se está considerando la realización de proyectos en una empresa en marcha, en ocasiones es conveniente trabajar con flujos relativos, lo cual debe producir resultados finales congruentes con los logrados con flujos absolutos, en caso de ser esto posible. Se debe tener cuidado con las estimaciones e interpretaciones de los flujos relativos, puesto que casi cualquier proyecto puede parecer ventajoso

si se compara con una alternativa lo suficientemente mala. A fin de ilustrar el punto anterior, considérese el problema que confrontaban muchas empresas de ferrocarriles en el pasado. ¿Debiera reemplazarse la vieja locomotora de carbón por una máquina diesel moderna y más eficiente, para servicio en una ruta establecida de transporte de pasajeros? suponiendo que la decisión de reemplazar no afectara los ingresos por concepto de pasajeros, se podría calcular el valor presente neto o la tasa interna de retorno de las inversiones adicionales requeridas para comprar la máquina nueva con base en los ahorros de efectivo que resultasen de la diferencia entre los costos de operación de la máquina vieja y de la nueva, es decir, con base en flujos de ahorro relativos.

La decisión de comprar la máquina diesel puede parecer rentable si se compara con una alternativa mediocre. Bajo el supuesto que mediante el uso de la locomotora de carbón los ingresos provenientes de la ruta de pasajeros servida son insuficientes para cubrir sus costos incrementales. En tales circunstancias la compra de una máquina diesel podrá servir para disminuir las pérdidas operativas, pero no necesariamente podrá convertir la ruta de pasajeros en una operación rentable.

La decisión de comprar la máquina diesel únicamente podría ser acertada si no hubiese posibilidades de eliminar la ruta; en el caso contrario, la adquisición de la máquina diesel no estaría justificada. Esta situación podría ser manejada con mayor claridad mediante el cálculo de flujos de efectivos absolutos, comparando los flujos de efectivo resultantes de utilizar una locomotora diesel en la ruta de pasajeros y los flujos de efectivo resultantes de no tener la ruta del todo.

2.9. Herramientas financieras para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión

2.9.1 Los métodos de evaluación

Unos de los problemas fundamentales en torno a la evaluación de inversiones es determinar los rendimientos de los proyectos de inversión. Con una medida de rendimiento se puede dilucidar cuales proyectos conviene aceptar y cuales rechazar. Además, la medida de rendimiento ordena los proyectos de mayor a menor rendimiento.

La jerarquización de las oportunidades de inversión tiene mayor importancia cuando la empresa dispone de recursos financieros limitados e insuficientes para realizar todos

los proyectos de inversión que tienen rendimientos mayores al mínimo aceptable.

Los métodos para la evaluación de los proyectos de inversión pueden clasificarse en dos grupos fundamentales:

- Los métodos denominados aproximados, de los cuales se enfoca el período o plazo de recuperación, y la rentabilidad contable o tasa de rendimiento contable.
- Los métodos que utilizan el valor cronológico de los flujos de efectivo, es decir, los que conceden al dinero importancia en función del tiempo. Estos métodos, mucho más refinados desde el punto de vista técnico, son: la tasa interna de rendimiento (TIR), el valor presente neto (VPN) y el valor presente neto ajustado (VPN ajustado).

Es importante reconocer que aunque los métodos o criterios cuantitativos dominan el proceso de análisis y evaluación de las inversiones, el buen juicio es un elemento de gran importancia debido a la complejidad del proceso. Algunas veces, consideraciones de tipo cualitativo tales como el grado de necesidad o la urgencia de realizar el proyecto, regulaciones legales, requerimientos estratégicos o

presiones laborales pueden ser tan decisivas en la realización de un proyecto de inversión que podrían pasarse por alto los criterios eminentemente financieros.

2.9.2 Período de recuperación (PR)⁷

El período o plazo de recuperación de una inversión es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial del proyecto. Cuando los flujos netos de efectivo generados por el proyecto son iguales en cada período, el período de recuperación puede determinarse con la siguiente relación:

$$\text{Periodo de recuperación (PR)} = \frac{I}{R}$$

Donde: I = Inversión Inicial

R = Flujo neto de efectivo anual.

Cuando los flujos netos de efectivo no son iguales, el período de recuperación se calcula acumulando los flujos de efectivo sucesivos hasta que su suma sea igual a la inversión inicial. Cuando además de los desembolsos iniciales de inversión existen flujos netos negativos en los primeros años de la vida de un proyecto, el período de recuperación se determina por el tiempo que tarda en

⁷ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

recuperarse o amortizarse la suma total de flujos negativos, incluyendo los desembolsos tanto por inversiones como por resultados de operación.

Es necesario reconocer que el período de recuperación es un criterio sencillo que ha sido ampliamente utilizado en el pasado incluso por empresas grandes en países desarrollados. Según este método, las mejores inversiones son aquellas que tienen un plazo de recuperación más corto. Dicho método está inspirado en una política de liquidez acentuada, más que en la determinación del rendimiento de una inversión.

No obstante que es útil conocer el período de recuperación de un proyecto, no se puede recomendar su utilización como método para determinar la aceptabilidad de un proyecto o su deseabilidad con respecto a otros, porque tiene una serie de limitaciones fundamentales. En primer lugar el PR no toma en cuenta la cronología de los distintos flujos de efectivo y los considera como si se tratara de flujos percibidos en el mismo momento del tiempo. Por ejemplo, considerando dos proyectos de inversión, A y B, que tienen las características que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Periodo de recuperación

Proyectos	Inversiones	Flujos anuales		
		1	2	3
A	(1,000)	700	300	300
B	(1,000)	300	700	300

Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

Ambos proyectos tienen el mismo período de recuperación de dos años, sin embargo, es claro que el proyecto A es superior y preferible sobre el proyecto B debido a que su flujo de beneficios es mayor en el primer año.

Una segunda limitación del PR es que no considera los flujos obtenidos después del plazo de recuperación, es decir, supone que una vez que se recupera la inversión del proyecto éste deja de existir para propósitos de medición de su rendimiento. En el ejemplo el cuadro 2.1 se puede suponer que el proyecto B continúa más allá del tercer año y que tiene una duración de seis a siete años; en cambio la vida económica del proyecto A se termina en el tercer año. Estas alteraciones de los proyectos considerados podrían perfectamente hacer que el proyecto B sea mejor que el A

desde el punto de vista económico, aunque ambos tengan el mismo período de recuperación.

Finalmente se tiene el problema de que no existe ninguna sustentación teórica con respecto al establecimiento de un punto de corte o un PR máximo aceptable, por lo que es muy difícil relacionar el PR con un criterio de maximización de utilidades. Sin embargo, en situaciones especiales, tales como las de alto riesgo del entorno, el PR puede ser un importante criterio complementario en la evaluación.

2.9.3 Rentabilidad contable (RC)

Este método se conoce como rentabilidad aproximada o como tasa de rendimiento contable. Su denominación obedece a que utiliza una terminología típicamente contable, y en definitiva es el método que mejor se ajusta a la información facilitada por la contabilidad. La variante más refinada de este método consiste en relacionar la utilidad neta anual promedio con la inversión promedio, es decir, con la inversión que en promedio tiene la empresa inmovilizada durante la vida económica del proyecto. La rentabilidad contable se determina con la siguiente relación:

$$\text{Rentabilidad contable (RC)} = \frac{U_p}{I_p}$$

Donde: U_p = Utilidad neta promedio anual

I_p = Inversión promedio

La utilidad promedio se obtiene sumando las utilidades contables de cada año y dividiendo el total por el número de años. El cálculo de la inversión promedio se obtiene sumando el valor promedio de las inversiones al final de cada año y dividiendo esta suma por el número de años.

La debilidad de ciertos aspectos de este criterio es bastante clara. En primer lugar, utiliza el concepto de utilidades contables y no el flujo de caja, lo cual representa una serie de dificultades que ya se han discutido. En segundo lugar, y más importante aún, la RC no descuenta las utilidades contables y supone que es igualmente deseable recibir utilidades durante el primer año que recibir utilidades en años posteriores de la vida económica de un proyecto. Para ilustrar esta seria limitación de la RC, se supone que se tienen dos proyectos de inversión, que cada uno de ellos requiere una inversión inicial de US\$60,000 y que ambos tienen una vida económica y depreciable de tres años. Las utilidades contables y los

flujos de caja de los proyectos se presentan en el cuadro 2.

Tabla 2 Proyecto de flujos contables y efectivos

Año	Proyecto A		Proyecto B	
	Utilidades contables	Flujos de efectivo	Utilidades contables	Flujos de efectivo
1	30,000	50,000	10,000	30,000
2	20,000	40,000	20,000	40,000
3	10,000	30,000	30,000	50,000

Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004)

Depreciando los activos en línea recta, ambos proyectos tienen la misma rentabilidad contable del 67%. Sin embargo, ningún tomador de decisiones sería indiferente ante los proyectos A y B, pues el proyecto A es obviamente superior por tener flujos y utilidades mayores en el primer año a pesar de que el promedio de los flujos de las utilidades son iguales para las dos propuestas de inversión.

Una vez señalados los serios problemas de la RC, es difícil explicarse por qué todavía se utiliza la rentabilidad contable para fines de toma de decisiones de proyectos de inversión. La explicación podría ser la facilidad con que se puede calcular e interpretar.

2.9.4 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Los métodos de evaluación que utilizan la actualización o descuento de los flujos futuros de efectivo proporcionan bases más objetivas para la selección y jerarquización de proyecto de inversión. Estos métodos toman en cuenta tanto el monto como el tiempo en que se produce cada uno de los flujos relacionados con el proyecto, ya sea que representen inversiones o resultados de operación. El método que se estudiará en esta sección es el de la tasa interna de rendimiento (TIR).

La TIR de un proyecto de inversión es la tasa de descuento (r) que hace que el valor actual de los flujos de beneficio (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión (negativos). En una forma alterna se puede decir que la TIR es la tasa que descuenta todos los flujos asociados con un proyecto a un valor de exactamente cero.

Tabla 3 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Año	Flujo efectivo	de Factores de descuento 20%	de Valores actuales de flujos
1	1,360	0,833	1,133
2	1,540	0,694	1,069
3	1,720	0,579	996
4	1,360	0,482	656
		Total	3,854

Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004)

Los valores descontados de estos flujos suman un total de US\$3,854 miles, cantidad menor que la inversión inicial de US\$4,000 miles; por lo tanto, la TIR del proyecto es inferior al 20%. Cuando los flujos se descuentan a la tasa del 18% se obtienen los resultados que se presentan en el cuadro 4.

Tabla 4 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Año	Flujo de efectivo	Factores de descuento al 18%	Valores actuales de flujos
1	1,360	0,847	1,152
2	1,540	0,718	1,106
3	1,720	0,609	1,047
4	1,360	0,516	6702
		Total	4,007

Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

Como se puede observar, el valor actualizado es de US\$4,007 miles, lo que significa que la tasa interna del proyecto es de prácticamente el 18%. De nuevo, basta introducir en una hoja electrónica los números de la igualdad 2.4 y con sólo presionar una tecla se obtiene el valor buscado de r .

Una vez que se ha calculado la tasa interna de rendimiento del proyecto, se necesita conocer el punto de corte o rentabilidad mínima aceptable para las inversiones de la

empresa, para así poder decidir si conviene llevar a cabo la inversión. La empresa deberá realizar los proyectos de inversión cuya TIR sea superior al punto de corte establecido para cada proyecto deberá y rechazar aquellos con TIR inferior. Cuando existan varios proyectos realizables así como limitaciones de recursos financieros o técnicos, se dará prioridad a las inversiones estratégicas posteriormente, a las inversiones que mejoran la eficacia operacional, cuyas tasas de rendimiento sean mayores. Se irá descendiendo en el orden de rendimiento en los proyectos que mejoran la eficacia operacional, hasta agotar los recursos financieros o técnicos.

2.9.5 Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto (VPN) es uno de los métodos básicos que toma en cuenta la importancia de los flujos de efectivo en función del tiempo. Consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor de la inversión inicial también actualizado, de las inversiones y otros egresos de efectivo. La tasa que se utiliza para descontar los flujos incluye un premio por el riesgo asumido por el proyecto, por debajo del cual la inversión no debe efectuarse. El valor presente neto de una

propuesta de inversión se puede representar por la siguiente igualdad:

$$VPN = - I_o + \frac{R_1}{(1+k)} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \frac{R_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1+k)^n}$$

Donde

- I_o = Inversión inicial
- R_1 a R_n = Flujos de efectivo por período
- K = Rendimiento mínimo aceptable

No cabe duda de que si el valor presente neto de un proyecto es positivo, la inversión deberá realizarse y si es negativo deberá rechazarse. Las inversiones con VPN positivo incrementan el valor de la empresa, puesto que tienen un rendimiento mayor que el mínimo aceptable. El costo ponderado de capital de la empresa es una alternativa imperfecta pero válida para determinar el rendimiento mínimo aceptable.

Es importante observar que en el método de la TIR nos proporcionan los flujos positivos y negativos del proyecto; después se determina la tasa de rendimiento r que resuelve la ecuación para la TIR y la se compara con el rendimiento

mínimo aceptable para decidir sobre la aceptación o rechazo del proyecto. En el método del VPN se proporcionan los flujos del proyecto y la tasa de rendimiento mínimo aceptable (k) y entonces se determina el valor presente neto del proyecto.

La aceptabilidad dependerá de si el VPN es igual o mayor que cero. El VPN de los proyectos variará en función de las tasas de descuento utilizadas, es decir que la deseabilidad de los diferentes proyectos cambia la tasa de rendimiento mínimo aceptable para la empresa. Los flujos de los primeros años cobran mayor importancia a medida que la tasa es mayor. Cuando la tasa es menor, disminuye la importancia los proyectos cuyos flujos positivos absolutos son mayores. Si en el proyecto de inversión de la compañía Beta el rendimiento aceptable es de un 15%, el valor presente neto puede calcularse en la forma siguiente:

$$\text{VNP} = -4,000 + \frac{1,360}{(1.15)} + \frac{1,540}{(1.15)^2} + \frac{1,720}{(1.15)^3} + \frac{1,360}{(1.15)^4}$$

$$\text{VNP} = -4.000 + 4.254 = 254$$

Como puede observarse, el proyecto tiene un VPN positivo de US\$254 miles por lo tanto se deberá aceptar.

2.9.6 Índice de deseabilidad (ID)

Existen situaciones en la presupuestación de inversiones en las cuales las decisiones no son simplemente aceptar o rechazar un proyecto. Con frecuencia es necesario jerarquizar la deseabilidad de las inversiones; es decir, establecer, además de la aceptabilidad de cada proyecto, la importancia relativa que tiene con respecto a otros proyectos. La jerarquización (determinación de la prioridad) es necesaria en una de dos circunstancias:

- Cuando los recursos financieros destinados a inversiones de capital están limitados o racionados.
- Cuando existen dos o más oportunidades de inversión que son mutuamente excluyentes o, lo que es lo mismo, cuando solamente una de las oportunidades puede y debe realizarse.

Para la solución de los problemas relativos a la jerarquización, consideramos de alguna utilidad el llamado índice de deseabilidad o relación beneficio-costos, que, más que un nuevo método, es un complemento o extensión del

valor presente neto. El índice de deseabilidad (ID) de un proyecto es la relación que resulta de dividir los flujos positivos descontados por los flujos de inversión inicial. Se puede expresar matemáticamente de la forma siguiente:

$$ID = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+K)^t}}{I_0}$$

Donde la letra griega sigma significa la sumatoria de los flujos de caja descontados del período 1 hasta el período n . En el ejemplo de la compañía Beta, el ID sería estimado así:

$$ID = \frac{4.254.000}{4.000.000} = 1,06$$

El ID es una medida relativa de rendimiento en contraste con el valor presente neto, que expresa en términos absolutos la contribución económica de una inversión al patrimonio de la empresa. Cuando el ID es igual o mayor que 1.00, el proyecto de inversión deberá aceptarse y a medida que su valor va incrementándose, la deseabilidad del proyecto evaluado será mayor. En el caso de decisiones de inversión sobre proyectos independientes, el VPN y el ID proporcionan soluciones idénticas y pueden ser empleados indistintamente.

En las situaciones en las cuales es necesario jerarquizar porque las opciones de inversión son mutuamente excluyentes, el VPN es suficiente y no es necesario calcular el ID. Sin embargo, en aquellos casos en que se necesita jerarquizar debido a limitaciones de los recursos financieros, el ID puede tener ventaja sobre el VPN, si las tasas a que se pueden reinvertir los flujos intermedios de los proyectos son significativamente superiores al rendimiento mínimo aceptable para la empresa (costo del capital).

2.9.7 Valor presentado neto ajustado (VPN ajustado)

Los métodos tradicionales que utilizan el valor cronológico del dinero (TIR y VPN) suponen una cierta separación entre las decisiones de inversión y las decisiones de financiamiento al evaluar proyectos de inversión. Un método denominado valor presente neto ajustado (VPN ajustado) considera que las decisiones de inversión y las decisiones de financiamiento interactúan a nivel de proyecto y que por lo tanto deben ser consideradas a ese nivel. En estos casos cada flujo se descuenta a su tasa de oportunidad.

El método comienza por estimar un VPN básico del proyecto como si éste fuera una mini empresa financiada totalmente

con recursos propios. Luego se modifica el VPN básico para incorporar los efectos de las decisiones de financiamiento generadas por el proyecto. El VPN ajustado se define con la siguiente relación:

VPN ajustado: VPN básico + VPN de los impactos de las decisiones de financiamiento generadas por la aceptación del proyecto + otros efectos.

El método no pretende obtener todos los impactos del financiamiento de un proyecto en un solo cálculo, como sucede con el VPN, donde la tasa de descuento utilizada incorpora el efecto de todas las decisiones de financiamiento. Por el contrario, en el VPN ajustado se estiman por separado los impactos de las diferentes fuentes de financiamiento; precisamente en esto radica una de sus principales fortalezas.

Específicamente, para calcular el VPN ajustado: Primero, se establece un valor básico para el proyecto; su valor como una empresa financiada en su totalidad con recursos propios. Segundo, se determinan por separado los efectos de cada una de las decisiones de financiamiento, calculando sus valores presentes correspondientes, y otros efectos que

se detallarán más adelante (costos de endeudamiento, costos de transacción, subsidios, opciones, etc.) Tercero, se suman (o restan, según el caso) todos los valores actuales para estimar la contribución total del proyecto al valor de la empresa.

El VPN ajustado es más fácil de comprender en el contexto de un ejemplo numérico. Para ilustrar su aplicación como método de evaluación, se iniciará con analizar un proyecto de inversión bajo los supuestos del VPN básico y luego se incorporarán los efectos de su financiamiento.

2.9.8 Valor presente neto

Consideremos el proyecto ABC, que requiere una inversión de US\$20 millones y que generará los flujos de efectivo después de impuestos presentados en el cuadro 2.9. Para este tipo de proyecto la empresa correspondiente utiliza un costo de oportunidad para sus recursos de capital propios de 15% por año. Esta tasa refleja el rendimiento que los inversionistas demandarán sobre una inversión con riesgo similar, financiada exclusivamente con recursos propios, es decir, sin financiamiento de deuda.

Tabla 5 flujos de efectivo

Año	Flujo de efectivo
1	2,400
2	3,700
3	5,700
4	5,900
5	15.800

Fuente: Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

Como el método inicia por valorar el proyecto como si éste fuese una mini empresa financiada totalmente con capital propio, entonces el VPN básico sería:

$$VPN = -20.000 + \frac{2.400}{(1.15)} + \frac{3.700}{(1.15)^2} + \frac{5.700}{(1.15)^3} + \frac{5.900}{(1.15)^4} + \frac{15.800}{(1.15)^5}$$

$$VPN = 20.000 + 19.861$$

$$VPN \text{ básico} = -139$$

Como puede notarse, el VPN básico del proyecto ABC es menor que cero. En un mundo en donde las decisiones de financiamiento no tuvieran importancia, o no existiera financiamiento de deuda para el proyecto, el director financiero responsable debería rechazar el proyecto. Sin embargo, en la mayoría de los casos las decisiones de financiamiento si tienen importancia y por lo tanto sus efectos en el proyecto deben ser tomados en cuenta.

2.9.9 Costo de emisión

Si se supone que la empresa dueña del proyecto financia el 50% de la inversión mediante la emisión de acciones comunes y que los costos de emisión netos después de impuestos representan un total de US\$250.000. Lo anterior significa que la compañía tiene que emitir acciones por un monto de US\$10,250.000 para obtener US\$10.000.000 en efectivo. El VPN básico del proyecto debe ajustarse por el monto de los costos de emisión.

$$\text{VPN ajustado} = \text{VPN básico} - \text{Costos de emisión}$$

$$\text{VPN ajustado} = -139 - 250 = -389$$

La empresa ha considerado hasta ahora sólo parte de los efectos del financiamiento del proyecto ABC, pues todavía es necesario tomar en cuenta los efectos del financiamiento vía deuda.

2.9.10 Financiación subsidiada

Para ilustrar los efectos del financiamiento subsidiado, si se supone que el proyecto representa una inversión industrial en una región económicamente deprimida. El gobierno respectivo, ansioso por promover el desarrollo económico de la región, ofrece financiar el 50% de la

inversión mediante un préstamo por US\$10.000.000 a una tasa subsidiada del 6% anual, con un plazo de cinco años y pagadero de una sola vez al vencimiento.

¿Qué valor tiene para la empresa aceptar un préstamo subsidiado al 6% de interés? Este valor depende de la tasa de interés que la empresa hubiese tenido que pagar sobre un préstamo no subsidiado. Si para préstamos de este tipo la tasa alterna en el mercado fuese 10%, y se ignoran los impuestos por el momento, los flujos de financiamiento subsidiado se deben descontar a este 10% anual. De esta manera el VPN del préstamo subsidiado sería:

$$VPN_{ps} = 10.000 - \frac{600}{(1.10)} - \frac{600}{(1.10)^2} - \frac{600}{(1.10)^3} - \frac{600}{(1.10)^4} - \frac{600}{(1.10)^5} - \frac{10.000}{(1.10)^5}$$

$$VPN_{ps} = 10.000 - 8.484 = 1.516$$

Dado que la empresa no puede obtener el préstamo subsidiado sin ejecutar el proyecto ABC, el valor presente del préstamo deberá sumarse al VPN básico. El proyecto que podría haber sido rechazado, se convierte ahora en un proyecto que debería ser aceptado, tal como puede observarse en los estimados que se presentan a continuación.

VPN ajustado= VPN básico-Costo emisión + VPN préstamo subsidiado.

VPN ajustado=-139-250+1.516

VPN ajustado = 1.127

2.9.11 Endeudamiento / Escudos fiscales

El último efecto de financiamiento que se tomará en cuenta en el proyecto ABC se deriva de la capacidad adicional de endeudamiento que se crea en la empresa como consecuencia de su aceptación. Bajo el supuesto que la empresa tiene una política de limitar su nivel total de deuda al 50% de valor en libros de sus activos.

Por lo tanto, si la empresa invierte más, puede pedir prestado más y en este sentido, la inversión suma a la capacidad de endeudamiento existente de la empresa. ¿Tiene algún valor para los accionistas de la empresa la capacidad adicional de endeudamiento originada por el proyecto ABC? y si lo tiene, ¿Cómo se determina ese valor? La respuesta generalmente aceptada es *si*, debido a los escudos fiscales generados por los intereses del préstamo que financiaría el 50% de la inversión del proyecto.

Para determinar el valor presente de los escudos fiscales

de los intereses, se procede a descontarlos al 10% anual, tasa que refleja el costo no subsidiado del financiamiento, es decir, el nivel de riesgo del financiamiento de mercado. Así se calcula que:

$$VPN_{EF} = \frac{180}{(1.10)} + \frac{180}{(1.10)^2} + \frac{180}{(1.10)^3} + \frac{180}{(1.10)^4} + \frac{180}{(1.10)^5}$$

$$VPN_{EF} = 682$$

El VPN de los escudos fiscales de US\$682.000 es el valor de la capacidad de endeudamiento adicional que genera el proyecto para la empresa.

Es importante destacar que algunos expertos en la materia incorporan un valor terminal de los escudos fiscales al final del plazo del préstamo, equivalente al valor presente de los escudos fiscales que podría darse por un refinanciamiento del proyecto. Ellos argumentan que la capacidad de crear valor vía escudos fiscales está determinada por la vida del proyecto y no por el plazo de financiamiento.

No obstante que se reconocen los méritos del argumento. Algunas razones son de orden práctico: es muy difícil hacer

pronósticos sobre las condiciones financieras (tasas de interés, plazos, capacidad de endeudamiento, etc), que estarían vigentes en un futuro distante. Una vez estimado el VPN básico del proyecto y cada uno de los efectos del financiamiento, se puede calcular el VPN ajustado del proyecto.

VPN ajustado = VPN básico - Costo emisión + VPN préstamo subsidiado + VPN escudos fiscales.

VPN ajustado = 139-250 + 1.516 + 682

VPN ajustado del proyecto ABC = \$ 1.809

El proyecto ABC tiene un VPN ajustado de US\$1.809.000, cifra mucho mayor que cero y por lo tanto el proyecto debería ser aceptado por la empresa.

La teoría financiera ha enfatizado el uso de los métodos de evaluación de inversiones que reconocen el valor de dinero en función del tiempo. En la teoría financiera el VPN ajustado se considera como el método más sólido, el VPN como el segundo mejor y la TIR como el tercero mejor. Así, se recomienda usar el VPN ajustado no sólo por su mayor sustento teórico, sino por su mayor flexibilidad en evaluar el impacto de diferentes efectos. Recomendamos usar el VPN

ajustado en especial cuando la estructura de capital del proyecto sufre cambios fuertes en el tiempo. Sin embargo, el VPN y la TIR darán resultados aceptables siempre que la estructura de capital del proyecto evaluado no cambie significativamente en el tiempo. El VPN ajustado descuenta cada flujo a la tasa relevante de acuerdo con su nivel de riesgo. Esto significa que cada flujo intermedio se reinvierte a su tasa relevante, supuesto que es teóricamente superior al VPN, que supone la misma tasa de reinversión promedio para todos los flujos, y a la TIR que tiene la debilidad potencial de ofrecer soluciones múltiples, es decir, varias tasas de descuento que satisfacen la igualdad de los flujos de beneficios con los flujos de inversiones.

El VPN ajustado, desde una perspectiva gerencial, tiene la ventaja adicional de que desagrega las diferentes iniciativas que generan o restan valor en un proyecto, al separar, en su cálculo, el rendimiento del proyecto y el impacto de cada una de las decisiones de financiamiento.

Este aspecto es de especial importancia para las empresas localizadas en países en vías de desarrollo, debido a la alta incidencia existente entre proyectos estratégicos de

inversión con financiamiento subsidiado. El VPN ajustado también permite añadir el valor de las opciones implícitas en todo proyecto de inversión.

2.10 Simulación del riesgo financiero en la inversión

La consideración del riesgo en la evaluación de una propuesta de inversión, se puede definir como el proceso de desarrollar la distribución de probabilidad de algunos de los criterios económicos. Generalmente, las distribuciones de probabilidad que más comúnmente se obtienen en una evaluación, corresponden al valor presente neto y la tasa interna de rentabilidad. Sin embargo, para determinar las distribuciones de probabilidad de estas bases de comparación, se requiere conocer las distribuciones de probabilidad de los elementos inciertos del proyecto como son: la vida, los flujos de efectivos, las tasa de interés, los cambios en la paridad, las tasas de inflación entre otros.⁸

En la evaluación financiera de proyectos de inversión está asociada un riesgo que se explica por la incertidumbre que implica considerar un VAN igual a cero, es decir, que el proyecto es costeable ya que se recuperara solo lo que se

⁸ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

invierte, un VAN mayor que 0, es decir, que el proyecto es rentable y se recuperara la inversión con ganancias y un VAN menor que 0, es decir, que el proyecto no es rentable, sin tener en cuenta otras variables como la TIR la cual tiene que ser mayor que el costo de oportunidad del capital.

La simulación es un sistema sofisticado con bases estadísticas para ocuparse de la incertidumbre reuniendo diferentes componentes de flujos de cajas en un modelo matemático que repitiendo el proceso muchas veces, puede establecerse una distribución de probabilidad de rendimientos de proyectos. El rendimiento de la simulación ofrece una base excelente para tomar decisiones, ya que quien las toma puede considerar una continuidad de alternativas de riesgo - rendimiento en lugar de un punto sencillo estimado.

2.10.1 Definición de simulación

La Simulación es una técnica numérica que se utiliza para realizar experimentos en una computadora digital, a partir de un modelo lógico- matemático que se programa en la computadora y que describe el comportamiento de los componentes del sistema y su interacción en el tiempo.

“La simulación no es más que el uso de un modelo de sistema que tiene la característica deseada de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones reales (...)”⁹

Es una representación de la realidad mediante el empleo de un modelo u otro mecanismo que reaccionará del mismo modo que la realidad bajo una serie de condiciones dadas.

La simulación es muy útil para resolver un problema de negocios en el que no se conocen anticipadamente todos los valores de las variables, o solo se conocen parcialmente, y no hay manera de averiguarlos fácilmente. Consiste en la construcción de cierto tipo de modelo matemático que describe el funcionamiento del sistema en términos de eventos y componentes individuales. Además el sistema se divide en elementos y sus interrelaciones con un comportamiento predecible, por lo menos en términos de una distribución de probabilidades, para cada uno de los posibles estados del sistema y sus insumos.

El directivo financiero, es como un detective, que debe utilizar todas las pistas. La simulación debería ser como una forma más de obtener información sobre los flujos

⁹ Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

esperados y el riesgo. Pero la decisión final de inversión aplica solo una cifra, el valor actual neto.

A dicho directivo no se le dan las distribuciones de los flujos de tesorería, si no los valores actuales netos o la tasa interna rentabilidad. ¿No es mejor una distribución completa de los valores actuales netos que un solo número? pero se verá que éste razonamiento de más es mejor y conduce al director financiero a una trampa.

Los flujos de tesorería de cada iteración del modelo de simulación se convierten en un valor actual neto descontándolos a la tasa libre de riesgo.

El valor actual neto esperado no tiene en cuenta el riesgo. El riesgo se refleja en la dispersión de la distribución del valor actual neto. Así, el término valor actual neto toma un sentido muy diferente al usual. Si un activo tiene un cierto número de posibles valores actuales, tiene poco sentido asociar al valor actual con el precio al que el activo podría venderse en un mercado de capitales competitivo.

Si dos proyectos que no están relacionados se combinan, el riesgo del valor actual neto de los proyectos combinados

será menor que el riesgo medio de los valores actuales netos de los dos proyectos separados.

Esto no sólo va en contra del principio de actividad del valor, sino que también incentiva a los promotores de proyectos marginales a trastocar el sistema presentando propuestas conjuntas.

Es muy difícil interpretar la distribución de los valores actuales netos. Puesto que la tasa libre de riesgo no es el costo de oportunidad del capital, no hay fundamento económico para el proceso de descuento. Dado que la mecánica en su conjunto es arbitraria, a los directivos sólo se les puede decir cómo decidir o que hacer si nunca llega la inspiración.

Algunas de estas dificultades pueden evitarse presentando una distribución de las tasas internas de rentabilidad.

Esto evita la utilización de un tipo de descuento arbitrario a costa de la introducción de los problemas asociados con la tasa interna de rentabilidad. Además, se vuelve a dejar al directivo contemplando la distribución sin una guía referente al equilibrio apropiado entre

rentabilidad esperada y varianzas de la rentabilidad. Sin embargo, se podría utilizar la desviación típica de la tasa interna de rentabilidad como una aproximación del riesgo relativo de proyectos en la misma línea de negocio.

2.10.2 Pasos a seguir para simular un proyecto de inversión.

Los pasos a seguir para simular un proyecto de inversión están muy bien expuestos por Raúl Coss y se corresponden con los definidos por otros autores en sentido general.

La lógica que se debe seguir para simular un proyecto de inversión es la siguiente:

a. Datos de entrada.

- 1) Tasa de impuestos.
- 2) Costo de oportunidad del capital.
- 3) Parámetros del proyecto y sus distribuciones de probabilidad.

b. Generador de variables aleatorias.

- 1) Normal
- 2) Uniforme.
- 3) Exponencial.
- 4) Empírica.

c. Modelo de inversión.

1) Depreciación.

Se calcula en función del tipo de activo y de la actividad industrial en la que son utilizados.

2) Criterios de evaluación

a) Tasa interna de rendimiento.

b) Valor presente neto.

c) Retorno sobre la inversión.

d) Período de recuperación.

d. Distribución de probabilidad del criterio de evaluación seleccionado.

1) Histograma.

2) Histograma acumulativo.

e. Análisis estadístico.

1) Media.

2) Desviación estándar.

3) Rango.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DEL USO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS AISLADOS Y CON INYECCIÓN A LA RED

El siguiente capítulo explica por medio de herramientas como la VAN y la TIR, las cuales facilitan el análisis financiero de cualquier proyecto, verificar la rentabilidad del mismo desde diferentes perspectivas, y bajo diferentes escenarios.

En el primer escenario se hace el análisis para sistemas solares fotovoltaicos aislados, considerando:

1. La Inversión para El Estado salvadoreño como un proyecto social,
2. La inversión para un ciudadano salvadoreño,
3. La inversión en escuelas rurales de sistemas solares fotovoltaicos aislados,

En el segundo escenario se hace el análisis para sistemas solares fotovoltaicos con inyección a la red, considerando:

1. La Inversión para El Estado salvadoreño como un proyecto social.

2. La inversión para un ciudadano salvadoreño sin considerar el ahorro en la factura.

3. La inversión para un ciudadano salvadoreño considerando el ahorro en la factura.

Se presenta cada análisis mencionado anteriormente y la interpretación de sus resultados:

3.1. ANÁLISIS DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS AISLADOS

3.1.1 La inversión para El Estado Salvadoreño como un proyecto social.

Este proyecto indica cuanto le costaría al Estado financiar un proyecto con energía solar aislada.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado. En todos los casos posteriores la tabla de datos será la misma, pero las condiciones en ingresos y costos varían según el tipo de proyecto. Todos los datos de monedas están en dólares.

Tabla 6 costos de instalación

Datos		
Costos	<i>Consumo mensual</i>	250 kwh
	<i>Costo de kwh</i>	0.15
	<i>Gasto mensual</i>	37.5
	<i>Costo promedio de cableado y mampostería por KM</i>	10000
	<i>Costo promedio cableado y mampostería, estimado de 25 casas</i>	400
	<i>Cargo básico/ casa</i>	5
Mantenimiento	<i>Cada 5 años batería</i>	200
	<i>Cada 4 años por focos y cargas</i>	12
Inversión inicial del sistema	Total de costo con instalación	1300

Fuente propia

La tabla de datos anterior muestra que después de consultar a expertos en el tema, algunos de los cuales se han mencionado a lo largo del estudio, quienes instalan sistemas solares fotovoltaicos aislados y con inyección a la red, y considerando por la extensa gama de posibilidades de tamaños de vivienda y necesidades de cargas para el sistema solar fotovoltaico, se han establecido los siguientes supuestos que hacen el estudio delimitado a estos supuestos, en todos los casos siguientes analizados:

Supuesto No.1:

Se ha obtenido un estándar para una casa salvadoreña en zona rural aislada de las siguientes dimensiones: 10mx 20m= 200m². y considerando un número de cargas en la necesidad familiar de 4 focos, un televisor y una cocina eléctrica.

Estos Supuestos se han mantenido en todas las evaluaciones de los Proyectos que se están presentando en este estudio.

Supuesto No.2:

A los costos afectados por el histórico económico en este mercado de la energía eléctrica se les ha castigado con un incremento anual del 3%.

A los ingresos afectados por el histórico económico en este mercado de la energía eléctrica se les ha castigado con un incremento anual del 2%.

Estos incrementos de ingresos y gastos han sido consultados con expertos.

Supuesto No.3:

Para el caso del impuesto sobre la renta se ha considerado el no pago en los flujos, por no entrar en el rango de

dichos impuestos, los ciudadanos que se pretenden beneficiar con este tipo de proyectos, reflejando esto incluso mayores beneficios en el VAN y la TIR de estos proyectos.

Todos los flujos de proyecto presentados, han sido realizados para una vivienda, para facilitar el cálculo. (ver anexo 1).

El flujo de proyecto que se presenta a continuación presenta ingresos, reflejados en ahorros del proyecto, por \$400 por casa, que el Estado deja de invertir al incentivar el uso de sistemas solares fotovoltaicos, este dato se obtiene de dividir el estimado de 25 casas por km, de cableado y mampostería, valorado en \$10,000. El no pagar factura por parte de los ciudadanos no presenta ningún ahorro para el Estado, por ello no se ha considerado en el flujo.

En la parte de costos y gastos, el sistema presenta un mantenimiento de \$200 por cada 5 años de cambio de baterías en el sistema solar fotovoltaico por casa. El costo por cargas es apenas de \$12 por casa cada 4 años y la depreciación de este sistema se ha calculado según los

expertos a 8 años del valor de la inversión inicial, generando un resultado de \$163 por año de depreciación del sistema.

El valor residual sería del 50% de la inversión al finalizar el período de análisis de 15 años, reflejando \$650 (según expertos).

El VAN de esta inversión sería de -\$1043.72, por tanto, este análisis indica que el Estado invierte \$1043.72, por casa con un sistema solar aislado, a una tasa de corte del 10%, según la opinión de expertos en costos de oportunidad de los recursos en este mercado.

Analizando la inversión en energía solar para 5000 casas, la inversión total del Estado sería: \$ 5,218,614.14

Si el estado subsidia un 50% de los Costos del Proyecto a 5000 ciudadanos con los que se ha realizado la proyección de \$ 5,218,614.14, el estado invertiría: \$ 2,609,307.07 y para 5000 casas, entonces subsidiaría \$ 521.86 por casa, si este subsidio lo distribuye en 10 años, sin considerar intereses y alteraciones en el valor del dinero en el tiempo por inflación, estaría subsidiando un valor promedio

de \$52.19 por casa, y obteniendo el resultado por mes sería de: \$4.35 /mes.

Este proyecto de aproximadamente 5 millones, doscientos mil dólares, para 5000 casas con Energía Solar debe visualizarse como un Proyecto Social, el cual solventa en el largo plazo una buena parte de la Crisis Energética actual en la zona rural del país; la inversión inicial no se recupera, obviamente por ser un proyecto social. (ver anexo 1)

3.1.2 La inversión para un ciudadano salvadoreño.

Este proyecto indica cuanto le costaría a un ciudadano financiar un proyecto con energía solar aislada, para su vivienda particular.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado.

Tabla 7 Total costos de proyecto energía aislada para vivienda

Datos	Consumo mensual	250 kwh
Costos	Costo de kwh	0.15
	Gasto mensual	37.5
	Cargo básico/ Casa	5
Mantenimiento	Cada 5 años batería	200
	Cada 4 años por focos y cargas	12
Inversión Inicial del Sistema	Total de costo con instalación	1300

Fuente propia

Las consideraciones y supuestos para el flujo del proyecto son las mismas que para el caso de inversión para el Estado Salvadoreño.

Todos los flujos de proyecto presentados en el anexo 2, han sido realizados para una vivienda, para facilitar el cálculo.

El flujo de proyecto que se presenta a continuación presenta ingresos, reflejados en ahorros del proyecto, por \$510 anuales por factura por casa, que el ciudadano deja de pagar a las distribuidoras por el uso de sistemas solares fotovoltaicos, este dato se obtiene de multiplicar por 12 meses, la suma del: gasto mensual promedio de electricidad más el cargo básico.

En la parte de costos y gastos, el sistema presenta un mantenimiento de \$200 por cada 5 años de cambio de baterías en el sistema solar fotovoltaico por casa. El costo por cargas es apenas de \$12 por casa cada 4 años y la depreciación de este sistema se ha calculado según los expertos a 8 años del valor de la inversión inicial, generando un resultado de \$163 por año de depreciación del sistema.

El valor residual sería del 50% de la inversión al finalizar el período de análisis de 15 años, reflejando \$650.

El VAN de esta inversión sería de \$2877.00, por tanto, este análisis indica que el ciudadano invierte \$1300.00 por casa con un sistema solar aislado, a una tasa de corte del 10%. Esto indica que es un proyecto rentable para un ciudadano.

Analizando la inversión en energía solar para 5000 casas, la inversión total de los 5000 hogares en sistemas aislados sería de: \$6,500,000.00

Si el ciudadano obtiene un VAN de \$2,877.00 en 15 años, por invertir en energía solar, al dividir este rendimiento por los 15 años, en promedio, estaría obteniendo por año: \$191.82 de ahorro anual en gastos de consumo de energía.

La inversión inicial se recupera en 3 años logrando un total de \$1551 en sólo 3 años de los \$1300 de inversión inicial. (Ver anexo 2).

3.1.3 La inversión en escuelas rurales de sistemas solares fotovoltaicos aislados.

Este proyecto indica cuanto le costaría a una escuela financiar un proyecto con energía solar aislada.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado. Todos estos datos de costos y supuestos han sido soportados por expertos en el tema quienes han instalado estos sistemas incluso en escuelas rurales de difícil acceso, para tener el panorama de cuánto se gastaría, en una escuela promedio de dimensiones del terreno de (50m *50m) 250m².

Tabla 8 Consumo estimado para escuela rural

Consumo estimado para suplir escuela rural según especificaciones					
cantidad	Aparato	horas uso	consumo watts	total/hora	Total /watts
20	luces o lámparas	4	20	80	1600
1	equipo sonido	8	100	800	800
16	computadoras	8	200	1600	25600
					28000

Fuente propia

De la tabla anterior se tendrán 28000 watts por día, que al mes podrían ser de aproximadamente 560 kilowatts.

El equipo propuesto del sistema aislado tendría una inversión inicial de \$82,750, es con estos datos que se crea el flujo de efectivo de la inversión en una escuela rural promedio en base a demanda de energía.

Tabla 9 inversión inicial del sistema aislado

Cantidad	Descripción	precio	Total
150	baterías 12v, 100A/h	\$200.00	\$30,000.00
75	panel solar 100w.	\$600.00	\$45,000.00
2	inversor 5000watt	\$1,000.00	\$2,000.00
1	inversor 2500watt	\$750.00	\$750.00
10	regulador de carga	\$250.00	\$2,500.00
1	Instalación	\$2,500.00	\$2,500.00
			\$82,750.00

Fuente propia.

El costo aproximado del kw/hora al mes es de \$0.25, esto significa que la escuela tendría una factura mensual de energía de aprox. \$0.25 /kw por 560 kw/mes que sería el consumo al mes de la escuela igual a \$140.00 / mensual ó \$1,680 por año. Estos \$1,680 por año, sería el ahorro de factura por utilizar energía solar.

Se ha considerado un ahorro de cableado y mampostería de \$5,000 al inicio del proyecto, producto de un estimado del 50% del costo del Estado por toda esta capacidad instalada de electrificación para una comunidad con dimensiones y necesidades similares a la escuela.

En este caso de la escuela rural el mantenimiento es excesivo, aproximadamente de \$400 anuales de mantenimiento. Los costos por cargas se incrementan a \$60 cada 4 años, ya que se ha considerado una necesidad promedio de 20 lámparas o focos por escuela.

La depreciación se ha calculado a 8 años y es la suma de todas las inversiones depreciables del sistema entre ellas: baterías, paneles solares, inversores y reguladores de carga. Se ha considerado también un valor residual del 50% de las inversiones iniciales que son depreciables, reflejando un total de: \$40,125.

El VAN de -\$59,861, indica una pérdida impresionante a un horizonte de 15 años en esta inversión, incrementando el costo la energía para computadores, pero ello es indispensable en una escuela, por ende no se recomendaría

desde la perspectiva financiera la inversión de sistemas solares fotovoltaicos aislados para escuelas rurales.

La inversión inicial por ende no se recupera. Podría ser un proyecto social del Estado, pero necesitaría invertir aproximadamente \$60,000.00 por escuela rural sin acceso a red eléctrica convencional. Ver anexo 3.

3.2. ANÁLISIS DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS CON INYECCIÓN A LA RED

3.2.1 La inversión para El Estado salvadoreño como un proyecto social.

Este proyecto indica cuanto le costaría al Estado financiar un proyecto de energía solar con inyección a la red.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado.

Tabla 10 costos de inversión para El Estado salvadoreño

Datos	Consumo mensual	250 kwh
Costos	Costo de kwh	0.15
	Gasto mensual	37.5
	Costo promedio de cableado y mampostería por KM	10000
	Haciendo un estimado de 25 casas	400
	Cargo básico/ casa	5
Mantenimiento	Cada 5 años batería	200
	Cada 4 años por focos y cargas	12
Inversión Inicial	Total de costo con instalación	1300

Fuente propia

La tabla de datos anterior muestra que después de consultar a expertos en el tema quienes trabajan en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos aislados y con inyección a la red, y considerando por la extensa gama de posibilidades de tamaños de vivienda y necesidades de cargas para el sistema solar fotovoltaico, se ha obtenido un estándar para una casa salvadoreña en zona rural aislada de las siguientes dimensiones: 10mx 20m= 200m². y tomando en cuenta un número de cargas mínimo en la necesidad familiar de 4 focos, un televisor y una cocina eléctrica, se presenta este análisis.

Todos los flujos de proyecto presentados, han sido realizados para una vivienda, para facilitar el cálculo. (ver anexo 4).

El flujo de Proyecto que se presenta a continuación no presenta Ingresos, ya que el Estado debe invertir para incentivar el uso de sistemas solares fotovoltaicos con inyección a la red, el dato de cableado y mampostería pasa a ser un costo en este proyecto, este dato se obtiene de dividir el estimado de 25 casas por km, de cableado y mampostería, valorado en \$10,000. El no pagar factura por parte de los ciudadanos no presenta ningún ahorro para el

Estado, por ello no se ha considerado en el flujo.

En la parte de costos y gastos, el sistema presenta un mantenimiento de \$200 por cada 5 años de cambio de baterías en el sistema solar fotovoltaico por casa. El costo por cargas es apenas de \$12 por casa cada 4 años y la depreciación de este sistema se ha calculado según los expertos a 8 años del valor de la inversión inicial, generando un resultado de \$163 por año de depreciación del sistema.

El valor residual sería del 50% de la inversión al finalizar el período de análisis de 15 años, reflejando \$650.

El VAN de esta inversión sería de -\$1843.72, por tanto, este análisis indica que el estado invierte \$1843.72, por casa con un sistema solar de inyección a la red, a una tasa de corte del 10%.

Analizando la inversión en energía solar para 5000 casas, la inversión total del Estado sería: \$ 9,218,614.14.

Si el estado subsidia un 50% de los costos del proyecto a

5000 ciudadanos con los que se ha realizado la proyección de \$ 9,218,614.14 el estado invertiría: \$ 4,609,307.07, y para 5000 casas, subsidiaría \$ 921.86 por casa, si este subsidio lo distribuye en 10 años, sin considerar intereses y alteraciones en el valor del dinero en el tiempo por inflación, estaría subsidiando \$ 92.19 por casa, y obteniendo el resultado por mes sería de: \$7.68 /mes.

Este proyecto de aproximadamente 9 millones, 200 mil dólares para 5000 casas con energía solar debe visualizarse como un proyecto social, el cual solventa en el largo plazo la crisis energética actual del país, pero genera mayores rendimientos a los ciudadanos quienes perciben los beneficios en el largo plazo, es decir más allá de los 15 años del proyecto de tener una capacidad instalada de inyección en la red de distribución, lo cual contribuiría al desarrollo sostenible de El Salvador y de las futuras generaciones de ciudadanos.

La inversión inicial no se recupera, pues el Estado debe valorar esta inversión como un proyecto social.(ver anexo 4).

3.2.2. La inversión para un ciudadano salvadoreño sin considerar el ahorro en la factura por inyectar energía a la red.

Este proyecto indica cuanto le costaría a un ciudadano financiar un proyecto con energía solar en un sistema de inyección a la red, para su vivienda particular.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado.

Tabla 11 costos de un proyecto con inyección a la red

Datos	Consumo mensual	250 kwh
	Costo de kwh	0.15
	Gasto mensual	37.5
	Cargo básico/ Casa	3
Mantenimiento	Cada 5 años batería	200
	Cada 4 años por focos y cargas	12
Inversión Inicial del Sistema	Total de costo con instalación	1300

Fuente propia

Las consideraciones para el flujo del proyecto son las mismas que para el caso de inversión para el Estado Salvadoreño.

Todos los flujos de proyecto presentados, han sido realizados para una vivienda, para facilitar el cálculo.(ver anexo 5).

El flujo de proyecto que se presenta a continuación presenta ingresos, reflejados en ahorros del proyecto, por \$450 anuales por factura por casa, que el ciudadano deja de pagar a las distribuidoras por el uso de sistemas solares fotovoltaicos, este dato se obtiene de multiplicar por 12 meses, la suma del: gasto mensual promedio de electricidad, aquí no se considera el cargo básico, porque lo seguirá pagando, por estar conectado a la red.

En la parte de costos y gastos, el sistema presenta un mantenimiento de \$400 por cada 5 años de cambio de baterías en el sistema solar fotovoltaico por casa. Los \$400, de mantenimiento del sistema implican la reserva de dos baterías que se adquirirán cada 5 años. El costo por cargas es apenas de \$12 por casa cada 4 años y la depreciación de este sistema se ha calculado según los expertos a 8 años del valor de la inversión inicial, generando un resultado de \$163 por año de depreciación del sistema.

El valor residual sería del 50% de la inversión al

finalizar el período de análisis de 15 años, reflejando \$650.

El VAN de esta inversión sería de \$1500.50, por tanto, este análisis indica que el ciudadano invierte \$1300.00 por casa, con un Sistema Solar de inyección sin ahorro en la factura, a una tasa de corte del 10%, pero aún así la inversión es rentable.

Analizando la inversión en energía solar para 5000 casas, la inversión total de los 5000 hogares en sistemas aislados sería de: \$6,500,000.00

Si el ciudadano obtiene un VAN de \$1,500.50 en 15 años, por invertir en energía solar, al dividir este rendimiento por los 15 años, en promedio, estaría obteniendo por año: \$100.04 de ahorro anual en gastos de consumo de energía.

En este caso se percibe como si el ciudadano gasta más dinero en el sistema de inyección a la red, pero lo que sucede realmente es que no se ha considerado el ahorro a futuro en las facturas producto de una legislación tarifaria por ahorros.

La inversión inicial se recupera en 4 años, reflejando un flujo de efectivo de \$1,533.00 en 4 años en contra de una inversión inicial de \$1,300.00. ver anexo 5

3.2.3. La Inversión para un ciudadano salvadoreño considerando el ahorro en la factura

Este proyecto indica cuanto le costaría a un ciudadano financiar un proyecto con energía solar en un sistema de inyección a la red, para su vivienda particular; considerando que existe una legislación sobre el tema de energía, para devolver al ciudadano un importe equivalente en el siguiente recibo de la energía que ahorra mensualmente y que la inyecta a la red.

Se ha considerado para efectos de análisis y simplicidad un dato promedio conservador de experiencias en Europa, de ahorro mensual de un 25% de inyección a la red, de toda la energía generada y autoconsumida por el sistema.

Se presenta una tabla de datos de costos en dólares y supuestos fundamentales para el análisis presentado.

Tabla 12 costos inyección a la red de un ciudadano salvadoreño

Datos	Consumo mensual	250 kwh
	Costo de kwh	0.15
	Gasto mensual	37.5
	Cargo básico/ Casa	3
Mantenimiento	Cada 5 años batería	200
	Cada 4 años por focos y cargas	12
Inversión Inicial del Sistema	Total de costo con instalación	1300

Fuente propia

Las consideraciones para el flujo del proyecto son las mismas que para el caso de inversión para el Estado Salvadoreño.

Todos los flujos de proyecto presentados, han sido realizados para una vivienda, para facilitar el cálculo. (ver anexo 6).

El flujo de proyecto que se presenta a continuación presenta ingresos, reflejados en ahorros del proyecto, por \$450 anuales por factura por casa, que el ciudadano deja de pagar a las distribuidoras por el uso de sistemas solares

fotovoltaicos, este dato se obtiene de multiplicar por 12 meses, la suma del: gasto mensual promedio de electricidad, aquí no se considera el cargo básico, porque lo seguirá pagando, por estar conectado a la red.

Existe también un ahorro por inyectar energía a la red en el sistema, el cual se ha estimado en un 25% de la factura mensual de energía en gasto promedio.

En la parte de costos y gastos, el sistema presenta un mantenimiento de \$400 por cada 5 años de cambio de baterías en el sistema solar fotovoltaico por casa. Los \$400.00, de mantenimiento del sistema implican la reserva de dos baterías que se adquirirán cada 5 años. El costo por cargas es apenas de \$12 por casa cada 4 años y la depreciación de este sistema se ha calculado según los expertos a 8 años del valor de la inversión inicial, generando un resultado de \$163 por año de depreciación del sistema.

El valor residual sería del 50% de la inversión al finalizar el período de análisis de 15 años, reflejando \$650.

El VAN de esta inversión sería de \$2157.60, por tanto, este

análisis indica que el ciudadano invierte \$1300.00 por casa, con un sistema solar de inyección con ahorro en la factura, a una tasa de corte del 10%. Pero el rendimiento de la inversión es excelente.

Analizando la inversión en energía solar para 5000 casas, la inversión total de los 5000 hogares en sistemas de inyección sería de: \$6,500,000.00

Si el ciudadano obtiene un VAN de \$2157.60 en 15 años, por invertir en energía solar, al dividir este rendimiento por los 15 años, en promedio, estaría obteniendo por año: \$143.84 de ahorro anual en gastos de consumo de energía.

En este caso se percibe como si el ciudadano ahorra más dinero en el sistema de inyección a la red, legislando a nivel de país los ahorros generados por los ciudadanos, proponiendo un porcentaje promedio de 25%, de ahorro mensual, se tendría un ahorro impresionante a futuro en el gasto de energía anual, estos cambios son utópicos en las legislaciones latinoamericanas, caracterizadas por decisiones políticas y no de valor social, en resumen en promedio una sociedad más educada en los temas de la crisis energética, con una legislación transparente, podría lograr

en los ciudadanos más pobres de zonas rurales de difícil acceso a energía un ahorro mensual promedio de hasta \$11.99; lo cual representa el mayor beneficio social de cualquiera de los escenarios analizados y un tema de reducción de la pobreza en los sectores económicos más desprotegidos. El mayor beneficio no está en el VAN, está en el ahorro energético inyectado a la red para que lo utilicen otros ciudadanos.

Por todo lo anterior se concluye el trabajo con la propuesta de un proyecto de largo plazo de sistemas de inyección a la red para zonas rurales de difícil acceso con la inexorable necesidad de la creación de un marco regulatorio de país por la SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones), sobre los ahorros mensuales y beneficios en facturas de ciudadanos que inyectan energía a la red, es decir, que inyectan energía a los hogares de otros ciudadanos, constituyendo todo lo anterior un proyecto social de país.

La inversión inicial se recupera en 3 años, reflejando un flujo de efectivo de \$ 1, 321.00 en 3 años en contra de una inversión inicial de \$1,300.00. (ver anexo 6).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. Los sistemas solares fotovoltaicos representan una temática no explorada en El Salvador, como una alternativa a la crisis energética, se debe incentivar el uso de estos sistemas, por parte de las universidades, empresas, ONG'S y El Estado.

2. Hasta el año 2010, las personas naturales o empresas que han utilizado energía solar en El Salvador, lo hacen porque tienen un alto poder adquisitivo y por su nivel cultural de la sociedad de donde provienen o el contacto que han tenido con esta tecnología, en el caso de empresas lo hacen por necesidad y competitividad empresarial que por el convencimiento de los beneficios de la tecnología.

3. Se ha descubierto que muy pocos ciudadanos evalúan financieramente la rentabilidad de esta inversión, ya que se realiza la inversión con base a la cultura y creencia del Inversor de los beneficios de utilizar energías renovables.

4. Al evaluar financieramente la inversión en sistemas solares fotovoltaicos aislados, para 5000 casas, la inversión total del Estado sería de: \$ 5,218,614.14, para proveer de energía limpia a muchas familias salvadoreñas.

5. El proyecto de promover los sistemas solares fotovoltaicos en casas rurales por parte del estado, promovería el pensamiento de largo plazo de los ciudadanos, la educación en los temas de energía para los mismos y disminuiría la dependencia excesiva del sistema de electrificación dependiente oligopólicamente de las distribuidoras energéticas. Aunque el problema de esto sería la dificultad de despolitizar los temas de energía y analizar esta inversión aproximada de 5 millones, 200 mil dólares con fines netamente sociales y de diversificación de la matriz energética del país.

6. Invertir en energía solar para un sistema aislado desde la perspectiva del ciudadano le permite lograr un VAN de \$2877 en 15 años, lo cual se traduce en \$191.82 de ahorro anual en gastos de consumo de energía.

7. Invertir en energía solar para un sistema aislado de una escuela rural, sería una mala decisión financiera, porque

la inversión inicial promedio es muy alta, aproximadamente \$82,750, producto de la necesidad excesiva de energía por computadoras en las escuelas, sino se consideran las computadoras la inversión sería más atractiva, pero sería ridículo querer invertir en una apuesta tecnológica y reducir la inversión de tecnología en la educación, por ende el resultado del VAN de -\$59,861, es un buen aproximado de lo que un país debería invertir por escuela, El Estado para eliminar la dependencia de las distribuidoras energéticas de las escuelas públicas rurales.

8. Si el Estado evalúa un sistema de inyección a la red, la inversión por casa sería de \$1,700.00, esto reflejaría un aproximado de \$8,500,000.00, para ofrecer esta alternativa energética para 5000 casas. La inversión sería mayor en aproximadamente \$3 millones, en comparación con su equivalente en sistema aislado, producto de la capacidad de cableado y mampostería que se debería invertir, aunque este proyecto generaría beneficios en los ciudadanos ya que ellos tendrían una capacidad de ahorro y generación de energía, para otros ciudadanos, diversificando ampliamente la matriz energética del país. Por ello esta inversión puede analizarse como rentable desde la perspectiva social

del impacto positivo para El Salvador.

9. Si se analiza la inversión en un sistema solar fotovoltaico de inyección a la red, desde la perspectiva de un ciudadano en el área rural, puede generar un VAN de \$1,500.5 en 15 años, esto representaría un ahorro anual de \$100.02 en consumo de energía, lo cual genera un impacto positivo en la canasta básica de los trabajadores rurales.

10. De los modelos analizados se logra un período de recuperación de 3 años en el modelo aislado y de 4 años en el modelo de inyección a la red, en los sistemas solares fotovoltaicos, en resumen se puede ver como una inversión recuperable en largo plazo, pero de gran beneficio social al lograr un empleo masivo de estos sistemas. El más rentable de los dos sistemas sería el aislado puesto que no requiere capacidad instalada de cableado y mampostería.

11. Producto del estudio se concluye que el modelo más rentable desde un punto de vista netamente social, sería el de inyección a la red, con el ahorro incluido en la factura, como consecuencia de inyectarle energía al sistema de distribución, por ejemplo: Si en la factura del siguiente mes se tuviera un ahorro del 25% de la energía

consumida el mes anterior que fue retornada a la red, se tendría una rentabilidad en la inversión de \$2,157.60, lo que representa un ahorro anual del gasto de energía de: \$143.84. En países más desarrollados en donde estos niveles de ahorro pueden llegar hasta un 50% de la energía consumida, la deducción al hogar sería de gran impacto económico, hasta un VAN de \$2,814.70, con un ahorro anual de \$187.65. Aunque parezca ser menos rentable que el sistema aislado el impacto social positivo está en todos los ciudadanos beneficiados en este caso de 5000 casas inyectando a la red energética un 25% más de energía, lo que produciría, menos escasez y más baratos precios a futuro, tanto para los que inyectan energía como para los que la reciben, este sería un gran proyecto.

4.2 Recomendaciones

1. Las universidades, Empresas, ONG'S y el Estado deben unirse en un proyecto de país para promover, fomentar y crear planes financieros o un fondo social para que los ciudadanos puedan acceder a créditos para invertir en proyectos de energías renovables para sus viviendas.
2. Se debe eliminar desde la escuela el estereotipo de que sólo personas con un alto poder adquisitivo y por su nivel

cultural de la sociedad de donde provienen o el contacto que han tenido con estas tecnologías, tienen derecho exclusivo a utilizarlas, cuando en realidad la inversión es factible con un préstamo y su período de recuperación es corto.

3. Se debe trabajar en educación financiera para beneficio de los ciudadanos salvadoreños ya que este estudio ejemplifica casos de perder mucho dinero, el trabajador obrero de zona rural, por no tener un pensamiento de largo plazo en las inversiones, carecer de capacidad de pago y limitado acceso a crédito.

4. Invertir \$ 5,218,614.14, para proveer de energía limpia a 5000 familias salvadoreñas, es un proyecto que genera muchos ganadores, por ello debería analizarse a una magnitud mucho mayor, del orden de 200,000 casas, a partir de esta magnitud se eliminaría la dependencia excesiva de las distribuidoras energéticas.

5. Se deben despolitizar los temas de energía y analizar esta inversión aproximada de 5 millones de dólares con fines netamente sociales y de diversificación de la matriz energética del país. De lo contrario la crisis energética que se avecina al período 2011-2012, puede crear más

pobreza, marginación y menos acceso a educación, entre otros fenómenos. Por ello se debe dar prioridad a la búsqueda de nuevas fuentes de energía.

6. Invertir en energía solar para un sistema aislado es rentable, esta sería la apuesta de corto plazo para el país, con un período de recuperación de la inversión de 3 años.

7. Al evaluar el Estado un sistema de inyección a la red, esta inversión puede analizarse como rentable desde la perspectiva social del impacto positivo para El Salvador, siendo los ciudadanos los primeros beneficiados de no depender de las distribuidoras energéticas. Este sería un escenario que libera el poder de mercado de los oligopolios de energía en el país, por ende se reduce el impacto de la crisis financiera y energética.

8. Se debe enfocar la prioridad en reducir el gasto de energía eléctrica de las familias más desposeídas de la zona rural, con el objetivo de mejorar su canasta básica.

9. De los modelos analizados se logra un período de recuperación de 4 años sobre la inversión inicial, en el

sistema de inyección a la red de sistemas solares fotovoltaicos, podría proponerse un subsidio del estado del 50% de esta inversión para recuperarla en un horizonte de dos años, lo cual haría factible, el incremento de ciudadanos utilizando estos sistemas.

10. El modelo propuesto por esta investigación de sistemas solares fotovoltaicos con ahorro incluido en la factura, como consecuencia de inyectarle energía al sistema de distribución, no podría ser factible en un país como El Salvador en el corto plazo, debido al elevado componente político del mercado energético, convirtiéndose en un juego de más allá de poder de mercado a poder en toma de decisiones de país no sólo por parte de las generadoras eléctricas, sino también de las distribuidoras, actores y entidades, más interesados en incrementar impresionantemente sus utilidades y flujos de efectivo en corto plazo, sin ningún interés de crear valor social en largo plazo, asimismo se percibe un estado débil, probablemente condicionado al elevado poder de las generadoras y distribuidoras eléctricas, y una superintendencia que hace muy bien su papel de apenas observar el juego oligopólico. Este modelo como referente de país se puede observar muy bien creando valor social en

países desarrollados como Canadá. El propósito sería crear este sentido de urgencia a 10 años plazo, es decir, un largo plazo en El Salvador.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ariaza, F.J. simulación y toma de decisiones, editorial universal, España, (1997).

2. Ketelhonn, Marin y Montiel, análisis de inversiones estratégicas, editorial norma, México, (2004).

3. B. Van Campen, D. Guidi y G. Best, energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenible, editorial Cervantes, España, (2007).

4. M. Coopens, manual de energía solar fotovoltaica, editorial clásica, Costa Rica, (2006).

5. J. Archila, instalación solar fotovoltaica conectada a la red, editorial clásica, México, (2009).

-Página web consultada en octubre de 2010 sobre inversiones en Energía Solar Fotovoltaica:

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/El_Salvador_30_millones_para_energia_solar_en_hoteleria

-Página web consultada en octubre de 2010 sobre inversiones en Energía Solar Fotovoltaica:

<http://www.laprensagrafica.com/economia/nacional/139403--estudio-reafirma-alto-potencial-solar.html>

- Página web consultada en octubre de 2010, Empresa Fotona de España:

<http://www.fotona.es/newgestor/uploads/proyecto.pdf>

- Página web consultada en octubre de 2010, Empresa Fotona de España:

[http://www.fotona.es/newgestor/esp/parques/la pedrera i - 100 operativa.html](http://www.fotona.es/newgestor/esp/parques/la_pedrera_i_-_100_operativa.html)

ANEXOS

ANEXO 1

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos																
Ahorros del Proyecto	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factura		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos y Gastos																
Mantenimiento del Sistema		0	0	0	0	200	0	0	0	0	200	0	0	0	0	200
Costo por Cargas		0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
Depreciación		163	163	163	162.5	162.5	162.5	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Total de Costos y Gastos		163	167	167	179.7	373.38	167.38	167	180	0	206	0	12	0	0	218
Utilidad Antes de Impuestos		-163	-167	-167	-180	-373.4	-167.4	-167	-180	0	-206	0	-12	0	0	-218
Impuesto sobre la Renta		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta		-163	-167	-167	-180	-373.4	-167.4	-167	-180	0	-206	0	-12	0	0	-218
Depreciación		163	163	163	162.5	162.5	162.5	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Operación		0	-4.88	-4.88	-17.2	-210.9	-4.875	-4.9	-17.2	0	-206	0	-12	0	0	-218
VALOR RESIDUAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Inversión Inicial	-1300															
Flujo del Proyecto	-900	0	-4.88	-4.88	-17.2	-210.9	-4.875	-4.9	-17.2	0	-206	0	-12	0	0	432

Tasa de Corte	10%
VAN	(1,043.72)

ANEXO 2

AÑOS	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos																
Ahorros del Proyecto (Factura)		510	520	531	541	552	563	574	586	598	609	622	634	647	660	673
Costos y Gastos																
Mantenimiento del Sistema		0	0	0	0	200	0	0	0	0	200	0	0	0	0	200
Costo por Cargas		0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Total de Costos y Gastos		163	167	167	180	373	167	167	180	0	206	0	12	0	0	218
Utilidad Antes de Impuestos																
Utilidad Antes de Impuestos		348	353	363	361	179	396	407	406	598	403	622	622	647	660	455
Impuesto sobre la Renta		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta		348	353	363	361	179	396	407	406	598	403	622	622	647	660	455
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Operación		510	515	526	524	341	558	569	569	598	403	622	622	647	660	455
VALOR RESIDUAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Inversión Inicial	-1300															
Flujo del Proyecto	-1300	510	515	526	524	341	558	569	569	598	403	622	622	647	660	1105

Tasa de Corte	10%
VAN	2877
TIR	39%

ANEXO 3

AÑOS	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ingresos																	
Ahorros del Proyecto (Factura)		1680	1714	1748	1783	1818	1855	1892	1930	1968	2008	2048	2089	2131	2173	2217	
Ahorro de Cableado y Mampost		5000															
Costos y Gastos																	
Mantenimiento del Sistema		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Costo por Cargas		0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	60	
Depreciación		10031	10031	10031	10031	10031	10031	10031	10031	0	0	0	0	0	0	0	
Total de Costos y Gastos		10431	10744	10744	10806	10744	10744	10744	10806	412	412	412	474	412	412	474	
Utilidad Antes de Impuestos		-3751	-9031	-8996	-9023	-8926	-8889	-8852	-8876	1556	1596	1636	1615	1719	1761	1743	
Impuesto sobre la Renta		0	0	0	0	0	0	0	0	389	399	409	404	430	440	436	
Utilidad Neta		-3751	-9031	-8996	-9023	-8926	-8889	-8852	-8876	1167	1197	1227	1211	1289	1321	1307	
Depreciación		10031	10031	10031	10031	10031	10031	10031	10031	0	0	0	0	0	0	0	
Flujo de Operación		6280	1001	1035	1008	1106	1142	1179	1155	1167	1197	1227	1211	1289	1321	1307	
VALOR RESIDUAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40125	
Inversión Inicial		-82750															
Flujo del Proyecto		-82750	6280	1001	1035	1008	1106	1142	1179	1155	1167	1197	1227	1211	1289	1321	41432

Tasa de Corte	10%
VAN	-59861
TIR	-2%

ANEXO 4

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos																
Ahorros del Proyecto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorros del Proyecto (Factura)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos y Gastos																
Mantenimiento del Sistema		0	0	0	0	200	0	0	0	0	200	0	0	0	0	200
Costo por Cargas		0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Costo de Cableado y Mamposte	-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de Costos y Gastos		163	167	167	180	373	167	167	180	0	206	0	12	0	0	218
Utilidad Antes de Impuestos		-163	-167	-167	-180	-373	-167	-167	-180	0	-206	0	-12	0	0	-218
Impuesto sobre la Renta		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta		-163	-167	-167	-180	-373	-167	-167	-180	0	-206	0	-12	0	0	-218
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Operación		0	-5	-5	-17	-211	-5	-5	-17	0	-206	0	-12	0	0	-218
VALOR RESIDUAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Inversión Inicial	-1300															
Flujo del Proyecto	-1700	0	-5	-5	-17	-211	-5	-5	-17	0	-206	0	-12	0	0	432

Tasa de Corte	10%
VAN	(1,843.72)

ANEXO 5

ANOS	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos																
Ahorros del Proyecto (Factura)		450	459	468	478	487	497	507	517	527	538	549	560	571	582	594
Costos y Gastos																
Mantenimiento del Sistema		0	0	0	0	400	0	0	0	0	400	0	0	0	0	400
Costo por Cargas		0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Total de Costos y Gastos		163	167	167	180	579	167	167	180	0	412	0	12	0	0	424
Utilidad Antes de Impuestos																
Utilidad Antes de Impuestos		288	292	301	298	-92	329	339	337	527	126	549	547	571	582	169
Impuesto sobre la Renta		72	73	75	74	0	82	85	84	132	31	137	137	143	146	42
Utilidad Neta		216	219	226	223	-92	247	255	253	395	94	411	410	428	437	127
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Operación		378	381	388	386	70	410	417	415	395	94	411	410	428	437	127
VALOR RESIDUAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Inversión Inicial	-1300.0															
Flujo del Proyecto	-1300.0	378	381	388	386	70	410	417	415	395	94	411	410	428	437	777

Tasa de Corte	10%
VAN	1500.5
TIR	27%

ANEXO 6

ANOS	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos																
Ahorros del Proyecto (Factura)		450	459	468	478	487	497	507	517	527	538	549	560	571	582	594
Ahorro por Inyectar Energia (25% de		0	115	117	119	122	124	127	129	132	134	137	140	143	146	148
Costos y Gastos																
Mantenimiento del Sistema		0	0	0	0	400	0	0	0	0	400	0	0	0	0	400
Costo por Cargas		0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Total de Costos y Gastos		163	167	167	180	579	167	167	180	0	412	0	12	0	0	424
Utilidad Antes de Impuestos																
Utilidad Antes de Impuestos		288	406	418	417	29	454	466	466	659	260	686	687	713	728	318
Impuesto sobre la Renta		72	102	104	104	0	113	117	117	165	65	171	172	178	182	79
Utilidad Neta		216	305	313	313	29	340	350	350	494	195	514	515	535	546	238
Depreciación		163	163	163	163	163	163	163	163	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Operación		378	467	476	475	192	503	512	512	494	195	514	515	535	546	238
VALOR RESIDUAL		0	650													
Inversión Inicial	-1300															
Flujo del Proyecto	-1300	378	467	476	475	192	503	512	512	494	195	514	515	535	546	888

Tasa de Corte	10%
VAN	2157.6
TIR	33%