

UNIVERSIDAD “MAYOR DE SAN ANDRÉS”

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

CARRERA DE ECONOMÍA



TESIS DE GRADO

“IMPACTO POTENCIAL DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA ECONOMÍA BOLIVIANA”

POSTULANTE : RUBEN EMILIO CALLE ILLANES

TUTOR : LIC. PASTOR YANGUAS NAVARRO

RELATOR : ING. RUBEN JUAN ROCHA AGUILAR

La Paz - Bolivia

2021

DEDICATORIA

Dedicado a mis seres queridos.

Mi querida esposa Erika Clariza Nina Guarachi e hijo Zaid Calle Nina quienes fueron fuente de inspiración para la lucha y constante superación. A dos personas sagradas que iluminaron la vida mía con afecto y abnegación: mi madre Felisa Illanes Fabiani y mi padre Simón Calle Ramos. Así mismo, hago extensivo a los hermanos míos Adela, Jorge, Elizabeth y Javier. Como también a todos mis Sobrinos

AGRADECIMIENTOS

Elevo mi más profundo agradecimiento a Dios todo poderoso por su infinita bondad al brindarme capacidad e inteligencia para cumplir esta meta académica, como otras virtudes que me permitirán triunfar en la vida.

Expreso de manera más atenta mi profundo agradecimiento al Lic. Pastor Yanguas Navarro como Docente Tutor, por sus valiosos aportes académicos con alta experiencia en el tema, quien mostró amplia predisposición y apoyo desprendido para enriquecer y concluir mi trabajo.

Hago extensivo los agradecimientos al Ing. Ruben Juan Rocha Aguilar como Docente Relator, por sus valiosas sugerencias académicas que significaron aportes muy significativos en beneficio del nuevo conocimiento presentado.

RESUMEN

IMPACTO POTENCIAL DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA ECONOMÍA BOLIVIANA

En la presente Tesis de investigación de tipo descriptiva causal, abarca el sector energético del país y sus efectos en el departamento de Pando, pretende contribuir al conocimiento de los efectos económicos del uso de energías renovables entendidas éstas como una opción sostenible y técnicamente viable de producir energía y que en los últimos años ha cobrado especial relevancia en el modelo energético de Bolivia.

En el primer capítulo se describe la implementación del uso de energías renovables, haciendo énfasis a la energía renovable. Se plantea la problemática, se establece los objetivos generales y los objetivos específicos de la presente tesis si como la justificación y la metodología de investigación el segundo capítulo refiere al marco teórico la importancia que tiene para la implementación de los paneles solares como factor de crecimiento económico en el tercer capítulo marco normativo presenta las normativas que enmarca para su implementación en Bolivia, cuarto capítulo marco referencial presenta la oferta y la demanda de los sistemas fotovoltaicos (paneles solares) en el quinto capítulo marco practico se demuestra la implementación de la energía solar en Bolivia se presenta el modelo se describen las variables se comprueba la hipótesis en el sexto y último capítulo se presenta las conclusiones que se llegaron con la investigación. Se responde al objetivo general y específico de la tesis y se ensucia las recomendaciones para su implementación de los sistemas fotovoltaicos – paneles solares en Bolivia.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.2. HIPÓTESIS	5
1.2.1. Determinación de variables.....	5
1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1 Ámbito geográfico	6
1.4.2 Ámbito temporal	6
1.5. JUSTIFICACIÓN	6
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.6.1. Área de investigación.....	8
1.6.2. Nivel de investigación	8
1.6.3. Tipo de investigación	8
1.6.4 Unidad de estudio y decisión muestral.....	9
1.6.5. Selección de técnicas para la recolección de la información	9
1.6.5.1 Técnica: Revisión Documental.....	9
1.6.5.2 Procesamiento de la información	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.....	11
2.1 EL CRECIMIENTO ECONÓMICO	11
2.1.1 Definición	11
2.1.2 Factores de Crecimiento Económico	12
2.1.3 Producto Interno Bruto (PIB).....	14
2.1.4 Producto Interno Bruto per Cápita	15
2.2. INVERSIÓN COMO FACTOR DE CRECIMIENTO	15

2.2.1	Inversión Pública	15
2.2.2	Inversión Privada.....	16
2.2.3	La teoría keynesiana de la inversión	16
2.3	LA ENERGÍA COMO GENERADOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO	28
2.3.1	Concepto de energía	28
2.3.2	La energía eléctrica.....	29
2.3.3	Producción de energía eléctrica	30
2.4	ENERGÍAS RENOVABLES O ALTERNATIVAS	31
2.4.1	Antecedentes.....	31
2.4.2	Fuentes de energía	32
2.4.3	Las energías no renovables	33
2.4.4.	Energías renovables	35
2.5.	LA ENERGÍA SOLAR	37
2.5.1	Reseña histórica de tecnologías de captación solar y sus aplicaciones.....	37
2.5.2.	Aplicaciones en la actualidad.....	38
2.5.3	Los sistemas fotovoltaicos.....	40
2.5.4	Estado de la tecnología disponible	44
2.5.5	Electrificación rural mediante sistema de energía solar fotovoltaico	44
2.5.6	Barreras para la introducción	47
2.6	CONTRIBUCION SOCIAL Y ECONÓMICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	48
2.6.1	Contribución al Producto Interior Bruto	49
2.6.2	Contribución a la creación de empleo	51
2.6.3	Contribución al sistema fiscal.....	53
2.6.4	Contribución a la reducción de emisiones a la atmósfera	54
CAPÍTULO III.....		57
MARCO LEGAL		57
3.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO	57
3.2	LEY 300, LEY DE 15 DE OCTUBRE DE 2012. LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN	59
3.3	EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO	60
3.4	PLAN DE UNIVERSALIZACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD 2011-2025	60

3.5	DECRETO SUPREMO N° 2048 DEL 2 DE JULIO DE 2014	63
3.6	DECRETO SUPREMO N° 2399, 10 DE JUNIO DE 2015	64
3.7	OTRAS NORMAS	67
CAPÍTULO IV		70
MARCO REFERENCIAL		70
4.1	LA OFERTA Y DEMANDA DE ENERGÍA EN BOLIVIA	70
4.1.1	La oferta de energía eléctrica en Bolivia	70
4.1.2	Demanda de energía eléctrica en Bolivia	72
4.2	LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	73
4.3	POTENCIAL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PAÍS	78
CAPÍTULO V		81
MARCO PRÁCTICO		81
5.1	LA SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN BOLIVIA	81
5.1.1	Potencial de energía solar	81
5.2	PROGRAMAS Y PROYECTOS CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS (2006-2015)	86
5.2.1.	Proyectos del PEVD – Programa Electricidad para Vivir con Dignidad	87
5.2.2	Proyecto IDTR	89
5.2.3	Proyecto GPOBA	89
5.2.4	Programa EUROSOLAR	90
5.2.5	Política de Energías Alternativas para el sector eléctrico	90
5.2.6	Programa Electricidad para Vivir con Dignidad	92
5.3	PROYECTOS CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL SIN, DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA AL 2025	92
5.3.1	Potencial generador de energía eléctrica de las fuentes de energía alternativas	92
5.3.2	Proyecto de Generación Híbrida El Espino	94
5.3.3	Proyecto de Generación Híbrida Cobija	94
5.3.4	Proyecto Sistemas Aislados Beni-Pando al 2025	96
5.3.5	Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 en hogares	96
5.4	COSTOS E INVERSIÓN REQUERIDA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS	99

5.4.1	Costo por tipo de fuente	100
5.4.2	Inversión requerida para proyectos en el SIN	101
5.4.3	Inversión requerida para proyectos en los SA.....	102
5.4.4	Inversión total requerida al 2025.....	104
5.5	IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE PANDO	105
5.5.1	Antecedentes en relación a la implementación de sistemas fotovoltaicos .	105
5.5.2	El costo de energía eléctrica e inversión en sistemas fotovoltaicos.....	107
5.6	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	109
5.6.1	Descripción de las variables.....	109
5.6.2	Especificación y estimación del modelo.....	110
5.6.3	Regresión.....	110
5.3.4	Test de los residuos.....	112
CAPÍTULO VII		114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		114
7.1	CONCLUSIONES	114
7.1.1	Conclusiones respecto a los objetivos específicos	114
7.1.2	Conclusiones respecto a la hipótesis	118
7.1.3	Conclusiones respecto al objetivo general	120
7.2	RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA:		121
ANEXOS		123

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes

Las energías renovables son una opción sostenible y técnicamente viable para producir energía y aportan una parte significativa de la producción eléctrica en varios países.

El importante y acelerado desarrollo tecnológico ha permitido reducir sus costes y ha favorecido su expansión a una escala impensable hace tan solo quince años; y sus perspectivas de crecimiento son muy favorables. En este contexto, es necesario avanzar hacia un mejor conocimiento de los efectos económicos y sociales vinculados al crecimiento de las energías renovables en un territorio determinado. La literatura académica se ha centrado principalmente en aspectos técnicos relacionados con su integración en el sistema eléctrico, pero sus impactos económicos han sido aún poco analizados.

La importancia de las energías renovables como fuente energética es una realidad creciente a nivel mundial. En el año 2012, según los datos publicados por Eurostat, la energía procedente de fuentes renovables representó el 14,1% del consumo bruto final de energía en la Europa de los 28 (porcentaje situado en 8,3% en 2004). Por países los mayores porcentajes de consumo energético procedente de renovables los ostentan Suecia (51,0%) Letonia (35,8%), Finlandia (34,3%) y Austria (32,1%) y los más bajos Malta (1,4%), Luxemburgo (3,1%), Reino Unido (4,2%) y los Países Bajos (4,5%).¹

¹ GREENPEACE. (2014). El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030. Edit. Abay Analistas Económicos y Sociales. España.

Pero, además del importante potencial de las energías renovables como fuente energética sostenible, diversos estudios han constatado la relación entre su consumo y el crecimiento económico. Tal y como recoge la literatura internacional especializada (Inglesi-Lotz, R., 2013; Silva, S. et al, 2011, etc.), en los últimos años han proliferado los estudios que analizan si existe una relación de causalidad entre ambas variables. Algunos de los informes más recientes alcanzan, entre otras, las siguientes conclusiones²:

- En el año 2008 Chien y Hu analizan los efectos de las energías renovables en el PIB de 116 economías para el año 2003. Utilizando un modelo de ecuaciones estructurales en el que los autores desagregaban el PIB utilizando la “aproximación del gasto”, el estudio concluye que las energías renovables tienen un efecto indirecto positivo sobre el PIB debido al incremento de la formación de capital. Sin embargo, estos autores también señalan en su informe que las energías renovables no tienen efecto positivo sobre la balanza comercial.
- En 2009, el estudio realizado por P. Sadorsky, en el que se utilizan técnicas de cointegración con datos de panel para 18 economías emergentes, concluye que existe una relación positiva entre el ingreso real per cápita de un país y el consumo per cápita de energía renovable. Sin embargo, el estudio no demuestra una relación bidireccional entre estas dos variables.
- En el año 2010 el estudio realizado por N. Apergis y J.E. Payne utilizando datos de panel para el periodo de tiempo comprendido entre 1985 y 2005 para 20 países de la OCDE encuentra una relación positiva entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico. En este estudio, los autores constatan que un aumento del 1% en el consumo de energía renovable se traduce en un incremento del 0,76% en el PIB nacional. Además, las renovables también afectarían indirectamente al PIB de los

² AVENDAÑO et al. (2015). Percepción del impacto social, ambiental y económico del uso de la energía renovable en zonas rurales de Ecuador. Universidad de Málaga. Pág. 4.

países analizados a través de la formación de capital. En este caso, usando el test de causalidad de Granger se demuestra que la relación entre ambas variables es bidireccional, tanto a corto como a largo plazo.

- En esta línea, el estudio realizado por Tugcu et al. en 2012 analiza la relación entre energías renovables y no renovables y el crecimiento económico de los países pertenecientes al G7, concluyendo que existe una relación causal entre ambas variables (energías renovables y crecimiento económico).

Por otro lado, son varios los estudios que demuestran la relación positiva entre la apuesta por un incremento de las energías renovables y un aumento proporcional de la demanda de empleos, directos e indirectos, relacionados con este sector (André et al., REN-21, 2011; Agencia Internacional de la Energía (AIE), 2010; etc.). A nivel internacional, en el año 2008 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2008), cifraba el número de empleos relacionados (directa o indirectamente) con las energías renovables en 2,3 millones de puestos de trabajo, aproximadamente. Más recientemente, en el año 2011, un informe realizado por la Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA) estimaba un crecimiento bruto constante del empleo relacionado con el sector eléctrico renovable y con el biogás, pasando de 1,3 millones de puestos de trabajo en 2004 a 3,5 millones en 2010 a nivel mundial³.

En Bolivia, en la actualidad las energías alternativas participan con el 1% en la matriz energética, donde la generación de las termoeléctricas tiene el 69% y las hidroeléctricas el 30%. De acuerdo a información del Ministerio de Hidrocarburos, en Bolivia, entre 1985 y 2009, no había ninguna planta de generación con fuentes de energías renovables y alternativas. Entre 2010 y 2015 se desarrollaron 35,5 MW de potencia, de los cuales 27,5 MW son generados en los ingenios azucareros Unagro y Guabirá; 3 MW en el parque eólico Qollpana, en Cochabamba, y 5 MW en la planta solar Cobija, en Pando.

³ AVENDAÑO et al. Op cit. pág. 5.

Según el Plan de Desarrollo Económico y Social 2016-2020, en el país se generará un total de 451 MW en una veintena de proyectos de energía eólica, de biomasa, solar y geotérmica.

En la actualidad la potencia de energía llega a un promedio de 1.825 MW y la demanda se sitúa en 1.399 MW, según datos del Comité Nacional de Despacho de Carga.

Por tanto, cabe hacer el análisis de cuál es el efecto potencial del uso de energías renovables en la economía del país, delimitando la investigación al ámbito de la energía solar, considerando los avances que se están haciendo en este campo en los últimos años.

1.1.2. Formulación del problema

De acuerdo a los anteriores antecedentes se formula el problema de investigación de la siguiente manera:

¿Cuál es el impacto del uso de la energía solar, en la economía boliviana a partir de la inversión en Sistemas Fotovoltaicos durante las gestiones 2005 – 2016?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Determinar si el incremento en el uso de la energía solar a partir de una mayor inversión en el período 2005 – 2016, permitirá impactos socioeconómicos positivos en las regiones de implementación.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las características de la energía solar como energía renovable alternativa y su viabilidad en el país.
- Conocer las inversiones realizadas en el país durante las gestiones 2005 – 2016 en energía solar.
- Analizar el actual nivel de consumo de energía solar en las regiones de implementación y su potencial incremento.
- Estimar el impacto potencial ante un incremento del consumo de energía solar en el ámbito económico familiar.

1.2. HIPÓTESIS

El incremento en el uso de la energía solar a partir de una mayor inversión en el período 2005 – 2016, permite un efecto económico positivo en las regiones de implementación. Caso departamento de Pando.

1.2.1. Determinación de variables

1.2.1.1. Variable independiente

X: El incremento en el uso de la energía solar.

1.2.1.2. Variable dependiente

Y: Impactos socioeconómicos positivos en las regiones de implementación.

1.2.1.3 Variable interviniente

Z: Inversión en el período 2005 – 2016

1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Ámbito geográfico

La investigación se llevó a cabo en el departamento de La Paz, sin embargo, el relevamiento de datos y el análisis realizado ha tenido alcance nacional, pero también regional cuando se hace referencia al desarrollo de proyectos en el departamento de Pando.

1.4.2 Ámbito temporal

La investigación es de tipo longitudinal, pues abarca un período de tiempo comprendido entre los años 2005 – 2016, para relacionar el efecto de la inversión en energía solar, el efecto en el consumo de energía renovable y su impacto en las relaciones sociales y económicas.

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1 Justificación teórica

La presente Tesis se fundamenta a partir de criterios teóricos y conceptuales que son aplicados en el ámbito nacional, principalmente cuando éstos están referidos al ámbito del desarrollo de fuentes energéticas alternativas, los sistemas fotovoltaicos y los impactos socioeconómicos que ello implica.

1.5.2 Justificación social

Es importante la realización de la presente investigación ya que en los tiempos actuales una de las más grandes preocupaciones para la población mundial es el cambio climático como efecto de la utilización de combustibles fósiles y otros factores que dañan el medio ambiente.

Energía y cambio climático están íntimamente relacionados. Para evitar un cambio climático de muy graves consecuencias es imprescindible cambiar el actual modelo energético para hacerlo sostenible y esto implica erradicar las fuentes de energía más contaminantes y peligrosas, así como acabar con el derroche de energía. Pero es necesario saber si eso es posible, si existen soluciones para satisfacer las necesidades energéticas dentro de los límites de sostenibilidad del planeta, si es posible ponerlas en marcha con la urgencia que se requiere y cuál sería el coste de hacerlo (y de no hacerlo).

1.5.3 Justificación económica

La investigación a realizar pretende contribuir al conocimiento de los efectos económicos del uso de energías renovables entendidas éstas como una opción sostenible y técnicamente viable de producir energía y que en los últimos años ha cobrado especial relevancia en el modelo energético de Bolivia.

En este contexto, es necesario avanzar hacia un mejor conocimiento de los efectos económicos vinculados al crecimiento de las energías renovables en un territorio determinado, para de ese modo comprobar los beneficios en el conjunto de la economía nacional.

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Área de investigación

El área de investigación implica la selección de un campo de trabajo, de la especialidad o problemática. En la presente Tesis el área de investigación abarca el sector energético del país y sus efectos en el departamento de Pando.

1.6.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es el teórico aplicado tomando en cuenta que lo que se pretende es aplicar la teoría en el análisis de los hechos prácticos expresados a través del comportamiento económico.

1.6.3. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva causal. “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar”⁴ .

Por su parte, la investigación causal es un tipo de investigación concluyente que tiene como principal prioridad obtener evidencia de la relación causa y efecto de un fenómeno.

Este tipo de investigación permite al investigador identificar cuáles de las variables son causas o variables independientes, o aquellos factores que serán manipulados para causar efectos. Entender cuáles de las variables son efectos o variables dependientes, o aquellos factores que serán medidos para comparar los cambios en los efectos. En la presente investigación la variable independiente está referida

⁴ Hernández Roberto et al. (1998). Metodología de Investigación. Edit. McGraw-Hill. México. pág. 60.

al uso de la energía solar como parte de las energías renovables, mientras que la variable dependiente está referida al comportamiento económico familiar como efecto de la inversión y utilización de la energía solar.

1.6.4 Unidad de estudio y decisión muestral

En el caso de la presente Tesis se realizará una investigación documental en base a datos estadísticos por lo cual no se requerirá de una muestra.

1.6.5. Selección de técnicas para la recolección de la información

1.6.5.1 Técnica: Revisión Documental

La técnica de relevamiento de información será concretamente la revisión documental, a través de la cual se recabarán datos estadísticos y referenciales relacionados con el tema de estudio.

Al respecto se debe señalar que la revisión documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, F. 1999, p. 34).

La información recabada en la presente Tesis, está referida a series de datos de las inversiones realizadas en el ámbito de las energías renovables en el país específicamente en cuanto a la energía solar, sus alcances en relación a la cantidad de familias beneficiadas, sus costos de utilización y beneficios económicos entre otros aspectos. También se investigará acerca de la relación de este tipo de energía con el crecimiento económico.

1.6.5.2 Procesamiento de la información

La información estadística a recabar será sistematizada en tablas y gráficas descriptivas, para posteriormente proceder con el análisis respectivo. La información será clasificada en función a las variables de estudio, vale decir, inversión en energía solar y crecimiento económico. Posteriormente, se hará una relación de las variables para medir la incidencia de la variable independiente sobre la variable dependiente. Con base a este análisis se puede verificar la hipótesis formulada inicialmente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1 EL CRECIMIENTO ECONÓMICO

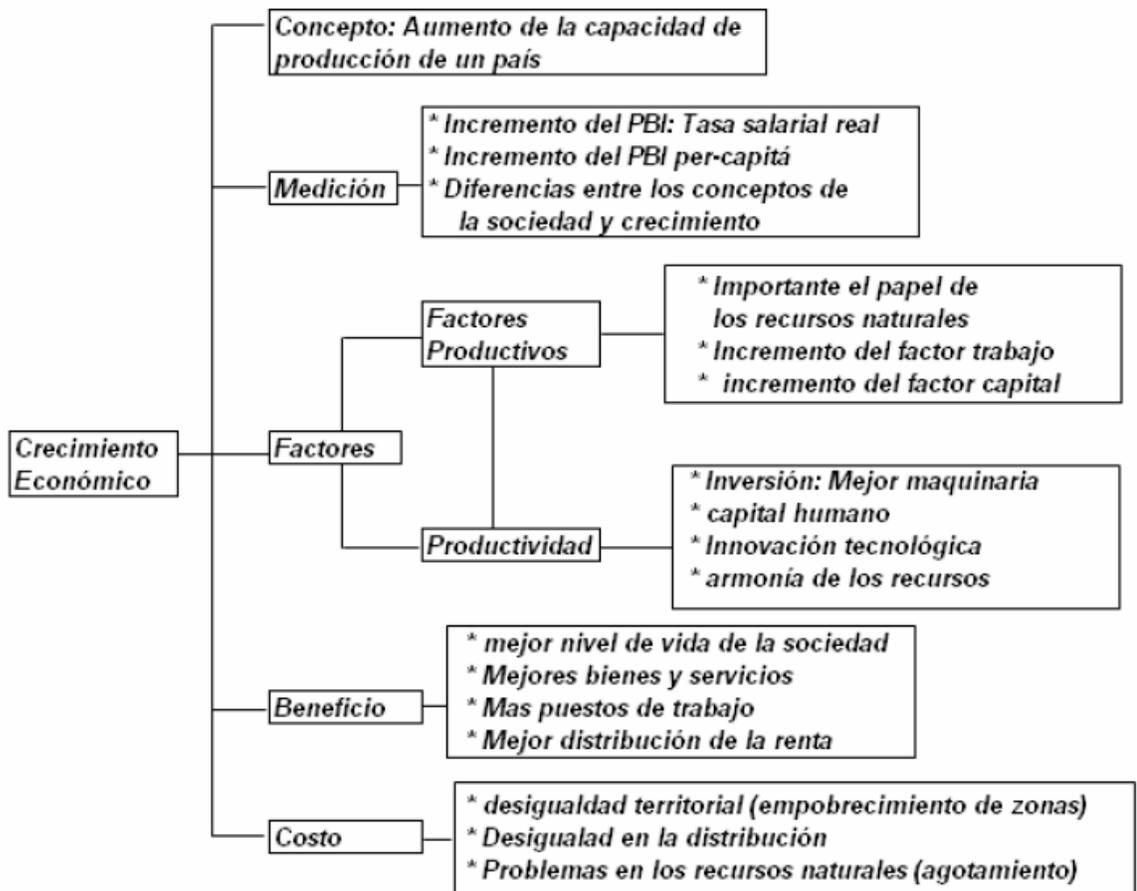
2.1.1 Definición

“El crecimiento económico es un fenómeno complejo en el que, mediante la acumulación de más y mejores factores productivos y de su utilización mediante técnicas cada vez más productivas, las economías son capaces de generar una mayor cantidad de bienes y servicios. Se trata además de un proceso dinámico que entraña un cambio continuo en la estructura sectorial. De hecho, este último podría ser considerado como uno de los hechos estilizados del crecimiento” (Larraín y Sachs, 2004, p. 17).

El crecimiento económico es el aumento sostenido del producto en una economía. Usualmente se mide como el aumento del Producto Interno Bruto (PIB) real en un período de varios años o décadas. Si hay crecimiento económico en un país quiere decir que han mejorado las condiciones de vida del individuo promedio, es por esto que para muchos economistas a resultado de gran interés este tema (Larraín y Sachs, 2004).

Actualmente es común escuchar de crecimiento económico, sin embargo es un concepto relativamente reciente. El crecimiento económico sostenido se ha dado en los últimos siglos antes el crecimiento fue nulo o muy bajo. La tasa media de crecimiento de los países industrializados durante el siglo XX fue superior a la del siglo XIX, y la de este mayor que la del siglo XVIII. Aunque es importante mencionar que el crecimiento no se ha dato de manera equitativa en todos los países (Romer, 2006, p.24).

El crecimiento no es espontaneo, sino es el resultado de la combinación de los componentes del crecimiento y de la política económica que el gobierno aplica. Esto quiere decir que un nivel de crecimiento elevado mejora el bienestar de la población de un país.



Fuente: Antunez, 2009, p. 14.

2.1.2 Factores de Crecimiento Económico

Existen diversos factores que pueden afectar el crecimiento económico de un país. Los modelos que se presentan en este libro utilizan estos factores para explicar

el crecimiento económico como son: trabajo, capital, capital humano, recursos naturales, avances tecnológicos.

2.1.2.1 Recursos naturales

Imaginemos un país que presenta mayores recursos naturales que otro país y puede producir más bienes y servicios. Supongamos que estos dos países están expresados por, “I” y “II” se sabe que presentan similitudes en casi todos sus ámbitos. Sin embargo, I posee mayores recursos naturales en su país que II. Es más probable que “I” tenga un mayor crecimiento económico que el otro país “I” (Antunez, 2009, p. 15).

2.1.2.2 Mano de Obra

Cuando existe más mano de obra (productiva), la producción de un país aumenta. Con lo cual no significa que a mayor trabajadores mayor producción sino lo más importante para el crecimiento económico es la productividad laboral de los trabajadores. La productividad laboral es la producción total dividida por el número de horas que se tarda en producirla bienes o servicios. Un aumento en la productividad laboral aumenta también la producción de la economía. Ello conduce a un crecimiento económico (Antunez, 2009, p. 15).

2.1.2.3 Capital

Dentro de los bienes de capital se incluyen las fábricas y maquinarias. La inversión que se realiza en estos bienes de capital puede contribuir a aumentar la productividad laboral, con la cual se aumenta la producción del PIB real de la economía. Para aumentar la inversión en bienes de capital, un país debe reducir el consumo actual (Antunez, 2009, p. 16).

2.1.2.4 Capital Humano

Se refiere al conocimiento y habilidades que las personas adquieren gracias a la educación, capacitación laboral y experiencia laboral. Mientras mayor sea el capital humano de las personas en un país, mayor será su crecimiento económico de este país. El crecer su economía en base a trabajadores que poseen una buena capacitación, educación y desempeño laboral, conduce al crecimiento económico (Antunez, 2009, p. 16).

2.1.2.5 Avances Tecnológicos

Los avances tecnológicos permiten aumentar la producción usando la misma cantidad de recursos y esto se puede ver en estos tiempos en que la tecnología simplifica el trabajo como por ejemplo de los obreros. Estos avances tecnológicos suelen ser el resultado de nuevos bienes de capital o nuevos métodos de producción (Antunez, 2009, p. 17).

2.1.3 Producto Interno Bruto (PIB)

Es el valor de los bienes y servicios finales producidos en la economía durante un determinado periodo, generalmente un año, donde se puede diferenciar el PIB real con lo nominal. El PIB real también llamado PIB a precios constantes, es un intento por medir solo los cambios en la producción, para ello, en todos los periodos se valora la producción a los precios de un año base. Mientras que el PIB nominal o PIB a precios corrientes se valora por los cambios tanto en el precio (p) como en la producción (q) (Larraín y Sachs, 2004, p. 31).

Todos los bienes y servicios que se producen en una economía se gastan, incluso si no se vende un producto se guarda para venderlo después. Entonces según el agente económico que realiza el gasto (hogares, empresas, gobierno, o extranjeros)

y la naturaleza de este, el PIB por el lado del gasto se puede expresar de la siguiente manera (Larraín y Sachs, 2004, p. 31).

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + X_t - M_t$$

Donde Y_t es el PIB, C_t es el consumo, I_t la inversión, G_t gasto del gobierno (esta categoría comprende los *gastos de consumo del estado y la inversión pública*), X_t exportaciones e M_t importaciones.

2.1.4 Producto Interno Bruto per Cápita

También llamado ingreso per cápita que es una magnitud que trata de medir la riqueza material disponible. Se calcula simplemente como el PIB_t total dividido entre el número de habitantes N_t (Larraín y Sachs, 2004, p. 31).

2.2. INVERSIÓN COMO FACTOR DE CRECIMIENTO

La inversión consiste en bienes que se mantienen para el futuro y, por lo tanto, no son consumidos. Los bienes se mantienen, ya sea para la producción de bienes (como es el caso de las máquinas y los edificios), o como productos finales para ser vendidos en el futuro.

El comportamiento de la inversión es importante especialmente en el estudio de las fluctuaciones económicas. Con este fin es necesario distinguir entre la inversión privada y la inversión pública (Case et al, 1997, p. 5)

2.2.1 Inversión Pública

Las variaciones en la inversión pública se deben frecuentemente a consideraciones políticas y por tanto, escapan a los principios macroeconómicos elementales. La inversión pública son un conjunto de erogaciones públicas que afectan la cuenta de

capital y se materializan en la formación bruta de capital (fijo y existencias) y en las transferencias de capital a otros sectores. Erogaciones de las dependencias del sector central, organismos descentralizados y empresas de participación estatal destinadas a la construcción, ampliación, mantenimiento y conservación de obras públicas y en general a todos aquellos gastos destinados a aumentar, conservar y mejorar el patrimonio nacional. La inversión pública inicia con empresas estatales, con los impuestos que pagaron todos los trabajadores, de esa empresa privada, los que pagan los que trabajan por su cuenta y los que les cobran a la nueva empresa que creó el estado (CEESP, 2008, p. 3).

2.2.2 Inversión Privada

La inversión privada es cuando un emprendedor, con capital propio o de accionistas, amigos o de algún inversor, inicia una empresa de cualquier actividad lícita, con lo cual crea empleos, gana y paga impuestos.

Luego de haber distinguido la conceptualización de la inversión pública de la inversión privada, se considera que se utiliza para ambos casos la función de inversión. La inversión fija también llamada Formación Bruta de Capital Fijo, como se verá no todo es adición (K_t), también hay reemplazo. Las maquinarias, las construcciones, los caminos etcétera, se van gastando con el tiempo y por lo tanto, parte de la inversión simplemente repone el capital que se deprecia (Case et al, 1997, p. 5).

2.2.3 La teoría keynesiana de la inversión

La política económica práctica mantiene en vigencia el pensamiento de Keynes, más profunda aún que la teoría económica. Ejemplos de la amplia y creciente adaptación de la filosofía de Keynes acerca de la intervención estatal, la inversión pública y otras formas de la política económica ideadas para cubrir las brechas de la economía de empresas privada, son: las medidas de la política económica del

New Deal, el Proyecto de la Ley de Murray sobre el empleo total de 1945, el pensamiento más reciente en el campo de la política fiscal, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Internacional para la reconstrucción y el desarrollo económico (Bofías, 2014, p. 8).

El propósito de la teoría general de Keynes es explicar qué es lo que determina el volumen de empleo en un momento dado, ya sea empleo total, desocupación amplia o algún nivel intermedio.

Keynes intenta demostrar que la situación normal de capitalismo del laissez faire (dejar hacer, dejar pasar) en su estadio actual se desarrolla en una situación fluctuante de la actividad económica, que puede recorrer toda la gama que va desde el empleo total hasta la desocupación amplia, con un nivel característico bastante alejado del empleo total.

Otro aspecto general de la teoría es que explica la inflación con tanta facilidad como la desocupación, ya que ambos dependen fundamentalmente del volumen de demanda efectiva. ***Cuando la demanda es deficiente se produce la desocupación, y cuando la demanda es excesiva se produce la inflación.***

2.2.3.1 Gasto agregado

Keynes propuso el enfoque del sistema de gasto, según el cual la demanda agregada está compuesta por cuatro componentes que son a la vez elementos del producto nacional (Bofías, 2014, p. 9):

1. Los gastos del consumo privado;
2. la demanda de inversión;
3. el gasto del estado;
4. las exportaciones netas;

El componente más significativo de la demanda agregada es sin duda el consumo; sin embargo, tanto la inversión como el gasto del gobierno juegan un papel importante. Según Keynes, la inversión es la causante de las fluctuaciones en la economía y el gasto del gobierno en bienes y servicios es el posible remedio para compensar estas fluctuaciones.

2.2.3.2 El consumo

La demanda de consumo es la demanda agregada de los hogares en bienes y servicios destinados al consumo presente de bienes perecederos. El consumo de las personas está determinado por varios factores entre los cuales el de mayor importancia es el ingreso disponible (el ingreso que reciben los hogares al proporcionar factores de producción luego de que se han sustraído los impuestos).

Cuanto mayor sea la renta disponible mayor será el consumo. Por otro lado, la función de consumo (gráfico No. 1) está compuesta por un factor autónomo que depende, por ejemplo, de la riqueza acumulada y del ingreso futuro esperado. El otro componente de la ecuación, el consumo inducido, depende en gran manera de la propensión marginal a consumir del agente, que no es otra cosa que la parte que se destina al consumo cuando aumenta en una unidad el ingreso. La propensión marginal a consumir (PMgC) está determinada por factores como la edad del agente y las preferencias entre consumo presente y futuro, entre otros. Se puede representar la función de consumo como (Larraín y Sachs, 2004, p. 64):

$$C = C_0 + b Y - T$$

Donde:

C = Consumo

C₀ = Consumo autónomo o de subsistencia

b = PMgC Y = Ingreso

T = Impuestos

$(Y - T) = \text{Ingreso disponible}$
 $b(Y - T) = \text{Consumo Inducido}$

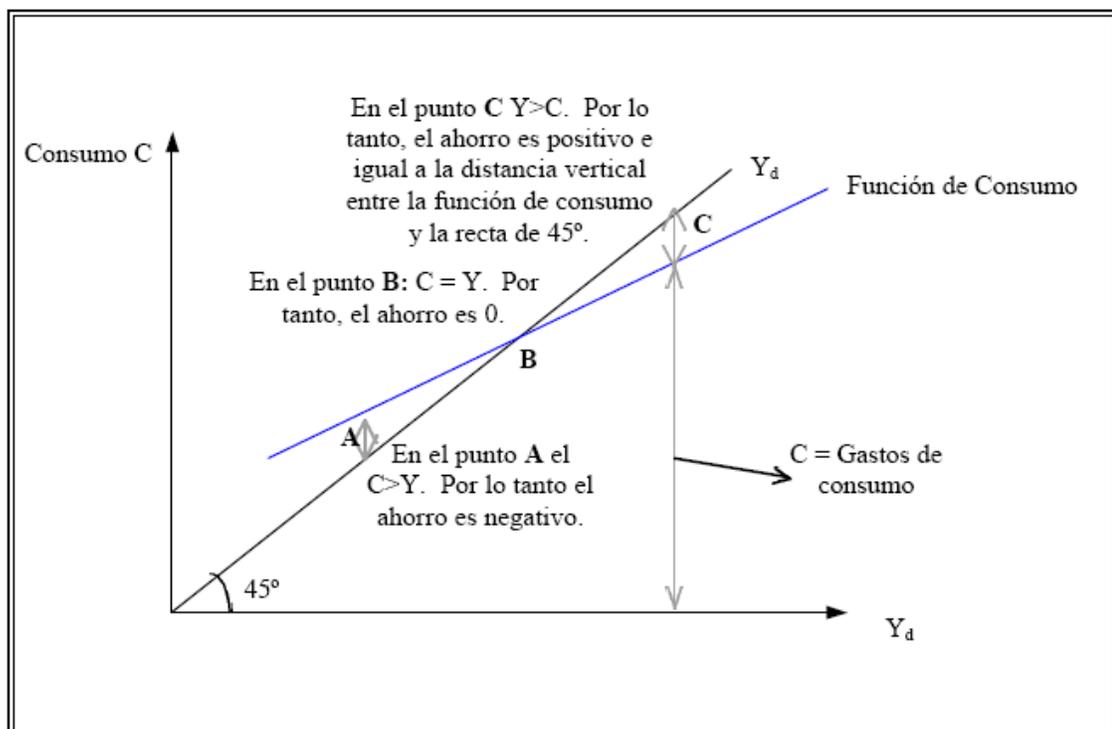
Por otro lado:

$$PMgC = \frac{\Delta C}{\Delta Y_d}$$

Esto significa, además que la $PMgC$ es igual a la pendiente de la función de consumo. Se puede añadir que existe la propensión promedio a consumir, representada por (Larraín y Sachs, 2004, p. 71):

$$PPC = \frac{C}{Y_d}$$

Gráfico 1: La función del consumo



2.2.3.3 El ahorro

De la misma manera, la función de ahorro (gráfico No. 2) está relacionada, de forma implícita, con el ingreso puesto que el ahorro nos es otra cosa que lo que queda luego de restar el consumo de la renta disponible. Incluye depósitos a plazos, acciones, bonos y otros activos. Es necesario mencionar que es factible obtener una función de ahorro negativa puesto que las personas pueden incurrir en préstamos o utilizar activos acumulados en el pasado para incrementar su consumo más allá de los límites impuestos por su ingreso disponible. Así mismo, existe una propensión marginal a ahorrar (PMgA) que representa la porción del ingreso destinado al ahorro cuando la renta se incrementa en una unidad. Por lo tanto, la función del ahorro vendrá dada por (Larraín y Sachs, 2004, p. 73):

$$S = S_0 + a(Y - T)$$

Donde:

S = Ahorro

S₀ = Ahorro Autónomo

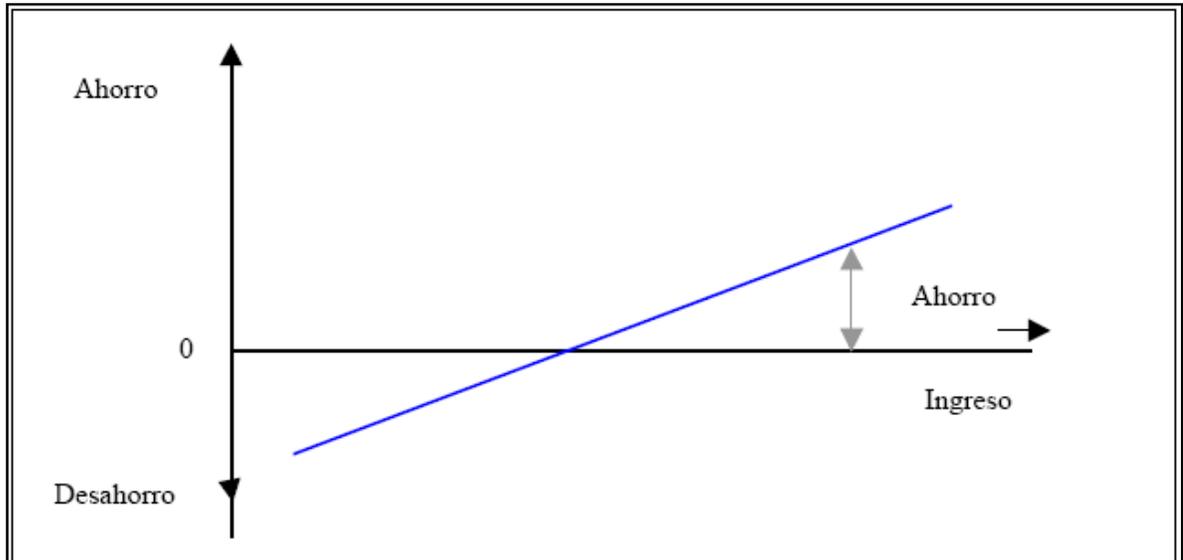
a = PMgA

Además se sabe que:

$$PMgA = \frac{\Delta S}{\Delta Y_d}$$

$$PPA = \frac{S}{Y_d}$$

Gráfico 2: La función del ahorro



Finalmente, se puede añadir que:

$$Y_d = C + S$$

$$S = Y_d - C$$

$$S = Y_d - C_o - cY_d$$

$$S = -C_o + Y_d(1 - c)$$

$$-C_o = S_o$$

$$1 - c = a$$

$$PMgC + PMgA = 1$$

$$PPC + PPA = 1$$

2.2.3.4 La inversión

El stock de capital es el valor total de los bienes de capital (planta, equipo, vivienda y existencias) localizados en una economía en un momento dado. Por otro lado, el nivel de inversión se define como el gasto de las empresas en nuevos bienes de capital para incrementar el stock de capital dado o bien para reemplazar el equipo que se ha depreciado. Los bienes de capital tienen como característica básica ser

durables y proveer un servicio por un periodo de varios años. La inversión en la economía está determinada por la tasa de retorno de los proyectos y ésta a su vez está influenciada por factores tales como la tasa de interés (r), las expectativas de beneficio y el capital existente (k) (Larraín y Sachs, 2004, p. 82).

$$I = I(r, \text{Beneficio}^e, k)$$

(-) (+)

La tasa de interés es un costo de oportunidad con respecto a la inversión, por lo tanto tiene una relación inversa, mientras que las expectativas de beneficio presentan una relación positiva.

Cuanto mayor piense que va a ser la situación futura mayores serán mis beneficios por lo que invertiré más. Por otro lado, cuando el nivel de capital existente es elevado, también lo será el nivel de depreciación. Si se desea mantener el nivel neto (real) de capital, se debe invertir para cubrir los costos de depreciación. Otro punto importante es el grado de utilización del capital existente. Cuanto mayor sea la tasa de capital utilizado efectivamente más se invertirá. La función de inversión viene dada por (Larraín y Sachs, 2004, p. 83):

$$I = I_0 - gr$$

I = Inversión

I_0 = Inversión autónoma

r = Tasa de interés

g = Sensibilidad de la inversión con respecto a la tasa de interés

$$g = \frac{\Delta I}{\Delta r} \leq 0$$

Normalmente, para simplificar el modelo se asume que la inversión solamente consta del factor autónomo y por lo tanto, es representada como una línea horizontal. En otras palabras, se asume la inversión como una variable exógena (determinada fuera del modelo).

$$I = I_0$$

Cabe resaltar que hasta ahora nos hemos referida a la inversión deseada o planeada como inversión a secas. Es necesario distinguir entre inversión efectiva e inversión deseada. La inversión efectiva (I) es la cantidad de nueva planta, equipo y vivienda adquirido durante un periodo de tiempo, más el incremento de existencias y su correspondiente acumulación, deseada o no. La inversión deseada (I^*) es igual a la compra, en el periodo correspondiente, de planta, equipo y vivienda, más las nuevas existencias que adquieren los empresarios. No incluye la acumulación de existencias no deseada. En consecuencia, la acumulación no deseada de existencias es igual a la inversión efectiva (I) menos la inversión deseada (I^*).

Finalmente, cabe añadir que la volatilidad de la inversión se debe a factores tan variados como las expectativas de inflación, la situación social y política de un país, los avances tecnológicos y las decisiones irracionales de los empresarios (“Animal Spirits”).

2.2.3.5 El gasto del gobierno

El gasto del gobierno en bienes y servicios se considera, en este modelo, como un factor autónomo que está totalmente desvinculado del nivel de ingreso de la economía, dado que depende de la política fiscal del gobierno (Antunez, 2009, p.27):

$$G = G_0$$

Esto determina que se represente gráficamente, al igual que la inversión, como una línea horizontal. Asumimos el gasto del gobierno como una variable exógena principalmente por dos razones. La primera es que es muy difícil establecer una regla confiable acerca del proceder del gobierno. Éste no sigue una simple ecuación de comportamiento como lo hacen los consumidores. La segunda razón y la más importante es que una de las tareas más importantes de los macroeconomistas es aconsejar al gobierno acerca de las decisiones a tomar en cuanto a impuestos y gasto. En consecuencia, sería irrelevante un modelo en el cual se asume de antemano el sendero que tomará la política fiscal. Sin embargo, es necesario añadir que bajo el supuesto de un presupuesto fiscal equilibrado, el gasto del gobierno (G) tendría que ser igual a los impuestos recaudados (T) y si estos impuestos son una parte proporcional del ingreso (Y_t), entonces tendríamos que (Antunez, 2009, p. 32):

$$G = Y_t$$

donde la función de gasto del gobierno estará determinada por el nivel de ingreso de la economía y sería una recta con pendiente igual a 1.

2.2.3.6 Las exportaciones netas

Las exportaciones netas están definidas como la exportación de bienes y servicios de un país frente a sus importaciones:

$$X - M = \text{Export. netas}$$

Hay dos maneras de formular la función de exportaciones netas. La primera y más simple está compuesta únicamente por factores autónomos:

$$X - M = X_0 - M_0$$

La segunda, un poco más complicada, asume que las importaciones dependen del nivel de ingreso del país y se representa por:

$$X - M = X_0 - mY$$

Donde:

X_0 = Exportaciones autónomas

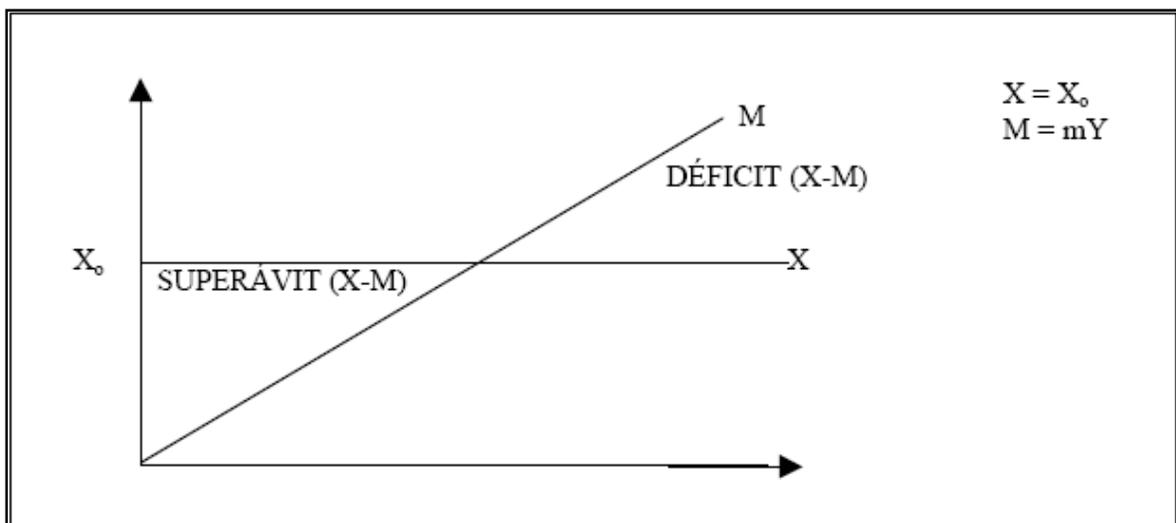
m = Propensión marginal a importar

Y = Ingreso

Sin embargo, algunos críticos argumentan que existe también una relación entre el ingreso y las exportaciones. Afirman que cuando aumenta el ingreso disminuyen las exportaciones, ya que los habitantes del país, dado su mayor nivel de ingreso, compran una parte de la producción que estaba destinada a la exportación.

En el gráfico No. 3 se puede apreciar la segunda versión de la función.

Gráfico 3: Función de las exportaciones netas



2.2.3.7 El equilibrio del ahorro y la inversión deseada

Un enfoque alternativo para determinar el equilibrio en una economía es el modelo del equilibrio alcanzado por brechas. En este modelo el equilibrio se alcanza cuando el ahorro iguala a la inversión deseada (gráfico No. 4).

$$S = I$$

Esto se explica porque se asume una economía muy simple donde el dinero circula únicamente entre los consumidores y las empresas, teniendo como intermediario al mercado financiero. En este flujo circular el ahorro representa una evasión y la inversión una inyección a la corriente circular del gasto, que conlleva a un aumento del producto nacional.

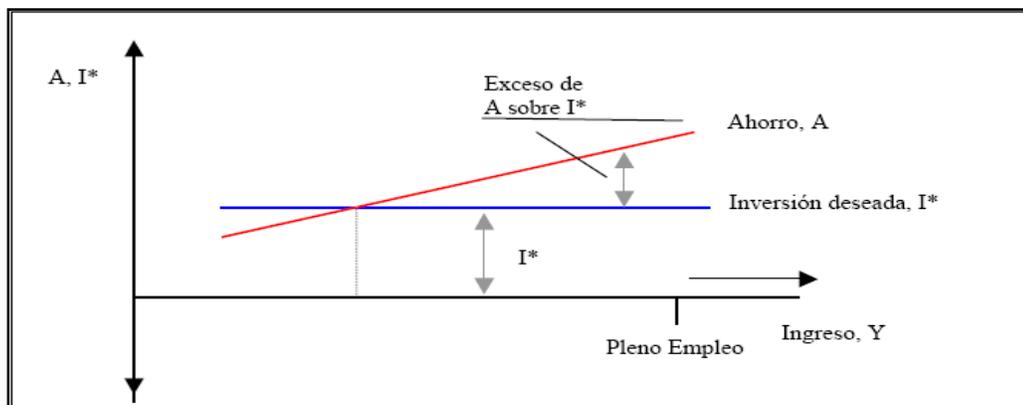
Ingreso Gasto

$$Y = C + I$$

$$C + S = C + I$$

Usos del Ingreso = Fuentes del Ingreso

Gráfico 4: La función de equilibrio entre ahorro e inversión



Este enfoque trae como consecuencia la separación del ahorro y la inversión y por ende implica que no existe ninguna seguridad de que la inversión sea lo suficientemente alta como para que todo el dinero que sale de la economía, en forma del ahorro de pleno empleo, regrese al flujo.

También se puede incluir al sector gobierno en este modelo y obtendríamos que:

$$I = S + (T - G)$$

Esto quiere decir que la inversión es igual al ahorro privado más el ahorro público. Si el segundo miembro del lado derecho de la ecuación es positivo el gobierno goza de un superávit fiscal; mientras que si es negativo adolece de un déficit presupuestario.

Algunas conclusiones

Resumiendo se podría afirmar que la condición de equilibrio se da cuando:

1. El gasto agregado y el producto nacional son iguales: *Enfoque Producto-Gasto*.
2. Las existencias están en su nivel deseado ($I = I^*$).
3. La inversión deseada y el ahorro son iguales: *Enfoque Evasiones-Inyecciones*.

Además se puede concluir que se presenta desempleo cuando:

1. El gasto agregado es demasiado chico para comprar la cantidad de producto nacional de pleno empleo.
2. Las inyecciones a la economía son menores a las evasiones ($I^* < A$), para el nivel del producto nacional de pleno empleo.

2.3 LA ENERGÍA COMO GENERADOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

2.3.1 Concepto de energía

Energía es un vocablo de origen griego que significa capacidad de trabajo. Por lo tanto podemos elaborar el siguiente concepto de energía, desde el punto de vista de la Física, tomando en consideración los cambios que la energía provoca en los fenómenos naturales, como su movimiento, elevación, transporte o calentamiento: Es la aptitud de un sistema para el desarrollo de un trabajo., dada por la posición del sistema (por ejemplo cuando colocamos un trozo de hierro cercano a un imán) que en este caso recibe el nombre de energía potencial, y es el producto del peso de un cuerpo por la altura en que se halla; o puede estar dada por la velocidad de sus masas, como cuando un martillo, impacta sobre un clavo (energía cinética). La energía cinética depende de la masa y del cuadrado de velocidad del cuerpo.

La energía está muy relacionada con la masa de un cuerpo, relación descubierta por Einstein, que afirmó que la energía tiene una relación directamente proporcional, a la masa de la que procede, con una proporcionalidad igual al cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío.

La energía, a través de reacciones químicas, también produce cambios químicos, como ocurre cuando se quema un leño. Con la combustión en presencia de oxígeno, se produce la liberación de energía calórica y química.

La energía puede ser solar, suministrada por el Sol; térmica, cuando se manifiesta como calor (por ejemplo, una plancha); lumínica, en caso de que produzca luz, como el caso de una lamparita; cinética que como ya se dijo, permite que los cuerpos se desplacen, como la que posee un automóvil; hidráulica, como cuando en las represas se utiliza la energía que provoca la caída del agua; eólica cuando la energía proviene del viento, por ejemplo, la utilizada para mover las aspas de un molino; atómica, que se produce por la unión o rotura de los núcleos atómicos;

eléctrica, ocasionada por la circulación dentro de un conductor de cargas eléctricas, etcétera.

Puede ser además renovable, cuando posee capacidad de regeneración, como la energía solar o no renovable, que tiende a agotarse como el petróleo.

El cuerpo humano también necesita energía para funcionar la precisamos para correr, pensar, caminar, leer, crecer, y cualquier actividad cotidiana, acrecentándose con el movimiento la necesidad energética. La energía en el cuerpo animal o humano, se incorpora a través de la alimentación.

2.3.2 La energía eléctrica

En una de las formas de manifestarse la energía. Tiene como cualidades la docilidad en su control, la fácil y limpia transformación de energía en trabajo, y el rápido y eficaz transporte, son las cualidades que permiten a la electricidad ser "casi" la energía perfecta. El gran problema de la electricidad es su dificultad para almacenarla. Si en estos momentos se pudiera condensar el fluido eléctrico con la misma facilidad con lo que se almacena cualquier otro fluido energético, por ejemplo la gasolina, estaríamos ante una de las mayores revoluciones tecnológicas de nuestro tiempo.

Producción de electricidad Para que se produzca una corriente eléctrica es necesario que exista una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre dos puntos. Dicha diferencia se puede conseguir por distintos procedimientos, aunque a nivel industrial, las forma más empleadas son: – Por Inducción. Si se desplaza un conductor eléctrico en el interior de un campo magnético, aparece una diferencia de potencial en los extremos del mismo. Los generadores industriales de electricidad están basados en esta propiedad electromagnética. – Por acción de la luz. Al incidir la luz sobre ciertos materiales aparece un flujo de corriente de cierta importancia,

las células fotovoltaicas aprovechan esta energía, tal como se ha visto en temas anteriores.

De todos estos procedimientos para la producción de electricidad, el más conveniente para transformar una energía mecánica en corriente eléctrica es el basado en el principio de inducción. A partir del principio de inducción surge la máquina denominada generador eléctrico o alternador. Así pues, el generador aprovecha transforma energía mecánica cinética en energía eléctrica.

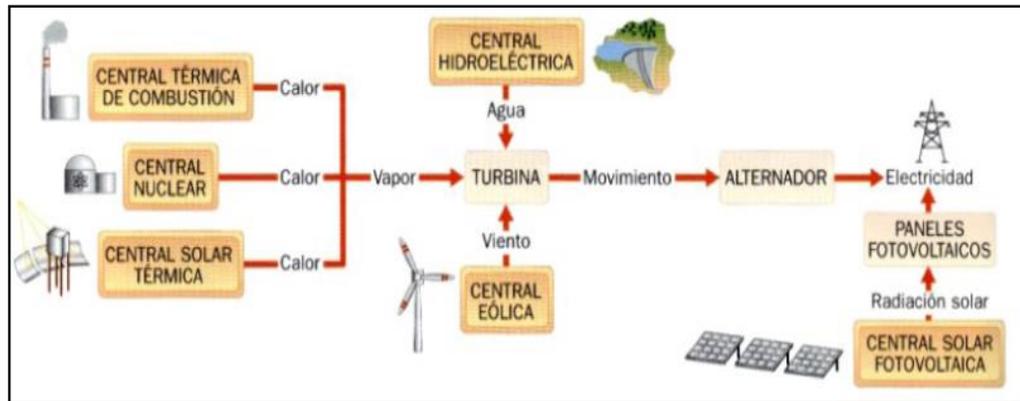
La energía cinética del agua que cae por la tubería de una central, el movimiento de las aspas de un aerogenerador o la presión que ejerce el vapor de una central térmica son fácilmente transformables en electricidad. Para ello, sólo es necesario acoplar un generador de electricidad, el cual, en esencia, no es más que un conjunto de conductores que se mueven en el interior de un campo magnético. El funcionamiento global de una central eléctrica es básicamente el mismo, sea ésta térmica, nuclear o hidroeléctrica. Simplemente, consiste en transformar la energía cinética del vapor o del agua en energía mecánica de rotación. De ello se encarga la turbina, que, al estar solidariamente unida al generador de electricidad, permite transformar movimiento en electricidad. El condensador es un elemento que hace posible que el vapor de agua, a la salida de la turbina, se convierta en agua líquida, para volver a repetir el proceso de calentamiento en la caldera. Finalmente, el transporte de la electricidad interesa hacerlo a muy altas tensiones para reducir las pérdidas, por lo que debe elevarse la tensión de salida del generador varias decenas de veces. El transformador es el encargado de hacer esta última función.

2.3.3 Producción de energía eléctrica

La producción de energía eléctrica se realiza en centrales eléctricas, y debe ajustarse al consumo, dada la imposibilidad de almacenar la electricidad. La ubicación de las centrales de producción debe de estar lo más próxima posible a los centros de consumo, además, los centros de producción están interconectados

entre sí para poder efectuar intercambios de energía desde las zonas excedentes de producción hacia aquellas en que la producción no cubre el consumo. Los principales tipos de centrales de producción de energía eléctrica son las siguientes (Vilela y Araújo, 2006):

Figura 1: Principales fuentes de producción de energía eléctrica



Fuente: Vilela y Araújo, 2006.

2.4 ENERGÍAS RENOVABLES O ALTERNATIVAS

2.4.1 Antecedentes

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energías renovables, mismas que son amigables con el medio ambiente, aprovechando los recursos naturales para generarlas (Vega, 2010). Las fuentes de energías renovables se han convertido en un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en muchas economías en desarrollo, gracias a sus efectos beneficiosos en las esferas económicas, sociales y ambientales (Del Sol, 2008). Así, se destaca la importancia de disponer de *fuentes alternativas* de energía para satisfacer la demanda de las grandes naciones al proporcionar la expansión del crecimiento en las *fuentes alternativas* (Vilela y Araújo, 2006).

De acuerdo a Bertinat (2004), esta tendencia requiere estar fundamentada en los siguientes pilares, condiciones y criterios:

- Seguridad en el abastecimiento de los diversos insumos energéticos.
- Reducción de la actual dependencia energética.
- Prevenir y revertir los impactos ambientales locales y globales, resultantes del actual sistema de producción y consumo de energía.
- Asegurar la cobertura y el acceso equitativo de toda la población a los recursos y servicios energéticos.
- Garantizar la participación democrática de la población en los procesos de decisión sobre las políticas y proyectos energéticos.

A partir de la gran importancia que ha tomado este tema, las políticas energéticas de los diferentes países se han enfocado en aumentar gradualmente el suministro de energía renovable, elaborándose para ello una estrategia de desarrollo que diversas regiones, tales como la Unión Europea, Sudamérica y Centroamérica busquen un modo de aprovechar los recursos naturales para la producción de energía, mismos que minimicen el impacto ambiental de la actividad humana sobre el ambiente natural (Bertinat, 2004).

De lo anterior, el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica ha tomado un auge importante; en particular el uso de la energía solar, que mediante su utilización, se espera satisfaga la demanda de energía de diversas actividades humanas.

2.4.2 Fuentes de energía

Las fuentes de energía se definen como “los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable en sus actividades (Meléndez, 2008).” A su vez, estas fuentes de energía, tienen su origen en las fuentes no renovables y renovables, esto de acuerdo al ritmo de consumo de

energía que el ser humano requiere. Sin embargo, en la actualidad algunos problemas relacionados con el desarrollo económico mundial son concernientes con la capacidad energética de cada país (Hernández, 2006).

Existen diferentes fuentes de energía, las cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Fuentes no-renovables: las cuales están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar.

b) Fuentes renovables: son todas aquellas que no se agotan por su uso, como la energía del viento y del sol. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada, por ejemplo, las cuencas hidrológicas y plantaciones de árboles.

2.4.3 Las energías no renovables

De acuerdo a la Agencia Valenciana de Energía (AVEN, 2008), las energías no renovables se refieren a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, debido a que no existe un sistema de producción o extracción viable, la producción desde otras fuentes demasiado pequeñas como para resultar útil a corto plazo. A estas fuentes de energía corresponden los combustibles fósiles y los combustibles nucleares.

2.4.3.1 Combustibles fósiles

La combustión de algunos materiales (carbón, petróleo y gas natural, por ejemplo) suministra a las personas una gran cantidad de energía para realizar actividades

tecnológicas. El carbón y, más tarde, el petróleo, han sido los combustibles más empleados debido a la gran cantidad de energía proporcionada durante su combustión (Roldan, 2008). La dependencia de la utilización de fuentes de combustibles fósiles en el mundo es del 36% en petróleo, el 23%, carbón y el 21%, gas natural (Hernández, 2006).

Por su parte, el carbón es el combustible fósil de más abundancia en el mundo. Se utiliza para la generación de electricidad, la cual ocurre cuando la energía guardada en el carbón se libera y emite calor. Sin embargo, el petróleo es el recurso de energía más popular en el mundo. Por otro lado, el gas natural es el más limpio de los combustibles fósiles y el que menos efectos causa sobre el ambiente y la salud (Del Sol, 2008).

El uso de estos combustibles puede realizarse de manera directa, quemándolo para producir energía térmica y energía mecánica, así como para la obtención de potencia eléctrica. Dentro de las ventajas que ofrecen el uso de estos combustibles se encuentran la facilidad de su uso, la disponibilidad, etcétera. Por otra parte, algunos de los inconvenientes principales son el no ser un recurso renovable y que su uso produce la emisión de gases que contaminan la atmósfera y resultan tóxicos para la vida (McNeill, s.f).

2.4.3.2 La energía nuclear

Los combustibles nucleares son todos aquellos elementos químicos capaces de producir energía por fisión nuclear. La energía nuclear permite obtener una gran cantidad de energía a partir de poco combustible (obtenida del uranio y del plutonio, principalmente).

Una de las ventajas que se deriva de esta fuente se encuentra la nula generación de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, dentro de los

inconvenientes se menciona la dificultad para su almacenamiento, con lo cual se limita su uso (Sánchez, 1996).

Ante la crisis que amenaza al mundo por los elevados precios de los combustibles fósiles, la única respuesta viable a largo plazo, aseguran los expertos, consiste en desarrollar la tecnología necesaria para aprovechar otras fuentes de energía. La utilización de fuentes renovables es una alternativa frente a los combustibles fósiles o la energía nuclear. En general, las fuentes de energía renovables son menos contaminantes que las fuentes no renovables.

2.4.4. Energías renovables

Las fuentes de energía renovable, son aquellas que por sus características se convierte en inagotable, aunque sea intermitente su disponibilidad, y su aprovechamiento no causa alteraciones graves al medio ambiente. Este tipo de energía, se define como aquella que administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha (Hermosillo, 1995).

De acuerdo a un comunicado de prensa este tipo de energía, tiene características importantes destacando principalmente su naturaleza inagotable y renovable, así mismo, es limpia, inagotable y es una alternativa a la actual dependencia del petróleo y de otras alternativas menos seguras y más contaminantes (Procobre.Org., 2008).

Existen varias fuentes de energía renovables, de las cuales se pueden mencionar:

- Energía mareomotriz
- Energía hidráulica
- Energía eólica
- Energía solar
- Energía de la biomasa

En 2009, la universidad de Stanford clasificó los sistemas de energía del mejor al peor, teniendo en cuenta su impacto en el calentamiento global, contaminación, consumo de agua, ocupación de terrenos, impacto en la vida silvestre y otros factores. El resultado fue el siguiente:

- 1- Eólica;
- 2- Solar concentrada con espejos;
- 3- Geotérmica;
- 4- Mareomotriz;
- 5- Solar fotovoltaica;
- 6- Olas;
- 7- Hidroeléctrica;
- 8- centrales de carbón con secuestro de gases;
- 9- Nuclear;
- 10- Gas natural;
- 11- Petróleo;
- 12- Etanol de maíz y celulósico (Vega, 2009).

Sin embargo, a pesar de la clasificación anterior, dentro de esas fuentes de energía renovable, destaca la energía solar, misma que nos proporciona luz y calor. Desde los albores de la historia, es una fuente inagotable de recursos para el hombre y los seres vivos. Misma que, en forma de luz solar, sustenta a casi todas las formas de vida en la Tierra (Murcia, 2008).

Es posible definir a la energía solar como “aquella obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. Esta es considerada como una fuente alternativa que consiste en el aprovechamiento de la energía de la luz radiante emitida por el sol y convertirla en corriente eléctrica, la cual, como recurso energético, está constituida por la cantidad de luz que emite el sol y es interceptada por la tierra. Así mismo, constituye un procedimiento limpio y exento de contaminación por lo que es conveniente al medio ambiente” (Cataño, 2010).

Cabe mencionar que el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía ha ido desarrollándose a medida que las necesidades del ser humano se van acrecentando, así mismo, de la necesidad de la conservación de los recursos y del planeta. Desde sus inicios, con el descubrimiento del fuego, la humanidad comenzó a controlar y modificar muchos procesos que, hasta ese momento dependían de la naturaleza. Desde entonces, la energía ha sido un elemento indispensable en la satisfacción de las necesidades cotidianas (Del Sol, 2008).

Durante la mayor parte de la historia humana, el sistema energético dependió de los flujos naturales de energía, de la fuerza animal y humana para proveer los servicios requeridos en el modo de calor, luz y trabajo (Del Sol, 2008). Actualmente, podemos decir que las fuentes de energía son abundantes, entre las cuales destacan las fuentes de energía renovables, por su condición de extensas, no contaminantes y disponibles a nivel local.

2.5. LA ENERGÍA SOLAR

2.5.1 Reseña histórica de tecnologías de captación solar y sus aplicaciones

En el empleo de la energía solar como recurso energético a través de los procesos naturales, se debe considerar su característica de energía renovable e inagotable pero de disponibilidad cíclica y variable. Es posible utilizarla convirtiéndola en energía térmica y eléctrica para satisfacer las necesidades diarias en forma similar a la de las fuentes de energía más conocidas (Duran, 2005).

La idea de concentrar la radiación solar para obtener más energía fue realizada por el hombre desde sus comienzos, podemos mencionar ejemplos diversos, tales como el de Euclides, en el cual como consecuencia de sus trabajos de óptica establece que es posible obtener temperaturas elevadas mediante un espejo cóncavo. Es tradición popular que Arquímedes (287 – 212 A.C) quemó las naves

Romanos que sitiaban la ciudad de Siracusa utilizando un espejo cóncavo. Después de Arquímedes, hubo poco progreso en la utilización de la energía solar.

El resurgimiento del uso de la energía solar ocurre con los trabajos de Leclerc (1707 – 1788), quien construyó el primero de los muchos hornos solares. En el año de 1747, Cassini (1677- 1756), diseñó una lente, con la cual pudo obtener temperaturas superiores a los 1000° C. Dicho diseño fue utilizado para fundir varillas de hierro y plata. Por su parte, Lavoisier (1743-1794) construyó un concentrador con un lente de más de 1 metro de diámetro, que alcanzaba temperaturas de 1700° C con el que podía fundir platino (Castillo, 2007).

Uno de los más notables avances en proyectos de colectores solares fue durante el siglo XVIII, donde Mouchot en 1895, construyó un horno en forma de reflector usando una geometría de cono truncado de 2,2 m de diámetro que utilizó primero en una caldera y después en una planta para bombear agua (Meinel, 1982).

Un aparato construido más recientemente e importante, es el horno solar de Odeillo construido en la década de los 60's. Este horno, representa uno de los dos mayores hornos solares del mundo, con una potencia térmica de 1000 Kw (Castillo, 2007). Este modelo ha permitido ir desarrollando tecnología y proyectos actuales que han permitido el desarrollo de aplicaciones de concentración solar.

2.5.2. Aplicaciones en la actualidad

El uso intensivo de esta fuente de energía requiere el empleo de una serie de tecnologías de conversión más elaboradas, que han sido diseñadas en los últimos 30 años y que todavía se encuentran en estado de desarrollo, fundamentalmente para disminuir sus costos (Durán, 2005).

En la actualidad, el aprovechamiento de la energía solar con tecnologías simples ha tomado un gran auge, desde pequeños hornos solares, hasta las tecnologías más

sofisticadas, como las plantas generadoras de energía, con tecnología de torre central. Los usos que se pueden dar a las tecnologías de concentración solar, son los siguientes:

- Calefacción doméstica.
- Refrigeración.
- Calentamiento de agua.
- Destilación.
- Generación de energía.
- Bombeo de agua.
- Fotosíntesis.
- Hornos solares.
- Cocinas.
- Evaporación.
- Acondicionamiento de aire.
- Control de heladas.
- Secado de hierbas y frutas.
- Entre otras.

Algunos países se encuentran desarrollando programas y tecnologías de captación para la obtención de los beneficios mencionados. Dentro de las economías con más nivel de desarrollo, se puede destacar a Europa, la cual se encuentra creciendo de manera sostenida en el uso de estas tecnologías; basta mencionar que para finales del 2000, la superficie total de colectores solares instalados en países europeos asciende a 10,4 millones de metros cuadrados. De la superficie anteriormente mencionada, se debe destacar que tan sólo tres países, Alemania, Grecia y Austria participan del 75,3 % del total de la superficie instalada. Cabe señalar que Alemania y España, se encuentran a la cabeza en la producción mundial de este tipo de energía (Martínez, 2009).

India, en la actualidad, aporta solo el 0.1% de la energía solar que se produce en todo el mundo, sin embargo, desde el 2009 se encuentra en vías de desarrollo en

la aplicación de programas y tecnologías que permitan aprovechar el recurso solar en aras de convertirse en uno de los mayores productores de energía solar (Martínez, 2009). En este mismo sentido, se encuentra Arabia Saudita, en la región del Golfo Pérsico, quien cuenta con enorme potencial para las plantas de energía solar, que a pesar de que se encuentra en sus inicios, de acuerdo a Red (2011), ya se cuenta con el funcionamiento de una planta de energía solar en la isla de Farasan inaugurada en octubre de 2011.

En Latinoamérica, el uso de esta fuente de energía, se ha ido desarrollando en los últimos años. Ejemplos de éxitos claros se pueden mencionar los realizados en Colombia, Chile, Argentina, México, entre otros, los cuales, han sido dirigidos a diversas aplicaciones; por ende, se encuentran disfrutando de los beneficios que esta provee. Las aplicaciones más comunes en Colombia son orientadas al calentamiento de agua —para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas) — y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son el secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras fuentes de agua no potable (Murcia, 2008). Por su parte, Argentina se encuentra aprovechando este recurso para la producción de energía térmica y eléctrica, así como el secado de carnes y frutas y el cultivo en invernaderos (Durán, 2005).

En Chile, el uso de la energía solar es muy antiguo, siendo utilizada en las salitreras para desalinizar agua. Su principal uso está radicado en la zona norte de Chile y en zonas alejadas con carencia de energéticos tradicionales (Bertinat, 2004).

2.5.3 Los sistemas fotovoltaicos

La energía solar se puede aprovechar mediante la utilización de placas fotovoltaicas compuestas de materiales semiconductores, como el silicio, que transforman la radiación solar en electricidad. La energía solar fotovoltaica se utiliza en la actualidad principalmente para la producción de electricidad en zonas geográficas

aisladas donde no llega la red eléctrica, como islas o zonas rurales, y en el denominado sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.

La aplicación de este tipo de energía solar en viviendas aisladas de la red requiere, además de paneles fotovoltaicos, un sistema de acumulación, ya que el consumo no siempre coincide con los momentos de luz, o cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables.

Las **ventajas** de la energía solar fotovoltaica son numerosas. En primer lugar, son sistemas silenciosos, limpios y respetuosos con el medio ambiente, y suponen un gran ahorro en el traslado de energía, puesto que se encuentran cerca del punto de consumo. Cuando se trata de centrales fotovoltaicas, se requiere poco tiempo para su construcción, cerca de las localidades a las que tiene que suministrar energía. En el caso de los paneles fotovoltaicos instalados en las viviendas, éstos requieren un mínimo mantenimiento ofreciendo un gran periodo de vida útil, con lo que se amortiza en un breve periodo de tiempo. En definitiva, su uso ofrece un suministro de energía continuo y fiable sin tener que depender de las fuentes de energía convencional.

2.5.3.1 Funcionamiento del sistema fotovoltaico

El panel de energía solar o panel fotovoltaico cambia la energía de los rayos solares en energía eléctrica continua de baja tensión o voltaje (12 voltios).

Esta energía se acumula en baterías para tener por la noche luz, radio, televisión, cargador de celular, etc..

Hay consumidores como lámparas especiales, radiograbadoras o televisores que trabajan directamente con bajo voltaje. Estos equipos pueden ser conectados directamente a la batería.

Un Panel con una potencia de 55 W (vatios) produce 12 V (voltios) con 4A (amperios) pico. Esto es equivalente a la potencia de un " foco normal ".

Como se acumula la energía recibida durante el día en acumuladores o baterías, se puede conectar los consumidores (por ejemplo, lámparas) por el tiempo necesario.

Este tiempo es limitado y depende de la cantidad de paneles fotovoltaicos instalados (que funcionan como generadores), de la cantidad de baterías (que funcionan como acumuladores) y de la cantidad de lámparas conectadas (que funcionan como consumidores).

Los paneles producen energía cuando hay sol o luz, aunque llegan a su máxima potencia cuando hay pleno sol (suficientemente fuerte para producir sombras claras).

Hay 6-8 horas de sol máxima por día, pero se debe calcular un promedio en función a la región en la que se quiere instalar un sistema fotovoltaico, según las características climáticas que normalmente se presentan en la misma. Además, se debe tomar en cuenta la traslación del sol, debido a que en determinado momento llega menos energía solar a la superficie del panel por el ángulo entre el panel y el sol.

Un foco normal se puede encender por casi 3 horas (promedio).

Usando un "foco de ahorro de energía", que puede ser una lámpara fluorescente, se puede encenderlo dos y media veces más tiempo que el "foco normal": por 6 horas.

2.5.3.2 Ventajas de los sistemas fotovoltaicos

a. Alta Confiabilidad

Los sistemas eléctrico solares son altamente confiables, los módulos solares tienen una larga vida útil de aproximadamente 25 años y dependen directamente del sol. Además, estos sistemas tienen un record comprobado de seguridad en cuanto a la instalación, a la operación y al mantenimiento.

b. No contaminante

Los generadores eléctricos solares están libres de contaminación. No generan humos o productos de desecho, no contribuyen a gases que ayudan al efecto invernadero, a la lluvia ácida, o a contaminación de aire y son silenciosos.

c. No hay costo de combustible

Los paneles solares solo necesitan luz solar y considerando que los paneles tienen un promedio de vida de 25 años se está adquiriendo dos décadas y medio de electricidad.

d. Fácil de mantener

Los paneles solares no tienen partes móviles, el mantenimiento es fácil porque se limita a la limpieza ocasional de la superficie del panel, y una mínima revisión de conexiones eléctricas.

e. Modular

Se puede producir pequeñas cantidades de energía con un panel o grandes fuentes de energía con cientos de paneles, esto significa que los sistemas pueden ser

diseñados para satisfacer las necesidades energéticas inmediatas y luego ser expandidos a medida que los requerimientos energéticos se incrementen.

Todos nuestros productos y equipos tienen garantía técnica como de calidad cumpliendo estos la norma ISO.9000 y demás normas técnicas internacionales.

La experiencia acumulada y el deseo de servir nos permiten ampliar nuestra cobertura para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en forma oportuna y eficaz cuando así lo requieran y en el lugar que lo precisen, igualmente garantizamos el mejor de nuestros servicios.

2.5.4 Estado de la tecnología disponible

Los módulos fotovoltaicos se producen en una variedad de capacidades, de unos cuantos watts hasta varios cientos de watts de potencia. Hoy en día se introducen anualmente al mercado mundial cerca de 500 Mega watts de módulos fotovoltaicos, de los cuales alrededor de 25 % se destinan a aplicaciones en zonas remotas. Existen además importantes compañías que producen y comercializan el resto de los componentes que se incorporan a los sistemas fotovoltaicos, y otras que integran e instalan sistemas híbridos.

2.5.5 Electrificación rural mediante sistema de energía solar fotovoltaico

Uno de los requerimientos más importantes para el desarrollo integral de cualquier país, es el progreso de sus Regiones Rurales, zonas generalmente descuidadas y abandonadas en el ámbito latinoamericano, en donde la probabilidad de ser abastecidos de energía eléctrica con redes convencionales es una realidad a largo plazo.

El subdesarrollo de las Regiones Rurales está relacionado con la falta de recursos energéticos en estas regiones, en particular la falta de electricidad. En ese sentido,

el Sol constituye una fuente de energía, en la cual la humanidad puede tener absoluta confianza, y el proceso fotovoltaico (paneles solares) es la única ruta directa para convertir energía solar en electricidad.

La carencia de electricidad en las Zonas Rurales suele acompañar a la pobreza. Y la pobreza es un problema para propios y ajenos. Para propios porque, a las duras condiciones materiales de vida que entraña, añade el sentimiento de exclusión de una sociedad de la que, aun estando relativamente aislados, tienen noticias. Para los ajenos, por motivos de diversa índole: éticos, sociales, económicos, etc.

Los Sistemas fotovoltaicos convierten directamente parte de la energía de la luz solar en electricidad. Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente con silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, el mismo material semiconductor usado en las computadoras. Cuando el silicio se contamina o dopa con otros materiales de ciertas características, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio; este es conocido como el efecto fotovoltaico y produce una corriente eléctrica directa. Las celdas fotovoltaicas no tienen partes móviles, son virtualmente libres de mantenimiento y tienen una vida útil de entre 20 y 30 años.

Satisfacer necesidades básicas de electricidad en pequeñas escalas, puede mejorar significativamente la calidad de vida, como es el caso de la electrificación Rural mediante el sistema de energía solar.

Para cubrir esta necesidad en regiones rurales alejadas de redes eléctricas, pequeños sistemas fotovoltaicos representan hoy en día, en muchos casos la mejor solución, porque son económicamente viables, ecológicamente recomendables y socialmente estimula a elevar el nivel de vida de los habitantes de las Comunidades de las Zonas Rurales.

Suplir el déficit del servicio elemental y básico de iluminación, radio, comunicación y suministro de agua en cantidades necesarias, contempla aportar con una solución energética “sostenible” a los sectores más necesitados para incentivar el desarrollo de las zonas rurales del país.

Es por eso que los sistemas fotovoltaicos pueden aplicarse y satisfacer necesidades a todo nivel. A continuación, se da algunos ejemplos de su aplicación:

Electrificación rural a:

- Escuelas y Colegios (Centros de cómputo e iluminación, TV, DVD, etc.)
- Centros Comunales (TV, DVD, Radio).
- Centros de salud. (Conservador de vacunas)
- Centros de Capacitación (Computadores, TV, DVD, etc.)
- Viviendas. (iluminación, Radio, etc.)
- Abastecimiento de agua (bombeo de agua a mínima y gran escala)
- Aplicaciones agrícolas (bombeo de agua)
- Iluminación (iluminación pública, parques, senderos, terrenos, muelles, puentes, minería, iluminación de emergencia, canchas, etc.).
- Telecomunicaciones
- Señalización
- Otras, ...

Gran parte de comunidades rurales de Bolivia carecen de energía eléctrica, algunas comunidades han intentado utilizar los generadores a diésel o a gasolina, sin embargo la experiencia ha demostrado que sin una continua provisión de combustible, sin mecánicos o sin repuestos estos generadores duran muy poco y se convierten en sistemas totalmente costosos.

Por otra parte, pretender utilizar el tendido eléctrico es posible solo a las comunidades muy cercanas a las ciudades, pero a la mayoría de las comunidades rurales es imposible llegar, por los costos que significa la inversión y el

mantenimiento de las redes debido a las características ambientales y geográficas de la región.

Las ventajas domésticas gracias a la electrificación rural con energía solar son las siguientes:

- Trabajo / estudios / tareas escolares por la noche.
- Más posibilidades recreativas (radio, lectura, etc.)
- Mejores condiciones de salud (Ausencia de humo, no hay peligro de incendios)
- Tiempo libre, sobre todo para las mujeres.
- Más satisfacción / autoestima / actitud positiva.
- Mejoras domésticas que coinciden con la instalación.

2.5.6 Barreras para la introducción

Una de las principales barreras a la introducción de sistemas fotovoltaicos e híbridos para zonas rurales es el desconocimiento de la tecnología por parte de los organismos e instituciones que tienen la responsabilidad de llevar electricidad, y los servicios de base eléctrica a las comunidades en estas zonas.

La capacitación a los miembros de la comunidad, para la adecuada comprensión de las características y posibilidades de uso, operación y mantenimiento de los sistemas, así como para la adecuada gestión del suministro eléctrico, es también una barrera importante que, de no ser eliminada, pone en riesgo la sostenibilidad de los sistemas y de los programas.

Otra barrera importante es la disponibilidad de servicios post-venta para el reemplazo de partes y componentes, la expansión de la capacidad de los sistemas, y la actualización de los mismos mediante la incorporación de nuevas tecnologías que aparecen en el mercado.

Finalmente, la disponibilidad de financiamientos es imprescindible para la expansión de los programas, al igual que para el mantenimiento, la adquisición de partes, componentes y nuevos sistemas. Hasta ahora, muchos de los programas para la introducción de los sistemas fotovoltaicos e híbridos se originan con financiamientos asistenciales, por lo que su replicación es poco probable sin otro tipo de fondos.

2.6 CONTRIBUCION SOCIAL Y ECONÓMICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La contribución de las energías renovables al desarrollo sostenible, a la prevención de un cambio climático peligroso y al abastecimiento de consumo energético es ampliamente aceptada y reconocida, pues son múltiples los estudios que constatan su valor medioambiental.

Desde un punto de vista energético y de acuerdo con las estimaciones realizadas por Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN-21), en el año 2011 el 16% del consumo final de energía y cerca del 25% del consumo eléctrico a nivel mundial procedió de las energías renovables.

Asimismo, tal y como señala el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, las energías renovables están contribuyendo a mejorar el acceso a la energía para los millones de personas, principalmente en los países en desarrollo, sin acceso o con acceso restringido a electricidad.

Pero, además de su gran potencial para mitigar el cambio climático y mejorar el acceso y seguridad del suministro de energía, en los últimos años han aumentado los estudios que analizan los beneficios generados por el impulso de las energías renovables en relación con el desarrollo social y económico.

En este sentido el capítulo que a continuación se presenta, realiza un recorrido panorámico sobre los resultados alcanzados por la literatura especializada más reciente en relación con el valor económico de las energías renovables atendiendo a varios criterios: creación de valor añadido; creación de empleo, valor social, recaudación tributaria, reducción de emisiones e inversión en I+D+i.

2.6.1 Contribución al Producto Interior Bruto

La importancia de las energías renovables como fuente energética es una realidad creciente a nivel mundial. En el año 2012, según los datos publicados por Eurostat, la energía procedente de fuentes renovables representó el 14,1% del consumo bruto final de energía en Europa (porcentaje situado en 8,3% en 2004). Por países los mayores porcentajes de consumo energético procedente de fuentes renovables son los siguientes:

Tabla 1: Países europeos con mayor porcentaje de uso de energía renovable

País	Porcentaje
Suecia	51%
Letonia	35,8%
Finlandia	34,3%
Austria	32,1%

Los países con menor porcentaje de uso de energía renovable en Europa son los siguientes:

Tabla 2: Países europeos con menor porcentaje de uso de energía renovable

País	Porcentaje
Malta	1,4%
Luxemburgo	3,1%
Reino Unido	4,2%
Países Bajos	4,5%

Además del importante potencial de las energías renovables como fuente energética sostenible, diversos estudios han constatado la relación entre su consumo y el crecimiento económico. Tal y como recoge la literatura internacional especializada (Inglesi-Lotz, R., 2013; Silva, S. et al, 2011, etc.), en los últimos años han proliferado los estudios que analizan si existe una relación de causalidad entre ambas variables.

Algunos de los informes más recientes alcanzan, entre otras, las siguientes conclusiones:

En el año 2008 Chien y Hu analizan los efectos de las energías renovables en el PIB de 116 economías para el año 2003. Utilizando un modelo de ecuaciones estructurales en el que los autores desagregaban el PIB utilizando la “aproximación del gasto”, el estudio concluye que las energías renovables tienen un efecto indirecto positivo sobre el PIB debido al incremento de la formación de capital. Sin embargo, estos autores también señalan en su informe que las energías renovables no tienen efecto positivo sobre la balanza comercial.

En 2009, el estudio realizado por P. Sadorsky, en el que se utilizan técnicas de cointegración con datos de panel para 18 economías emergentes, concluye que existe una relación positiva entre el ingreso real per cápita de un país y el consumo per cápita de energía renovable. Sin embargo, el estudio no demuestra una relación bidireccional entre estas dos variables.

En el año 2010 el estudio realizado por N. Apergis y J.E. Payne utilizando datos de panel para el periodo de tiempo comprendido entre 1985 y 2005 para 20 países de la OCDE encuentra una relación positiva entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico. En este estudio, los autores constatan que un aumento del 1% en el consumo de energía renovable se traduce en un incremento del 0,76% en el PIB nacional. Además, las renovables también afectarían indirectamente al PIB de los países analizados a través de la formación de capital.

En este caso, usando el test de causalidad de Granger se demuestra que la relación entre ambas variables es bidireccional, tanto a corto como a largo plazo.

En esta línea, el estudio realizado por Tugcu et al. en 2012 analiza la relación entre energías renovables y no renovables y el crecimiento económico de los países pertenecientes al G7, concluyendo que existe una relación causal entre ambas variables (energías renovables y crecimiento económico).

Sin embargo, el estudio realizado por S. Silva et al. en 2011 en el que se emplea una metodología de modelos autoregresivos para el periodo 1960-2004 utilizando tres variables para cuatro países (Dinamarca, España, Estados Unidos y Portugal, países con diferentes niveles de desarrollo económico, social y distintas estructuras económicas pero con similitudes en la apuesta por la inversión en renovables en las últimas décadas), concluye que el incremento de energías renovables ha tenido repercusiones inicialmente negativas para los países analizados en términos de PIB per cápita (exceptuando el caso de los Estados Unidos) aunque, en todos los casos ha contribuido a la reducción de emisiones de CO₂.

2.6.2 Contribución a la creación de empleo

Son varios los estudios que demuestran la relación positiva entre la apuesta por un incremento de las energías renovables y un aumento proporcional de la demanda de empleos, directos e indirectos, relacionados con este sector (André et al., REN-21, 2011; Agencia Internacional de la Energía (AIE), 2010; etc.).

A nivel internacional, en el año 2008 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2008), cifraba el número de empleos relacionados (directa o indirectamente) con las energías renovables en 2,3 millones de puestos de trabajo, aproximadamente.

Más recientemente, en el año 2011, un informe realizado por la Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA) estimaba un crecimiento bruto constante del empleo relacionado con el sector eléctrico renovable y con el biogás, pasando de 1,3 millones de puestos de trabajo en 2004 a 3,5 millones en 2010 a nivel mundial. De ellos, 630.000 estaban relacionados con la energía eólica, 350.000 con la solar y más de 1.500.000 con el biogás.

Además, varios son los estudios que realizan proyecciones muy positivas en lo que a creación de empleo relacionado con las renovables se refiere. Tal y como se puede ver en la siguiente tabla, el estudio de IRENA, 2011 recoge algunas de las estimaciones realizadas por diversos trabajos.

Tabla 3: Estimaciones de creación de empleo vinculado a las energías renovables (2030)

Fuente	Tipo de empleo	Estimaciones	Consideraciones
UNEP et al (2008)	Empleo bruto	Solar: 6,3 millones Eólica: 2,1 millones Biogás: aprox. 12 millones	Alcance global
Greenpeace (2009)	Empleo bruto directo	Sector energético: 8,6 millones Energías renovables: 2,7 millones	Alcance global basado en las proyecciones del IEA, 2007.
		Sector energético: 11,3 millones Energías renovables: 6,9 millones	Alcance global (escenario 30% energías renovables)
Ragwitz et al (2009)	Empleo bruto directo	Todas las energías renovables: 1,8 millones Todas las energías renovables: 2,3 millones Todas las energías renovables: 3,4 millones	UE (escenario sin políticas específicas) UE (política actual, export. moderadas) UE (políticas avanzadas, export. moderadas)
	Empleo neto directo	Todas las energías renovables: 0,2 millones Todas las energías renovables: 0,5 millones Todas las energías renovables: 0,7 millones Todas las energías renovables: 0,7 millones	UE (política actual, export. moderadas) UE (políticas avanzadas, export. moderadas) UE (política actual, export. elevadas) UE (políticas avanzadas, export. elevadas)
Greenpeace y EPIA (2007)	Empleo bruto (no se especifica si directo o indirecto)	Energía solar: 6,3 millones	Alcance global (desarrollo avanzado)
		Energía solar: 3,0 millones	Alcance global (desarrollo moderado)
		Energía solar: 0,3 millones	Alcance global (escenario IEA de referencia)

Fuente: IRENA, 2011.

Además de los estudios recogidos por IRENA, el estudio realizado por el PNUMA y la Organización Internacional del Trabajo “Empleos verdes, hacia un trabajo decente en un mundo sostenible con bajas emisiones de carbono” (OIT, 2011) prevé la creación de, al menos, 20 millones de empleos en el sector de las energías renovables (proyección a 2020). Por subsectores, el informe estima que los biocombustibles generarán 12.000.000 (59%), la energía solar fotovoltaica 6.300.000 empleos (31%) y la energía eólica 2.100.000 (10%). Asimismo, en este caso en el contexto europeo, un estudio de WWF (Ghani-Eneland, 2009) realizó también proyecciones de puestos de trabajo ligados al sector. El documento afirma que en 2020 las energías renovables podrían contribuir a la creación de 2,5 millones de empleos netos en toda la UE.

Si bien la creación de empleo es de gran importancia para la economía, el tipo y las condiciones de los nuevos puestos de trabajo son de igual relevancia, ya que la creación de empleo estable y de calidad es un elemento clave para la cohesión social, y la principal fuente de ingresos de la población consiste en las remuneraciones percibidas por su trabajo.

2.6.3 Contribución al sistema fiscal

En cuanto a las aproximaciones metodológicas utilizadas en la literatura para calcular el impacto fiscal de las renovables, distintos estudios han acudido a una metodología basada en el cálculo de la llamada “balanza fiscal”. En el estudio técnico “PER 2011/2020”, realizado por Deloitte e IDAE, se ha estimado la balanza fiscal a partir de las cuantías satisfechas en concepto de Impuesto sobre Sociedades, recogido de los estados financieros de las empresas del sector, así como el resto de impuestos pagados por los productores de energía (tributos locales, retenciones e ingresos a cuenta e impuestos sobre beneficios extranjeros). Paralelamente se han cuantificado las subvenciones a la explotación recibidas por las empresas del sector de las energías renovables, calculando así la contribución neta de la industria a las administraciones tributarias. Los resultados alcanzados

permitían afirmar que el saldo de la balanza fiscal del sector de las renovables era positivo para todo el periodo analizado, es decir que lo recaudado por los distintos niveles de la administración en concepto de impuestos era netamente superior a las subvenciones otorgadas al sector.

Otros trabajos, como el realizado por la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) en 2009, titulado “Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España” siguiendo la misma lógica, cuantificó los impuestos y las tasas satisfechos por el sector de las energías renovables, tomando en consideración los impuestos nacionales, autonómicos y locales, y comparándolos con los ingresos fiscales obtenidos en razón de subvenciones a la explotación procedentes de la Unión Europea, comunidades autónomas y administraciones públicas. Los resultados de este último trabajo evidenciaron que para el periodo analizado, 2005- 2008, el sector fue contribuidor fiscal neto en todos los ejercicios; es decir, los impuestos pagados fueron superiores a los fondos recibidos por concepto de subvenciones a la producción de renovables.

Desde otro punto de vista, otros estudios, como el realizado en 2010 por Hirsch et al., han evaluado el beneficio fiscal de las inversiones en generación de energías renovables desde el lado de la recaudación por parte de las administraciones locales. Centrándose en el análisis de la recaudación fiscal obtenida por diferentes municipios con altos niveles de inversión en energías renovables han demostrado que, en un escenario donde no se hubieran producido las citadas inversiones o desarrollo de instalaciones de energías renovables, la recaudación municipal habría sido netamente inferior.

2.6.4 Contribución a la reducción de emisiones a la atmósfera

Tal y como señalan V. Antón y A. Bustos (1995) en el informe en el que analizan la emisión de CO₂ y su problemática en la Unión Europea, el interés científico por los efectos de la emisión de gases y su concentración en la atmósfera no es un

fenómeno reciente sino que nace ya en el siglo XIX. En la década de 1860, el físico irlandés John Tyndall describió el papel de ciertos gases como "reguladores" de las temperaturas y, en 1899, el químico sueco Svante August Arrhenius demostró en un artículo la influencia del dióxido de carbono (causado por la combustión de carbón) en el efecto invernadero.

No obstante, es en las últimas décadas cuando el cambio climático y la concentración en la atmósfera de los gases causantes de este "efecto invernadero" han adquirido especial relevancia, despertando gran interés en el ámbito académico, político y la opinión pública.

En este sentido, es importante resaltar que el sector eléctrico es uno de los que más emisiones atmosféricas genera, por lo que es uno de los ámbitos más importantes a considerar a la hora de reducir dichas emisiones ya que, desde la década de 1850, la utilización de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas) ha aumentado progresivamente en todo el mundo hasta convertirse en el suministro de energía predominante (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011). Esto ha llevado a que en el año 2010 las concentraciones de CO₂ fueran superiores a 390 partes por millón (ppm), un 39% por encima de los niveles preindustriales.

La contribución de las energías renovables a la reducción de emisiones a la atmósfera (gases de efecto invernadero) ha sido ampliamente documentada por la literatura especializada y son múltiples los estudios e informes que constatan los efectos positivos de las energías renovables en relación con la reducción de emisiones de CO₂.

A nivel mundial, uno de los estudios más recientes es el realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2013), en el que se estima que las energías renovables (excluyendo la energía hidráulica a gran escala) han

contribuido a evitar 900 megatoneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera (el 7% del total de las emisiones del sector energético).

A nivel europeo, según los datos del Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC en sus siglas en inglés) entre el año 1990 y el año 2009, gracias a la energías renovables, las emisiones de CO₂ en el conjunto de la Unión Europea se redujeron en aproximadamente 340 millones de toneladas, lo que equivale a una reducción del 7% con respecto a 1990 y a un beneficio económico cercano a los 51.000 millones de euros.

Además, en el transcurso de estas décadas la preocupación por la reducción de emisiones a la atmósfera no ha dejado de crecer y, en la actualidad, la Comisión Europea ha propuesto unos objetivos climáticos y energéticos de la UE para 2030 en los que se establecería la obligatoriedad de reducir las emisiones de CO₂ en un 40% (respecto a los niveles de 1990) para el conjunto de la Unión Europea. En el Consejo Europeo del 23 al 24 de octubre del presente año los Veintiocho tomarán la decisión final.

CAPÍTULO III

MARCO LEGAL

3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO

En la Constitución Política del Estado se han establecido competencias en relación a las energías alternativas y renovables en los niveles del gobierno departamental y del gobierno municipal. Las competencias que la CPE asigna a estas instancias son “exclusivas” y son las siguientes:

Artículo 300. I. Son competencias exclusivas de los gobiernos departamentales autónomos, en su jurisdicción:

Inciso 16. Proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía de alcance departamental preservando la seguridad alimentaria.

Artículo 302. I. Son competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción:

Inciso 12. Proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía preservando la seguridad alimentaria de alcance municipal.

De acuerdo a la definición de competencia exclusiva, tanto los gobiernos departamentales como municipales no pueden legislar el uso y aprovechamiento de las energías renovables, pero sí reglamentarlas y ejecutar proyectos.

Por lo tanto, la responsabilidad para la implementación de proyectos con energías renovables (diseño, ejecución y financiamiento) recae sobre las Gobernaciones Departamentales y sobre los Gobiernos Municipales. Las finalidades deberían ser dos de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo: a) atender las demandas de energía de la población y b) contribuir a la Soberanía Energética.

Sobre la participación de actores en el sector el artículo 378 explicita que:

Artículo 378. I. Las diferentes formas de energía y sus fuentes constituyen un recurso estratégico, su acceso es un derecho fundamental y esencial para el desarrollo integral y social del país, y se regirá por los principios de eficiencia, continuidad, adaptabilidad y preservación del medio ambiente.

II. Es facultad privativa del Estado el desarrollo de la cadena productiva energética en las etapas de generación, transporte y distribución, a través de empresas públicas, mixtas, instituciones sin fines de lucro, cooperativas, empresas privadas, y empresas comunitarias y sociales, con participación y control social. La cadena productiva energética no podrá estar sujeta exclusivamente a intereses privados ni podrá concesionarse. La participación privada será regulada por la ley.

El uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, es una cuestión de Estado por lo cual, es prioridad nacional la implementación de nuevas fuentes de energía alternativa para cumplir específicamente lo señalado en el artículo 379 de la norma magna.

Artículo 379.

I. El Estado desarrollará y promoverá la investigación y el uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, compatibles con la conservación del ambiente.

II. El Estado garantizará la generación de energía para el consumo interno; la exportación de los excedentes de energía debe prever las reservas necesarias para el país.

Por lo anterior, se puede destacar que parte de las políticas de Estado son la elaboración de proyectos y programas de desarrollo de sistemas de energías renovables, principalmente dirigidos a proveer de energía eléctrica en áreas sub urbanas que no forman parte de la red de interconexión nacional.

3.2 LEY 300, LEY DE 15 DE OCTUBRE DE 2012. LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN

Esta Ley tiene por objeto establecer la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes; así como los objetivos del desarrollo integral como medio para lograr el Vivir Bien, las bases para la planificación, gestión pública e inversiones y el marco institucional estratégico para su implementación.

Artículo 30. (ENERGÍA). Las bases y orientaciones del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en energía son:

1. Establecer la política energética y las medidas para lograr el cambio gradual de la matriz energética proveniente de recursos naturales no renovables a través de la sustitución paulatina de combustibles líquidos por gas natural, así como el incremento gradual de las energías renovables en sustitución de las provenientes de recursos no renovables.
2. Garantizar que se incorpore al Sistema Interconectado Nacional (SIN), un porcentaje de generación de energía proveniente de fuentes de energías alternativas renovables, que será incrementado gradualmente de forma sostenida.
3. Desarrollar, planes y programas de generación de energías alternativas renovables e incentivos para la producción y uso doméstico, priorizando las energías: solar y eólica, y las microcentrales hidroeléctricas y el ahorro energético nacional.
4. Promover la implementación de tecnologías y prácticas que garanticen la mayor eficiencia en la producción y uso de energía en armonía y equilibrio con los sistemas de vida y la Madre Tierra, de acuerdo a Ley específica.
5. Desarrollar políticas de importación, producción y comercialización de tecnologías, equipos y productos de eficiente consumo energético.

3.3 EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

El Plan Nacional de Desarrollo (DS 29272) establece los siguientes objetivos para el sector eléctrico y que se deben lograr a través de cuatro políticas:

“Garantizar el suministro eléctrico, asegurando el acceso universal a este servicio en forma sostenible y con equidad social, con políticas de:

Desarrollar infraestructura eléctrica para atender las necesidades internas y generar excedentes para la exportación, Incrementar la cobertura del servicio eléctrico en el área urbana y rural, Soberanía e independencia energética y Consolidar la participación del Estado en el Desarrollo de la Industria Eléctrica”.

En relación a la Política 2, el PND señala que los proyectos a través de los cuales se incrementará la cobertura del servicio eléctrico son la *“interconexión de sistemas aislados, la extensión de redes eléctricas, la densificación de usuarios en redes de distribución, el incremento de la capacidad de distribución eléctrica; la generación a gas natural y las energías renovables”.*

3.4 PLAN DE UNIVERSALIZACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD 2011-2025

Los objetivos del Plan de Universalización son los siguientes:

“El área urbana deberá pasar del 90% (2010) al 97% en el 2015 y luego al 100% para el año 2020. En el área rural deberá pasar del 50% (2010) al 70% en el 2015, luego al 87% en el año 2020 y lograrse la universalización del servicio en el año 2025.”

De acuerdo a las estimaciones de crecimiento de la población y tomando en cuenta la que actualmente no tiene servicios de electricidad en el área rural, el Plan estima integrar a 547.000 hogares hasta el año 2025.

Por otro lado, el Plan ha estimado la cantidad de hogares que tendrán acceso al servicio de electricidad según la tecnología como se aprecia en el Cuadro No. 10.

Esto significa que en el área rural se integrarían al servicio de electricidad solamente 54.700 hogares, es decir solamente la tercera parte que lo estimado por el Programa Electricidad para Vivir con Dignidad. El Plan señala que esta cifra surge de la cuantificación de la población rural que vive en áreas con una densidad menor a 1 habitante por kilómetro cuadrado.

La inversión requerida para integrar los 54.700 hogares sería entre US\$ 40 millones y US\$ 65 millones hasta el año 2025.

El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad

Una de las principales aplicaciones de las energías renovables es la generación de electricidad para la atender demandas locales y que no podrían ser satisfechas mediante redes eléctricas.

A su vez, estas fuentes energéticas son una alternativa a los generadores de electricidad que funcionan con diésel ya que resuelven el problema del transporte, almacenamiento y distribución del diésel para generar electricidad en sistemas dispersos y aislados. Como se mostró anteriormente, tanto la hidroelectricidad como la energía solar están siendo aprovechadas para atender principalmente demandas rurales.

El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad, dependiente del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, ha incluido el componente de energías

renovables como un medio para lograr la universalización del servicio de electricidad. Es así que el Decreto Supremo 29635 que crea dicho Programa señala lo siguiente:

“Componente Energías Renovables: Se refiere a la implementación de fuentes energéticas renovables y alternativas: Sistemas Fotovoltaicos, Micro Centrales Hidroeléctricas, Biomasa, Eólico. Se estima que por lo menos 180.000 hogares rurales deberán ser atendidos mediante estos sistemas descentralizados por la alta dispersión de los asentamientos. En la actualidad, el VMEEA está dando un fuerte impulso a este componente a través de créditos y donaciones que ha sido consolidadas y que se encuentran en ejecución.”

El Programa, para el año 2011, dispone de tres financiamientos vigentes directamente relacionados con las energías renovables y que se describen a continuación.

El *Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural* financiado por el Banco Mundial, cuya meta es alcanzar a 10.000 hogares rurales beneficiados con sistemas fotovoltaicos domésticos. Desde el año 2006 al 2010, se han beneficiado 9.200 hogares en los departamentos de Potosí, Cochabamba, Oruro y Santa Cruz. El monto ejecutado alcanza a US\$ 6,5 millones. Dicho Proyecto finalizó en mayo de 2011.

El Programa de Energías Renovables, financiado por el Banco de Desarrollo de Alemania y que alcanza a US\$ 5,2 millones de financiamiento. Este programa está exclusivamente dirigido a utilizar la hidroelectricidad para atender demandas de la población rural aislada.

El Programa Euro Solar, financiado por la Unión Europea por un monto de US\$ 4,5 millones. El Programa está orientado a aprovechar la energía solar y eólica (sistemas híbridos) para alimentar centros comunales que ofrecen servicios de

Internet, cargado de baterías, potabilización del agua, refrigeración para vacunas y otros servicios en 59 comunidades rurales. Hasta fines del 2010 se habrían beneficiado 5.200 hogares rurales.

3.5 DECRETO SUPREMO N° 2048 DEL 2 DE JULIO DE 2014

Artículo 1°.- (Objeto) El presente Decreto Supremo tiene por objeto establecer el mecanismo de remuneración para la generación de electricidad a partir de Energías Alternativas en el Sistema Interconectado Nacional.

Artículo 2°.- (Mecanismo de remuneración)

- I. La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, conjuntamente a los precios de nodo, aprobará el valor de ajuste por adaptabilidad que se aplicará al precio nodo de energía para retribuir la generación de cada uno de los proyectos de Energías Alternativas valorada al precio aprobado por el ente regulador, en aplicación del principio de adaptabilidad de la Ley N° 1604, de 21 de diciembre de 1994, de Electricidad.
- II. El Comité Nacional de Despacho de Carga, registrará mensualmente las transacciones efectuadas por la generación de electricidad de los proyectos de Energías Alternativas y determinará la remuneración por efecto de la aplicación del valor de ajuste por adaptabilidad, la misma que será cubierta por los agentes que conforman la demanda de electricidad en el Mercado Eléctrico Mayorista en proporción a su consumo de energía.
- III. El balance de los pagos y cobros de la remuneración establecida en el presente Artículo, serán ejecutados coincidentemente con la reliquidación por potencia de punta.

Artículo 3°.- (Cuentas individuales)

- I. Se dispone la creación de una cuenta individual de Energías Alternativas para cada agente distribuidor, en la que se incluirán los montos destinados a

cubrir la remuneración por efecto de la aplicación del valor de ajuste por adaptabilidad para el desarrollo de dichas energías.

- II. La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, en forma semestral mediante Resolución Administrativa, determinará para los distribuidores los factores de Energías Alternativas que serán aplicados en forma conjunta a los factores de estabilización.

El Ministerio de Hidrocarburos y Energía, mediante Resolución Ministerial, reglamentará los criterios para la aplicación de los factores de Energías Alternativas.

3.6 DECRETO SUPREMO Nº 2399, 10 DE JUNIO DE 2015

Artículo 1°. - **(Objeto)** El presente Decreto Supremo tiene por objeto normar las actividades de la industria eléctrica, respecto al intercambio internacional de electricidad, su operación y transacciones comerciales, así como las interconexiones internacionales de electricidad.

Artículo 2°. - **(Intercambio internacional de electricidad)**

- I. El intercambio internacional de electricidad, consiste en la transacción de excedentes de electricidad que realiza la Empresa Nacional de Electricidad - ENDE, con sistemas eléctricos de otros países, tales como: exportación, importación, transmisión y tránsito.
- II. Para el intercambio internacional de electricidad, se consideran los siguientes tipos de excedentes:
 - A. **Excedentes de energía del sistema nacional:** Es la energía del Sistema Interconectado Nacional o de un Sistema Aislado, destinada al intercambio internacional de electricidad, una vez cubierta la demanda local;
 - B. **Excedentes de energía de proyectos dedicados:** Es la energía proveniente de plantas de generación desarrolladas con el propósito

de producir electricidad orientada al intercambio internacional de electricidad.

- III. ENDE en representación del Estado, es la única facultada para realizar las actividades de Intercambio Internacional de Electricidad. Los contratos de intercambio internacional de electricidad, deberán ser aprobados conforme lo establece la Constitución Política del Estado.

Artículo 3°. - (Transacciones comerciales internacionales) Se reconocen las siguientes transacciones comerciales para el intercambio internacional de electricidad, que podrán ser realizadas en forma independiente o conjunta:

- A. **Transacciones de electricidad de oportunidad:** Es el intercambio internacional de electricidad que se realiza de manera ocasional y sujeto a disponibilidad, cuyas condiciones técnicas y económicas estarán establecidas en el contrato o instrumento equivalente;
- B. **Transacciones de electricidad en firme:** Es el intercambio internacional de electricidad con garantía de suministro de una cantidad física durante un periodo determinado, bajo condiciones técnicas y económicas que estarán establecidas en el contrato.

Artículo 4°. - (Condiciones para los intercambios internacionales de electricidad) Para los intercambios internacionales de electricidad, se deberá prever en todo momento las reservas necesarias para el consumo interno, debiendo asegurarse el normal abastecimiento de electricidad en el país en condiciones convenientes.

Artículo 5°. - (Transmisión para los intercambios internacionales de electricidad)

- I. La transmisión dedicada a los intercambios internacionales de electricidad, será desarrollada, por ENDE, por sí misma, a través de sus filiales o subsidiarias o asociada a terceros.

- II. La construcción, operación y remuneración de las instalaciones de transmisión dedicada a los intercambios internacionales de electricidad, estarán sujetos a acuerdo de partes y disposiciones reglamentarias vigentes.
- III. La operación y remuneración de las instalaciones de transmisión no dedicada a los intercambios internacionales de electricidad, se sujetarán a las disposiciones reglamentarias vigentes.

Artículo 6° . - (Operaciones internacionales de electricidad) Las condiciones de operación, coordinación, despacho, transacciones y otras complementarias emergentes del presente Decreto Supremo, serán reglamentadas por el Ente Regulador y mediante norma operativa según corresponda.

Artículo 7° . - (Precios y cargos)

- I. Los lineamientos de los precios y cargos para la valoración de las operaciones de intercambio internacional de electricidad, serán propuestos por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía para su aprobación mediante Decreto Supremo.
- II. Los precios y cargos señalados en el Parágrafo precedente, serán negociados por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía conjuntamente con ENDE, mismos que se incluirán en los contratos o instrumentos equivalentes a ser suscritos por dicha empresa.

Los intercambios internacionales de electricidad, serán considerados como una demanda o como generación de electricidad local, según corresponda y no deberán incidir negativamente en los precios de suministro del mercado interno, ni tampoco afectar la remuneración en el parque de generación local.

3.7 OTRAS NORMAS

Ley de Electricidad (Ley 1604 De 1994)

Norma las actividades de la industria eléctrica (Ley N° 1604 de 21 de diciembre de 1994), establece los principios para la fijación de precios y tarifas de electricidad.

Ley de la Tarifa Verde de Energía (Ley 3008 del 2005).

Crea la tarifa verde de energía como una categoría de energía eléctrica para promover el desarrollo tecnológico y competitivo del agro, beneficiando a las propiedades agropecuarias y campesinas que tengan consumo de energía eléctrica fuera del horario pico.

Ley de Biodiesel (Ley 3207 del 2005).

Dispone la incorporación gradual de biodiesel en el diésel, empezando con un mínimo de 2,5 % en el 2007, hasta llegar a un 20% en el 2015. Autoriza la utilización voluntaria de porcentajes mayores en el parque automotor y de transporte particular o público de aquellas áreas donde exista disponibilidad de biodiesel. Establece beneficios impositivos para el biodiesel elaborado en el país: exoneración del impuesto específico a los hidrocarburos y el impuesto directo a los hidrocarburos; y reducción del 50 % de la carga impositiva vigente a la producción y comercialización.

Ley del Medio Ambiente (Ley 1333 de 1992).

Tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre en relación con la naturaleza, promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida

de la población. Define el medio ambiente y los recursos naturales como patrimonio de la Nación.

Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien.

Se establecen las bases y orientaciones para el desarrollo integral de la energía (Artículo 30) y la gestión de los residuos (Artículo 31).

Normas Técnicas

Existen tres normas técnicas relacionadas con las energías renovables que se describen a continuación.

NB 795: Ensayos en condiciones reales para la caracterización de módulos fotovoltaicos (módulos de silicio policristalino y monocristalino, módulos de potencia de 20 W a 200 W).

Esta Norma fue aprobada en 1997 y establece la metodología para determinar los valores de corriente de cortocircuito (I_{cc}), tensión de circuito abierto (V_{co}), potencia en el punto de máxima potencia (P_p) de un módulo fotovoltaico de tecnología monocristalina y policristalina.

Además, contiene la metodología para realizar ensayos bajo condiciones reales y no así para ensayos en simuladores.

NB 948: Ensayos para la medición de la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos fotovoltaicos. Esta norma fue aprobada en 1998 y establece la metodología para determinar la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos en sistemas fotovoltaicos. También se aplica a acumuladores plomo-ácido con electrolito en estado gel.

NB 1056: Instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 300 Wp de potencia – Requisitos Esta norma, que es la más importante del grupo de normas fotovoltaicas, fue aprobada el año 2000 y ha sufrido varias actualizaciones. Se la aplica en las siguientes situaciones: Instalaciones fotovoltaicas aisladas (no conectadas a la red pública), cuya potencia no sobrepase los 300 Wp. En particular: sistemas fotovoltaicos domiciliarios, sistemas fotovoltaicos para escuelas, sistemas fotovoltaicos para postas sanitarias. Sistemas fotovoltaicos con módulos de silicio, con tecnología de fabricación policristalina y monocristalina. Sistemas fotovoltaicos con reguladores de carga cuyo funcionamiento está basado en la lectura del voltaje de la batería.

Sistemas fotovoltaicos con baterías estacionarias de plomoácido, de tipo tubular, de tipo ciclo profundo y libres de mantenimiento.

Ha sido una de las únicas normas que fue puesta en práctica, ya que el año 2004 con el apoyo del proyecto de electrificación rural con energías renovables financiado por el PNUD/GEF (el mismo proyecto que financió la elaboración de la Norma el año 2000) se certificaron los primeros 726 sistemas fotovoltaicos instalados en los departamentos de Tarija y La Paz.

Esta norma requerirá aún una actualización debido a que la tecnología fotovoltaica y de los componentes como reguladores, baterías, luminarias ha evolucionado muy rápidamente.

Se pueden encontrar luminarias tipo LED que pueden ahorrar sustancialmente la utilización de la energía disponible en los sistemas fotovoltaicos.

Recientemente se ha elaborado una norma destinada a la construcción de cocinas mejoradas de leña, su operación y mantenimiento, que establece los parámetros básicos para la construcción de cocinas mejoradas y que utilizan biomasa (leña, estiércol) para generar el calor necesario para cocinar (NB 83001).

CAPÍTULO IV

MARCO REFERENCIAL

4.1 LA OFERTA Y DEMANDA DE ENERGÍA EN BOLIVIA

4.1.1 La oferta de energía eléctrica en Bolivia

La industria eléctrica en Bolivia se encuentra dividida en tres actividades: generación, transmisión y distribución. Según el Anuario Estadístico 2015, de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE), la estructura de esta industria establece que debe existir una separación vertical de las actividades de generación, transmisión y distribución en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Ello con el objetivo de evitar posiciones dominantes entre dichas actividades y posibilitar el funcionamiento de un Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) competitivo.

La oferta está constituida por los generadores y la demanda por los distribuidores de electricidad y los consumidores no regulados, todos ellos interconectados por medio de un sistema de transmisión. La oferta de electricidad en Bolivia está constituida por centrales de generación hidroeléctrica, eólica y termoeléctrica, principalmente a Gas Natural.

La producción de electricidad en el SIN está a cargo de las siguientes empresas generadoras: Empresa Eléctrica Corani S.A. (CORANI), Empresa Eléctrica Guaracachi S.A. (EGSA), Empresa Eléctrica Valle Hermoso S.A. (EVH), Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A. (COBEE), Empresa Río Eléctrico S.A. (ERESA), Hidroeléctrica Boliviana S.A. (HB), Sociedad Industrial Energética y Comercial Andina S.A. (SYNERGIA), Compañía Eléctrica Central Bulu Bulu S.A. (CECBB), Guabirá Energía S.A. (GBE), Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), ENDE Andina, Servicios de Desarrollo de Bolivia S.A. (SDB) y SECCO Bolivia S.A. quienes ofertan su producción en el MEM.

Del mismo modo, la producción de electricidad en los Sistemas Aislados (SA) está a cargo de diversas empresas y cooperativas. Destacan, entre ellas, la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), con una central térmica de generación en el departamento de Pando (Cobija), Servicios Eléctricos Tarija S.A. (SETAR) con centrales en el departamento de Tarija (Bermejo y Entre Ríos), SECCO Bolivia S.A. con unidades generadoras en el departamento de Beni (Riberalta), la distribuidora Cooperativa Rural de Electricidad Ltda. (CRE) que opera centrales en ocho sistemas aislados en el departamento de Santa Cruz, la empresa Gas & Electricidad S.A. (G&E) con una central en el departamento de Tarija (El Puente), la Cooperativa de Servicios Eléctricos de Guayaramerín Ltda. (COSEGUA) con una central en el departamento del Beni (Guayaramerín) y la Cooperativa Eléctrica Riberalta Ltda. (CER) con una central también en el departamento beniano (Riberalta). Además, en el país existen autoprodutores que cubren las necesidades de electricidad de sus industrias, con equipos propios de generación.

La demanda de electricidad en el SIN está constituida, principalmente, por la demanda atendida por las siguientes distribuidoras: la Cooperativa Rural de Electricidad Ltda. (CRE), la Distribuidora de Energía Eléctrica de La Paz (DELAPAZ), la Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Cochabamba S.A. (ELFEC), la Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Oruro S.A. (ELFEO), Servicios Eléctricos Potosí S.A. (SEPSA), la Compañía Eléctrica Sucre S.A. (CESSA), la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) y Servicios Eléctricos Tarija S.A. (SETAR). Las empresas de SETAR (Bermejo y Entre Ríos), ENDE (Cobija) y CRE operan como distribuidoras en los Sistemas Aislados más importantes.

La red de transmisión operada por ENDE Transmisión articula el Sistema Interconectado Nacional (SIN), permitiendo la conexión de 27 agentes del mercado eléctrico bajo la modalidad de acceso abierto. Junto con otros 3 agentes transmisores, esto asegura la dotación de energía termo e hidroeléctrica a siete empresas distribuidoras y cuatro consumidores no regulados y por parte de doce agentes generadores.

4.1.2 Demanda de energía eléctrica en Bolivia

La demanda máxima de electricidad registrada, en 2005, en el Sistema Interconectado Nacional fue de 759 MW y estaba muy cerca de la oferta de energía, según datos del Ministerio de Hidrocarburos y Energía.

“El año 2015 se llegó a un pico máximo de 1.370 MW, el cual fue superado en esta gestión por 88 MW al alcanzar los 1.458 MW, lo que es un reflejo del crecimiento de la industria tanto estatal como privada, incremento en la cobertura eléctrica, el cual ahora permite a las familias vivir con mayor confort y mejorar su calidad de vida”, destacó Sánchez.

En 2015, la demanda correspondiente a las empresas distribuidoras del SIN ascendió a 7.353,7 GWh, mientras que la demanda de los Sistemas Aislados fue de 520,80 GWh.

Por otro lado, de acuerdo a la Empresa Nacional de Electricidad Bolivia, la especialización en dichas actividades logró generar mayor confiabilidad en el suministro eléctrico al consumidor final. Esto derivó en que haya un crecimiento sostenido de la demanda eléctrica, lo que requiere de una significativa inversión en la infraestructura de dicho sector.

Por su parte, durante 2014, la demanda máxima coincidental del Sistema Interconectado Nacional (SIN) tuvo un incremento de 8.02% y un incremento de 6.63% en energía, respecto a la gestión 2013.

De acuerdo a datos de ENDE Transmisión, este incremento de consumo de energía eléctrica fue atribuido al crecimiento de las distribuidoras CESSA (Compañía Eléctrica de Sucre S.A.), que tuvo un aumento anual en consumo de energía del 9.83%, CRE (Cooperativa Rural de Electrificación) con el 6.69% y ELFEC (Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Cochabamba) con 6.57% (ENDE, 2017).

El consumo de energía entre todas las distribuidoras del Mercado Eléctrico Mayorista presentó, en general, también un significativo crecimiento, siendo los menores valores registrados los de ELFEOSA (Empresa de Electrificación de Oruro) con un 3.92 % y SEPSA (Servicios Eléctricos Potosí S.A.) con un 4.97% (ENDE, 2017).

Entre 1985 y 2009, las inversiones en el sector eléctrico (generación, transmisión y distribución) sumaron 1.000 millones de dólares, mientras que en el periodo 2010-2015, tras la nacionalización del sector, los recursos inyectados por el Gobierno llegaron a 1.797 millones (ENDE, 2017).

Bolivia, en la actualidad, incrementó su oferta de generación eléctrica: el 2005 la oferta era casi la misma que la demanda, al 2016 la oferta se ha duplicado alcanzando 1.900 MW, lo cual permite cubrir este tipo de demandas y seguir contando con reservas importantes. La cobertura del servicio eléctrico en 2005 apenas alcanzaba el 74 por ciento, pero en los últimos años remontó hasta el 91 por ciento.

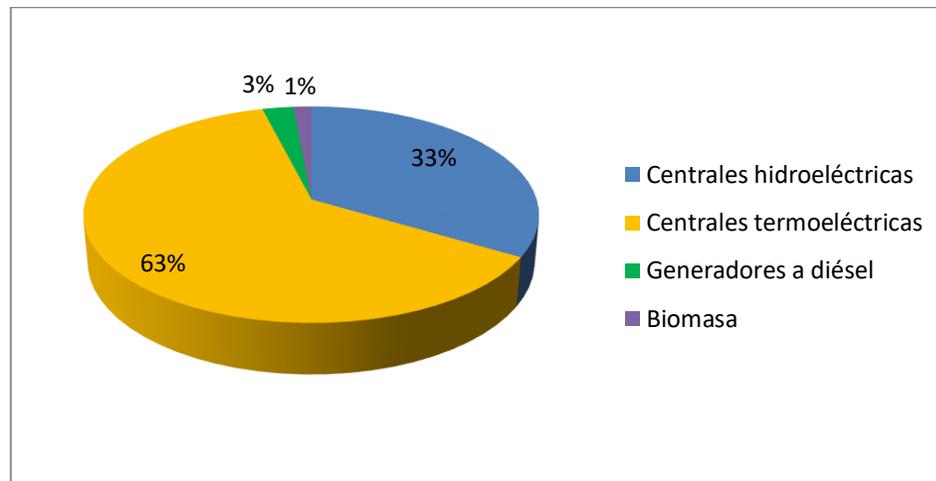
4.2 LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El sector eléctrico boliviano está conformado por dos sistemas: el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que suministra energía a las principales ciudades de los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca, Potosí, Beni y Tarija; y los Sistemas Aislados (SA), que abastecen de energía al departamento de Pando y a las ciudades menores y distantes del SIN.

El Sistema Interconectado Nacional está compuesto por instalaciones generadoras de electricidad, así como por líneas de transmisión y distribución que operan en forma coordinada para atender la demanda de los diferentes consumidores.

La capacidad de generación eléctrica en el SIN al año 2015 alcanzó a 1422,8 MW; de los cuales 475,7MW correspondieron a la generación a través de centrales hidroeléctricas; 890,3 MW mediante centrales termoeléctricas a gas natural; 35,8 MW de generación con base a combustible diésel y 21MW correspondiente al aprovechamiento de la biomasa (bagazo de caña), lo cual demuestra que la participación de las energías alternativas es aun mínima.

**Gráfico 1: Participación porcentual en la generación de energía eléctrica en el SIN.
Al 2015.**



Fuente: ENDE.
Anuario Estadístico A.E

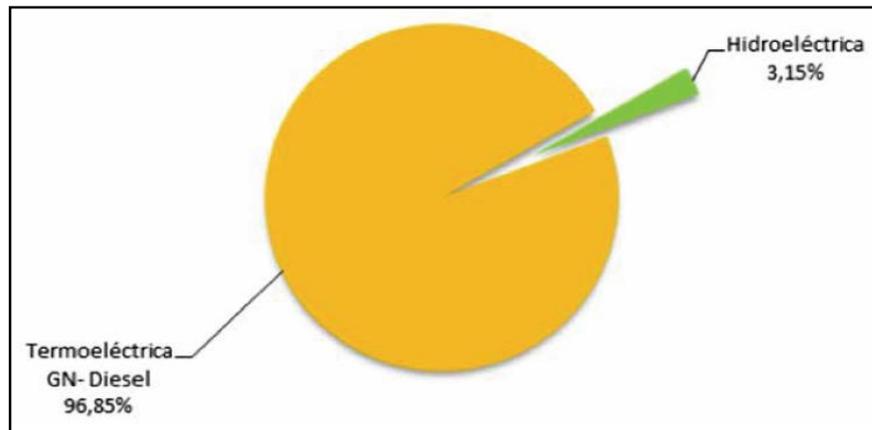
En lo que corresponde a los Sistemas Aislados, en su mayoría estos son atendidos por empresas y cooperativas que realizan la generación y distribución en forma verticalmente integrada.

Las principales empresas en este sentido son la Empresa Nacional de Electricidad - ENDE, con la planta de generación para el sistema Cobija; la Cooperativa Rural de Electricidad - CRE Ltda (Sistemas Aislados), que opera en el área rural del departamento de Santa Cruz; la Cooperativa Eléctrica Riberalta - CER y SECCO en Riberalta; la Cooperativa Eléctrica Guyaramerín - COSEGUA en la ciudad de

Guayaramerín y Servicios Eléctricos Tarija – SETAR y la empresa SECCO, que operan los sistemas eléctricos ubicados en el departamento de Tarija.

La capacidad instalada en términos de potencia eléctrica en los Sistemas Aislados durante la gestión 2013 alcanzó a 253,7MW, correspondiendo el 96,85% a centrales termoeléctricas con base a combustible fósil (diésel y gas natural) y un pequeño porcentaje de apenas el 3,15% a hidroeléctrica de embalse, como se muestra en el gráfico 2.

Gráfico 2: Participación de las fuentes de energía eléctrica en sistemas aislados



Fuente: Viceministerio de electricidad y energías alternativas.

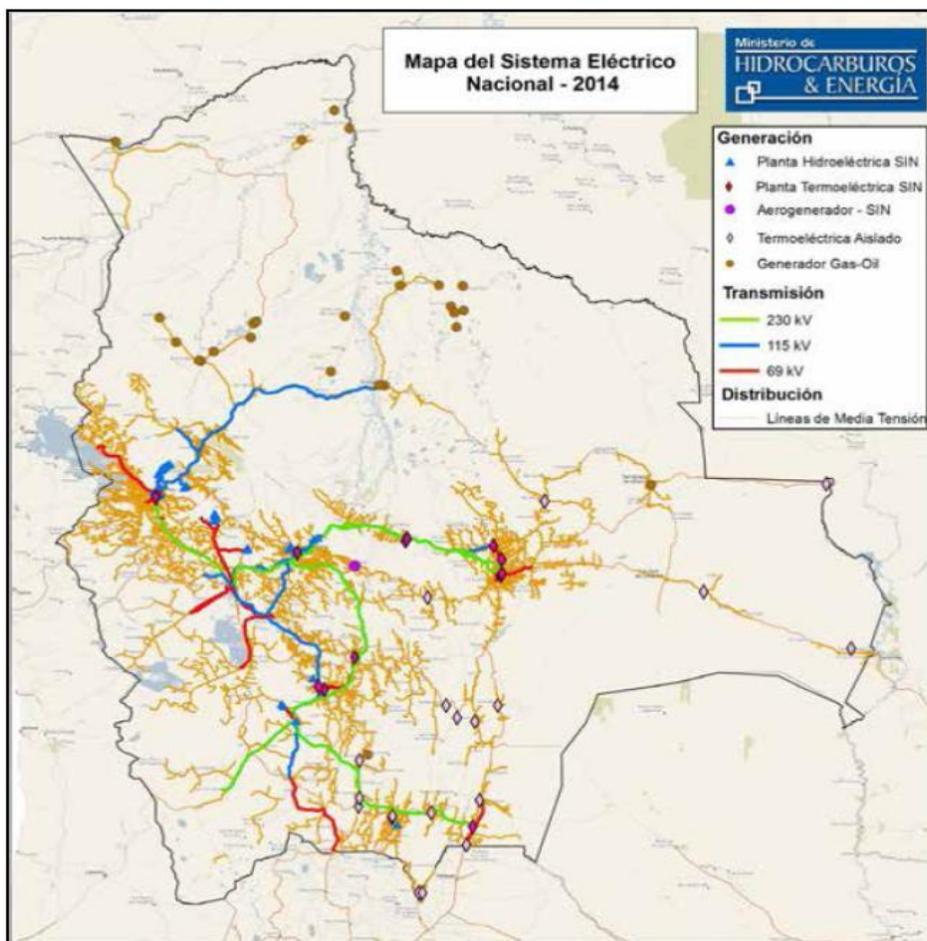
En lo referente a la cobertura de acceso a la electricidad en el área rural para el año 2005, según datos del VMEEA, esta se encontraba en cerca del 33%. De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, la cobertura de acceso a la energía eléctrica en el área rural llegó al 57,5%, lográndose incrementar en 24,5% en el periodo.

Este considerable incremento de la cobertura en el área rural obedece a la implementación, durante los últimos años, de proyectos a través de diferentes tecnologías —tales como redes eléctricas convencionales y sistemas fotovoltaicos y microcentrales hidroeléctricas— que tuvieron un impacto importante en el acceso

a una fuente de energía eléctrica en los en municipios alejados de los sistemas eléctricos de distribución.

En el siguiente mapa se muestra el sistema eléctrico nacional compuesto por las unidades de generación en el Sistema Interconectado Nacional y los Sistemas Aislados, las líneas eléctricas de transmisión en alta tensión y redes de distribución en media tensión.

Figura 1: Sistema eléctrico nacional

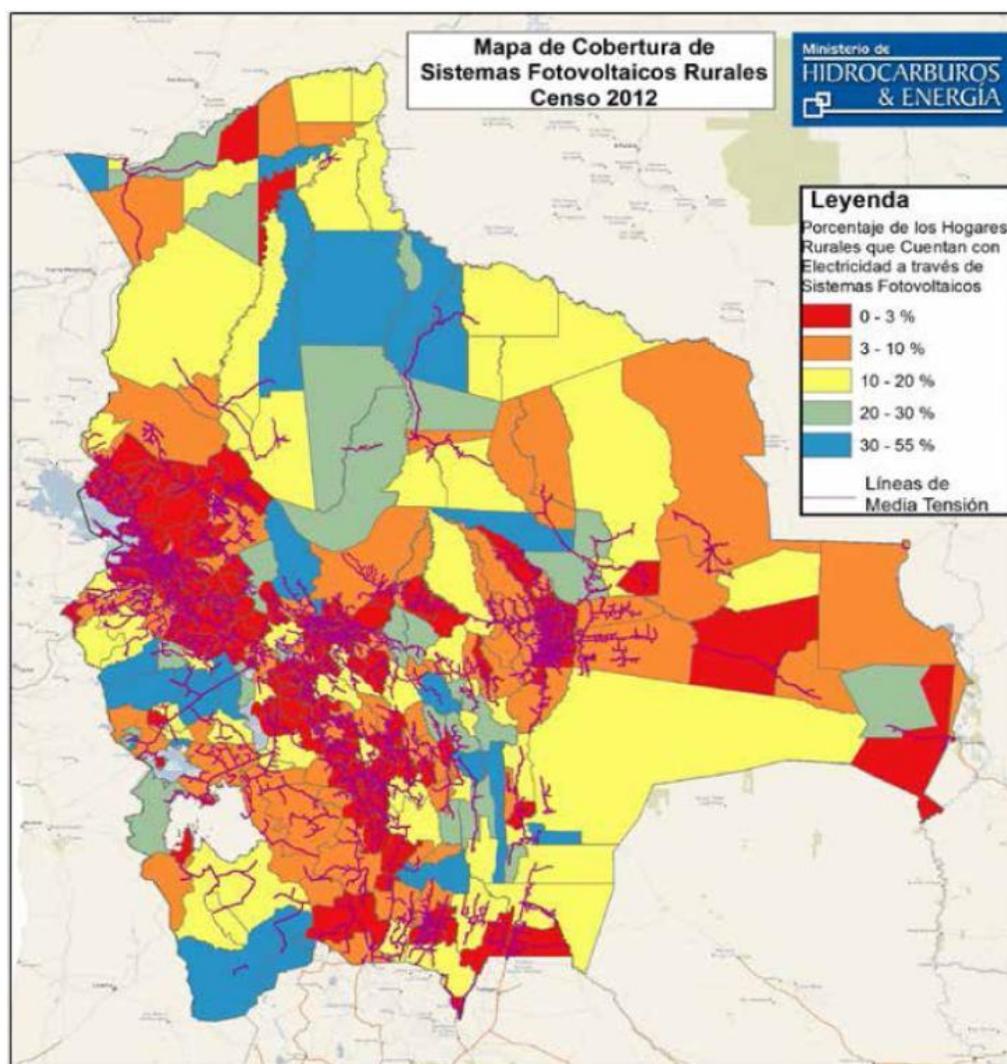


Fuente: Viceministerio de electricidad y energías alternativas.

A pesar de este notable avance, aún existen en el área rural más de 400.000 hogares por atender con el acceso al servicio eléctrico mediante diferentes

tecnologías y fuentes energéticas, entre ellas las energías alternativas, que se constituyen en factor determinante para alcanzar una mayor dinámica incremental en la cobertura. El siguiente mapa muestra el porcentaje de hogares que cuentan con electricidad a través de sistemas fotovoltaicos del total de hogares rurales con electricidad.

Figura 2: Mapa de Cobertura con Sistemas Fotovoltaicos Área Rural



Fuente: Viceministerio de electricidad y energías alternativas.

4.3 POTENCIAL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PAÍS

Bolivia cuenta con un gran potencial energético para la generación de energía eléctrica mediante fuentes alternativas, entre las cuales se contemplan: la eólica, la solar, la geotérmica, la hídrica menor o igual a 2 MW, la obtenida de la biomasa y otras. Adicionalmente, las condiciones climáticas y geológicas facilitan el empleo de estos recursos renovables.

A su vez, se perciben las siguientes oportunidades para su aprovechamiento:

Posibilidad, a mediano plazo, que el costo de generación sea competitivo en comparación a las fuentes tradicionales.

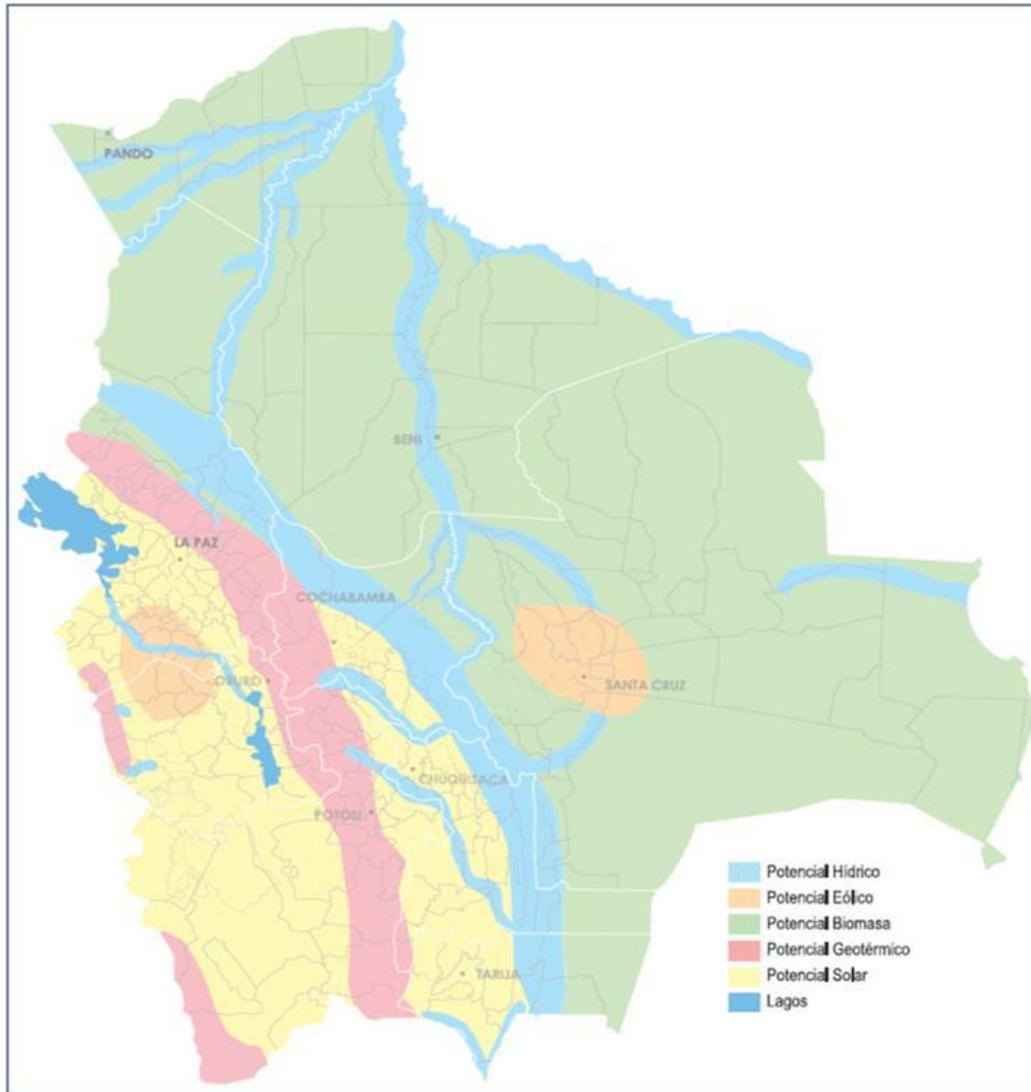
El aprovechamiento de las energías alternativas contribuirá a la diversificación de la matriz energética.

Aportar a una matriz energética ambientalmente más “amigable”. La posibilidad de integración de las Energías Alternativas en el SIN, siempre que existan condiciones favorables para la integración prioritaria.

Las energías alternativas son una solución al acceso universal a la electricidad, particularmente en lugares alejados, dispersos y de difícil acceso.

Las diversas aplicaciones productivas. En el siguiente mapa se identifican las potencialidades energéticas a partir de fuentes de energías alternativas.

Figura 3: Potencia de energías alternativas en el país.



Fuente: Plan de acceso al servicio básico de electricidad VMEEA 2011.

Como se puede observar en el mapa anterior, el potencial solar se encuentra principalmente en la región altiplánica, los valles y el sur del país. Esta condición ha permitido desarrollar el proyecto de una planta solar en el altiplano orureño, para alimentar el SIN.

Sin embargo, si bien la región de Pando está clasificada dentro de las regiones con mayor potencial para generar energía alternativa a través del aprovechamiento de la biomasa, es importante aclarar que este mayor potencial no implica que no se tenga condiciones para generar energía a través de otras fuentes alternativas como la solar. Es conocido por todos los bolivianos que el norte del país es una de las regiones tropicales más calientes por encontrarse muy cerca de la línea ecuatorial, por lo cual, es factible el aprovechamiento de la energía solar tomando en cuenta además que el departamento de Pando no se encuentra interconectada al SIN.

CAPÍTULO V

MARCO PRÁCTICO

5.1 LA SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN BOLIVIA

Bolivia cuenta con un extraordinario potencial de fuentes de energías alternativas, entre ellas la energía solar, lo que favorece su uso, aprovechamiento y aplicación en el país como una alternativa de generación eléctrica amigable con el medio ambiente y un instrumento de electrificación, principalmente en las zonas dispersas y alejadas del área rural.

5.1.1 Potencial de energía solar

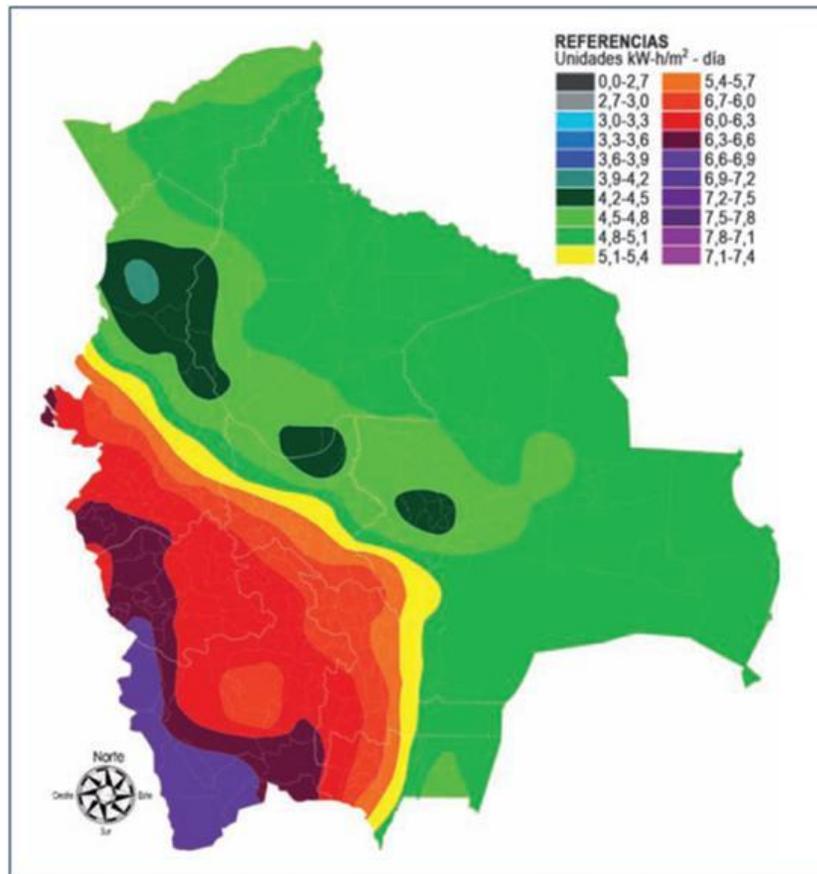
En Bolivia las regiones del altiplano y de los valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar; entre 5 y 6 kWh/m²día⁵, dependiendo de la época del año. En la zona de los llanos la tasa de radiación media se sitúa entre 4,5 y 5 kWh/m²día. Esta energía es suficiente para proporcionar diariamente 220 Wh/día de energía eléctrica a través de un panel fotovoltaico de 50 Wp⁶.

Se puede observar en el gráfico siguiente que los valores medios de la radiación solar varían para las zonas del altiplano, valle y llanos. Las zonas de la región del altiplano presentan la mayor tasa de radiación; tasa que va disminuyendo hacia las zonas del llano.

⁵ kWh/m² día: kilovatios hora por metro cuadrado al día.

⁶ Vatio pico.

Figura 4: Mapa de radiación solar media anual para Bolivia (kWh/m²*día)



Fuente: Proyecto de Energía Solar UMSS 2010.

Los altos valores de radiación solar en Bolivia se deben a la posición geográfica que tiene su territorio, el cual se encuentra en la zona tropical del Sur, entre los paralelos 11° y 22°. Por ello la tasa de radiación entre la época de invierno y verano no representa diferencias que sobrepasen el 25%, a diferencia de otras regiones del globo que se encuentran en latitudes mayores.

Sin embargo, la presencia de la Cordillera de los Andes modifica en alguna medida la radiación solar, beneficiando con una mayor tasa a las zonas altas como el altiplano.

Se puede concluir que la utilización de la energía solar a nivel de todo el territorio nacional es factible, a excepción de algunas zonas que constituyen menos del 3% del territorio nacional, ya que han sido identificadas como zonas de formación de nubes.

Estas zonas corresponden a las fajas orientales de la Cordillera de los Andes, donde la tasa de radiación solar es muy baja, haciendo impracticable su utilización.

Tecnológicamente no existen problemas en el aprovechamiento de la energía solar en Bolivia. Sin embargo, una de las barreras más importantes para el uso de la energía solar en electrificación rural, con sistemas fotovoltaicos o sistemas termosolares de calentamiento de agua, radica en la inversión inicial.

En el caso fotovoltaico es reconocido el hecho de que no será posible efectuar la expansión de esta tecnología sin los subsidios adecuados, por tanto se deben identificar los mejores esquemas de gestión que aseguren la sostenibilidad de los sistemas.

De igual manera, en el marco de una política más general y ampliada donde el Estado participe en la otorgación de subsidios, debe ser necesario establecer algunas reglas que permitan orientar la decisión de inversión en límites que no afecten la sostenibilidad de los proyectos.

Así, se define como tecnologías de Energías Renovables disponibles a aquellas que tengan presencia localmente en aspectos como:

- Conocimiento por parte de personal local para su manejo, instalación, operación y mantenimiento.
- Disponibilidad local de los equipos, repuestos.
- Producción local, o al menos capacidad de reparación local, con la tecnología disponible en el país y sobre todo en ciudades intermedias.

- Garantías de los proveedores de la tecnología hacia los usuarios finales, de manera que en caso de fallas sea posible obtener recambios.
- Existencia de experiencias de aplicación locales positivas a nivel experimental y difusión, aunque sea a pequeña escala.

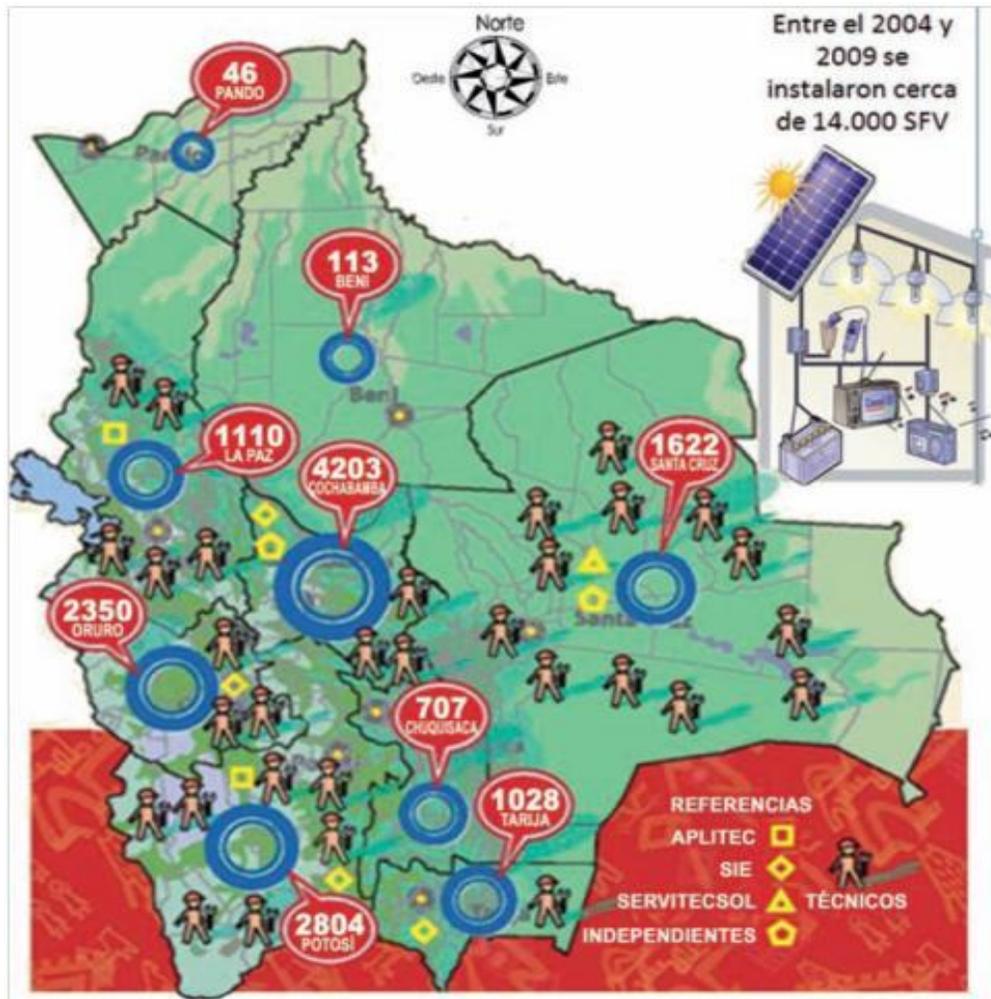
De esta manera, entre las principales opciones de ER disponibles en el país, con una provisión local de equipos, servicios, garantías y experiencias positivas en su aplicación, se pueden mencionar:

a) Los sistemas fotovoltaicos, que convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 [V] la cual, si se desea, podría ser transformada en electricidad de 220V. Estos sistemas pueden abastecer las necesidades de una familia rural, pero también accionar bombas de agua, equipos de radiocomunicación o computadoras.

Es decir, todo lo que requiera energía eléctrica. Sin embargo por el alto costo que tienen los sistemas fotovoltaicos, su utilización está focalizada en usos que requieren pequeñas cantidades de energía pero de manera confiable y segura.

Al momento se estima que existen unas 30.000 unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.).

Figura 5: Sistemas fotovoltaicos instalados en proyectos de Energética



Fuente: Energía Fotovoltaica en Bolivia.
 Elaboración: Energética.

Los sistemas termosolares, que convierten la radiación solar directamente en calor y usan el efecto invernadero, normalmente se utilizan para calentar agua. La tecnología es disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Actualmente se instalan aproximadamente 400 unidades/año y se estima que existen más de 3.000 unidades instaladas y en funcionamiento.

d) Los secadores solares para alimentos, que aprovechan el efecto invernadero para generar calor, se pueden utilizar ampliamente en el deshidratado de diferentes

productos que requieran conservación. En este caso la tecnología también está disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Esta tecnología ha sido utilizada por varias empresas campesinas, para las que su empleo ha sido decisivo para lograr importantes niveles de productividad.

El costo asumido para sistemas fotovoltaicos de 50 Wp³⁶ es de \$us 850 como hardware. En este caso el costo incorpora el equipo, la operación, el mantenimiento, la capacitación y el seguimiento a los sistemas por 1 o 2 años. Otras aplicaciones como bombeo de agua, telecentros, sistemas para albergues de turismo, etc., son fácilmente accesibles y las empresas del rubro pueden cotizar de manera exacta.

c) Los sistemas termosolares para calentamiento de agua tienen diferentes precios en función de la tecnología. Sin embargo un sistema de 200 litros de capacidad destinado al uso familiar puede tener aproximadamente un costo de equipo de \$us 140.037 y una vida útil de al menos 15 años.

Como se observa, a pesar de las limitaciones que pueden tener las ER para la generación de electricidad, estas se encuentran ya en un nivel competitivo de inversión respecto a la extensión de la red. Sin embargo, continúa existiendo una limitante en el acceso a la energía por parte de las comunidades rurales, pues la capacidad de pago de estas familias es limitada.

5.2 PROGRAMAS Y PROYECTOS CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS (2006-2015)

Los proyectos ejecutados mediante energías alternativas han estado enfocados fundamentalmente al acceso al servicio básico de electricidad para los hogares e infraestructuras sociales (unidades educativas y postas de salud) del área rural, mismas que por su ubicación y dispersión geográfica se encuentran alejadas de las redes eléctricas. La mayoría de estos proyectos fueron realizados mediante sistemas fotovoltaicos y microcentrales hidroeléctricas, habiendo beneficiado en los

últimos seis años a más de 30.000 familias, incrementando considerablemente la cobertura en el área rural.

La visión y rol estratégico del sector eléctrico establecidos a partir del nuevo modelo de desarrollo promovido por el actual gobierno ha permitido impulsar intensivamente programas y proyectos de energías alternativas de manera planificada, continua y sostenida, obteniéndose resultados concretos y significativos que contribuyen al incremento dinámico de la cobertura de acceso al servicio básico de electricidad a través del Programa Electricidad para Vivir con Dignidad.

En el departamento de Santa Cruz se instaló una planta de generación eléctrica con base a la utilización de los residuos del proceso de la caña de azúcar (bagazo de caña) con el objetivo de satisfacer la demanda de energía en todos los procesos de producción del Ingenio Guabirá, logrando a partir del año 2007 inyectar sus excedentes al Sistema Interconectado Nacional – SIN. El Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, dado el carácter pionero del proyecto, ha facilitado mediante una normativa específica la inyección al SIN de los excedentes de energía producida, evitando así las barreras legales. El año 2013, según reporte del CNDC, entre los meses de mayo a noviembre, Guabirá Energía inyectó al SIN 78.131MWh con una potencia efectiva de 21 MW.

5.2.1. Proyectos del PEVD – Programa Electricidad para Vivir con Dignidad

El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad- PEVD, fue creado mediante DS 29635 de 9 de julio de 2008 y se encuentra bajo la tuición del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas. En la actualidad está compuesto por diferentes programas y proyectos de electrificación rural mediante diversas tecnologías convencionales y alternativas que cuentan con financiamiento tanto del Estado boliviano como de la Cooperación Internacional.

Históricamente, el costo del desarrollo de infraestructura requerida para la accesibilidad al servicio de energía eléctrica de familias con gran dispersión

territorial en el área rural ha imposibilitado su incorporación a los sistemas eléctricos por red. Por ello, el PEVD ha incluido el componente de energías alternativas como un medio para lograr la universalización del servicio de electricidad en los hogares bolivianos y en la infraestructura social para unidades educativas, centros de salud y telecentros comunitarios. Este componente hace referencia, por lo tanto, a la implementación de proyectos con sistemas fotovoltaicos, micro centrales hidroeléctricas, biomasa, energía eólica y sistemas híbridos.

Por el alto grado de esparcimiento geográfico de los hogares rurales y de su lejanía a las redes eléctricas, se prevé que estos sean atendidos mediante sistemas de energías alternativas descentralizados. En ese sentido, el VMEEA está dando un fuerte impulso a este componente, gestionando nuevos recursos para los próximos años y encontrándose en ejecución varios proyectos financiados a través de créditos y donaciones.

El PEVD está compuesto por diferentes subprogramas y proyectos relacionados directamente al desarrollo de las energías alternativas. Tal es el caso del Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural - IDTR y del proyecto Global Partnership Output Based Aid - GPOBA de la Asociación Mundial para la Ayuda en Función de Resultados, ambos financiados por el Banco Mundial con recursos en calidad de préstamo y donación, respectivamente; el Programa de Energías Renovables, con financiamiento en calidad de donación del Banco de Desarrollo de Alemania – KfW; el Programa Eurosolar, con financiamiento de donación de la Unión Europea; el Proyecto EnDev, destinado a proyectos de energía moderna e implementación de cocinas mejoradas ejecutado por la Cooperación Internacional Alemana – GIZ y el Programa de Electrificación Rural PER – BID en su componente de energías alternativas en el marco del Contrato de Préstamo 2460/BL, establecido entre el Estado Plurinacional de Bolivia y el Banco Interamericano de Desarrollo.

5.2.2 Proyecto IDTR

El proyecto IDTR tuvo durante su desarrollo los objetivos de expandir y mejorar la provisión de servicios de infraestructura en el área rural y periurbana para apoyar la estrategia nacional de infraestructura rural y expandir la cobertura del servicio de electricidad, promoviendo los usos productivos y sociales de este servicio y asegurando el acceso a la energía eléctrica de manera sostenible y con equidad social.

El IDTR comprendió la ejecución de diferentes tipos de proyectos para la instalación de sistemas fotovoltaicos y la densificación de la red eléctrica en distintas regiones del país. El Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas relanzó este proyecto en el periodo 2007-2011, etapa en la que se beneficiaron un total a 10.147 hogares con el acceso a la energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos y 3.000 sistemas para infraestructura de usos sociales y productivos de la electricidad. La densificación con pequeñas extensiones de redes eléctricas en media y baja tensión alcanzó por su parte a beneficiar a 20.073 hogares, así como a comunidades rurales con la dotación de 7.649 cocinas mejoradas tipo Malena con uso eficiente de la leña. Dado el éxito alcanzado por este proyecto en su primera fase, se tiene prevista una segunda etapa a ejecutarse en el corto plazo.

5.2.3 Proyecto GPOBA

El Proyecto GPOBA es conocido por su contribución al acceso a servicios de electricidad de familias y escuelas en áreas rurales mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos en los departamentos de La Paz, Potosí, Cochabamba y Chuquisaca. A través de él se distribuyeron pico lámparas solares, en las zonas de la Chiquitanía, Chaco y Amazonía de Bolivia.

Este proyecto logró además instalar 7.564 sistemas fotovoltaicos y entregar 4.055 lámparas pico PV, beneficiando a la misma cantidad de familias respectivamente.

En lo referente a la infraestructura social fueron beneficiados 136 establecimientos educativos en las áreas de intervención del proyecto, también mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos.

5.2.4 Programa EUROSOLAR

El objetivo del Programa Eurosolar fue promover el uso de energías renovables en el área rural del país, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población sin servicios básicos y de contribuir a la reducción de la pobreza.

Mediante su ejecución se llegaron a beneficiar a 59 comunidades de los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, Oruro, Potosí y Santa Cruz, dotándoselas de energía eléctrica con base a sistemas híbridos (solar/eólico), para el funcionamiento de telecentros comunitarios. Asimismo, el programa incluyó la dotación de equipamiento informático completo para servicio de internet, telefonía IP, cargado de baterías, purificación de agua y conservación de vacunas; adicionalmente se llevó adelante procesos de capacitación a gestores comunales para la operación y mantenimiento de los telecentros. Este programa benefició a un total de 5.566 familias de las comunidades involucradas en él.

5.2.5 Política de Energías Alternativas para el sector eléctrico

Con la finalidad de efectivizar el desarrollo de las energías alternativas en Bolivia, se estableció como mandato constitucional que las diferentes formas de energía y sus fuentes constituyen un recurso estratégico, que su acceso es un derecho fundamental y esencial para el desarrollo integral y social del país, y que este se regirá por los principios de eficiencia, continuidad, adaptabilidad y preservación del medio ambiente, mencionando también que el Estado desarrollará y promoverá la investigación y el uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, amigables con el ambiente.

La política de energías alternativas se basa en objetivos concretos, tales como:

- la contribución a la diversificación de la matriz energética y al acceso universal del servicio básico de electricidad y sus aplicaciones productivas;
- la consecución y consolidación de la seguridad y soberanía energética nacional;
- el despacho preferencial de la generación con base a energías alternativas;
- el uso racional y eficiente de los recursos naturales, considerando también los impactos ambientales y económicos generados por el desplazamiento del consumo de combustible fósil y sus efectos positivos respecto a la disminución de gases de efecto invernadero;
- la consolidación de un marco normativo técnico, legal y financiero; y,
- el fortalecimiento a las instituciones involucradas con las energías alternativas.

El cumplimiento de estos objetivos se realiza a través de cuatro programas específicos:

- Generación eléctrica mediante energías alternativas (primer programa): destinado a la generación eléctrica para la diversificación de la matriz de generación en el sistema eléctrico nacional;
- Electricidad para Vivir con Dignidad (segundo programa): orientado al acceso a la energía eléctrica de la población rural y periurbana;
- Desarrollo normativo y fortalecimiento institucional (tercer programa): destinado al desarrollo normativo y fortalecimiento institucional; y,
- Desarrollo de la investigación, promoción y difusión (cuarto programa): dirigido a la investigación y desarrollo, promoción y difusión de las energías alternativas.

5.2.6 Programa Electricidad para Vivir con Dignidad

El Programa Electricidad para Vivir Con Dignidad (PEVD) fue creado con el objetivo principal de lograr el acceso universal al servicio público de electricidad al 2025, contribuyendo así a mejorar las condiciones de vida, reducir la pobreza, generar empleos y consolidar una estructura productiva, económica y social, incentivando la combinación de inversión pública y privada. Más adelante en este Plan se describen los proyectos y las tecnologías aplicadas como parte de este Programa, así como sus financiamientos.

5.2.7 Plan de Universalización - Bolivia con Energía 2010 – 2025

El Plan de Universalización - Bolivia con Energía 2010–2025, elaborado por el VMEEA, constituye un instrumento para determinar la cobertura y alcance del acceso de los hogares bolivianos al servicio eléctrico y planificar integralmente la aplicación de diferentes tipos de tecnologías convencionales y alternativas que permitan desarrollar la infraestructura eléctrica necesaria en coordinación con las diferentes entidades territoriales autónomas, a objeto de alcanzar la universalización en Bolivia. Para ello se han trazado metas de cobertura intermedia y final, tanto para el área urbana como rural. Las metas del Plan de Universalización comprenden alcanzar un 87% de cobertura al 2020 y lograr la universalización del servicio en el área rural al año 2025.

5.3 PROYECTOS CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL SIN, DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA AL 2025

5.3.1 Potencial generador de energía eléctrica de las fuentes de energía alternativas

Tabla 1: Las fuentes de energía alternativa y su potencial generador de energía eléctrica

Sistema eléctrico	Proyecto	Localización	Fuente de energía	Potencia MW
SIN	Qollpana I	Pocona-Cochabamba	Eólica	3
	Qollpana II			21
	Santa Cruz	De acuerdo a mediciones de potencial ENDE		29
	San Buenaventura	La Paz	Biomasa	10
	Laguna Colorada	Potosí	Geotérmica	100
	Parque fotovoltaico	Altiplano-Oruro	Solar	20
	Sub total			183
	Otros emprendimientos	A nivel nacional	Energías alternativas	59
	Sub total			59
Total			242	

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

Los 59 MW adicionales correspondientes a otros emprendimientos serán considerados en la planificación en función a la validación del potencial, viabilidad técnica económica, estudios TESA, su impacto en el sistema eléctrico y en función a la disponibilidad de recursos económicos para su ejecución y remuneración por la energía generada.

Con la finalidad de exponer las ventajas y características de la generación fotovoltaica y como medio de aprendizaje, el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, tiene previsto implementar dos proyectos pilotos de parques fotovoltaicos de pequeña escala con 50KW y 350KW en el campus universitario de Cota Cota en la ciudad de La Paz y en los predios del aeropuerto Viru Viru en Santa Cruz, respectivamente. La energía generada será inyectada a las líneas eléctricas de media tensión de las empresas de distribución de estas dos ciudades. Esta implementación se realiza con el apoyo técnico económico del Gobierno de Japón a través de JICA.

5.3.2 Proyecto de Generación Híbrida El Espino

En el marco del programa PER-BID, dependiente del VMEEA, se implementará el proyecto híbrido (fotovoltaico – diésel) con la finalidad de suministrar energía eléctrica confiable, continua y sostenible a la comunidad indígena guaraní de “El Espino”, localizada en el municipio de Charagua en la provincia cruceña de Cordillera.

El proyecto comprende la instalación de un sistema híbrido de 60 KW compuesto por módulos fotovoltaicos, un sistema de almacenamiento de energía y un generador diésel. La operación, mantenimiento y administración del sistema estará a cargo de la Cooperativa Rural Eléctrica – CRE; mientras que la construcción de redes de distribución será realizada por la gobernación de Santa Cruz. El objetivo de este proyecto es contribuir al proceso de inclusión social, mejora de la calidad de vida, salud y educación de las 124 familias de la comunidad, con un servicio de calidad que asegure la sostenibilidad del sistema y fortalezca las potencialidades económicas, socioculturales y organizacionales de la población beneficiaria.

5.3.3 Proyecto de Generación Híbrida Cobija

Este proyecto ha sido gestionado por el VMEEA ante el gobierno de Dinamarca a través de la cooperación danesa - DANIDA, el objetivo de este proyecto es construir y poner en funcionamiento un parque solar de 5MW en el Sistema Aislado Cobija hasta fines del año 2014, con la finalidad de desplazar el consumo de aproximadamente dos millones de litros combustible diésel por año.

La implementación de este proyecto se traducirá en importantes beneficios económicos y ambientales. Además, con la transferencia tecnológica, capacitación técnica y lecciones aprendidas que se obtendrán del proyecto, se contribuirá a la

ejecución de otros emprendimientos de este tipo, especialmente en los Sistemas Aislados del Beni.

Del mismo modo, con el propósito de contrarrestar el consumo de combustible diésel en el norte amazónico del Beni, se tiene previsto convertir los Sistemas Aislados en sistemas híbridos a partir de una integración progresiva de generación eléctrica basada en energías alternativas.

Para los SA del Beni y de Cobija este Plan ha tomado en cuenta que, de los 32,1 MW potencia instalada con generación diésel que se tienen en estos dos sistemas, se alcance el 40% de generación a través de energías alternativas; es decir, el equivalente a 12,8 MW.

De esta capacidad de generación actualmente se está ejecutando el proyecto Planta Solar Fotovoltaica en el Sistema Eléctrico Cobija de 5 MW, quedando 7,8 MW destinados para los SA del Beni.

Para la hibridación de los sistemas de generación a diesel del Beni, correspondientes a 7,8 MW, se tiene previsto que el 75% de esta cantidad; es decir, 4,6 MW se realizará mediante el aprovechamiento del recurso solar y el 25%, equivalente a 3,2 MW, corresponda al recurso de biomasa. En el siguiente cuadro se muestra el detalle de generación prevista para los sistemas de Beni y Pando.

5.3.4 Proyecto Sistemas Aislados Beni-Pando al 2025

Tabla 2: Proyectos de energía alternativa en el Sistema Aislado en Beni y Pando

Sistema eléctrico	Proyecto	Localización	Tecnología	Potencia (MW)
Sistema Aislado (SA)	Planta solar Fotovoltaica Cobija	Pando	Solar	5
	Sistemas Híbridos	Localidades Beni – Pando	Solar	4,6
			Biomasa (Gasificación, Otros)	3,2
Total				12,8

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

De acuerdo a la planificación establecida en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, se considera que se irán incorporando de manera progresiva la mayoría de los sistemas aislados de Beni y Pando al Sistema Interconectado Nacional, por lo que los proyectos antes mencionados —como la planta solar fotovoltaica Cobija— continuarán en operación, fortaleciendo la generación de electricidad en el momento en que el SIN arribe.

5.3.5 Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 en hogares

Dentro de los programas desarrollados por el Estado boliviano para implementar sistemas de energía alternativa para la generación de energía eléctrica, se hace una distinción entre el tipo de beneficiarios, identificando al conjunto de hogares, por una parte, y por otra a los usuarios sociales o colectivos.

Tabla 3: Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 en hogares

Descripción	Programa	Localización	Tecnología	Hogares a integrar	Periodo de implementación estimado
Acceso al Servicio Básico de Electricidad	Electricidad para Vivir con Dignidad	Área rural del país con hogares alejados de las redes eléctricas	Fotovoltaica Microhidroeléctrica	6.766	2013 – 2015
				28.652	2016 – 2020
				20.967	2021 – 2025
Total				56.385	2013 - 2025

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

De este universo, se ha estimado que el 95% —equivalente a 53.566 hogares— serán beneficiados de manera general con sistemas fotovoltaicos unifamiliares, totalizando 2,68 MW; esto en razón al buen potencial solar existente en el país y debido a que esta tecnología no requiere de muchos estudios, ni de obras civiles complementarias; tal el caso de las microcentrales hidroeléctricas.

En cuanto al 5% restante —es decir, 2.819 hogares— este será atendido mediante microcentrales, en función al potencial hídrico disponible y previa realización de estudios específicos. De esta cantidad, 1.620 hogares serán atendidos a través del programa KfW del PEVD hasta el 2016.

Como se puede apreciar, las proyecciones realizadas abarcan un período de aproximadamente 10 años, situación que otorga la posibilidad de que tanto hogares como unidades sociales puedan para entonces acceder a una energía más barata.

En cuanto a infraestructura social, es importante destacar que ésta está referida a centros educativos, hospitales, sedes sociales y otros que engloban una actividad colectiva, lo que en cierto modo también favorece el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes beneficiados con este tipo de energías.

Tabla 4: Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 en Infraestructura social

Descripción	Programa	Localización	Tecnología	Sector	Cantidad De establecimientos	Periodo de implementación
Accesos al servicio básico de electricidad	Programa Electricidad para vivir con dignidad (Infraestructura social)	Establecimientos del área rural alejados de las redes eléctricas	Fotovoltaica	Salud	70	2013 – 2015
					80	2016 – 2020
					60	2021 – 2025
				Educación	500	2013 – 2015
					800	2016 – 2020
					100	2021 – 2025
				Telecentros comunitarios	125	2013 – 2015
					140	2016 – 2020
					45	2021 – 2025
Total					1.920	2013 - 2025

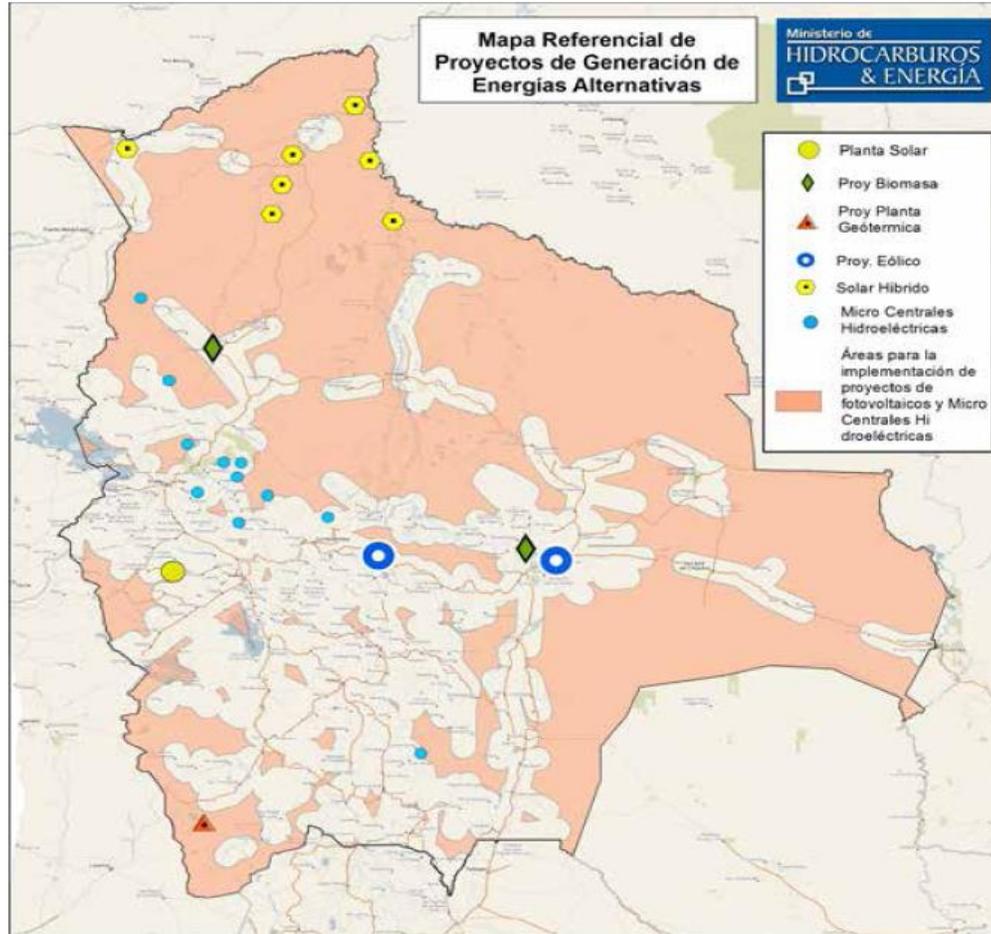
Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

Con la finalidad de acelerar el acceso al servicio eléctrico, el VMEEA a través del PEVD, tiene previsto la creación del Programa Mi Luz, a objeto de dinamizar el acceso a una fuente de energía eléctrica moderna a más de 43.000 hogares alejados de las redes eléctricas existentes y con alta dispersión geográfica, mediante el aprovechamiento del potencial solar. Este programa contribuirá así a incrementar la cobertura hasta lograr el acceso universal al 2025.

En algunos sectores del país, es posible implementar los sistemas híbridos como una forma de garantizar un servicio continuo, ya que en temporadas lluviosas, es difícil captar los rayos de sol para lo cual, se recurre a los generadores a diesel mientras tanto, se pueda retomar la energía solar. Estos sistemas principalmente son necesarios implementarlos en las zonas tropicales del norte del país, donde aún el SIN no llega pero si se cuenta con Sistemas Aislados.

El mapa en la siguiente página ilustra la localización referencial de las zonas y sitios de implementación de los diferentes proyectos con energías alternativas:

Figura 8: Mapa referencial de ubicación de proyectos de generación de energías Alternativas



Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

5.4 COSTOS E INVERSIÓN REQUERIDA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS

Los costos de inversión requeridos fueron analizados en función a la cuantificación de la capacidad en términos de potencia instalada de los proyectos de generación eléctrica a ser incorporados por tipo de fuente de energía alternativa y a la forma de uso y aplicación de los mismos; es decir, los proyectos de incorporación al SIN, los proyectos de generación para los SA y los proyectos para el acceso al servicio eléctrico de los hogares e infraestructura del área rural del país al 2025. Para este

fin se han estimado los costos por kilovatio instalado y por tipo de fuente de energía alternativa. A partir de esta estimación, se han determinado las inversiones requeridas por cada proyecto y en forma global.

5.4.1 Costo por tipo de fuente

Los costos para la generación de electricidad a través de energías alternativas son variables de acuerdo al tipo de fuente de generación y los aspectos propios de cada proyecto. Este Plan ha estimado los costos del kilovatio (KW) instalado con base a los datos de proyectos que cuentan con estudios preliminares para su desarrollo. En el siguiente cuadro se muestra el detalle de estos costos.

Tabla 5: Costos promedio estimado \$US/KW instalado tipo de fuente para el SIN y SA

Solar (parque fotovoltaico)	Biomasa	Geotérmica	Eólica
2.600	1.700	4.350	2.600

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

La estimación de costos mostrados en el anterior cuadro, conviene precisar, son referenciales para el SIN y Sistemas Aislados. Otra precisión pertinente es que estos datos han considerado todos los costos correspondientes exclusivamente a la generación; es decir, exceptúan los costos de las obras asociadas de infraestructura eléctrica como construcción de líneas y subestaciones eléctricas; esto dadas las particularidades de los proyectos eléctricos de generación y a que en ocasiones varios de ellos se implementan en zonas cercanas a la infraestructura eléctrica existente, por lo que su interconexión no representa costos mayores. Sin embargo, otros casos, como por ejemplo el proyecto Laguna Colorada, implican la construcción de infraestructura eléctrica —en este caso particular de una línea de transmisión en alta tensión de 172 Km en 230 kV, desde el campo Sol de Mañana hasta la subestación en San Cristóbal y de una subestación, entre otras obras—

que debe guardar una relación factible con los costos de inversión respecto a los costos exclusivos de generación eléctrica del proyecto (USD/KW instalado).

En lo referente a los sistemas fotovoltaicos unifamiliares – SFV destinados al acceso al servicio básico de electricidad de los hogares, de acuerdo a proyectos ejecutados por el PEVD, se ha estimado en promedio un costo de \$US 1.630 por SFV de 50 W, lo que incluye al menos 3 mantenimientos, el proceso de formación de capacidades locales para técnicos y usuarios y la logística de implementación en comunidades rurales alejadas de las redes eléctricas y con dispersión geográfica. En cuanto a la infraestructura social (educación y salud), el costo estimado para el sistema fotovoltaico de 500W es de \$US 4.500 y para el sistema de 750W para telecentros asciende a un monto de \$US 7.500. En el siguiente cuadro, se muestra el costo promedio estimado de acceso a la electricidad del área rural según tipo de fuente:

Tabla 6: Costo promedio estimado para el acceso a la electricidad del área rural según tipo de fuente

\$us Sistema fotovoltaico			
Unifamiliar	Unidad educativa/ establecimiento de salud	Telecentros comunitarios	Microcentral hidroeléctrica (\$us/KW)
1.630	4.500	7.500	3.615

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

5.4.2 Inversión requerida para proyectos en el SIN

Para la implementación de los proyectos destinados al cambio de la matriz energética del SIN, se requiere un monto total de \$US 760,85 millones para los 239 MW previstos, como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla 7: Inversión estimada - Proyectos de diversificación de la matriz energética del SIN al 2025.

Fuente	Costo estimado MM \$us/MW	MW	Inversión total estimada en MM \$us.
Eólica	2,6	50	130
Biomasa (bagazo de caña)	1,7	10	17
Geotérmica	4,35	100	435
Solar	2,6	20	52
Total 1		180	634
Energías alternativas (otros emprendimientos)	2,15*	59	126,85
Total 2		59	126,85
Total 1+2		239	760,85

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

5.4.3 Inversión requerida para proyectos en los SA

Para la implementación de los proyectos destinados al desplazamiento de combustible fósil a través de sistemas híbridos solar – diesel en los Sistemas Aislados, se requiere un monto total de \$US 17,4 millones para los 7,8 MW previstos.

Tabla 8: Inversión estimada - Proyectos de desplazamiento de combustible SA al 2025

Fuente	Costo estimado MM \$us/MV	MW	Inversión total estimada MM \$us
Biomasa(*)	1,7	3,2	5,44
Solar	2,6	4,6	11,96
Total		7,8	17,4

(*) Biomasa en función a estudios de disponibilidad de fuente energética.

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

Respecto a la inversión requerida para el acceso a la energía eléctrica de 53.566 hogares del área rural mediante sistemas fotovoltaicos, esta se estima en un monto total de \$US 87,3 millones.

Tabla 9: Inversión estimada - Proyectos SFV de acceso al servicio básico de electricidad al 2025 (hogares)

Fuente	Costo Inv. \$us/ SFV	MW	No. SFV	Inv. Total requerida MM \$us
Solar (Sistemas Fotovoltaicos Unifamiliares SFV)	1.630	50	53.566	87,3
Total				87,3

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

Por su parte, la implementación de proyectos de suministro eléctrico mediante sistemas fotovoltaicos destinados a la infraestructura social en el área rural, requiere un monto total estimado de \$US 9,58 millones para beneficiar a 1.920 establecimientos.

Tabla 10: Inversión estimada - Proyectos SFV de acceso al servicio básico de electricidad al 2025 (infraestructura social)

Fuente	Tipo de infraestructura	Costo \$us/SFV	MW	No. SFV	Total MW	Inversión total requerida MM \$US
Solar (fotovoltaica)	Salud	4500	500	210	0,11	0,95
	Educación	4500	500	1400	0,70	6,30
	Telecentros	7500	750	310	0,23	2,33
Total				1920	1,04	9,58

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

5.4.4 Inversión total requerida al 2025

En función a la estimación de costos por tipo de fuente de energía, uso o aplicación, se ha determinado la inversión total requerida hasta el 2025. La siguiente matriz presenta un resumen general de inversiones estimadas requeridas para cada uno de los componentes en el que las energías alternativas tienen una participación; es decir, su contribución efectiva a la diversificación de la matriz energética, al desplazamiento de consumo de combustible fósil en los sistemas aislados y al acceso universal al servicio básico de electricidad de la población boliviana; así como también al desarrollo de infraestructura social. La matriz muestra también la capacidad de generación en términos de potencia eléctrica instalada y la estimación del costo total de inversión, que asciende a un monto de \$US 877,30 millones para una capacidad de generación estimada en 251,12 MW.

Tabla 11: Inversión estimada total Proyectos con energías alternativas Plan 2014 -2025

Aplicación	MW	Inversión total requerida MM \$US
Diversificación de la matriz energética SIN	239	760,85
Sistemas Aislados SA.	7,8	17,4
Sub total (1)	246,8	778,25
Universalización (SFV + MCHs)	3,28	89,47
Infraestructura social	1,04	9,58
Sub total (2)	4,32	99,05
Total (1 + 2)	251,12	877,30

Fuente: Viceministerio de Electricidad y Energía Alternativa.

5.5 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE PANDO

5.5.1 Antecedentes en relación a la implementación de sistemas fotovoltaicos

Se inauguró la primera fase de la Planta Solar Fotovoltaica que se implementa en el municipio de Cobija, con una inversión de 11,38 millones de dólares, sobre una superficie de 11 hectáreas, donde se instalaron 17.334 paneles solares para la generación 5 megavatios de energía eléctrica.

El proyecto contempla tres fases que se pondrán en funcionamiento. La primera que se puso en marcha generará 1.7 megavatios y hasta el mes de diciembre de 2017, será implementada en toda su capacidad. La energía que producen los paneles solares es en corriente continua que es convertida a corriente alterna a través de seis inversores de 850 KVA cada uno, conectados a tres transformadores de 1.800 KVA que se conectan a la red de distribución de energía que tiene la ciudad de Cobija, alimentando el sistema interconectado que integran a la vez los municipios de Porvenir, Filadelfia, Bella Flor y Puerto Rico.

La ejecución del proyecto con estas características, tiene la finalidad de preservar y garantizar la soberanía energética del país, garantizando además el suministro eléctrico de manera sostenible con equidad social, priorizando el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y diversificando la matriz energética.

La Planta Solar tiene una inversión de 11.382.000 dólares que son financiados de forma compartida con seis millones de dólares a fondo perdido por la cooperación danesa, y 5.4 millones de dólares con recursos de la Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia.

Los beneficios son ambientales y de ahorro económico para el país, por la emisión de energía limpia y renovable, preservando el medio ambiente, y la reducción del consumo de diesel.

Con la utilización de la energía solar se pretende disminuir el subsidio de diesel en la generación de electricidad del sistema ENDE Cobija, del precio internacional de 9,47 Bs/litro, a 1,1 Bs/litro, permitiendo de forma directa una reducción estimada de 1.9 millones de litros/año y 13.3 millones de litros de diesel en 7 años de uso.

Este ahorro de diesel representará aproximadamente 14 millones de dólares para el Estado. Además la planta producirá energía limpia y renovable con un impacto medioambiental positivo, evitando la emisión de más de 5.000 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) por año, y estará destinada a prever la demanda del servicio de energía eléctrica en una población que crece a un ritmo del 12 % anual y donde se estima la interconexión de nuevas poblaciones que aún no cuentan con el servicio.

La Planta Solar Fotovoltaica de 5 MW, será capaz de generar más 187.500 MW/h en su vida útil de 25 años, pudiendo ser su tiempo de funcionamiento mucho mayor y se constituye en el proyecto pionero en su tipo como un nuevo paso en la política estatal estratégica, de conversión de la matriz energética de Bolivia.

Actualmente el municipio de Cobija y sus alrededores consume 9 MW de energía, a través del sistema de ENDE Cobija y ese consumo tiene un crecimiento anual del 15%, de acuerdo a los datos proporcionados por ENDE Cobija. A nivel departamental se cuenta con sistemas aislados con generadores eléctricos en más de 30 comunidades, sin contar los municipios de Gózalo Moreno y El Sena que tienen energía eléctrica las 24 horas y se ejecutan proyectos para llegar con el servicio a los municipios de San Lorenzo en la provincia Madre de Dios y Santa Rosa del Abuná que serán interconectadas próximamente.

5.5.2 El costo de energía eléctrica e inversión en sistemas fotovoltaicos

El departamento de Pando, en los últimos años ha tenido un crecimiento acelerado, tanto a nivel poblacional como de su crecimiento económico. Se han llevado a cabo importantes inversiones en cuanto a infraestructura, entre ellas, la implementación de sistemas alternativos para la generación de energía eléctrica, principalmente solar. A continuación se muestra el comportamiento del costo de energía eléctrica en el departamento de Pando.

Tabla 12: Costo de energía eléctrica en el departamento de Pando (Promedio en Bs.)

Año	Costo de energía eléctrica Bs/kwh
2005	1,07
2006	1,07
2007	1,1
2008	1,1
2009	1,12
2010	1,1
2011	1,1
2012	0,98
2013	0,95
2014	0,94
2015	0,86
2016	0,81

Fuente: INE, UDAPE, Fundación Milenio.
Elaboración: propia.

Como se puede apreciar en el transcurso del tiempo, el costo de energía eléctrica por kwh se ha ido abaratando durante el período 2005 – 2016, esto debido a que se han realizado mayores inversiones en la implementación de la energía alternativa solar, no solamente en cuanto a la instalación de una planta a gran escala, sino también a la dotación de paneles solares para usos familiares y sociales (colectivos).

Hasta antes de la implementación de sistemas fotovoltaicos, el costo de energía eléctrica por kwh en el departamento de Pando, era el más caro del país, pero es a

partir de una mayor inversión en este sistema de energía alternativa que el costo fue bajando paulatinamente hasta casi nivelarse al promedio nacional.

Tal situación puede verificarse a través de la siguiente tabla, donde las mayores inversiones en sistemas fotovoltaicos coinciden con la reducción del costo de energía eléctrica por kwh.

Tabla 13: Inversión en sistemas fotovoltaicos familiares y sociales (colectivos)

Año	SFV instalados (acumulado)	SFV instalados por año	Inversión en SFV (En Bs)
2005	350	350	3.897.600,00
2006	830	480	5.345.280,00
2007	2.450	1620	18.040.320,00
2008	4.632	2182	24.298.752,00
2009	6.950	2318	25.813.248,00
2010	9.357	2407	26.804.352,00
2011	11.839	2482	27.639.552,00
2012	14.487	2648	29.488.128,00
2013	17.310	2823	31.436.928,00
2014	20.494	3184	35.457.024,00
2015	24.019	3525	39.254.400,00
2016	27.995	3976	44.276.736,00

Fuente: INE, UDAPE, Fundación Milenio.
Elaboración: propia.

Como se aprecia en la tabla anterior, es a partir de la gestión 2007 que se ha intensificado el uso de energía solar en el departamento de Pando a partir de la instalación de sistemas fotovoltaicos a nivel familiar y social, es decir, de la implementación de paneles solares en casas particulares y en unidades de carácter colectivo, como son las unidades educativas, sedes sociales, mercados y otros.

La mayor parte de la inversión realizada ha sido subvencionada por el Estado boliviano a través del programa de energía alternativa dependiente del

Viceministerio de Energías Alternativas, situación que ha permitido este importante avance en dicha región del país.

5.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para comprobar la hipótesis se recurre el método estadístico buscando establecer el efecto de las inversiones en energía solar en el PIB per cápita, durante el período 2005 – 2016. Inicialmente se describen las variables utilizadas, posteriormente se presentan los resultados encontrados.

5.6.1 Descripción de las variables

Los datos de las variables tanto dependiente como las independientes para el período 2005 – 2016, se muestran en función a índices de crecimiento en todos los casos, las mismas que fueron expresadas en porcentajes (ver anexo 1).

YFam: Ingreso familiar: Se obtuvo a través de las encuestas a hogares realizadas por el INE y datos recabados por la Fundación Jubileo.

PIBpc: Se obtuvo el PIB per cápita con base a datos del INE para el período 2005 – 2016.

CEEKwh: Se obtuvo el Costo de Energía Eléctrica por Kw/hora para el período 2005 – 2016 a través de datos del Viceministerio de Energía Eléctrica y Energía Alternativa.

ISFV: La inversión en Sistemas Fotovoltaicos que incluye la inversión pública y privada en energía solar se obtuvo de los informes del Ministerio de Energía. Está referida principalmente a la inversión que hace el Estado en la implementación del equipamiento necesario, así como la subvención para cubrir parte del costo de instalación en domicilios particulares.

INF: Inflación, se refiere a las variaciones del índice de precios al consumidor, datos que se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística.

5.6.2 Especificación y estimación del modelo

Lo que se intenta medir es el efecto de la inversión en energía solar, concretamente en sistemas fotovoltaicos en la economía de las regiones donde se implementan los mismos, como caso de estudio se seleccionó el departamento de Pando, donde en los últimos años, se ha incrementado las inversiones en energías alternativas, particularmente en energía solar debido a que esta región se encuentra distante del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

$$YFam = \alpha_0 + \alpha_1 PIBpc + \alpha_2 CEEkwh + \alpha_3 ISFV + \alpha_4 INF + u$$

5.6.3 Regresión

En el modelo no se incluye una variable dummy debido a no ser requerida para la estimación. La correcta especificación del modelo requiere de seleccionar las variables más representativas de la función estimada, por ello el cuadro presentado a continuación solo reporta las variables con mejor ajuste al modelo.

Se puede apreciar en tal sentido, que el modelo se ajusta solamente con las variables de costo de energía eléctrica e inversión en sistemas fotovoltaicos, discriminando al PIB per cápita y la Inflación, debido a que estas variables son referenciales.

Por ejemplo, el PIB per cápita de acuerdo a los resultados encontrados no se ajusta al modelo desarrollado debido posiblemente a que esta variable está determinada por un cálculo estimado que está supeditado al total de la población y que no necesariamente representa un ingreso individual absoluto, sino que es un simple prorrateo estadístico de carácter nominal.

Dependent Variable: YFam				
Sample(adjusted): 2005 2016				
Included observations: 12				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.510	0.186	18.872	0.000
CEEkwh	-1.911	0.177	-10.788	0.000
ISFV	0.094	0.025	3.713	0.005
R-squared	0.980			
Adjusted R-squared	0.961			
S.E. of regression	0.02426	F-statistic		111.468
Durbin-Watson stat	2.331	Prob(F-statistic)		0.000

Las variables independientes reportadas en el modelo resultan significativas a un nivel de 5%. La respuesta del Ingreso familiar en el departamento de Pando a las variaciones del Costo de Energía Eléctrica es de -1,911, el signo negativo implica que la relación es inversamente proporcional, ante la disminución en una unidad en el Costo de la Energía Eléctrica, el Ingreso Familiar se incrementa en 1,911.

En el caso de la Implementación de Unidades de Sistemas Fotovoltaicos traducido en términos monetarios, la respuesta del Ingreso Familiar es de 0,094, es decir que ante el incremento en una unidad en la Inversión en Implementación de Sistemas Fotovoltaicos, existe un incremento en el Ingreso Familiar en el orden del 0,094.

Como se puede apreciar, estas variables tienen estrecha relación con el uso de la energía solar, lo que significa que a mayor utilización de energía solar, los costos de energía eléctrica por kwh, se reducen lo que permite a las familias en el mediano y largo plazo, mayor disponibilidad de ingresos.

En cuanto al R^2 muestra un ajuste adecuado del modelo, dado que su valor alcanza a 98%, por otro lado, el error estándar del modelo posee un nivel reducido, en tanto

que el valor del estadístico F es elevado; con todo, es posible afirmar que existe una buena especificación de la estimación.

Los estadísticos del modelo permiten advertir la inexistencia de autocorrelación y heteroscedasticidad; según se puede corroborar con los respectivos tests de residuos.

Por tanto, los resultados de la estimación son significativos y eficientes por lo que es posible afirmar que: El incremento en el uso de la energía solar a partir de una mayor inversión en el período 2005 – 2016, permite un efecto económico positivo en las regiones de implementación. Caso departamento de Pando.

5.3.4 Test de los residuos

Para que el modelo precedente se pueda calificar de ruido blanco, es necesario que cumpla con tres requisitos esenciales a saber: 1) Ausencia de autocorrelación; 2) Ausencia de heteroscedasticidad; y 3) normalidad, todas evaluaciones en los residuos.

En tal sentido se reportan los resultados para los residuos:

PRUEBA DE AUTOCORRELACIÓN SERIAL:

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	2.073159	Probability	0.271993
Obs*R-squared	5.802034	Probability	0.054967

Dado que las probabilidades del estadístico Breusch-Godfrey son mayores al 5%, se asume la ausencia de autocorrelación en los residuos del modelo estimado.

PRUEBA DE HETEROSCEDASTICIDAD:

White Heteroskedasticity Test:			
F-statistic	41.97570	Probability	0.123463
Obs*R-squared	9.932394	Probability	0.192437

Dado que las probabilidades del estadístico White son mayores al 5%, se asume la ausencia de heteroscedasticidad en los residuos del modelo estimado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

7.1.1 Conclusiones respecto a los objetivos específicos

- **Describir las características de la energía solar como energía renovable alternativa y su viabilidad en el país.**

La presente Tesis ha permitido conocer las características de los distintos tipos de energías renovables, entre los que se encuentra la energía solar que gracias al desarrollo tecnológico puede ser aprovechada mediante los sistemas fotovoltaicos (SFV), los mismos que captan la luz solar y la convierten en energía eléctrica. Estos sistemas generalmente son implementados en sistemas donde la red de energía eléctrica no alcanza, regiones alejadas y poblaciones rurales.

Estas características de la energía solar fueron descritas a partir de sus elementos técnicos, así como las condiciones del país para poder aprovechar este tipo de energía alternativa. Se han descrito, las regiones más propicias para captar los rayos solares, así como los efectos socioeconómicos que implican la implementación y utilización de la energía solar.

En el caso boliviano, la implementación de sistemas fotovoltaicos, se da generalmente en lo que se llama el Sistema Aislado, es decir, en aquellos sectores del país que no están enlazados al Sistema Integrado Nacional de energía eléctrica.

Una de las restricciones para la implementación de los sistemas fotovoltaicos, es su elevado costo de instalación, en la mayoría de los casos tiene un costo prohibitivo para las familias demandantes de energía eléctrica, dado que éstas generalmente son de las áreas rurales del país.

En conclusión, se puede señalar que la energía solar es considerada como una de las energías alternativas que no tienen efectos negativos en el medio ambiente y que gracias al desarrollo de la tecnología, aprovechando este tipo de energía se puede generar energía eléctrica.

Si bien la inversión inicial se considera elevada, lo que restringe su uso masivo, una vez implementados los sistemas técnicos, el costo de generar energía eléctrica es bajo en comparación a otros sistemas convencionales.

En definitiva, se establece que en Bolivia es viable la implementación a gran escala de sistemas fotovoltaicos para aprovechar la energía solar, teniendo en cuenta que el país tiene una ubicación privilegiada para recibir gran cantidad de rayos solares.

- **Conocer las inversiones realizadas en el país durante las gestiones 2010 – 2016 en energía solar.**

Bolivia ha ido implementando proyectos de energía alternativa principalmente en regiones donde el Sistema Integrado Nacional (SIN), no tiene llegada, es decir, corresponden al Sistema Aislado (SA), en este ámbito, los proyectos de energía solar se han ido implementando principalmente en regiones rurales y en el departamento de Pando que en su integridad tenían como fuente de energía a generadores que funcionan a Diesel, los mismos que paulatinamente han sido desplazados por la implementación de Sistemas Fotovoltaicos familiares (en hogares individuales) y otros implementados para usos sociales o colectivos, como son los sistemas fotovoltaicos instalados en unidades educativas, hospitales y otros centros colectivos.

Asimismo, se ha implementado una planta generadora de energía eléctrica con base a energía solar para alimentar la red principal en el departamento Pando con un potencial generador de 5 MW y así satisfacer la demanda creciente.

- **Analizar el actual nivel de consumo de energía solar en las regiones de implementación y su potencial incremento.**

El consumo de energía solar en la última década se ha ido incrementando gracias a las inversiones realizadas.

Particularmente en el departamento de Pando, la alimentación de la red principal de energía eléctrica con la energía generada en la planta solar recientemente instalada, sumado a la energía solar aprovechada en unidades familiares y colectivas, determina que su consumo sea el más alto del país.

En este departamento, actualmente se generan 5 MW de energía a través de la Planta Solar Fotovoltaica, la misma que es capaz de generar más 187.500 MW/h de corriente alterna en su vida útil de 25 años.

Por otro lado, hasta el 2016 se han instalado cerca de 30.000 paneles solares en unidades familiares y comunitarias en varios de los municipios y comunidades rurales del departamento, lo que convierte al departamento de Pando en el de mayor uso y aprovechamiento de la energía solar, pues toda la energía eléctrica producida a través de la energía solar es consumida al 100%.

Entre los beneficios sociales se puede señalar a la cuestión ambiental y de ahorro económico para el país, por la emisión de energía limpia y renovable, preservando el medio ambiente, y la reducción del consumo de diesel.

Además, con la utilización de la energía solar se pretende disminuir el subsidio de diesel en la generación de electricidad del sistema ENDE Cobija, del precio internacional de 9,47 Bs/litro, a 1,1 Bs/litro, permitiendo de forma directa una reducción estimada de 1.9 millones de litros/año y 13.3 millones de litros de diesel en 7 años de uso.

Este ahorro de diesel representa aproximadamente 14 millones de dólares para el Estado. Además la planta produce energía limpia y renovable con un impacto medioambiental positivo, evitando la emisión de más de 5.000 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) por año, y está destinada a prever la demanda del servicio de energía eléctrica en una población que crece a un ritmo del 12 % anual y donde se estima la interconexión de nuevas poblaciones que aún no cuentan con el servicio.

- **Estimar el impacto potencial ante un incremento del consumo de energía solar en el ámbito económico familiar.**

A través de la realización de un modelo econométrico, se ha podido comprobar que la implementación de sistemas fotovoltaicos para el aprovechamiento de la energía solar en unidades familiares y colectivas, permite a las familias rurales en particular el mejoramiento de su economía familiar, teniendo en cuenta que se incide directamente en la reducción del costo de la energía eléctrica para las familias que hacían uso de energía eléctrica generada por un generador a diésel.

En otras familias que nunca gozaron de la energía eléctrica, gracias a la instalación de sistemas fotovoltaicos de carácter familiar, se permite que éstas puedan ingresar a una etapa más dinámica en cuanto a sus actividades económicas, siendo más productivas, lo que les permite mejorar su calidad de vida.

Gracias a la estimación econométrica se pudo comprobar que, a mayor inversión en sistemas fotovoltaicos, se incide en la reducción del costo de energía eléctrica para el consumidor y por tanto, se mejora el ingreso familiar.

7.1.2 Conclusiones respecto a la hipótesis

Hipótesis:				
El incremento en el uso de la energía solar a partir de una mayor inversión en el período 2005 – 2016, permite un efecto económico positivo en las regiones de implementación. Caso departamento de Pando.				
VARIABLES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS RELACIONADOS	CATEGORÍAS	CONCLUSIONES	ACEPTA O RECHAZA
Variable independiente El incremento en el uso de la energía solar.	Describir las características de la energía solar como energía renovable alternativa y su viabilidad en el país.	Características de la energía solar.	La energía solar es considerada como una de las energías alternativas que no tienen efectos negativos en el medio ambiente y que gracias al desarrollo de la tecnología, aprovechando este tipo de energía se puede generar energía eléctrica. Si bien la inversión inicial se considera elevada, lo que restringe su uso masivo, una vez implementados los sistemas técnicos, el costo de generar energía eléctrica es bajo en comparación a otros sistemas convencionales.	ACEPTA
		Viabilidad de implementación en el país.	En Bolivia es viable la implementación a gran escala de sistemas fotovoltaicos para aprovechar la energía solar, teniendo en cuenta que el país tiene una ubicación privilegiada para recibir gran cantidad de rayos solares.	ACEPTA
	Describir las inversiones realizadas en el país durante las gestiones 2010 – 2016 en energía solar.	Inversiones en energía solar.	En la última década el Estado boliviano a través del gobierno de turno, ha incrementado las inversiones en energías renovables entre ellas, en energía solar en diversas regiones del país, sin embargo, el	ACEPTA

			<p>departamento más beneficiado fue Pando, donde se invirtió en la implementación de sistemas fotovoltaicos a nivel familiar, a nivel colectivo e inclusive a nivel industrial, teniendo en cuenta que se ha implementado una planta generadora de energía eléctrica con base a energía solar para alimentar la red principal en el departamento con un potencial generador de 5 MV y así satisfacer la demanda creciente.</p>	
<p>Variable dependiente Impactos socioeconómicos positivos en las regiones de implementación.</p>	<p>Conocer el actual nivel de consumo de energía solar en las regiones de implementación y su potencial incremento.</p>	<p>Consumo actual y potencial</p>	<p>El consumo de energía solar en la última década se ha ido incrementando gracias a las inversiones realizadas.</p> <p>Particularmente en el departamento de Pando, la alimentación de la red principal de energía eléctrica con la energía generada en la planta solar recientemente instalada, sumado a la energía solar aprovechada en unidades familiares y colectivas, determina que su consumo sea el más alto del país.</p>	<p>ACEPTA</p>
	<p>Estimar el impacto potencial ante un incremento del consumo de energía solar en el ámbito económico familiar.</p>	<p>Impacto en la economía familiar.</p>	<p>Con base a un análisis estadístico econométrico, se ha comprobado que la inversión en sistemas fotovoltaicos en determinada región (en este caso en el departamento de Pando), permite la reducción de los costos de energía eléctrica, situación que determina un incremento en el ingreso familiar de las familias beneficiadas con este tipo de energía.</p> <p>Por tanto, a mayor uso de energía solar, mayor es el</p>	<p>ACEPTA</p>

			<p>ingreso familiar lo que a mediano y largo plazo repercute positivamente en el desarrollo socioeconómico de la región beneficiada con este tipo de energía alternativa.</p>	
--	--	--	---	--

Elaboración: propia.

7.1.3 Conclusiones respecto al objetivo general

Por lo señalado anteriormente, es posible afirmar que el objetivo general de la Tesis ha sido alcanzado, debido a que se ha logrado determinar que el incremento en el uso de la energía solar a partir de una mayor inversión en el período 2005 – 2016, permitió impactos socioeconómicos positivos en las regiones de implementación.

7.2 RECOMENDACIONES

Para un mejor aprovechamiento de la energía solar es importante considerar que la instalación de las plantas de sistemas fotovoltaicos a gran escala debe ser implementada para alimentar el Sistema Integrado Nacional (SIN), es importante para el país, que la red de energía eléctrica llegue a todas las regiones del territorio nacional.

También es importante recomendar que mientras existan sistemas aislados de provisión de energía eléctrica, se mantenga los subsidios estatales para la provisión de los paneles solares, tanto a nivel familiar como de uso colectivo o social. De otra manera, el elevado costo seguirá siendo un factor restrictivo para que más familias puedan hacer uso de estos sistemas alternativos de generación de energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA:

- ALATORRE, C. (2009). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México. Secretaria de energía. Septiembre. México Distrito Federal.
- AVENDAÑO et al. (2015). Percepción del impacto social, ambiental y económico del uso de energías renovable en zonas rurales de Ecuador. Universidad de Málaga.
- BERTINAT, P. et al. (2004). Desafíos para la sustentabilidad energética en el cono sur. Santiago, Chile.
- GREENPEACE. (2014). El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030. Edit. Abay Analistas Económicos y Sociales. España.
- HERNÁNDEZ Roberto et al. (1998). Metodología de Investigación. Edit. McGraw-Hill. México.
- HERNÁNDEZ, G.R. (2006). Análisis de la competitividad y productividad de las ramas y subramas de la agroindustria en México 1994-2004. Tesis profesional Departamento de Ingeniería agroindustrial, UACH.
- MORIN, Edgar. “Introducción al pensamiento complejo”. El paradigma de la complejidad. Editorial, Gedisa. Barcelona, España. 1994.
- MOTTA Raúl. (2000). Colección “Temas de nuestro tiempo”. Cambio climático global. Informe original. Editorial, Espacios continuos del río Uruguay S.A., Argentina.
- Vilela, D., Araújo, P. (2006). Contribuciones de las cámaras sectoriales y temáticas en formulación de políticas públicas y privadas para el agronegocio. Brasilia, DF: MAPA/SE/CGAC.

Webgrafía:

- Aldar, "Soluciones energéticas", "energía solar" en: <http://www.aldar.com.ar/home.html>
- Centro de estudios de la energía solar, "La energía solar" en: <http://www.censolar.es/>
- CERESO, Omar, "Camino a la era solar", 29 de enero de 2009, en : <http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?id=479>
- CORREA, Alfredo, "Situación energética local", 2009, en: http://www.diariodecuyo.com.ar/home/new_noticia.php?noticia_id=167245
- GIRINI, Raúl Héctor, "Ingeniería Bioclimática", 2005, Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan, pág. 176
- Greenpace, "Energía Positiva y Energía Negativa", en <http://www.greenpeace.org.ar/energiapositiva/energiasucia.php>
- ZUNIGA, Eduardo "Energía solar ¿Gasto o ahorro?", en: <http://www.monografias.com/trabajos70/energia-solar-gastos-ahorro/energia-solar-gastos-ahorro.shtml?monosearch>

ANEXOS

ANEXO 1
BASE DE DATOS

	Ingreso familiar (En Bs)	PIB per cápita (en Bs)	Costo de energía eléctrica Bs/kwh	SFV instalados (acumulado)	SFV instalados por año	Inversión en SFV (En Bs)	Inflación
2005	11930	9207	1,07	350	350	3897600,00	0,0491
2006	12302	9472	1,07	830	480	5345280,00	0,0495
2007	12580	11265	1,1	2450	1620	18040320,00	0,1173
2008	12895	12175	1,1	4632	2182	24298752,00	0,1185
2009	13123	11003	1,12	6950	2318	25813248,00	0,0026
2010	13452	12443	1,1	9357	2407	26804352,00	0,0718
2011	14839	14176	1,1	11839	2482	27639552,00	0,069
2012	15473	14680	0,98	14487	2648	29488128,00	0,0454
2013	16873	15486	0,95	17310	2823	31436928,00	0,0648
2014	19648	15739	0,94	20494	3184	35457024,00	0,0519
2015	22403	15840	0,86	24019	3525	39254400,00	0,0295
2016	26207	16057	0,81	27995	3976	44276736,00	0,04

GLOSARIO DE TERMINOS

OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
G7	Grupo de Siete Países
PIB	Producto Interno Bruto
PMgC	Propensión Marginal a Consumir
C	Consumo
I	Inversión
D	Depreciación
i	interés
WWF	“World Wildlife Fund” (Fondo Mundial para la Naturaleza)
IDEA	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
ER	Energía Renovable
SA	Sistemas Aislados
SFV	Sistema Fotovoltaicos
INE	Instituto Nacional de Estadística
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad
ME	Ministerio de Electricidad
AIE	Agencia Internacional de la Energía
IRENA	Agencia Internacional de la Energía Renovable
SIN	Sistema Interconectado Nacional
VMEEA	Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas
PEVD	Programa Electricidad para Vivir con Dignidad
IDTR	Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural