



Estado Plurinacional de Bolivia
Ministerio de Hidrocarburos y Energía

PLAN *para el* DESARROLLO *de las* ENERGÍAS ALTERNATIVAS

2
0
2
5



Esta publicación fue elaborada por el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas del Ministerio de Hidrocarburos y Energía y se enmarca en la Constitución Política del Estado, en los 13 pilares de la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025 y en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025.

Ing. Luis Alberto Sánchez Fernández

Ministro de Hidrocarburos y Energía

Ing. Hortensia Jiménez Rivera

Viceministra de Electricidad y Energías Alternativas

Ing. Ronald Veizaga Baqueros

Director General de Electricidad

Ing. Juan Manuel Gonzales Flores

Director General de Energías Alternativas

Ing. Raúl Villarroel Barrientos

Responsable de Energías Alternativas

Primera edición, noviembre 2014

La Paz, Bolivia.

PLAN *para el*
DESARROLLO *de las*
ENERGÍAS
ALTERNATIVAS

2
0
2
5

INDICE DE CONTENIDOS

Presentación.....	10
Introducción.....	12
Energías alternativas: contexto mundial, regional y nacional.....	15
Contexto mundial.....	17
Contexto latinoamericano.....	19
Las energías alternativas en el sector eléctrico nacional.....	21
Antecedentes.....	21
El sector eléctrico nacional: políticas y principales programas y proyectos para el desarrollo de energías alternativas.....	25
Políticas del sector eléctrico en Bolivia.....	27
Política de energías alternativas para el sector eléctrico.....	27
Programa Electricidad para Vivir con Dignidad.....	29
Plan de Universalización - Bolivia con Energía 2010 – 2025.....	29
Agenda Patriótica 2025.....	29
Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025.....	30
Normativa legal relacionada con energías alternativas.....	30
Estructura institucional del sector eléctrico.....	31
Programas y proyectos desarrollados en Bolivia.....	34
Investigación y desarrollo tecnológico.....	43
Energías alternativas en Bolivia: potencial energético nacional.....	45
Potencial energético procedente de energías alternativas.....	47
Potencial solar.....	48
Potencial eólico.....	50
Potencial hídrico.....	52
Potencial Geotérmico.....	53
Potencial de Biomasa.....	53
Aspectos técnicos y tecnológicos.....	56
Aspectos operativos y características técnicas de los proyectos.....	61
Aspectos medioambientales.....	63

Plan de acción para el desarrollo de las energías alternativas en Bolivia.....	67
Objetivo.....	68
Justificación.....	68
Principios.....	68
Metas.....	69
Proyectos de generación con energías alternativas.....	69
Proyectos de acuerdo a la planificación sectorial.....	70
Proyectos de generación para su incorporación al SIN.....	70
Proyecto Planta Solar Fotovoltaica.....	70
Proyectos eólicos.....	70
Proyecto geotérmico.....	70
Proyectos con Biomasa	71
Proyectos de generación para los Sistemas Aislados.....	73
Proyecto de Generación Híbrida El Espino.....	73
Proyecto de Generación Híbrida Cobija.....	73
Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad.....	74
Costos e inversión requerida para el desarrollo de proyectos.....	77
Mecanismos financieros para la incorporación de las energías alternativas.....	83
Esquemas de operación para la remuneración.....	84
Desplazamientos de energía fósil en el despacho de carga.....	85
Aspectos importantes para la implementación del Plan.....	87
Normativa Legal.....	87
Inventariación del Potencial de Fuentes de Energías Alternativas.....	88
Investigación y Desarrollo.....	89
Transferencia de tecnología y Formación de capacidades.....	92
Transferencia de tecnología.....	92
Formación de capacidad técnica.....	92
Aspectos institucionales del Plan.....	97

CUADRO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ABER	Asociación Boliviana de Energías Renovables
ACDI	Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional
AE	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CINER	Centro de Información en Energías Renovables
CNDC	Comité Nacional de Despacho de Carga
DANIDA	Danish International Development Agency
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
GPOBA	Global Partnership Output Based Aid - GPOBA de la Asociación Mundial para la Ayuda en Función de Resultados
GW	Gigavatio
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad
IDH	Impuesto a los Hidrocarburos
IDTR	Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural
IHH	Instituto de Hidráulica e Hidrología
IIDEPROQ	Instituto de Investigación de Procesos Químicos
INFOCAL	Instituto de Formación y Capacitación Laboral
IWA	International Workshop Agreement
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banco de Desarrollo KfW)
kW	Kilovatio
MCH	Microcentral hidroeléctrica

MHE	Ministerio de Hidrocarburos y Energía
MW	Megavatio, un millón de vatios
NDF	Fondo Nórdico para el Desarrollo
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PEVD	Programa Electricidad para Vivir con Dignidad
SA	Sistemas Aislados
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UCB	Universidad Católica Boliviana
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UMSS	Universidad Mayor de San Simón
VMEEA	Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas



PRESENTACIÓN



El aprovechamiento de las energías alternativas es un mandato establecido en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, referido mediante disposiciones orientadas principalmente a crear un escenario favorable para su investigación y desarrollo como acción integral del Estado y de los gobiernos departamentales y municipales, bajo los principios de acceso universal al servicio de electricidad, uso racional y eficiente de los recursos naturales, seguridad y soberanía energética y participación con control social.

En el marco de la Política de Energías Alternativas para el Sector Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia, el Ministerio de Hidrocarburos y Energía, a través del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, presenta el Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas en Bolivia 2025, elaborado en función a las directrices de la Agenda Patriótica del Bicentenario y del Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025.

El presente Plan define las líneas de acción a seguir para lograr una participación efectiva de las energías alternativas en la matriz energética del sector eléctrico, constituyéndose en un documento base para el propósito de su incorporación gradual en la generación de electricidad en el país, incrementando la contribución directa de estas energías en el acceso universal al servicio básico de electricidad de la población boliviana.

Ciudad de La Paz, noviembre de 2014.

Ing. Luis Alberto Sánchez Fernández
Ministro de Hidrocarburos y Energía

INTRODUCCIÓN



Bolivia cuenta con un extraordinario potencial de fuentes de energías alternativas, entre ellas la energía solar, eólica, hídrica, geotérmica y biomasa, 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.

A pesar de las grandes potencialidades para el desarrollo de estas energías en el país, durante el periodo neoliberal las inversiones en generación eléctrica se caracterizaron por basarse mayoritariamente en combustibles fósiles; además de priorizar el interés de las empresas transnacionales en la rápida recuperación de sus inversiones, lo que relegó la participación de otras fuentes energéticas, como las energías alternativas, para las que solo se realizaron actividades incipientes.

A partir de la nueva visión de Estado plasmada en la Constitución Política del Estado y las metas planteadas en los 13 pilares de la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, nuestro país viene implementando proyectos destinados a la incorporación sostenible de las energías alternativas en la matriz energética nacional. Es así que durante la gestión 2014 se marcó un hito en la generación con energías alternativas, con el ingreso en operación del Parque Eólico Qollpana, con una potencia de 3 MW, y de la Planta Fotovoltaica de Cobija, con una potencia de 5 MW, como los primeros emprendimientos con estas tecnologías en el país.

Convencidos de la importancia de la utilización de estas energías para el beneficio de la población boliviana, se presenta el Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas del Estado Plurinacional de Bolivia 2025 como un instrumento que permita dar un salto cualitativo en la consolidación de la participación de las energías alternativas en la matriz energética nacional, considerando la implementación de proyectos que al 2025 permitan incrementar de forma sostenible en más de 10 veces la capacidad de generación actual con estas energías.

En este contexto, el Plan visualiza a las energías alternativas no solo como una alternativa para la diversificación de la matriz energética y el desplazamiento de combustibles fósiles,

sino también como un recurso de vital importancia para la universalización del acceso a la energía eléctrica en los hogares del área rural que se encuentren en áreas dispersas y alejadas de las redes eléctricas, constituyéndose en un vector de desarrollo que contribuye a la erradicación de la pobreza, permitiendo la implementación de proyectos productivos y al mejoramiento de los servicios de salud, educación, telecomunicaciones, entre otros.

Es así que el presente Plan, acorde a los avances tecnológicos y a las características propias de nuestro territorio nacional, sienta las bases para el desarrollo sostenible de las energías alternativas en el país con una visión integral y de largo plazo en beneficio de todas y todos los bolivianos para el Vivir Bien.

Ing. Hortensia Jiménez Rivera

Viceministra de Electricidad y Energías Alternativas

ENERGÍAS ALTERNATIVAS:

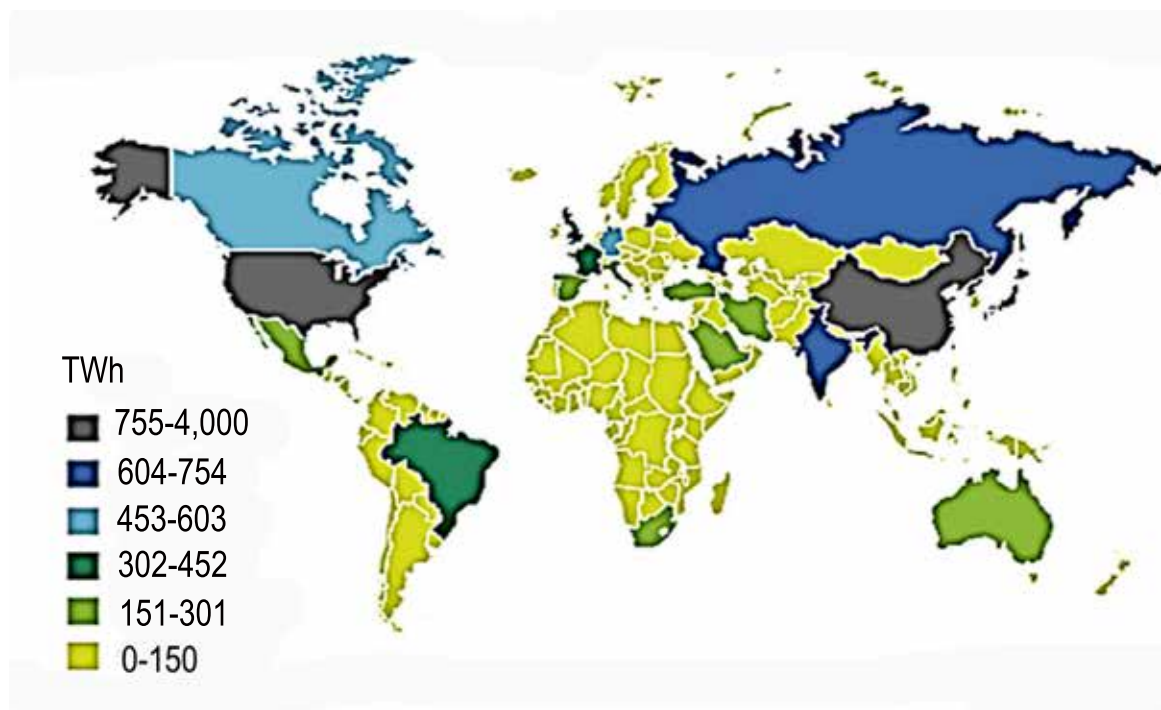
contexto mundial, regional y nacional



CONTEXTO MUNDIAL

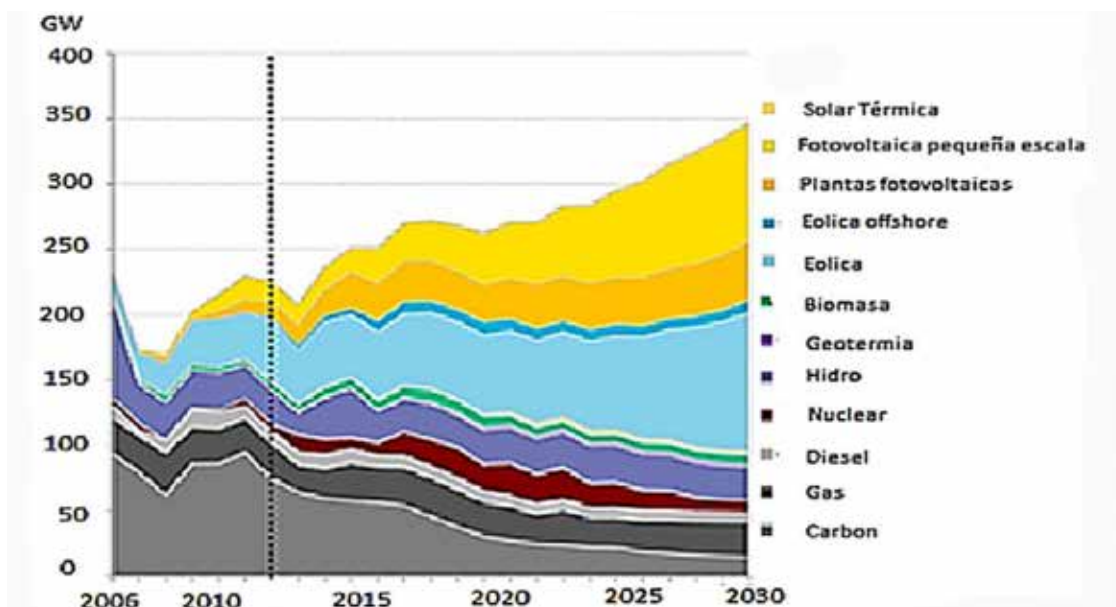
Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), el consumo mundial de energía eléctrica creció en promedio un 3,3% cada año durante el periodo de 1999-2009, alcanzando los 16.764,4 Terawatts-hora (TWh). Esta tendencia fue impulsada principalmente por los países de Asia y Medio Oriente, cuyo crecimiento económico en los últimos años propició la urbanización de sus poblaciones llevando a un cambio estructural en su consumo de energía. Los diez principales países con mayor consumo de energía eléctrica en el mundo son: China, Estados Unidos, Japón, India, Rusia, Alemania, Canadá, Francia, Brasil, Corea del Sur y México. En el siguiente mapa se muestra el consumo de energía eléctrica a nivel mundial por países.

Figura 1. Consumo Mundial de Energía Eléctrica por País



Por su parte, las energías alternativas compuestas por la energía eólica, solar, geotérmica y biomasa, también continuaron aumentando a nivel mundial en los últimos años: según la IEA, durante el año 2011, el suministro mundial estimado a través de estas fuentes fue del 6%, llegando a 480GW la capacidad total mundial en términos de potencia. En el siguiente gráfico se muestra la tendencia del crecimiento al año 2030 de la generación eléctrica mediante fuentes energías alternativas, así como el decrecimiento de las fuentes convencionales como gas, carbón y otros combustibles fósiles.

Figura 2. Participación de las Fuentes de Energías Alternativas en la Generación Eléctrica Mundial



La generación eléctrica se ha concentrado en el futuro de las energías alternativas por una variedad de razones de índole tanto ambientales, como económicas, sociales y de seguridad energética. En ese sentido, los objetivos de las políticas a nivel mundial plantean escenarios socioeconómicos y tecnológicos interesantes, bajos en emisiones de carbono. Según la Red de Políticas de Energías Renovables para el Siglo 21 (REN 21, por sus siglas en inglés), el crecimiento de las energías alternativas no es lineal en todos los países del mundo; sin embargo, el número de economías emergentes con políticas de apoyo a las energías alternativas ha aumentado más de seis veces en solo ocho años, pasando de 15 países en desarrollo en 2005, a 95 a principios de 2014.

En lo referente a las tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes de energía alternativa, algunas de estas —como la solar fotovoltaica— experimentaron mejoras en el rendimiento: las nuevas instalaciones de plantas fotovoltaicas aumentaron en 27% en el 2013. Los avances de estas tecnologías demuestran que el centro de la cuestión ya no es si las tecnologías alternativas juegan un papel en los servicios energéticos, sino cuál es la mejor manera de incrementar el ritmo actual para llegar a un mayor porcentaje de participación de las energías alternativas. Asimismo, el desarrollo las fuentes de energías alternativas,

así como las tecnologías para dicho desarrollo, demostraron constituirse cada vez en una mayor fuente de empleo, estimándose que 6,5 millones de personas trabajaron de forma directa o indirecta en este sector en el 2013.

Los costos de las tecnologías de energías alternativas, según la IEA, continuarán disminuyendo durante el periodo 2012 – 2035. Las principales causas de este decrecimiento serán el aumento en la implantación de estas tecnologías, que aceleran el progreso tecnológico y el desarrollo de economías de escala en la fabricación de los equipos asociados. En particular, se espera que los costos de la tecnología solar fotovoltaica y eólica en grandes centrales, disminuyan y que lo mismo suceda con las plantas solares de concentración.

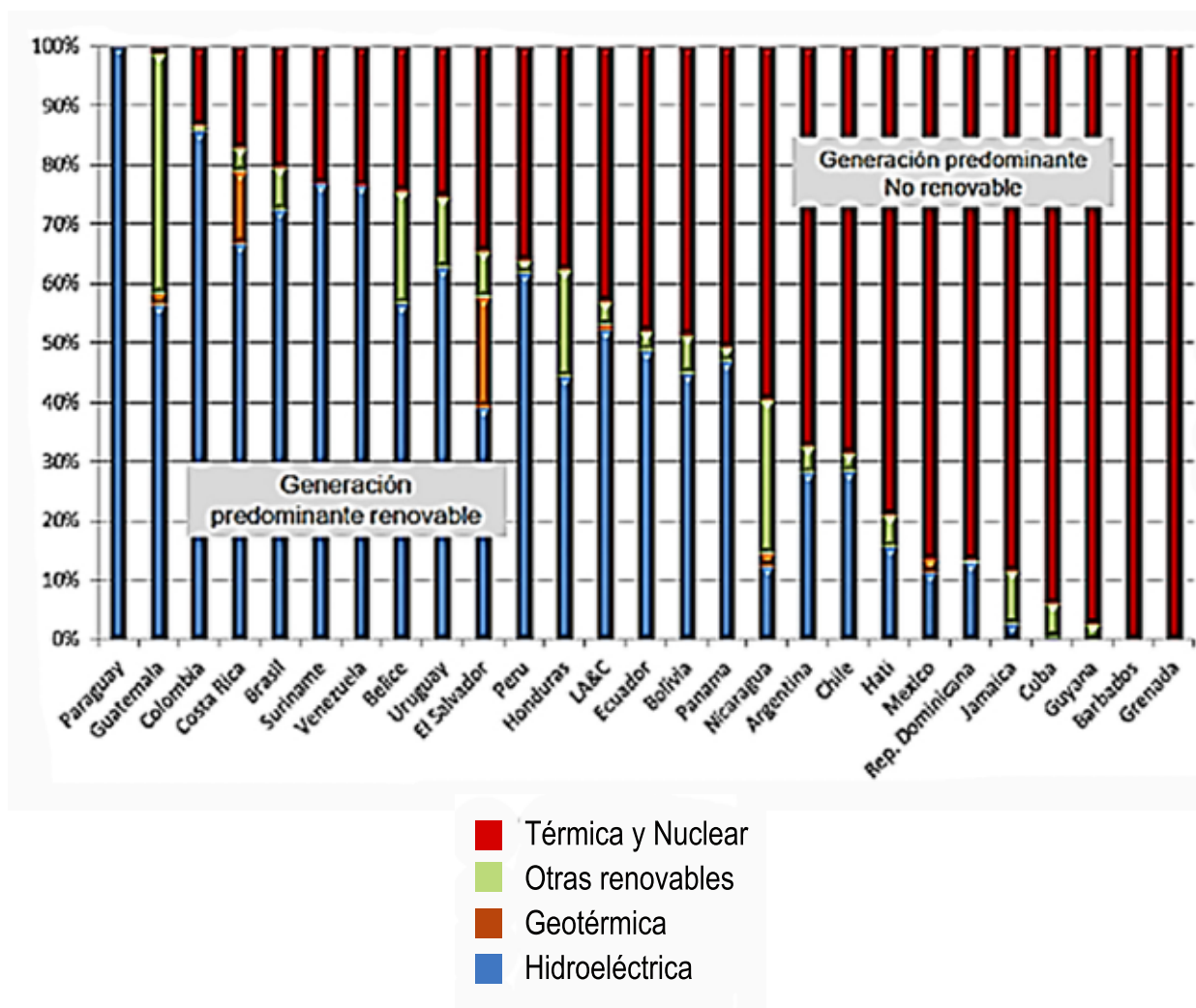
CONTEXTO LATINOAMERICANO

El potencial energético procedente de las fuentes de energías alternativas de América Latina es tal que sería por demás suficiente para cubrir toda la demanda eléctrica actual y futura de la región. De acuerdo con un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la viabilidad económica, las oportunidades de inversión y los beneficios sociales derivados de la diversificación de las fuentes de energía distintas a las procedentes de los recursos fósiles, determinan la necesidad de eliminar las actuales barreras institucionales del sector para así garantizar un cambio de modelo energético considerado de vital importancia para mitigar los efectos del cambio climático en el hemisferio.

Las fuentes de energías alternativas son inagotables y están a disposición para las siguientes generaciones, mas su aprovechamiento es necesario también ahora, a modo de evitar los problemas ambientales ocasionados por los combustibles fósiles. La IEA estima que los recursos solares, geotérmicos, eólicos e hídricos a pequeña escala y la biomasa disponibles en América Latina, podrían producir hasta 80.000 teravatios/hora de electricidad. Teniendo en cuenta el crecimiento de la población y la mejora de su calidad de vida, se espera que al 2050 la demanda regional crezca entre 2.500.000 a 3.500.000 gigavatios/hora, por lo que el potencial de energías alternativas de América Latina es sustancial y por demás suficiente para atender su propia demanda.

En la actualidad, el 52% de la energía eléctrica producida en América Latina procede de recursos de energías renovables —es decir, de la energía hídrica tradicional (hidroeléctrica de mediana y gran escala) y las energías alternativas (geotermia, eólica, solar, biomasa e hídrica a pequeña escala)— lo que sitúa a la región en una posición de privilegio, frente al apenas 18% del resto del mundo. Pese a este panorama, se advierte que la inversión en tecnologías para energías alternativas en la región latinoamericana todavía es modesta; de los 224.000 millones de dólares de inversión global en este tipo de energía contabilizados en el 2012, América Latina solo alcanzó el 5,4%. Por otra parte, la tecnología para el desarrollo de las fuentes de energía alternativa, desde el punto de vista financiero, son cada vez más atractivas puesto que su costo está descendiendo. Además, es necesario resaltar los beneficios sociales de utilizar estas fuentes, considerables para cualquier país de la región. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de participación de las fuentes de energías alternativas en América Latina y El Caribe.

Figura 3. Participación de las Fuentes de Energías Alternativas en la Generación Eléctrica en Latinoamérica y El Caribe



LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL

Antecedentes

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 2013 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. En la gráfica 4 se muestra la capacidad de generación según el tipo de fuente de energía con su respectiva participación porcentual.

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 la figura 5.

Figura 4. Capacidad de generación (MW) en el SIN, 2013

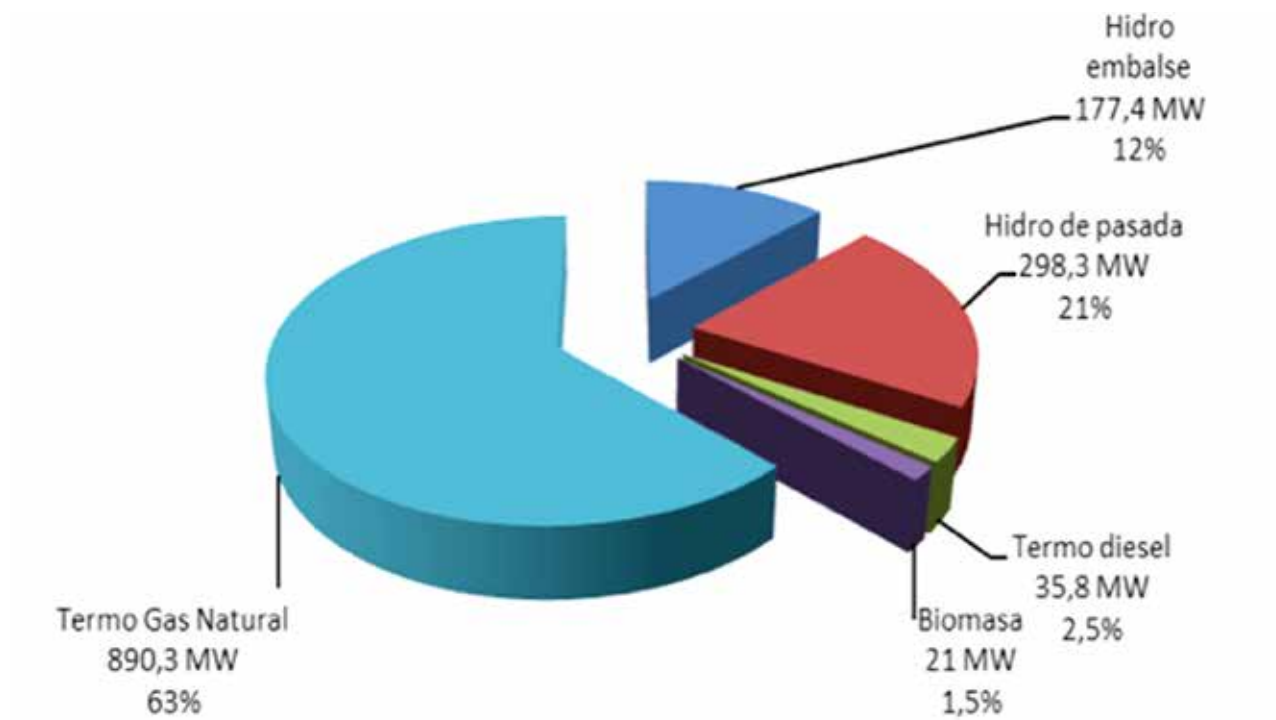
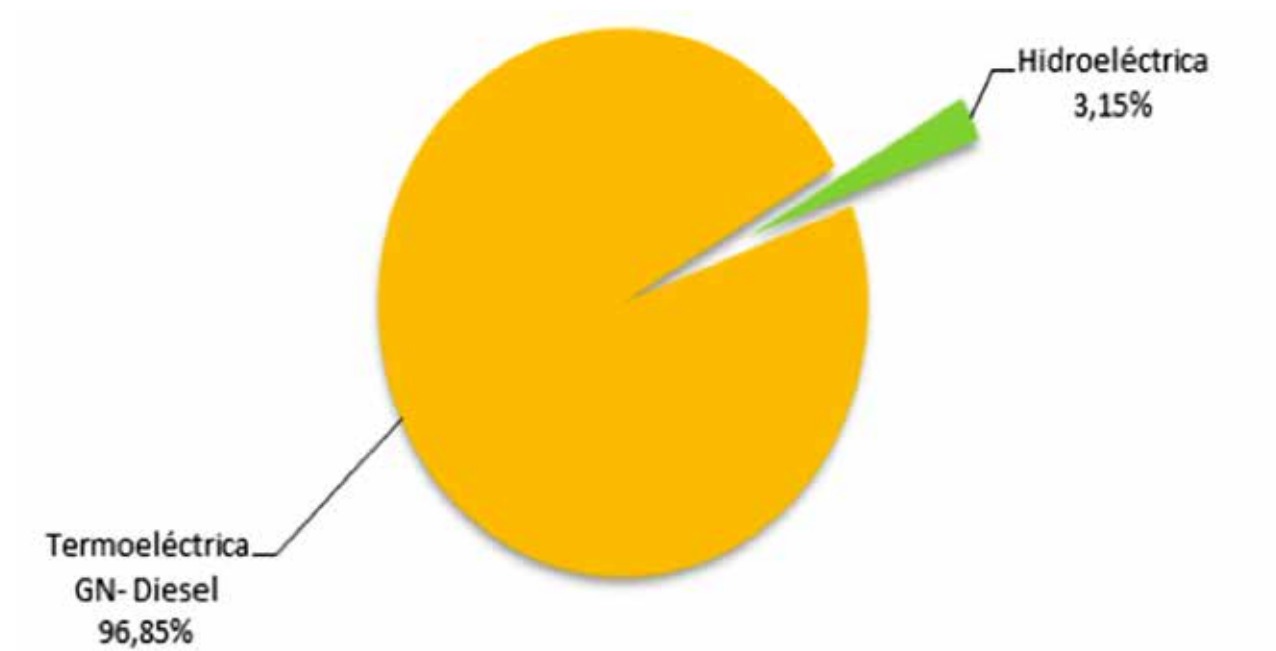
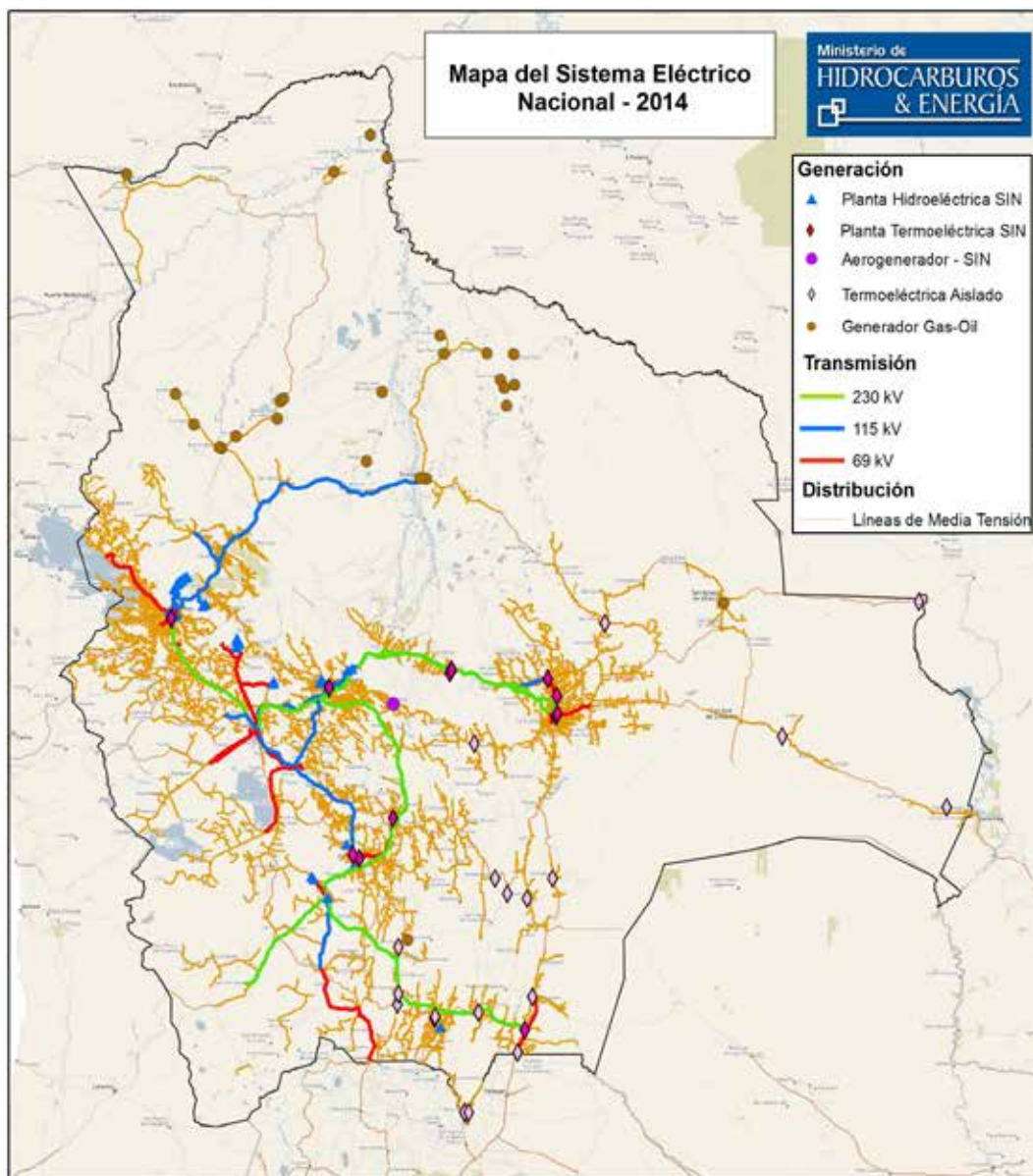


Figura 5. Potencia instalada en los SA, 2013



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 6. Mapa General del Sistema Eléctrico Nacional

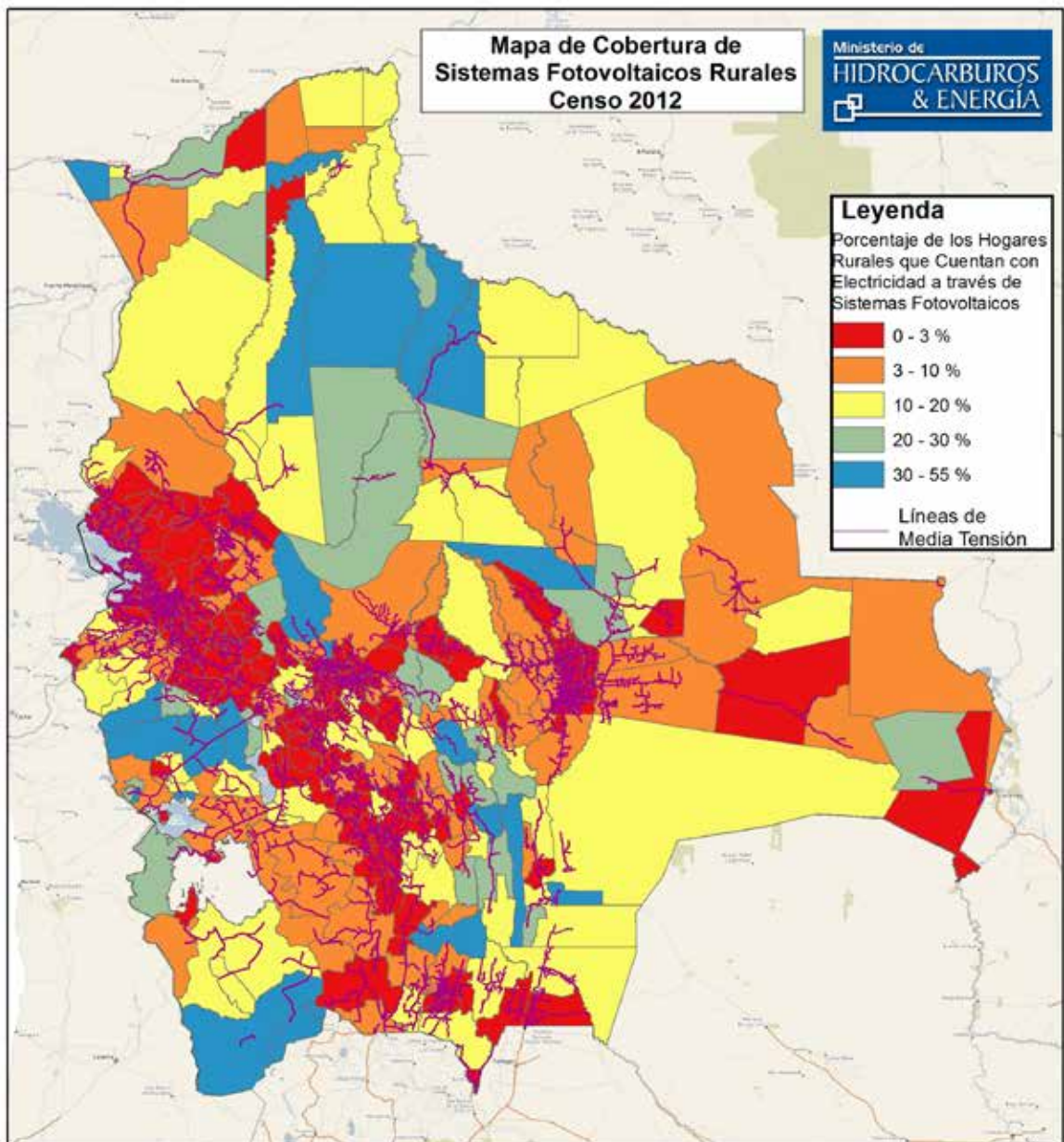


En lo referente a la cobertura de acceso a la electricidad en el área rural para el año 2005, según datos del VMEEA, esta se encontraba en cerca del 33%. De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, la cobertura de acceso a la energía eléctrica en el área rural llegó al 57,5%, lográndose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

Sin embargo, 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 7. Mapa de Cobertura con Sistemas Fotovoltaicos Área Rural



EL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL:

política y principales programas y proyectos
para el desarrollo de energías alternativas



POLÍTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO EN BOLIVIA

La política del sector eléctrico nacional concede alta prioridad a la universalización del acceso al servicio básico de electricidad de todas y todos los bolivianos, la seguridad energética con soberanía y equidad, así como a la diversificación de la matriz energética, promoviendo la exportación y el uso y producción eficiente de la energía con participación mayoritaria del Estado, considerando a este sector como estratégico y fundamental para la economía de la población como parte de su visión de una Bolivia digna, soberana, productiva y democrática para el “Vivir Bien”.

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:

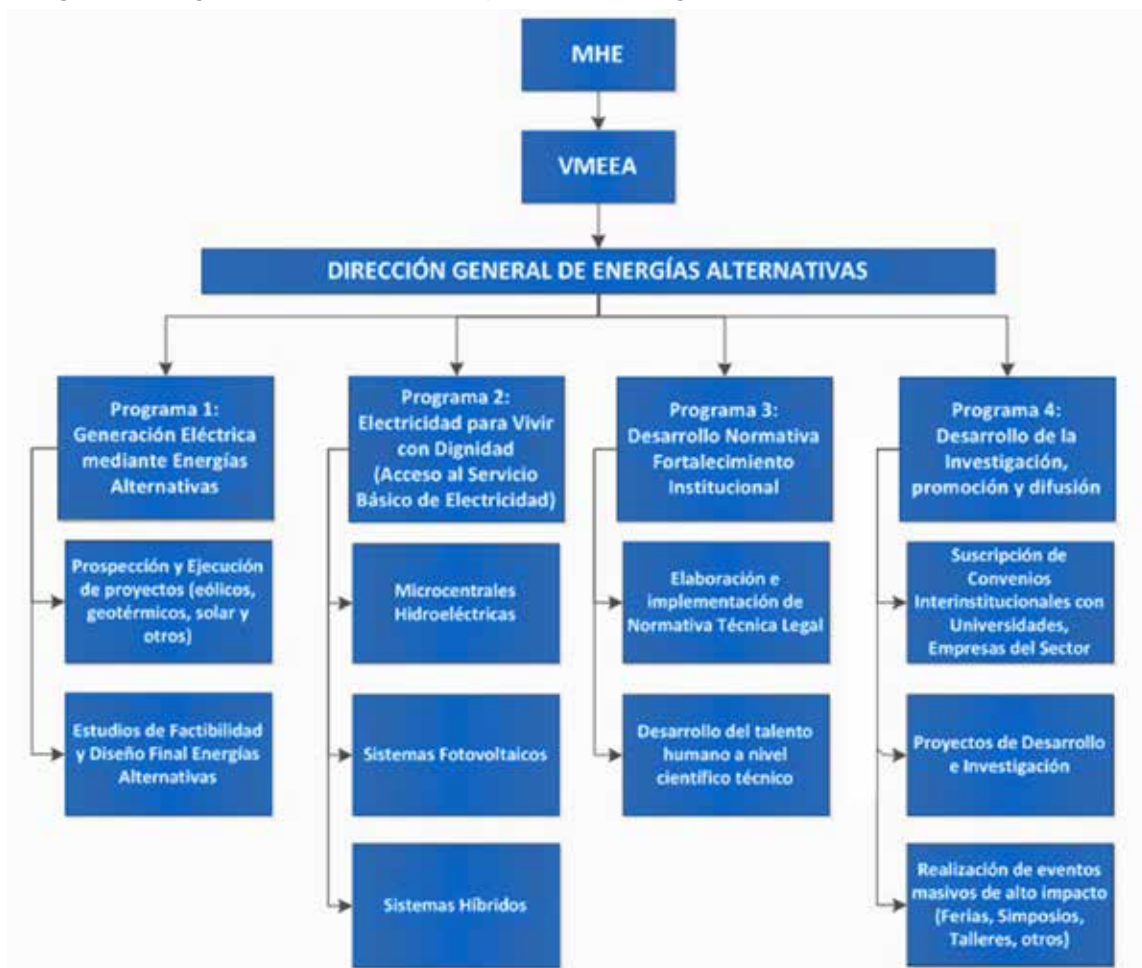
- » la contribución a la diversificación de la matriz energética y al acceso universal del servicio básico de electricidad y sus aplicaciones productivas;
- » la consecución y consolidación de la seguridad y soberanía energética nacional;
- » el despacho preferencial de la generación con base a energías 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.

Figura 8. Programas de acuerdo a la política de energías alternativas



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.

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.

Agenda Patriótica 2025

Mediante el Decreto Supremo N°1506 del 27 de febrero de 2013 se constituyó la Representación Presidencial de la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025 como unidad desconcentrada del Ministerio de la Presidencia a cargo del Representante Presidencial, bajo dependencia directa del Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia. Por su parte, la Resolución Ministerial N°156 del Ministerio de Planificación del Desarrollo aprobó las directrices de mediano y largo plazo de la Agenda Patriótica 2025, mismas que tienen por objeto establecer los lineamientos generales para elaborar y articular los planes de mediano plazo con la estructura programática de los Planes de Desarrollo Económico y Social acordes con los lineamientos establecidos en la Agenda Patriótica 2025.

La Agenda es así el principal instrumento para alcanzar el desarrollo integral del país, concretizando los principios establecidos en la Constitución Política del Estado. Tomando en cuenta los dos primeros pilares de la Agenda —que corresponden a la erradicación de la pobreza extrema y a la socialización y universalización de los servicios básicos con soberanía para el Vivir Bien, respectivamente; así como el tercer pilar, referido a salud y educación para la formación del ser humano integral y el séptimo pilar, correspondiente a la soberanía sobre nuestros recursos naturales, el Ministerio de Hidrocarburos y Energía a través del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, elaboró el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025.

Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025

El Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025 tiene por objetivo principal establecer los lineamientos generales para el desarrollo de la infraestructura eléctrica suficiente para satisfacer la demanda interna, logrando así el acceso universal al servicio eléctrico, impulsando el aparato productivo y la integración eléctrica nacional con la perspectiva de generar excedentes de energía para la exportación.

Este documento hace un análisis técnico económico, considerando la dinámica de crecimiento del sector eléctrico y sus proyectos estratégicos hasta el año 2025, constituyéndose así en un instrumento articulador entre los planes de desarrollo sectorial de corto, mediano y largo plazo, estableciendo aspectos técnicos y lineamientos para la planificación quinquenal de la infraestructura eléctrica. En este sentido, este documento otorga las directrices y establece las bases para la elaboración del Plan de Desarrollo de las Energías Alternativas en Bolivia 2025, considerando que la participación de las energías alternativas contribuirá de manera efectiva a la universalización del servicio básico de electricidad para todas y todos los bolivianos, así como al cambio de la matriz energética nacional, realizando acciones tendientes a la expansión y seguridad del sistema eléctrico, la exportación de excedentes y la reestructuración del sector.

Normativa Legal Relacionada con Energías Alternativas

La Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia – CPE señala:

Artículo 378: 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.

Artículo 379: El Estado desarrollará y promoverá la investigación y el uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, compatibles con la conservación del ambiente. Asimismo, otorga al Estado, la facultad privativa del desarrollo de la cadena productiva energética en las etapas de generación, transporte y distribución de energía en el sistema eléctrico interconectado. También, reconoce como competencia para el nivel Departamental y Municipal, los proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía preservando la seguridad alimentaria en su respectiva jurisdicción.

Artículo 300: Son competencias exclusivas de los gobiernos departamentales autónomos, en su jurisdicción, los proyectos de generación y transporte de energía en los sistemas aislados, así como los proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía de alcance departamental preservando la seguridad alimentaria.

Artículo 302: Son competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción, los proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía preservando la seguridad alimentaria de alcance municipal.

Artículo 304: Las autonomías indígena originario campesinas podrán ejercer las siguientes

competencias concurrentes: sistemas de riego, recursos hídricos, fuentes de agua y energía, en el marco de la política del Estado, al interior de su jurisdicción.

Por su parte, la Ley de Electricidad N° 1604 de 1994 y sus normas reglamentarias vigentes rigen las actividades de la industria eléctrica, otorgando el marco regulatorio al sector eléctrico; sin embargo, ante la nueva visión del Estado y el compromiso de promover las fuentes de energías alternativas, se reconoce la necesidad de incorporar un nuevo marco legal para estas fuentes energéticas.

Es por ello que el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas se encuentra actualmente trabajando en los aspectos finales de una nueva normativa del sector eléctrico (Ley de Electricidad), que permitirá viabilizar y dinamizar el desarrollo del sector y de las energías alternativas en el corto, mediano y largo plazo.

El 2 de julio del 2014, se aprobó el Decreto Supremo No. 2048, que tiene como objeto establecer el mecanismo de remuneración para la generación de electricidad a partir de Energías Alternativas en el Sistema Interconectado Nacional, conforme a la planificación del sector. Se encuentra en proceso la reglamentación del mencionado Decreto.

Asimismo, el VMEEA está elaborando el anteproyecto de Ley de Energías Alternativas que tendrá como finalidad establecer un régimen específico destinado a fomentar el aprovechamiento de energías alternativas para la generación de electricidad, su transporte, distribución y consumo; además de incentivar su desarrollo de manera sustentable, cuidando el medio ambiente para el Vivir Bien y contribuyendo al logro de los objetivos establecidos en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional 2025, para de esta manera alcanzar el acceso universal, contribuir al desarrollo del aparato productivo y aportar a la diversificación de la matriz energética del sector eléctrico.

Estructura Institucional del Sector Eléctrico

Las instituciones públicas del sector eléctrico en Bolivia están conformadas por diferentes entidades, entre las más importantes se encuentran el Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE), el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA), la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE), el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) y la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) Corporación.

Ministerio de Hidrocarburos y Energía MHE - VMEEA

Las atribuciones del Ministro de Hidrocarburos y Energía con relación a las energías alternativas están referidas a la formulación de políticas nacionales para fomentar su desarrollo y promoción, así como la investigación en el uso de nuevas formas de producción de energías.

El Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas tiene entre sus atribuciones específicas proponer políticas para el desarrollo de las energías alternativas, coordinando con las diferentes instituciones del sector, entidades territoriales y los diversos actores sociales del

país y establecer e implementar la política eléctrica nacional a través de las distintas entidades y organizaciones involucradas con el sector.

Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad - AE

La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad fue creada mediante Decreto Supremo N° 0071 del 9 de abril de 2009. La AE es la entidad reguladora de la industria eléctrica y se encuentra bajo tuición del Ministerio de Hidrocarburos y Energía. Su principal función es fiscalizar, controlar, supervisar y regular al sector de electricidad, protegiendo por dicha vía los derechos de los consumidores, entre otros.

Comité Nacional de Despacho de Carga – CNDC

El CNDC es responsable de realizar la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), coordinando de forma integrada la operación de las instalaciones de generación y transmisión con el despacho de carga en tiempo real, atendiendo la demanda horaria en forma segura, confiable y a costo mínimo.

Asimismo:

- » Administra el Sistema Eléctrico Nacional de forma confiable y transparente con todos los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) —que realizan transacciones de compra – venta y transporte de energía eléctrica en el SIN— a través de la elaboración del balance valorado del movimiento de electricidad, garantizando los derechos y obligaciones que les faculta la Ley de Electricidad, sus reglamentos y demás disposiciones vigentes.
- » Planifica la expansión óptima del SIN, bajo las directrices del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, buscando el desarrollo eficiente y sostenible de la industria eléctrica, aprovechando las fuentes energéticas de forma racional y promoviendo las condiciones de acceso universal al servicio de energía eléctrica; a fin de garantizar el abastecimiento de la demanda futura, manteniendo los niveles de calidad requeridos por las condiciones de desempeño mínimo a menor costo.

Empresa Nacional de Electricidad – ENDE Corporación

La Empresa Nacional de Electricidad, es una entidad pública nacional, estratégica y de carácter corporativo, que participa en toda la cadena productiva de la industria eléctrica, así como en actividades de importación y exportación de electricidad. Se encarga de la formulación, ejecución y supervisión de los planes de expansión, de programas y proyectos de inversión y desarrollo.

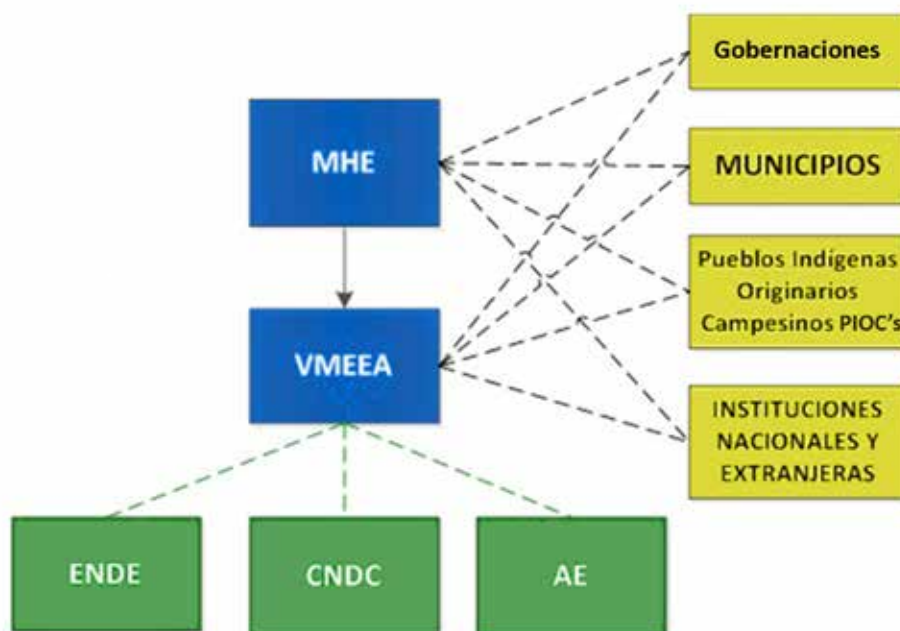
Con la finalidad de fortalecer a ENDE, mediante Decreto Supremo N°1691 de fecha 14 de agosto de 2013, se estableció su nueva estructura corporativa, de manera que sus empresas

filiales y subsidiarias trabajen en aras de la consecución de los objetivos y metas definidas por la Corporación, así como la integración corporativa y colaborativa que permita estandarizar y soportar los procesos, procedimientos y otros requisitos empresariales específicos y corporativos en la gestión de proyectos.

Otras instituciones relacionadas

Las instituciones del sector eléctrico antes mencionadas interactúan entre sí y con otras instituciones importantes para el desarrollo de las energías alternativas, tales como los gobiernos departamentales, municipales, pueblos indígenas originario campesinos, entre otros. El cuadro a continuación muestra esta relación.

Figura 9. Estructura institucional del sector eléctrico



PROGRAMAS Y PROYECTOS DESARROLLADOS EN BOLIVIA

Durante la década de 1980 en Bolivia se ejecutaron algunas actividades puntuales orientadas a utilizar energías alternativas. La mayoría de ellas, aunque no tuvieron el impacto esperado, nacieron como iniciativas académicas aisladas en universidades y en las desaparecidas Corporaciones de Desarrollo.

Una década más tarde, en el periodo 1990 al 2005, se desarrollaron algunos programas y proyectos de cooperación bilateral y multilateral con el fin de promover la electrificación rural mediante la utilización de energías alternativas con escasa implementación. A partir del año 2006, dado el cambio en la visión y concepción de nuestro Estado, se dinamiza el desarrollo y ejecución de programas y proyectos de energías alternativas, encontrándose en operación varios proyectos en el marco del Programa Electricidad para Vivir con Dignidad, vigente en la actualidad. En este contexto, en los últimos años las energías alternativas han recibido un fuerte impulso por parte del Estado y de su brazo operativo en el VMEEA, fundamentalmente en lo concerniente al desarrollo de proyectos de generación eléctrica, instalación de sistemas con tecnología fotovoltaica y construcción de micro centrales hidroeléctricas con la finalidad de proporcionar el acceso al servicio básico de electricidad a las poblaciones rurales; asimismo, ha trabajado en la elaboración de documentos relacionados con la planificación de energías alternativas que se constituyen en aportes importantes.

Programas y proyectos en el periodo 1990-2005

El Programa para la Difusión de Energías Renovables - PROPER Bolivia (1992 -1996) fue desarrollado con el apoyo de la entonces Agencia de Cooperación Técnica Alemana – GTZ (hoy GIZ). Las principales actividades de este programa se centraron en apoyar con transferencia tecnológica a empresas productoras y proveedoras de sistemas de energías renovables (alternativas), entre ellas la energía fotovoltaica y mini hidráulica. También se desarrollaron algunas actividades de capacitación mediante la participación de universidades e institutos técnicos de formación laboral y cursos específicos para personas interesadas en

la temática. Los seminarios, eventos y publicación de materiales audiovisuales e impresos fueron parte de las actividades de promoción y difusión.

En la década de 1990 la Cooperativa Rural de Electrificación – CRE de Santa Cruz llevó adelante la utilización de sistemas fotovoltaicos domiciliarios en la región de San Julián del departamento de Santa Cruz. La iniciativa consistió en la instalación de 5.000 sistemas fotovoltaicos de 50 W para el suministro de electricidad a familias, el mantenimiento preventivo y correctivo estuvo a cargo de la CRE. Este servicio tenía un pago mensual por el servicio y el equipo. Con el tiempo, sin embargo, los usuarios efectuaron comparaciones con precios de servicios a través de redes de electricidad en otras zonas y consideraron que eran precios elevados por lo que el proyecto no tuvo el resultado esperado.

El Programa de Medio Ambiente y Energía (1994-2002), que contó con el soporte de la Embajada Real de los Países Bajos buscó incentivar principalmente el uso de las energías renovables en Bolivia a través de aplicaciones específicas en electrificación rural. Dentro de este programa se realizaron algunas experiencias piloto de electrificación rural con centrales hidráulicas y sistemas fotovoltaicos.

En el año 1997, el Proyecto de biomasa para generación de electricidad fue implementado en la localidad de Riberalta del departamento del Beni, el proyecto fue ejecutado por National Rural Electric Cooperative Association – NRECA, conjuntamente con la Cooperativa Eléctrica de Riberalta (CER). Este proyecto diseñó y ejecutó la instalación de un sistema de conversión de biomasa de un 1 MW para así proporcionar energía eléctrica a la población de Riberalta. El combustible utilizado fue cáscara de castaña en un 90%, y 10% de desechos de madera. A la fecha la planta se encuentra instalada pero fuera de operación debido principalmente a problemas en el tipo de proceso de conversión de la biomasa a energía eléctrica y a la falta de sostenibilidad referida al mantenimiento.

El Proyecto Eco-Tecnológico (1999-2002), se desarrolló por iniciativa de una asociación de organismos no gubernamentales bolivianos e italianos, logrando instalar micro centrales hidráulicas con potencias entre 10 y 50 KW, como las micro centrales hidroeléctricas Challa Jauira, San Pablo, San Juan de Coripata, y San Isidro, en la zona de Los Yungas del departamento de La Paz.

El Programa de Electrificación Rural con Energías Renovables (1999-2005), desarrollado con el apoyo del Global Environment Facility a través del Programa de la Naciones Unidas GEF/PNUD estuvo orientado a eliminar las barreras financieras y facilitar el acceso a los servicios eléctricos con sistemas fotovoltaicos y micro centrales hidroeléctricas bajo un enfoque de mercado —combinando subsidios y microcrédito— habiendo logrado la instalación de 3.000 sistemas fotovoltaicos domiciliarios en las áreas rurales de los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Oruro y La Paz, así como la construcción de tres micro centrales hidroeléctricas en las localidades de Añilaya, Las Palmeras y Yerbani de Los Yungas. La responsabilidad de hacer sostenible estos sistemas fotovoltaicos fue encargada al mismo propietario del sistema, lo que influyó en que muchos de estos sistemas quedasen fuera de servicio. Por su parte, la sostenibilidad de los proyectos de microcentrales hidroeléctricas fue derivada a la comunidad beneficiaria.

Programas y proyectos con energías alternativas (2006-2013)

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.

Programas y proyectos del PEVD

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 compo-



Sistema híbrido de suministro eléctrico

nente, 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.



Familias beneficiadas por el Proyecto GPOBA

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.

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.

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.

Programa Energías Renovables KfW

Este programa apoyado por la KfW tiene el objetivo de llevar energía eléctrica a los hogares de las diferentes comunidades rurales con altos índices de pobreza y que se encuentran alejados del Sistema Interconectado Nacional, mediante la construcción de microcentrales hidroeléctricas – MCHs. Además, prevé el uso de la electricidad para usos productivos. A la fecha se lograron construir 3 MCHs, en las localidades de Mallcu Villamar en el departamento de Potosí con una potencia instalada de 28,8 kW beneficiando a 105 familias; en la población de Pucará en Santa Cruz se implementó una MCH de 100 kW, que beneficia a 400 hogares, mientras que en la localidad de Kanamarca, en La Paz, se construyó una MCH

de 28 kW, beneficiando a 81 familias. Para la operación, mantenimiento y administración de estas microcentrales se crearon pequeñas empresas operadoras locales de autogestión con la finalidad de garantizar su sostenibilidad.

El programa, se encuentra vigente hasta el 2015, realizándose actualmente diferentes procesos y tareas como el cofinanciamiento y ejecución del proyecto mini Central Hidroeléctrica Totorapampa, en el departamento de La Paz, de 500 KW, que se proyecta beneficie a 1.040 familias. Por otra parte, se tiene previsto realizar la ejecución de los siguientes proyectos:

- » MCH El Tigre, en el municipio de Ixiamas del departamento de La Paz, con 40KW, que beneficiará a 90 familias;
- » MCH Huyacoma Incahuasi, de 30KW y ubicada en Cochabamba, para 80 familias beneficiarias;
- » MCH Muma, en el municipio de Ichoca del departamento de Potosí, con una capacidad de 120KW que permitirán el acceso a la electricidad de 140 familias;
- » MCH 15 de Agosto, en el municipio Irupana del departamento de La Paz, con una capacidad de 308 KW para 170 familias; y,
- » MCH Totorapampa en el Municipio de Inquisivi de La Paz con 500KW esperando beneficiar a 1.140 familias.

Obra de toma Proyecto KfW



Programa Electrificación Rural – PER BID

El Programa de Electrificación Rural PER-BID se encuentra vigente desde el año 2012 y cuenta con un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo por \$US.60.000.000 para la ampliación y mejora de la cobertura del servicio eléctrico, a través de proyectos de extensión de redes y líneas de transmisión. Como parte del Programa existe un componente para la identificación, análisis, evaluación, estructuración y ejecución de proyectos con energías alternativas. A través de este componente, se implementó el proyecto piloto de pico lámparas PV para el acceso a una fuente de energía para iluminación, cargado de baterías de radios portátiles y celulares en los municipios de El Sena, Villa Nueva e Ingavi en el departamento Pando, beneficiando a 1.800 familias el año 2013. En la actualidad este programa se encuentra realizando estudios de identificación para el desarrollo de nuevos proyectos híbridos solar-diésel en los Sistemas Aislados.

Otros emprendimientos y acciones

En el marco de diferentes acciones y sinergias creadas entre el VMEEA y varias instituciones como la Agencia Alemana de Cooperación Internacional al Desarrollo, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, que apoya al VMEEA a través del proyecto EnDev Bolivia desde el año 2006 con el acceso a fuentes de energía moderna principalmente a las familias de escasos recursos del área rural de nuestro país, también se lograron establecer sinergias con otros organismos e instituciones, desarrollándose emprendimientos relacionados con las energías alternativas.

Proyecto piloto San Antonio de López

El Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, OLADE, la Universidad de Calgary (UC) y la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), ejecutaron en el año 2009 cuatro proyectos pilotos con energías alternativas para el acceso a la energía eléctrica de los hogares y usos productivos en la comunidad San Antonio de López del departamento de Potosí. El mismo incluía los siguientes proyectos:

- » el proyecto para la clausura agrosilvopastoril de 60 Hectáreas con cerco eléctrico fotovoltaico para la crianza de camélidos, y producción de forraje y quinua;
- » el proyecto para el mejoramiento del albergue turístico comunitario mediante la dotación de un sistema termosolar de 400 litros para calentamiento de agua para las duchas del albergue comunitario;
- » el proyecto de establecimiento de un centro artesanal para la esquila de camélidos y la producción de prendas de lana de camélidos con esquiladoras eléctricas portátiles; y,
- » como proyecto principal, la instalación de una micro central hidroeléctrica de 30 kW para la dotación de electricidad a la comunidad.

Proyecto de mejora del acceso a la energía en comunidades rurales

Este proyecto fue ejecutado el año 2009 por Ingenieros Sin Fronteras, el Centro de Información en Energías Renovables - CINER y la ONG Mosoj Causay en coordinación con el VMEEA. Mediante este proyecto se instalaron 64 sistemas fotovoltaicos domiciliarios en el municipio de Pocona del departamento de Cochabamba, 22 sistemas eólicos domiciliarios de 100 W cada uno, de los cuales 13 se instalaron en el municipio de Turco, 9 en el municipio de Challapata, además de 5 sistemas fotovoltaicos en la población Challapata en el departamento de Oruro y una mini red fotovoltaica de 720 W que incluyó la construcción de la red de distribución eléctrica para la comunidad Saqasaqa del municipio potosino de Sacaca.

Convenios de Cooperación en el marco del PEVD

En el año 2010 se suscribió un convenio marco de cooperación internacional entre el Ministerio de Hidrocarburos y Energía y la Cooperación Alemana (a través de la GIZ), con el objetivo de impulsar la identificación y el acceso a fuentes modernas de energía, apoyar el fortalecimiento institucional del VMEEA en la capacitación y mejora de la gestión pública y desarrollar estudios de implementación de proyectos de energías alternativas. En este contexto, la GIZ coadyuvó en la identificación de proyectos con energías alternativas y en la elaboración de estudios para la generación híbrida solar-diésel para las poblaciones de Baures, Remanzo y El Carmen, todas en el departamento del Beni.

Tres años más tarde, en el 2013, el Ministerio de Hidrocarburos y Energía a través del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, gestionó ante el Fondo Nórdico para el Desarrollo (NDF), el financiamiento no reembolsable para proyectos de energías alternativas y uso de energía sostenible en el área rural de Bolivia. Los objetivos de este convenio son promover el uso de estas energías para iluminación y ahorro familiar, la diversificación de la matriz de generación eléctrica y la reducción del consumo de combustibles fósiles. El BID ejercerá como administrador de la contribución económica especial realizada por el NDF. Los recursos económicos de esta cooperación ascienden a un monto equivalente a \$US 5.3 millones.

En ese mismo año, en el mes de diciembre, se suscribió el convenio de cooperación entre Bolivia y Dinamarca para el apoyo a la implementación del primer parque solar en el departamento de Pando, con el fin de disminuir el efecto del consumo de combustible diésel en el sistema aislado Cobija. La inversión estimada es de \$US 11,3 millones, de los cuales Dinamarca apoyará con recursos no reembolsables por un monto de \$US 6 millones.

En junio de 2014 se suscribió por su parte el Convenio Marco entre el Ministerio de Hidrocarburos y Energía, el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas y la Universidad Mayor de San Andrés en aras de generar una alianza interinstitucional de cooperación entre ambas instituciones para la promoción y desarrollo de proyectos y programas de electricidad, energías alternativas y aplicaciones de eficiencia energética en el sector eléctrico que se encuentren orientados al fortalecimiento en la formación y capacitación de talentos humanos, el desarrollo de investigación e innovación científica - tecnológica y procesos de difusión y promoción de estas fuentes energéticas.

Investigación y desarrollo tecnológico

La investigación y el desarrollo tecnológico relacionado a las energías alternativas son aun reducidos en el país y poco difundidos. No obstante, han existido algunos esfuerzos e iniciativas de universidades y otras instituciones que principalmente respondieron a inquietudes propias de cada institución. Algunas de estas acciones fueron esporádicas y no fueron asumidas integralmente con miras de su replicabilidad y continuidad; mas otras, como el caso de la energía para la cocción de alimentos, van creciendo y se ha logrado su inclusión en normativas técnicas.

La Universidad Mayor de San Simón – UMSS, investigó los recursos de biomasa dedicados a la biodigestión anaeróbica, así como los aprovechamientos de energía solar, los sistemas eólicos de potencias inferiores a 2 kW y el uso eficiente de leña en cocinas mejoradas. Asimismo, desarrolló el conocimiento para la fabricación de aerogeneradores de 100 W de potencia. Actualmente, se encuentra desarrollando prototipos de aerogeneradores de hasta 5 kW de potencia para usos en sistemas domésticos, considerando que se debe incentivar el desarrollo de esta tecnología para contar con suministro de equipos locales adecuados a las zonas de potencial eólico.

En cuanto a la aplicación de tecnología solar en Bolivia se dispone de normas técnicas establecidas por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad - IBNORCA, tanto para sistemas fotovoltaicos, como para termosolares. Una de estas normas es la Norma Boliviana NB – 795 de “Caracterización de módulos fotovoltaicos”, la cual establece la metodología para determinar los valores de corriente, tensión y potencia de un módulo fotovoltaico de tecnología monocristalina y policristalina. Esta norma prevé ensayos bajo condiciones reales y no en simuladores y se aplica para módulos cuya potencia pico va desde los 20 W hasta los 200 W, mas no es aplicable a módulos fotovoltaicos que contengan células de tecnologías diferentes ni para células del tipo concentradores.

Se cuenta además con la Norma Boliviana de Cocinas Mejoradas, formulada con participación de diferentes instituciones, entre ellas el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, la UMSA y la GIZ, a través de su proyecto EnDev Bolivia, y con la orientación del IBNORCA.

La Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, mediante el Instituto de Hidráulica e Hidrología – IHH realizó investigaciones relacionadas con el desarrollo y la construcción de micro y picocentrales hidroeléctricas, con resultados fundamentalmente orientados al desarrollo tecnológico para la implementación de sistemas de este tipo en regiones aisladas y remotas. Mediante el Instituto de Investigación de Procesos Químicos – IIDEPROQ, la UMSA trabaja en la investigación del rendimiento energético y eliminación de contaminación intradomiliaria en cocinas mejoradas a través de un convenio con la GIZ en el Centro de Pruebas de Cocinas CPC, dentro del marco de la Norma Boliviana de Cocinas Mejoradas NB 83001 y parámetros internacionales IWA - International Workshop Agreement.

Algo destacable de mencionar es que con el apoyo de la GIZ se realizó la transferencia de tecnología para la fabricación de turbinas de flujo cruzado (Michell-Banki) tipo T-12 de la empresa suiza SKAT —las cuales pueden generar desde 10 hasta 300 kW— así como para la fabricación de picoturbinas Pelton que pueden utilizarse en rangos de 100 W hasta 5 kW. Este apoyo generó experiencia específica en el país en la prospección, planificación

y ejecución de microcentrales hidroeléctricas. Una evaluación a los fabricantes nacionales del área hidráulica permite concluir que la oferta nacional de turbinas y equipos hidráulicos para potencias menores a 500 kW es de buena calidad, garantizándose la sostenibilidad técnica del equipamiento con mantenimiento y provisión de repuestos en el ámbito local.

Por su parte, los proyectos de micros y picocentrales hidroeléctricas desarrollados en Bolivia, emplean materiales e insumos en su mayoría locales, suministrados por fabricantes nacionales; el diseño, construcción, puesta en operación y capacitación es realizado por personal técnico boliviano.

ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN BOLIVIA:

potencial energético nacional



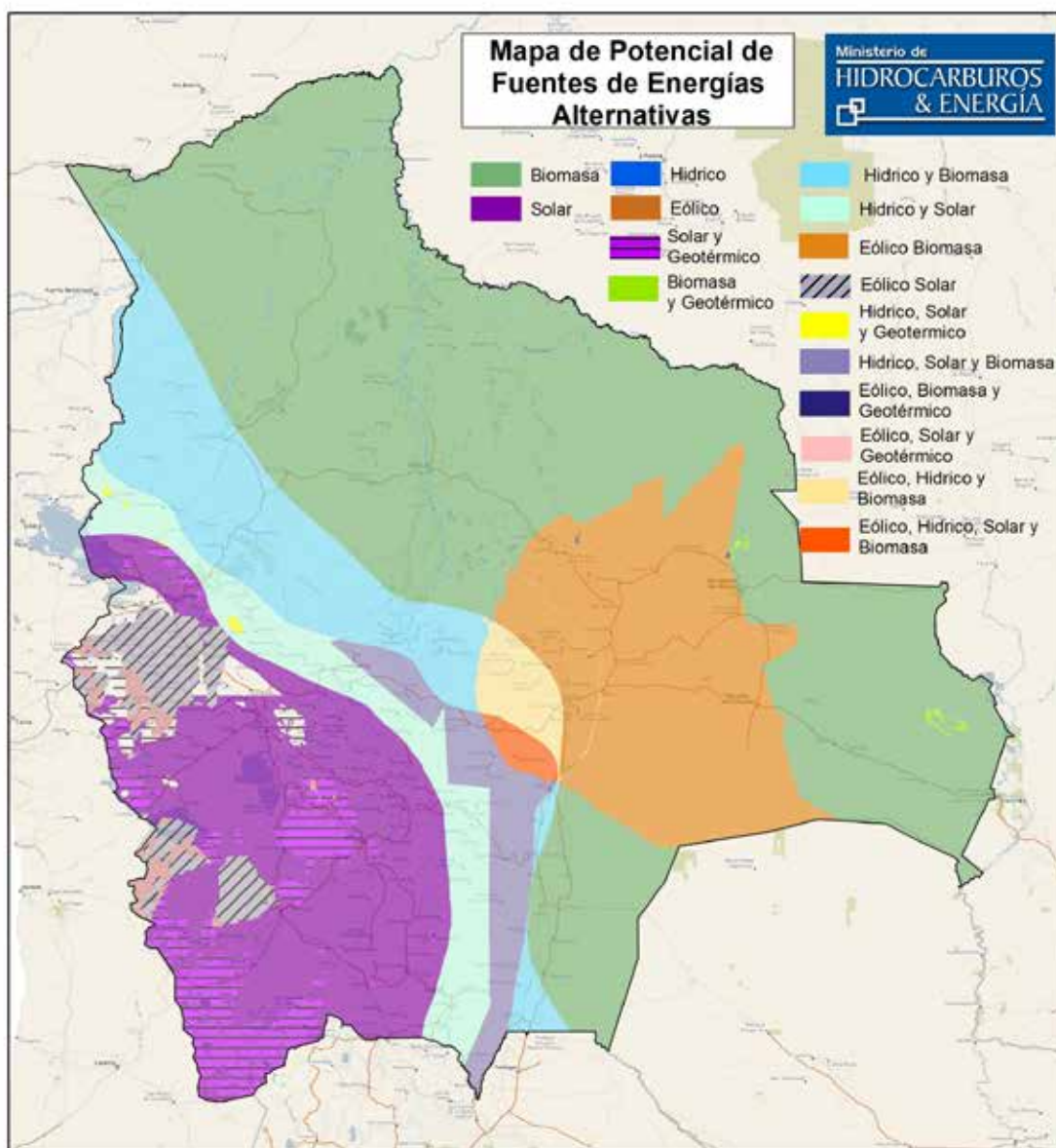
POTENCIAL ENERGÉTICO PROCEDENTE DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

El potencial de las fuentes de energías alternativas en Bolivia se encuentra distribuido en todo el territorio nacional: la energía solar es aplicable en general en todas las regiones pero con mayor preeminencia en la región del altiplano, la energía eólica es predominantemente en los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz y en parte del altiplano; mientras que los recursos geotérmicos estudiados a la fecha son promisorios en el sudoeste de Potosí y las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa se encuentra principalmente en la zona oriental en los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando y el norte de La Paz. Por su parte, el recurso hídrico se halla en las diferentes cuencas y ríos, y su mayor potencial reside en las zonas cercanas al denominado nudo de Apolobamba en el departamento de La Paz —que es el punto donde la Cordillera de Los Andes se divide en Cordillera Real y Cordillera Occidental—; sin embargo, existe también un considerable potencial en los ríos de Cochabamba, Santa Cruz y otros departamentos.

El siguiente mapa ilustra de manera general el potencial disponible para la generación eléctrica con diferentes fuentes alternativas existentes en el territorio nacional a través del aprovechamiento de los recursos solar, eólico, hídrico, geotérmico y de biomasa.

La inventariación, caracterización y evaluación del potencial energético de estas fuentes por regiones, zonas y sitios específicos constituye una necesidad primordial para su desarrollo. La realización de estas tareas incrementará la información disponible para un mejor aprovechamiento de estas fuentes permitiendo determinar su ubicación geográfica y cuantificar su potencial.

Figura 10. Potencial de fuentes de energías alternativas

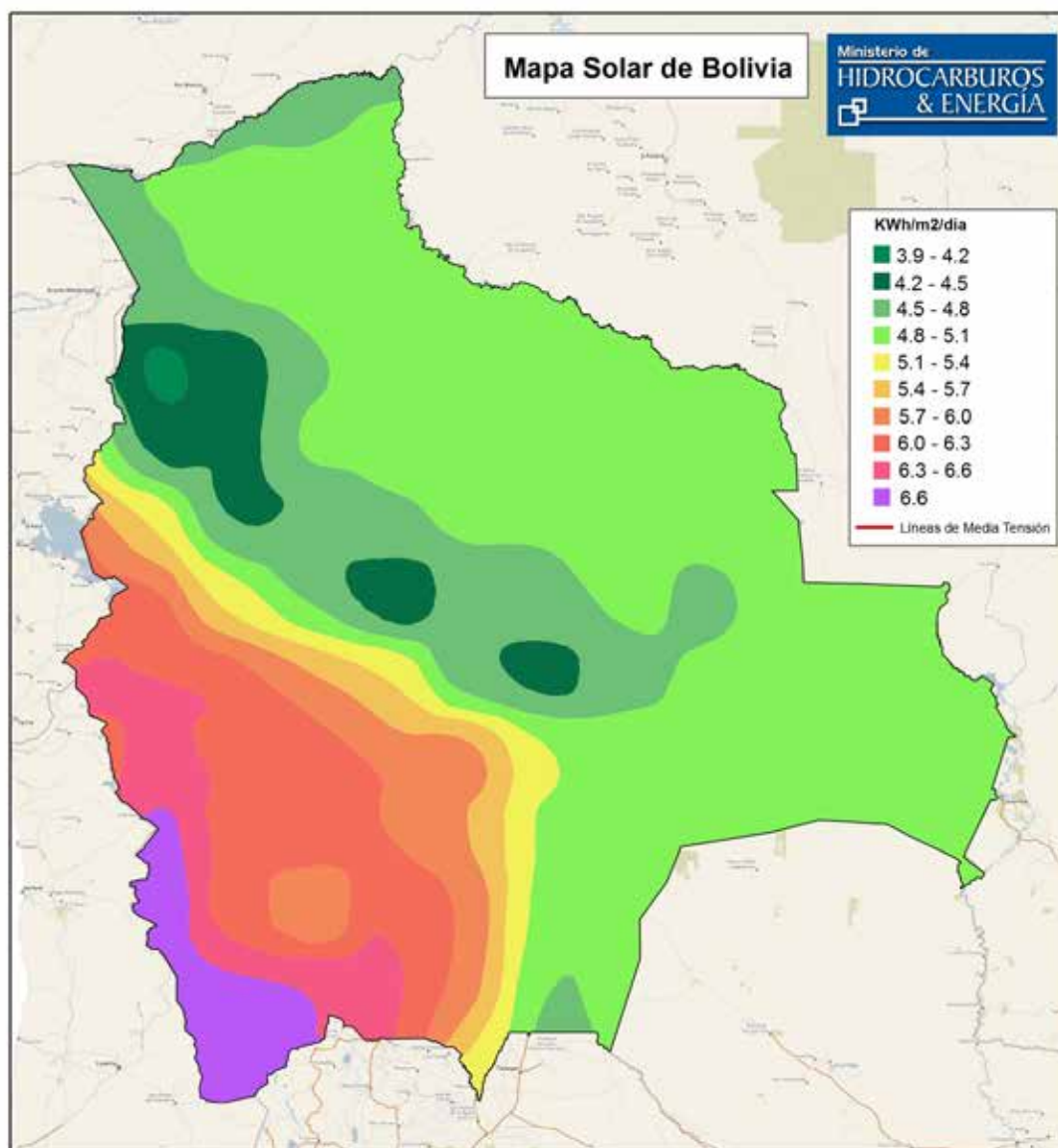


Potencial solar

El país cuenta con un mapa específico del recurso solar realizado por la Universidad Mayor de San Simón - UMSS, en el cual se identifican posibles áreas para el desarrollo de estudios de medición y monitoreo puntual de esta fuente de energía.

El potencial solar en general en Bolivia es privilegiado, dada la ubicación geográfica del país, posibilitando el desarrollo de proyectos de generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos o de concentración solar en todo el territorio nacional. Los niveles de radiación solar del país varían en las diferentes zonas geográficas, resultando el Altiplano la región con mayor incidencia de radiación solar, lo que hace de esta zona un sitio óptimo para la instalación de estos sistemas de generación de energía eléctrica. En ese sentido se dispone como herramienta de identificación este mapa solar, conformado en base a información específica de radiación solar promedio anual por departamento.

Figura 11. Potencial solar

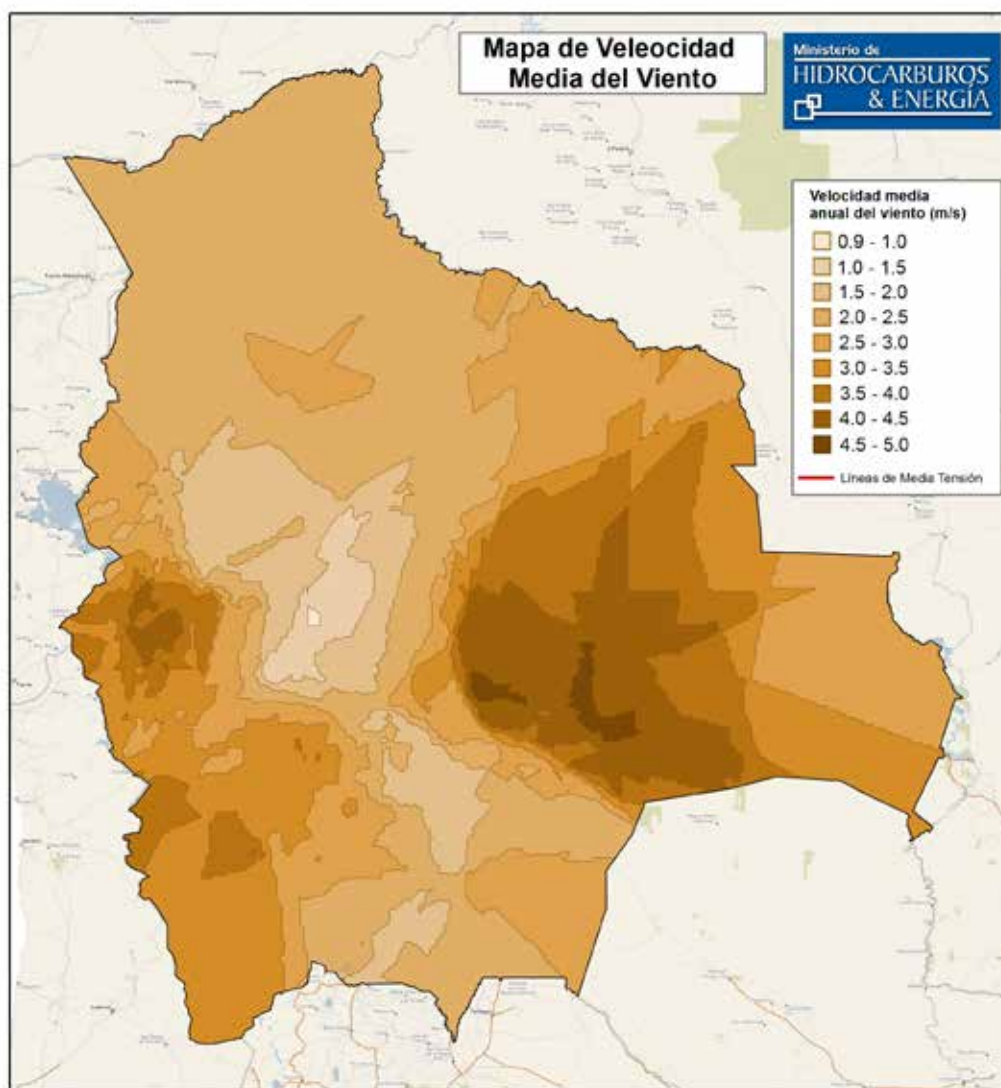


Potencial eólico

Respecto al potencial eólico, se cuenta con un mapa elaborado por la empresa Transportadora de Electricidad – TDE. De acuerdo a este instrumento, este recurso se encuentra en algunas zonas específicas del país con mayor disponibilidad de viento. En el mapa, realizado en el año 2008, así como en el estudio de diagnóstico general elaborado el año 2012 por el VMEEA, se menciona la existencia de corredores de viento con valores de velocidades promedio anuales y potencia expectables en sitios puntuales, en rangos entre 3 a 5 m/s y entre 100 a 350 W/m² respectivamente, que podrían ofrecer condiciones óptimas para el aprovechamiento de este recurso. Estos datos, sin embargo, requieren ser confirmados a través de mediciones puntuales.

El siguiente mapa muestra las zonas del potencial eólico.

Figura 12. Potencial eólico



La Empresa Nacional de Electricidad – ENDE está desarrollando un programa nacional de mediciones durante un año a objeto de disponer con datos de viento que permitan evaluar el potencial eólico e identificar zonas de interés que son idóneas para la realización de proyectos eólicos (parques eólicos) de gran escala en Bolivia. Para ello se han instalado torres de medición a una altura estimada de 60m, anemómetros, veletas, sensores, equipos para medición de temperatura y humedad que han sido instalados por encima de los 10m, así como equipos de medición de la presión atmosférica.

En el siguiente cuadro se muestra la ubicación de los sitios de medición por departamento y municipio.

Ubicación de sitios de potencial eólico

Departamento	Municipio	Localidad
La Paz	Ancoraimes	Corpa Grande
	Achacachi	Walata Chico
	Warnes	Warnes
Santa Cruz		Urubó
	Colpa Bélgica	La Bélgica
	San Julián	San Julián
	Gutiérrez	Lomas de Arena
	Pailón	Riva Palacio
	Pailón	El Dorado

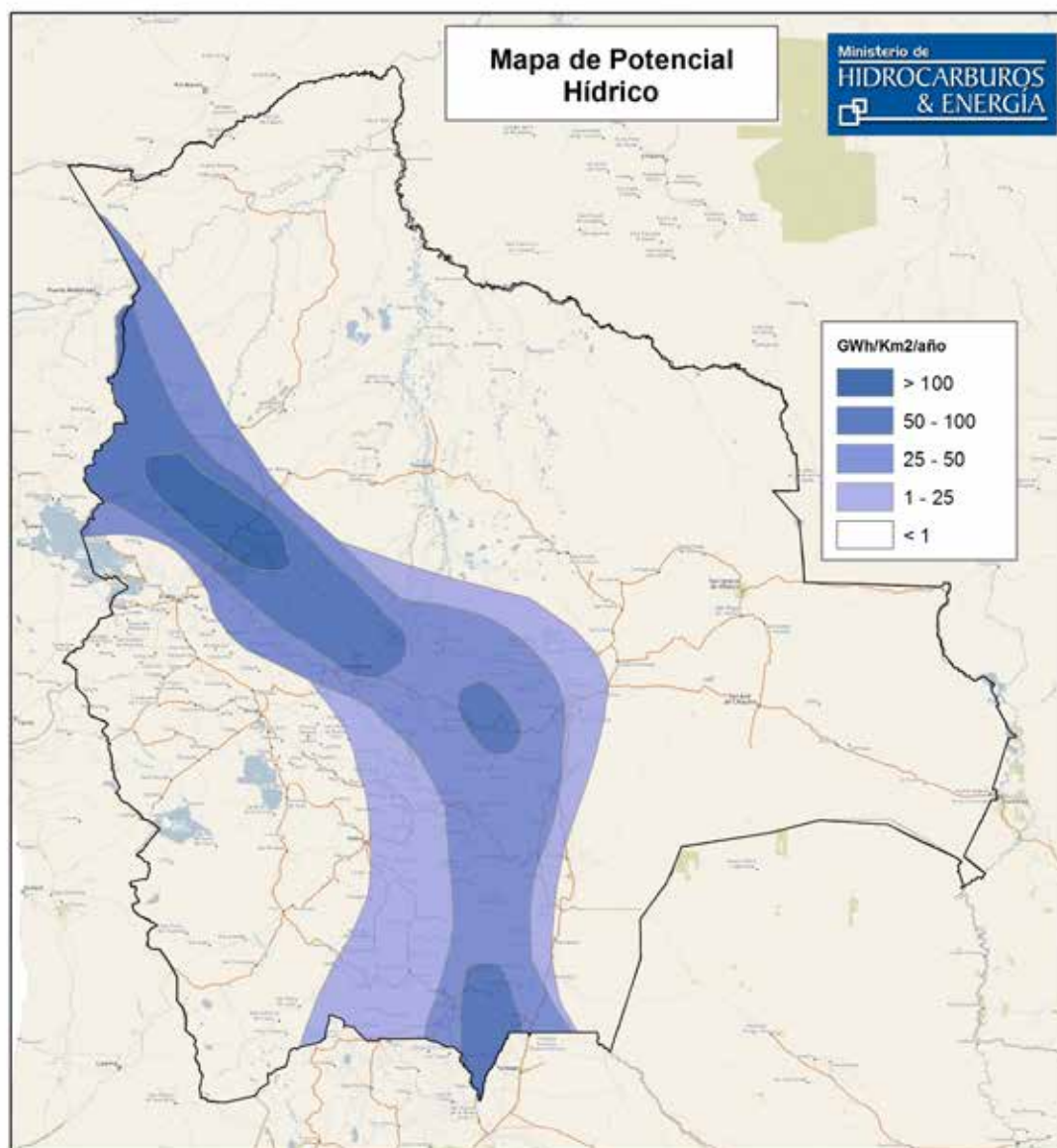
Como informa el cuadro, siete torres meteorológicas se hallan distribuidas en la región de Santa Cruz —entre Montero al norte y Mora al sur—, por lo que esta región muestra el mayor potencial eólico en Bolivia. En la región del Altiplano, por su parte, se han instalado dos torres meteorológicas en la zona de Achacachi y Ancoraimes, ambas en el departamento de La Paz. La instalación de las torres meteorológicas y mediciones están siendo ejecutadas por ENDE y el procesamiento de datos ha sido adjudicado a la empresa española BARLOVENTO. En la actualidad se cuenta con los datos de las mediciones efectuadas, mismas que ratificaron la existencia de potencial para aprovechamiento en generación de energía eléctrica en los sitios medidos. Estas mediciones están siendo validadas a través de un estudio apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

El VMEEA prevé el desarrollo de mediciones y validaciones en otros puntos del país a modo de confirmar el potencial eólico nacional, con la finalidad de implementar otros emprendimientos de generación eólica.

Potencial hídrico

El potencial hídrico para el desarrollo de proyectos de micro y mini centrales hidroeléctricas hasta 2 MW ha sido parcialmente identificado en numerosos sitios por las gobernaciones, municipios y otras instituciones en diferentes regiones del país. Sin embargo, existe escasa información actual sistematizada, por lo que resulta necesario trabajar en un programa específico continuo de prospección, identificación, estudio y clasificación de este potencial como parte una herramienta de consulta que permita desarrollar proyectos. En el siguiente mapa se muestra este potencial de manera general.

Figura 13. Potencial hídrico



Potencial Geotérmico

Este recurso ha sido el menos estudiado a la fecha. De manera general se sabe que existen fuentes geotermiales en algunas zonas específicas que pueden ser aprovechadas para la generación de electricidad y otras aplicaciones. La existencia de estas fuentes ha sido confirmada en el departamento de Potosí a través del campo Sol de Mañana, que sin dudas constituye un importante reservorio geotérmico en la zona de Laguna Colorada que será utilizado en la generación de energía eléctrica. Las evaluaciones realizadas a través de equipos y mediciones específicos en cinco pozos geotérmicos permitieron obtener datos de temperaturas entre 240 a 260°C a profundidades entre 1.100 a 1.700 metros y entalpías entre 1.037 a 1.185 KJ/Kg, adecuadas para la implementación del proyecto geotérmico.

Existen otras áreas potenciales de interés como el parque Sajama, en el departamento de Oruro, así como información sobre la presencia de varias manifestaciones geotérmicas como fuentes de aguas termales en otras zonas del Altiplano y en el oriente boliviano, particularmente en la zona de Roboré. Sin embargo, es necesaria la prospección e identificación de estas áreas para la evaluación de su potencial geotérmico, de manera que se permita el desarrollo de nuevos campos y proyectos de generación eléctrica y otras aplicaciones geotérmicas.

La Figura 14 muestra las áreas de interés de potencial geotérmico.

Potencial de Biomasa

El potencial de biomasa existente en nuestro país es importante, fundamentalmente en determinadas regiones de los llanos, gracias a la densidad de la vegetación y a la intensa actividad agrícola y ganadera productora de diferentes tipos de residuos. La zona de los valles también tiene un potencial significativo, y con menor incidencia el Altiplano. Es importante encarar la ejecución de estudios de inventariación y caracterización de este recurso por regiones geográficas, rubros agroindustriales y tipos de recursos disponibles, considerando la factibilidad de emprendimientos eléctricos.

La Figura 15 muestra el potencial de biomasa estimado en Bolivia.

Como muestra el gráfico, los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando y la región del norte de La Paz ofrecen un elevado potencial de biomasa dada la abundancia de recursos agroindustriales y forestales en la zona que pueden ser utilizados en generación eléctrica. En la actualidad, tanto el bagazo de caña de azúcar como la cáscara de castaña son recursos de biomasa empleados directamente en generación de electricidad.

Por otra parte, los residuos sólidos y las plantas de tratamiento de aguas servidas que se encuentran en las ciudades de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y El Alto, presentan también un potencial importante, susceptible de desarrollo y aprovechamiento.

Figura 14. Potencial geotérmico

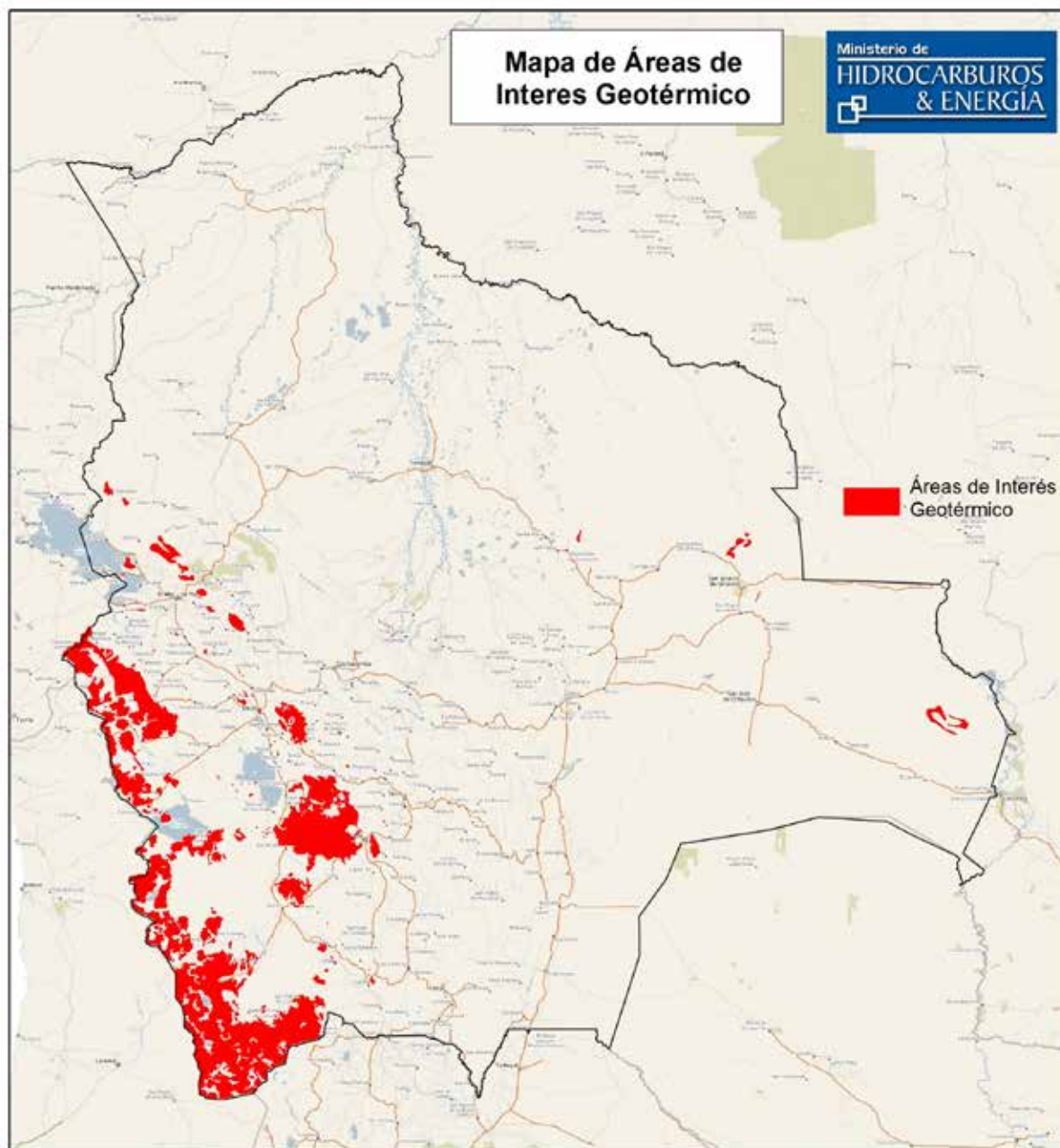
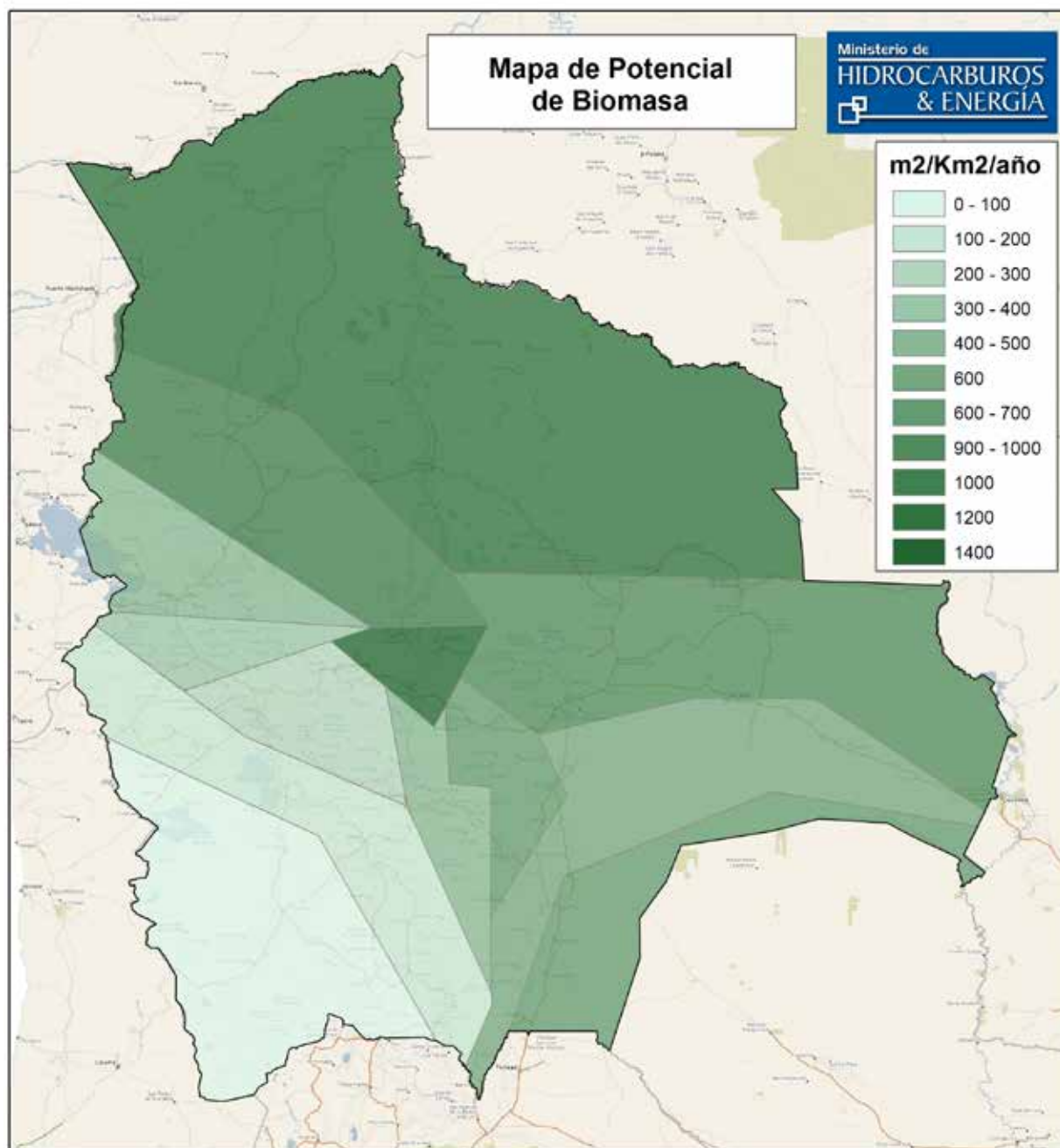


Figura 15. Potencial de biomasa



Aspectos técnicos y tecnológicos

La factibilidad técnica para la aplicación de las energías alternativas en la generación de electricidad está basada principalmente en la suficiente disponibilidad y optimización permanente de las tecnologías, que por su dinámica de usos se van mejorando continuamente en el diseño de equipos, componentes y partes para obtener mayores rendimientos.

Las tecnologías aplicadas en la actualidad en el aprovechamiento de las energías alternativas son tecnologías maduras y probadas a nivel mundial, existiendo una amplia oferta de equipos para la generación de electricidad, monitoreo, control y protección de los sistemas utilizados. A modo de considerar los aspectos técnicos y tecnológicos de los sistemas y equipos de generación con energías alternativas y su aplicación en Bolivia, a continuación se realiza un breve resumen de algunas de sus características.

Tecnología solar

Existen tecnologías que permiten el aprovechamiento de la energía solar, que van desde sistemas fotovoltaicos (paneles solares) para sistemas unifamiliares hasta parques de generación conectados a líneas de transmisión y redes de distribución de energía eléctrica. La innovación tecnológica en los procesos de fabricación de paneles solares, inversores y otros componentes, posibilita la tendencia a la baja en los precios de los sistemas fotovoltaicos. El desarrollo de tecnologías fotovoltaicas y de concentración solar permite a su vez mayor accesibilidad para su utilización en pequeñas unidades o grandes centrales.

Un parque o central fotovoltaica es una instalación de generación eléctrica en la que una gran cantidad de módulos fotovoltaicos interconectados entre sí, producen electricidad a partir de la radiación solar incidente en sus superficies. La electricidad producida es transportada hasta salas de control y potencia, donde es convertida a corriente alterna mediante inversores; y se eleva el nivel de voltaje mediante transformadores para posibilitar su conexión a líneas de transmisión y redes de distribución eléctricas. Las centrales termo solares transforman la energía solar en energía térmica, concentrando la radiación solar en un punto específico y calentando un fluido de trabajo que produce calor para la producción de vapor. El vapor producido acciona una turbina acoplada a un generador para obtener energía eléctrica. Existen centrales termo solares del tipo torre y del tipo de cilindros parabólicos, diferenciadas entre sí por su forma de colectar y concentrar la energía solar.

Tecnología eólica

La energía eólica es la energía obtenida del viento; es decir la energía cinética (velocidad del viento) generada por efecto de las corrientes de masas de aire y que son convertidas en otras formas útiles de energía —como la energía eléctrica— a través de aerogeneradores, los cuales pueden ser instalados en tierra firme o en el mar. El número de aerogeneradores que tiene un parque varía y depende de la superficie disponible y de características tales como la velocidad del viento, rugosidad del terreno y densidad del aire, entre otros.

La oferta tecnológica para la construcción de sistemas de generación eólica es madura, siendo además que las tecnologías desarrolladas actualmente en el mundo están orientadas a lograr una mayor eficiencia de los aerogeneradores y un mejor desempeño de los sistemas de control, protección y regulación.

Los avances tecnológicos permiten planificar la construcción de parques eólicos con unidades de aerogeneradores de diferentes capacidades en términos de la potencia producida por cada turbina. La potencia nominal típica de unidades aerogeneradoras en nuevos proyectos aplicados en países con experiencia en esta tecnología se encuentra entre 2 y 3 MW .



Aerogenerador de 1,5 MW, modelo Goldwind GW77/1500

Tecnología hidráulica

Los principales componentes de las microcentrales hidroeléctricas son la turbina, el generador, el sistema de control, las obras civiles para la conducción de los caudales de agua que accionan la turbina y el sistema de generación eléctrico. Entre los tipos de turbina más utilizados están las turbinas Pelton, Michell – Banki y las turbinas tipo hélice (axiales), determinándose en cada caso particular el empleo de un tipo de turbina específico en función de las características y condiciones físicas del aprovechamiento hidráulico. Las tecnologías empleadas para la construcción de pequeños emprendimientos en el país están completamente maduras, han sido probadas en varios proyectos, existiendo incluso producción a nivel local. En la siguiente gráfica se muestra una microcentral hidroeléctrica, en la que se puede observar una turbina Michell – Banki y una obra de toma.



Obra de toma Programa Hidroenergético, IHH-UMSA

Tecnología para geotermia

Las tecnologías para la utilización de la energía geotérmica son tecnologías probadas y aplicadas en diferentes partes del mundo; el aprovechamiento de esta energía data de mucho tiempo atrás, por lo que su desarrollo es pleno y su aplicación, segura.

Los procesos empleados para producir electricidad a partir de fluidos geotérmicos dependen de las características termodinámicas de dichos fluidos, como la temperatura y presión, entre otros; así como de las características físico químicas de los reservorios geotérmicos.



Turbina Michell-Banki hecha en Bolivia

De acuerdo con la definición de OLADE, existen tres tipos de ciclos para generación eléctrica en base a energía geotérmica:

- i. *El ciclo de contrapresión* es aquel en el que el fluido procedente de los pozos de producción es llevado a una etapa de separación donde se obtiene una fase líquida, que es enviada a reinyección en caliente y una fase gaseosa, transferida a la turbina. Una vez que el vapor pasa por la turbina es descargado a la atmósfera directamente, este proceso es el más simple y económico.
- ii. En *el ciclo de condensación* los fluidos geotérmicos procedentes de los pozos de producción son separados en una fase líquida, que es enviada a reinyección en caliente y en una fase gaseosa, que es enviada a la turbina como vapor y descargada luego al condensador. El fluido geotérmico en estado líquido es bombeado a la torre de enfriamiento y reutilizado de nuevo en el condensador como agente refrigerante. El remanente de la torre de enfriamiento es enviado a la reinyección en frío. La eficiencia de este ciclo es el doble del ciclo de contrapresión.
- iii. El tercer ciclo, denominado *ciclo binario*, se caracteriza porque el fluido geotérmico es conducido hasta intercambiadores de calor, donde los fluidos geotérmicos ceden su energía a un segundo fluido caloportador con bajo punto de ebullición. El fluido geotérmico es enviado directamente a reinyección en caliente y el fluido caloportador es bombeado a un pre calentador para luego pasar al evaporador donde adquiere las condiciones para pasar al sistema de accionamiento del sistema turbina-condensador y regresado de vuelta al intercambiador de calor mediante bombas.

Tecnología para biomasa

La energía eléctrica se puede obtener a partir de la transformación de biomasa procedente de cultivos y residuos agrícolas, de biomasa forestal primaria y de residuos de las industrias agropecuarias. La tecnología aplicada para conseguir energía eléctrica depende del tipo y cantidad de biomasa disponible, así como de las características físico-químicas de las mismas.

Las principales técnicas desarrolladas para la generación eléctrica con biomasa comprenden el ciclo de vapor convencional basado en la combustión directa de biomasa para la producción de vapor y el accionamiento de una turbina, la utilización de gas de síntesis procedente de la gasificación de biomasa aplicado a turbinas de gas y el empleo de motores alternativos que funcionan con gases de síntesis o biogás.

La generación en base a biomasa puede dar origen a sistemas de cogeneración, donde el vapor y los gases resultantes de la combustión de la biomasa se utilizan para generar electricidad a través de ciclos combinados, o son utilizados en procesos industriales para calefacción o refrigeración.

El producto obtenido a partir de la biomasa es vapor o gas de síntesis, mismo que es aplicado a una turbina de vapor o a un sistema de turbina o motor de gas para la producción de energía eléctrica. En ambos casos es posible aplicar un sistema de cogeneración de energía eléctrica y calor.

Tecnología para sistemas híbridos y generación distribuida

Las centrales de generación con sistemas híbridos están constituidas por dos o más fuentes de energía, aplicando por lo general una combinación de energías alternativas con las convencionales de generación eléctrica. La razón para desarrollar estos sistemas se debe a que en algunos casos el uso de una sola fuente de energía no puede abastecer por completo las demandas energéticas. Por otro lado, el uso de un solo tipo de combustible convencional representa un alto costo, por lo que es necesario combinar la generación con fuentes alternativas, o en su caso aplicar dos fuentes de energías alternativas. El objetivo del sistema híbrido es utilizar al máximo las fuentes energéticas de mínimo costo. Las tecnologías para la instalación y conexión de un sistema híbrido en el país se encuentran totalmente maduras.

En la imagen a continuación se describe un sistema híbrido a partir de un sistema fotovoltaico operando en forma conjunta con una red de distribución o un generador externo.

Tecnología para generación distribuida

La Agencia Internacional de Energía define la generación distribuida como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución. Este tipo de generación se produce en el mismo lugar de consumo, independientemente del tipo de fuente utilizada; de esta manera, se evitan costos de transporte de electricidad y pérdidas eléctricas por transmisión.

La tecnología para generación distribuida puede aplicarse tanto en zonas rurales como en áreas urbanas: en las zonas rurales este tipo de generación resulta adecuada en pequeñas poblaciones con sistemas eléctricos de pequeña o mediana escala conectados a redes de distribución; mientras que en áreas urbanas la generación distribuida puede aplicarse a grandes consumidores de energía eléctrica para que generen parte de la energía que consumen, lo que también se conoce como generación distribuida para autoconsumo.

Aspectos operativos y características técnicas de los proyectos

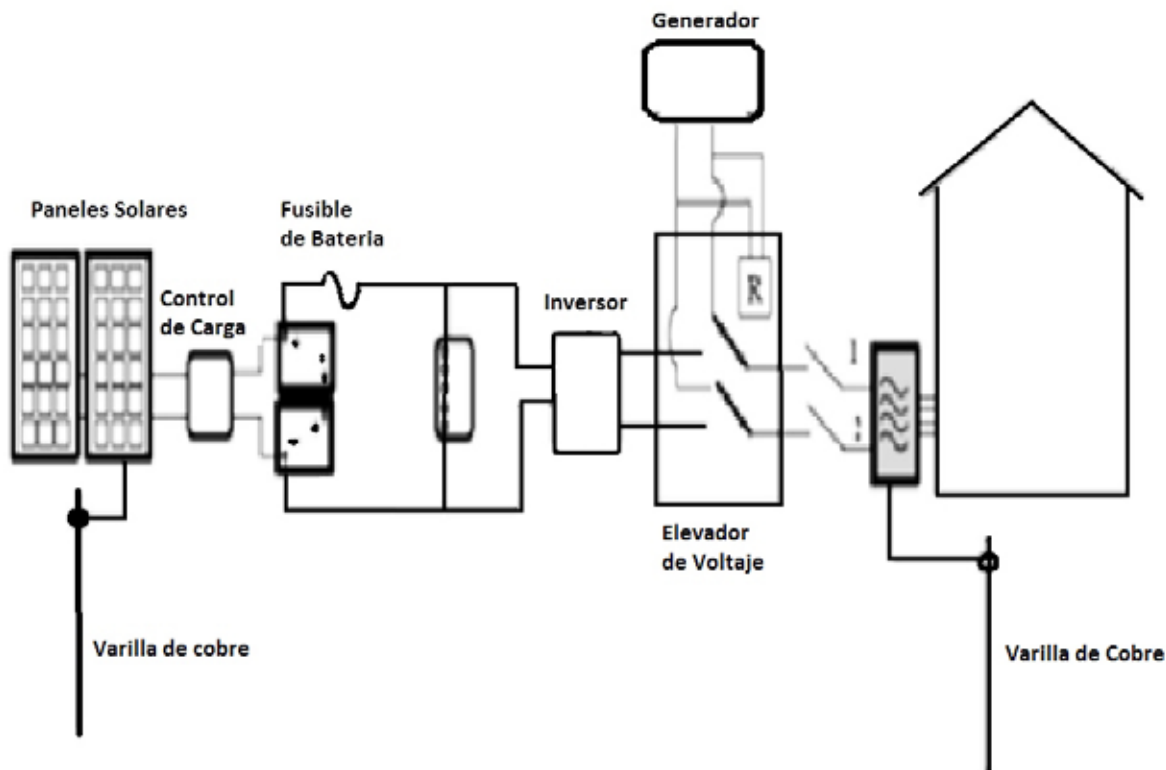


Diagrama de un sistema fotovoltaico híbrido

Los aspectos operativos para la inclusión de proyectos de generación con energías alternativas en la matriz energética nacional del sector están relacionados a la forma en la que se integran estos sistemas de generación al sistema eléctrico existente, considerando las condiciones de infraestructura, el tipo de conexión a la red y su disponibilidad de potencia y energía. Es necesario considerar los aspectos relacionados a la generación con energías alternativas y su conexión a los sistemas eléctricos al momento de realizar la planificación del sector eléctrico, a fin de optimizar la operación y sostenibilidad de estas energías.

Conexión a las redes eléctricas

Los proyectos con energías alternativas que inyectarán la energía generada a las redes eléctricas, en alta, media tensión y redes de distribución, toman en cuenta las siguientes particularidades:

- » Conexión al SIN en alta tensión, relativa a proyectos con centrales de gran potencia que requieren de infraestructura eléctrica como subestaciones y en su caso la construcción de nuevas extensiones de líneas de transmisión. Los costos de conexión son compensados con el factor de escala producido en la central de generación.
- » Conexión al SIN a través de redes de distribución en media tensión operadas por las empresas distribuidoras, tiene la ventaja de no requerir mayores inversiones en infraestructura, dado el alcance de la cobertura de redes existentes en media tensión que permite ubicar parques de generación de potencias medias próximos a los centros de carga, mejorando el desempeño de las instalaciones eléctricas en su conjunto. Las empresas distribuidoras locales podrían crear esquemas de generación distribuida con energías alternativas conectadas a sus redes de distribución.
- » Conexión a redes de distribución en los Sistemas Aislados (SA), en Bolivia estos sistemas generalmente están basados en generación térmica a diésel y gas natural. Para este tipo de conexión, la ampliación de estos sistemas de generación con energías alternativas posibilitará conformar un sistema de generación híbrida que permitirá desplazar el consumo de combustible fósil.

Características técnicas de proyectos

Por su parte, la generación de electricidad a partir de fuentes de energía solar y eólica, puede categorizarse en tres tipos:

- » Los parques de generación solares y eólicos no ofrecen potencia firme debido a las intermitencias originadas principalmente por nubosidades y condiciones atmosféricas adversas que se presentan de manera repentina o en ciertas estaciones del año, por lo que requieren de respaldo mediante un sistema de generación convencional. La energía generada por estas fuentes necesariamente debe despacharse de manera preferencial en consideración a su discontinuidad. La generación en parques requiere utilizar extensiones de terreno importantes, por lo que la región del Altiplano y el oriente boliviano ofrece condiciones óptimas para proyectos solares y eólicos respectivamente.
- » La generación distribuida para autoconsumo utilizando energía solar puede encontrar su aplicación en los grandes consumidores de energía eléctrica de las áreas urbanas, como los edificios multifamiliares y los predios de las instituciones públicas y privadas. En el área rural las instalaciones agro productivas se acondicionan para la generación distribuida tanto con energía solar, como con eólica. Una adecuada coordinación técnica entre el distribuidor local y los usuarios que generan electricidad para autoconsumo puede lograr que el excedente de energía de autoconsumo producido sea

inyectado a la red del distribuidor local, para lo cual es necesaria la implementación de sistemas de medición bidireccional.

- » Los sistemas de generación eléctrica domiciliar a partir de energía solar en zonas rurales alejadas de las redes eléctricas resultan ser la alternativa más utilizada. Estos sistemas están destinados principalmente a iluminación domiciliar, telecomunicaciones y bombeo de agua. Asimismo, los sistemas de generación solar y eólico destinados a infraestructura social como unidades educativas, establecimientos de salud y telecentros comunitarios.

La energía hidráulica para generación eléctrica hasta 2MW tiene un amplio campo de aplicación en el país: actualmente existen varias micro y mini centrales hidroeléctricas en funcionamiento en el área rural del país. El éxito en el aprovechamiento de este tipo de energía radica en el hecho de que las microcentrales ofrecen potencia firme, por lo que en general no se necesita del respaldo de otro sistema de generación.

En este contexto, puede proyectarse la construcción de plantas de generación con energía hidráulica para dos propósitos: para conectarse al SIN a través de redes de media tensión y con el objetivo de suministrar energía eléctrica a hogares en poblaciones del área rural.

El empleo de la biomasa para la generación de electricidad tiene dos factores importantes que sostienen su desarrollo:

- » la cogeneración de energía para autoconsumo; y,
- » la necesidad de eliminar los residuos producidos.

Los proyectos de generación con biomasa, están proyectados para ser conectados a las líneas de alta tensión, a las redes de media tensión de las empresas distribuidoras o a redes de baja tensión en pequeños Sistemas Aislados. Esta generación ofrece potencia firme estacional; es decir, durante los periodos de disponibilidad del recurso de biomasa.

En resumen, y como ya se mencionó, la generación en base a los recursos geotérmicos ofrece potencia firme, lo cual resulta ser un factor importante para el desarrollo de centrales de generación eléctrica de grandes potencias, como el proyecto Laguna Colorada. Las centrales geotérmicas en general producen también calor que puede ser aprovechado en usos productivos.

Aspectos medioambientales

La generación eléctrica a partir de energías alternativas se destaca por producir energía limpia amigable con el medio ambiente, reduciendo las emisiones de Gases de Efecto Invernadero - GEI, y evitando de esta manera la contaminación atmosférica. Al desplazar el uso de combustible fósil en la generación eléctrica, el uso de este tipo de energías contribuye a reducir los efectos del cambio climático.

Respecto al caso específico de Bolivia, la generación con energías alternativas disminuye la importación de combustible diésel y el consumo de gas natural generando importantes ahorros económicos y ambientales.

Los proyectos de energías alternativas, dadas sus características técnicas y operativas, son clasificados en la mayoría de los casos en la categoría 4 y categoría 3, en razón a que sus impactos negativos son de baja magnitud y no requieren extraordinarias medidas de mitigación. Estos proyectos muy rara vez llegan a categoría 2; sin embargo, al igual que cualquier actividad, obra o proyecto, deben cumplir con la normativa ambiental vigente.

PLAN DE ACCIÓN:

para el desarrollo
de energías alternativas en Bolivia



PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN BOLIVIA

Tomando en cuenta el contexto y las características particulares referidas a la generación con energías alternativas en Bolivia, y con la finalidad de asegurar el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia y la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, este Plan propone desarrollar acciones para la incorporación de las energías alternativas que permita:

- » una participación incremental de estas energías destinadas en el acceso al servicio básico de electricidad,
- » la diversificación de la matriz energética,
- » el desplazamiento de combustibles fósiles traducidos en beneficios económicos ambientales; y,
- » consolidar la sostenibilidad del suministro de energía eléctrica en el país, proyectando la implementación de generación eléctrica con fuentes alternativas hasta el año 2025.

El desarrollo de la generación eléctrica garantiza como mínimo un 4% de participación de estas fuentes de energía en la matriz energética del SIN al año 2025. Consolidar esta participación requiere considerar aspectos técnicos, económicos, legales, institucionales, de investigación y desarrollo, así como la obtención de recursos económicos de diferentes fuentes de financiamiento: recursos propios del sector, del nivel central, departamental y municipal, relacionados al desplazamiento de combustible fósil y otros procedentes de la cooperación internacional para la implementación de proyectos.

Objetivo

Desarrollar acciones en el marco del Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, con la finalidad de lograr la incorporación en la matriz de oferta de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en los Sistemas Aislados de generación eléctrica a partir de energías alternativas, contribuyendo también al fortalecimiento del sector y a la universalización del acceso al servicio de electricidad.

Justificación

El mandato constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia instituye que todas las personas tienen derecho al acceso básico de electricidad. Asimismo, se establece que el Estado debe promover y desarrollar la investigación y el uso de nuevas formas de producción de electricidad a partir de fuentes alternativas.

Las metas de la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, establecen que el 100% de las bolivianas y bolivianos deben contar con servicios de energía eléctrica; entre sus trece pilares se considera además el desarrollo integral del país, la erradicación de la pobreza extrema, la socialización y universalización de los servicios básicos con soberanía para Vivir Bien, la salud y educación para la formación de un ser humano integral, la soberanía científica y tecnológica con identidad propia y la soberanía ambiental con desarrollo integral, respetando los derechos de la madre tierra.

La consecución de las metas establecidas en cada uno de estos pilares depende en gran medida, entre otros factores, al desarrollo del sector eléctrico y de las energías alternativas.

El Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025 toma en cuenta a las energías alternativas como parte importante del mismo, tanto para contribuir al incremento de la cobertura de acceso a la electricidad en el área rural así como por su aporte al suministro energía al SIN y los SA.

En este contexto, el presente Plan de Desarrollo de las Energías Alternativas 2025 toma como base los lineamientos y directrices del Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia, con la finalidad de contar con una planificación específica para las energías alternativas que permita su desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo.

Principios

Los principios del Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas en el Estado Plurinacional de Bolivia 2025 están enmarcados en la Política de Energías Alternativas del Estado Plurinacional de Bolivia, la Agenda Patriótica y la Planificación del Sector Eléctrico al 2025.

Metas

Las metas a alcanzar en el presente plan, comprenden tres áreas de acción del sector eléctrico nacional, destinadas al fortalecimiento del Sistema Interconectado Nacional y de los Sistemas Aislados; a lograr el acceso al servicio básico de electricidad de los hogares e infraestructura social y al desplazamiento de combustible fósil, utilizado principalmente en los Sistemas Aislados. Estas metas son:

- » 242 MW de potencia instalada han sido incorporados en el Sistema Interconectado Nacional, equivalentes a más de diez veces la actual participación con fuentes de energías alternativas, garantizando el desarrollo de estas fuentes de energía limpia en la matriz energética.
- » El 100% de los hogares e infraestructura social del área rural que no puedan ser atendidas a través de la extensión de redes eléctricas, reciben el suministro eléctrico a través de energías alternativas.
- » 12,8 MW han sido incorporados a los Sistema Aislados de generación eléctrica de los departamentos de Beni y Pando a través de sistemas híbridos que consideren al menos una fuente de energía alternativa, permitiendo el desplazamiento de combustible fósil en una cantidad equivalente a esa generación.

Para alcanzar las metas planteadas, se proponen las siguientes bases, que sustentarán la participación de las energías alternativas en el SIN y los SA; estas bases comprenden la implementación de proyectos, los costos e inversiones de los mismos, la adecuación de la normativa existente, los mecanismos de financiamiento, la participación de gestores y operadores; así como la investigación y desarrollo.

Proyectos de generación con energías alternativas

Para el cumplimiento de las metas propuestas en el presente Plan, se deben implementar proyectos específicos para el área de competencia de cada meta. Estos proyectos se clasifican como:

- » Proyectos que se encuentran en la planificación del sector y que cuentan con algún trabajo de investigación y/o estudio. A su vez estos se segmentan por su aplicación y participación en el sistema eléctrico nacional en:
 - ~ Proyectos de generación para su incorporación al SIN para la diversificación de la matriz energética.
 - ~ Proyectos de generación para los SA, se refieren a proyectos de generación de pequeña y mediana escala para la hibridación de los SA, que utilizaran recursos locales de energías alternativas, desplazando el consumo de energía fósil principalmente diésel y fortaleciendo el suministro regional.
 - ~ Proyectos para el acceso a electricidad en áreas rurales alejadas y dispersas, tanto de hogares como de infraestructura social.

Proyectos de acuerdo a la planificación sectorial

Proyectos de generación para su incorporación al SIN

Los proyectos con energías alternativas para su incorporación al Sistema Interconectado Nacional, se caracterizan por su contribución al cambio de la matriz energética y fortalecimiento del sistema eléctrico.

Proyecto Planta Solar Fotovoltaica

Este Plan prevé la construcción de la primera planta solar fotovoltaica destinada al Sistema Interconectado Nacional, ubicada en el departamento de Oruro. Para ello el VMEEA está llevando a cabo el proceso la contratación de una empresa especializada para la elaboración del Estudio a Diseño Final, las especificaciones técnicas y documentos de licitación para la implementación de la planta, que tendrá una capacidad estimada de 20 MW.

La supervisión de este proyecto estará a cargo del VMEEA, y se prevé la conclusión del estudio para el primer semestre del 2015.

Proyectos eólicos

Recientemente ha concluido la ejecución del parque eólico de Qollpana en Cochabamba, con una potencia instalada de 3 MW, mismo que se encuentra en operación desde enero de 2014. Para una segunda fase de ampliación del parque eólico se cuenta con el estudio a diseño final que ampliará la capacidad de generación en 21MW adicionales de potencia instalada. Este proyecto cuenta ya con el financiamiento para su ejecución, misma que está a cargo de la empresa Corani, perteneciente a ENDE Corporación.

Por otra parte, de las mediciones del potencial eólico realizadas por ENDE y previa validación de los mismos, se seleccionarán, los sitios que otorguen mayor densidad energética y, de acuerdo al cumplimiento de las condiciones para la ejecución de proyectos, se priorizará la ejecución de estos por una capacidad total de 29 MW.

Proyecto geotérmico

El proyecto geotérmico de Laguna Colorada, ubicado en el Campo Sol de Mañana, en el departamento de Potosí, cuenta con cinco pozos geotérmicos (SM-1, SM-2, SM-3, SM-4 y AP-1), y adicionalmente, se ha perforado el pozo SM-5. La Empresa West JEC de Japón (2007-2008), elaboró el Estudio de Factibilidad del Proyecto, para una potencia de 100 MW. El Proyecto Geotérmico estará dividido en dos etapas de 50 MW, lográndose así un total de 100MW.

El propósito de este proyecto es desarrollar y aprovechar en forma óptima el recurso geotérmico, construir y poner en operación —en su primera etapa— la planta de generación eléctrica de 50MW. En este sentido, se ha culminado la Fase Cero con JICA, que consistió en la prueba de los pozos geotérmicos existentes, determinándose que estos tienen una calidad de vapor óptima para aprovechamiento en la generación de electricidad. Para el desarrollo de la primera etapa se gestionó el financiamiento a través del Gobierno de Japón.



Trabajos en Laguna Colorada

Proyectos con Biomasa

Con la finalidad de aprovechar el recurso de la biomasa que se obtenga de la empresa azucarera pública nacional estratégica San Buenaventura – EASBA en el departamento de La Paz, se ha previsto llevar adelante un proyecto de generación eléctrica con una capacidad instalada de 10 MW. Asimismo, como parte de esta planificación se prevé el desarrollo de otros emprendimientos con aprovechamiento de biomasa —principalmente mediante bagazo de caña, entre otros recursos energéticos— en los departamentos productores de los mismos.

En este contexto, enmarcados en el cumplimiento de las metas establecidas en la Agenda Patriótica 2025, el cambio de matriz energética y el desplazamiento de combustible fósil (gas natural y diésel) utilizado en las generadoras térmicas, se ha previsto la ejecución de

los proyectos con energías alternativas antes descritos, incluyendo la primera fase del proyecto eólico Qollpana ya ejecutado y con una potencia instalada de 3MW. La capacidad total instalada de estos proyectos en términos de potencia eléctrica incorporará al Sistema Interconectado Nacional 183 MW, incluyéndose adicionalmente 59 MW destinados para otros emprendimientos con energías alternativas; con todo ello, se habrá alcanzado una capacidad total instalada de 242 MW. En el siguiente cuadro se muestra la matriz de proyectos a ser incorporados de acuerdo a la planificación hasta el año 2025.

Proyectos con Energías Alternativas para el SIN, diversificación de la Matriz Energética al 2025

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
	Subtotal			183
	Otros emprendimientos	A nivel nacional	Energías alternativas	59
	Subtotal			59
	Total			242

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 realizará con el apoyo técnico económico del Gobierno de Japón a través de JICA.

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.

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 diésel 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.

Proyecto Sistemas Aislados Beni-Pando al 2025

Sistema eléctrico	Proyecto	Localización	Tecnología	Potencia (MW)
SA	Planta Solar Fotovoltaica Cobija	Pando	Solar	5
	Sistemas Híbridos	Localidades Beni-Pando	Solar	4,6
			Biomasa (gasificación/otros)	3,2
Total				12,8

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.

Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad

Los proyectos destinados a la universalización del acceso al servicio básico de electricidad resultan de vital importancia para Bolivia, en el marco de la nueva visión de Estado y desarrollo impulsada por el gobierno. En este escenario, el Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas ha estimado que hasta el año 2025 un 10% de la cantidad total de hogares a integrar al servicio eléctrico previstos en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional 2025, —es decir, el equivalente a 56.385 hogares— accederán a este servicio a través de fuentes de energía alternativa procedente principalmente de sistemas fotovoltaicos, en razón a la disponibilidad del buen potencial solar del país; y otra fracción mediante microcentrales hidroeléctricas.

El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad – PEVD, en el marco de la Planificación del VMEEA, atenderá esta necesidad a través de diferentes proyectos y financiamientos, tales como el Programa de Electrificación Rural PER- BID, el Fondo Nórdico para el Desarrollo, la Cooperación Danesa, el programa de la KfW para microcentrales hidroeléctricas, así como la segunda fase del proyecto Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural –IDTR, entre otros.

Las gobernaciones y municipios, de acuerdo a sus competencias, resultan en este sentido un factor fundamental para contribuir al desarrollo de proyectos de energías alternativas hasta lograr la universalización. En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de hogares a integrarse con el acceso a la energía eléctrica a través de energías alternativas en periodos quinquenales.

Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 (hogares)

Descripción	Programa	Localización	Tecnología	Hogares a integrar	Período 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

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; programa que ya cuenta con recursos para el financiamiento de acuerdo al siguiente detalle de proyectos y hogares a ser atendidos:

Cantidad de hogares a ser atendidos a través de MCH del proyecto KfW del PEVD

Proyecto MCH	Departamento	Cantidad de hogares
Muma	La Paz	140
Huaycoma	Chuquisaca	80
El Tigre	La Paz	90
Totoropampa	La Paz	1.140
15 de Agosto	La Paz	170
Total		1.620

Los restantes 1.199 hogares serán atendidos también a través de la construcción de otras seis microcentrales hidroeléctricas de 100 KW.

Por otra parte, en lo que se refiere a la infraestructura social que no pueda acceder a electricidad mediante las líneas eléctricas, el presente plan prevé el acceso de 210 establecimientos de salud, 1.400 unidades educativas y 310 telecentros comunitarios mediante sistemas fotovoltaicos hasta el año 2025. En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de establecimientos y los periodos quinquenales de implementación estimados.

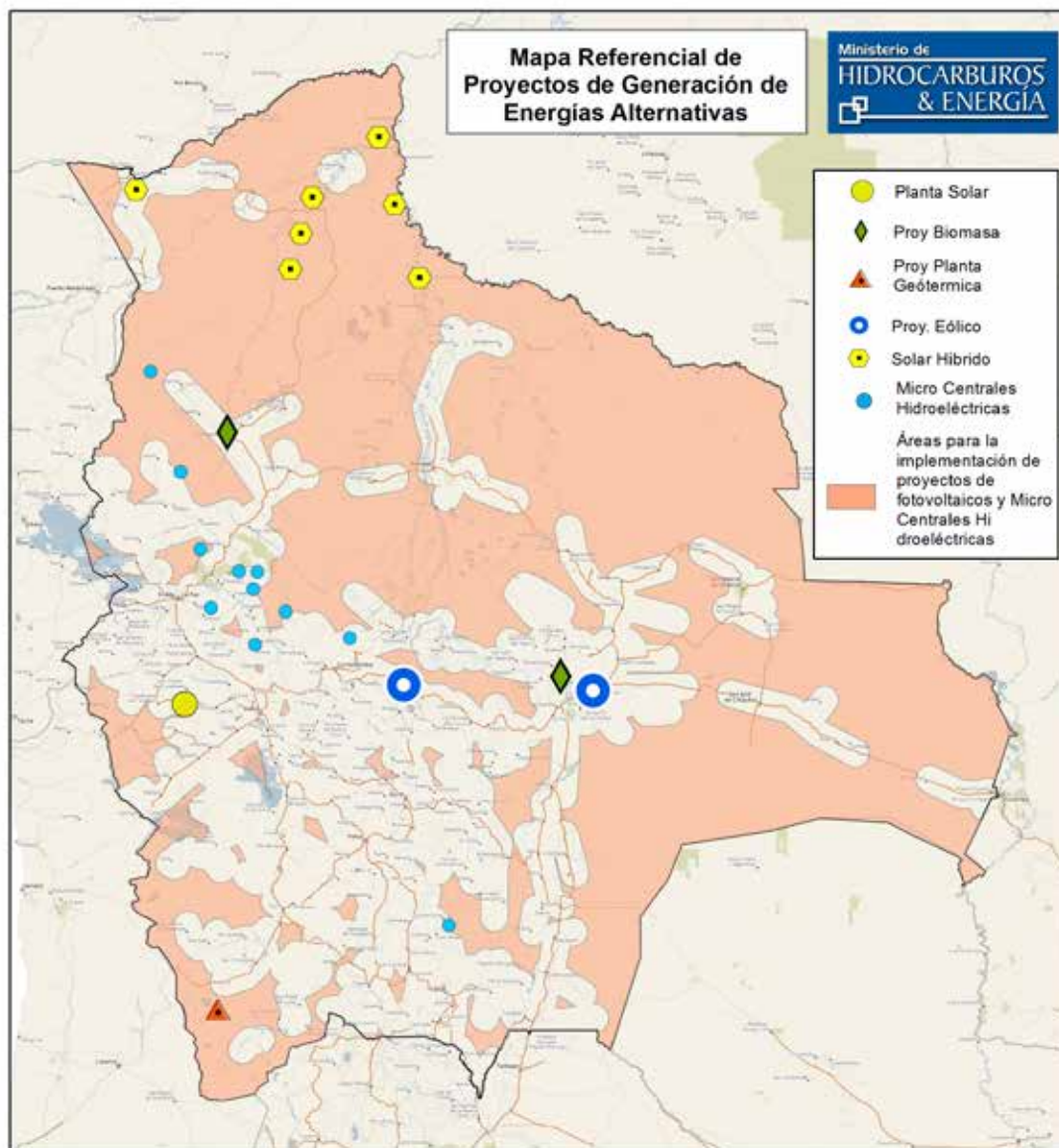
Proyectos para el acceso al servicio básico de electricidad al 2025 (Infraestructura social)

Descripción	Programa	Localización	Tecnología	Sector	Cantidad de establecimientos	Período de implementación
Acceso 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

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.

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 16. Mapa referencial de ubicación de proyectos de generación de energías alternativas



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.

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.

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

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

Con relación a las microcentrales hidroeléctricas, como se indicó anteriormente, 1.199 hogares serán atendidos con el suministro eléctrico a través de otras 6 microcentrales, es decir aproximadamente por cada 200 hogares se requerirá la construcción de una MCH de

100KW en promedio. Para estimar el costo de KW instalado para los proyectos hidroeléctricos de pequeña escala, se ha considerado el costo promedio referencial obtenido de los proyectos de microcentrales del PEVD-KfW, antes mencionado. Este costo es de 3.615 \$US por KW instalado, cabe señalar que este costo considera la construcción de pequeñas obras asociadas como líneas eléctricas en media tensión y transformadores entre otros, sin embargo cuando los costos de obras asociadas son mayores, serán asumidos por las gobernaciones y municipios.

En el siguiente cuadro, se muestra el costo promedio estimado de acceso a la electricidad del área rural según tipo de fuente.

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

\$US Sistema fotovoltaico			
Unifamiliar	Unidad educativa/es- tablecimiento de salud	Telecentros co- munitarios	Microcentral hi- droeléctrica (\$US/KW)
1.630	4.500	7.500	3.615

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 en la página siguiente.

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 – diésel en los Sistemas Aislados, se requiere un monto total de \$US 17,4 millones para los 7,8 MW previstos.

La página siguiente muestra el detalle en su segunda tabla.

Inversión estimada - Proyectos de diversificación de la matriz energética del SIN al 2025

Fuente	Costo estimado MM \$US/MW	MW	Inversión total estimada 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

(*) Costo promedio (eólico- biomasa)

Inversión estimada - Proyectos de desplazamiento de combustible SA al 2025

Fuente	Costo estimado MM \$US/MW	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

Inversión requerida para el acceso al servicio básico de electricidad

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.

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

Fuente	Costo inversión \$US/ por SFV	W	No. SFV	Inversión total re- querida MM \$US
Solar (Sistemas Foto- voltaicos Unifamiliares SFV)	1.630	50	53.566	87,3
Total				87,3

Con relación a la inversión requerida para el acceso a la energía eléctrica mediante micro-centrales hidroeléctricas, se requiere un monto total estimado de \$US 2,17 millones para beneficiar a 1.199 hogares con el suministro eléctrico.

Inversión estimada - Proyectos MCHs de acceso al servicio básico de electricidad al 2025 (hogares)

Fuente	No. MCH	Hogares Beneficia- rios	KW (por MCH)	Total MW	Costo inversión \$US/KW	Inversión Total requerida MM \$US
Hídrica MCHs	6	1.199	100	0,6	3.615	2,17
Total						2,17

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.

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

Fuente	Tipo de Infraestructura	Costo \$US/por SFV	W	No. SFV	Total MW	Inversión Total requerida MM \$US
Solar (Fotovoltaica SFV)	Salud	4.500	500	210	0,11	0,95
	Educación	4.500	500	1.400	0,70	6,30
	Telecentros	7.500	750	310	0,23	2,33
			Total	1.920	1,04	9,58

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.

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
Subtotal (1)	246,8	778,25
Universalización (SFV + MCHs)	3,28	89,47
Infraestructura social	1,04	9,58
Subtotal (2)	4,32	99,05
Total (1+2)	251,12	877,30

Mecanismos financieros para la incorporación de las energías alternativas

La estructura financiera para proyectos de generación con energías alternativas involucra en general, los costos de inversión, operación, mantenimiento y los ingresos por venta de energía. En este contexto, el Plan propone impulsar mecanismos de remuneración —cuando así se requieran— destinados a cubrir el monto adicional de recursos que permitan alcanzar una remuneración adecuada con el objetivo de recuperar la inversión y garantizar la sostenibilidad de los proyectos.

Para ello se ha considerado la creación de un fondo de recursos económicos en función a la participación de estas energías en la matriz energética del sector, considerando las siguientes fuentes de financiamiento:

- » Nivel central, a través del TGN y de los recursos generados en el propio sector eléctrico.
- » Recursos generados por el desplazamiento del gas natural comercializado en el mercado de exportación y recursos del IDH.
- » Gobiernos departamentales y municipales, mediante la programación de presupuesto para apoyar el desarrollo de las energías alternativas. Estos recursos podrían ser utilizados previa promulgación de una Ley Nacional o Ley Departamental —según sea el ámbito de su competencia en estrecha coordinación con el nivel central del Estado— tomando como base la asignación de parte de sus ingresos generados por la venta de gas natural a mercados de exportación que fueron desplazados por proyectos de generación con energías alternativas.
- » Por otra parte, para disminuir la brecha de remuneración entre la generación con energías alternativas y combustibles fósiles, se propone tomar en cuenta el principio de costo de oportunidad del gas natural para establecer dentro del cálculo la factibilidad financiera, entre otros como los recursos procedentes de la cooperación internacional, que pueden apalancar el desarrollo de proyectos con energías alternativas. Estos recursos podrían ser asignados al Ministerio de Hidrocarburos y Energía (Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas); a fin de que esta instancia sea la que defina los proyectos de generación con energías alternativas que podrían ser financiados bajo el criterio de proyectos de interés en el marco de la planificación sectorial. Es importante tomar en cuenta también la obtención de créditos con bajas tasas de interés, para aplicarlos en la inversión, lo que favorecerá notablemente la situación financiera de los proyectos.

La incorporación de las energías alternativas en la generación de electricidad requiere de esquemas de operación para la remuneración, que permitan retornos de capital capaces de cubrir los costos de inversión y operación del sistema de generación.

Esquemas de operación para la remuneración

El esquema de operación para la remuneración por la generación de electricidad con energías alternativas en el sistema eléctrico nacional, debe efectuarse según el tipo de fuente energética y tecnología.

Las fuentes de energía alternativa solar y eólica, por su intermitencia en la generación, solamente pueden ser remuneradas por energía. Las fuentes geotérmicas, biomasa, e hídrica a pequeña escala, pueden, por su parte, ser remuneradas por energía y potencia en función a su disponibilidad.

El presente Plan, considera necesario la aplicación de remuneración adicional para aquellos proyectos de energías alternativas que no puedan cubrir sus costos a través de la remuneración normal del mercado eléctrico. Esta remuneración adicional cubrirá la diferencia entre la energía y/o potencia inyectada al sistema eléctrico a precio spot y el precio establecido por la entidad competente para cada tipo de fuente y tecnología. Con esta finalidad ya se encuentra en vigencia el Decreto No. 2048, aprobado el 2 de julio del 2014.

A modo de garantizar la sostenibilidad de los proyectos que contribuyan al acceso a la energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos domiciliarios, se propone que el propietario de los sistemas sea el municipio, quien también será el responsable de garantizar el mantenimiento y reposición de los componentes del sistema, a través de la suscripción de un contrato de prestación de servicio con la empresa distribuidora (operador único) de la zona de intervención del proyecto. Dicho contrato debe estipular claramente el alcance de los servicios que se prestarán, los montos que el municipio cancelará por este servicio y los plazos en los cuales se realizarán los desembolsos.

El municipio podrá transferir parte del costo de mantenimiento y en su caso parte del costo de la reposición a los beneficiarios finales, cobrando a estos un monto mensual fijo que podrá ser cancelado mensual, bimestral o trimestralmente. Para ello, se podrá suscribir un contrato entre el municipio y el beneficiario del sistema, en el que se establezca el monto —tasa— que el usuario deberá pagar en función a un estudio económico y financiero específico. La reposición contemplará el cambio de baterías y reguladores, una vez de que estos hayan cumplido su vida útil. Los costos que demanden estas reposiciones estarán generalmente a cargo de los municipios.

Operación en el sistema eléctrico – despacho de carga

Para el despacho de carga al SIN y las operaciones del sistema eléctrico, la entidad encargada del despacho deberá considerar lo siguiente:

- » La generación eléctrica con energías alternativas debe ser analizada según las particularidades de cada proyecto y debe tener un tratamiento especial en el mercado eléctrico respecto al despacho económico y a la remuneración por potencia.
- » La energía con fuente hidráulica depende de la disponibilidad de flujo de agua. En el caso de las centrales de pasada, estas dependerán del régimen hídrico del río, mientras que su operación estará en función de la disponibilidad suficiente de agua para

horas punta y fuera de punta.

- » En cuanto a la utilización de biomasa para la generación de electricidad, la disponibilidad de generación de esta, es estacional, lo que significa que se debe planificar su operación mientras exista suficiente recurso de biomasa disponible. En el caso de los ingenios azucareros, la estacionalidad corresponderá con el periodo de zafra, en lo que la biomasa de cáscara de castaña será definida por su época de recolección y almacenamiento.
- » La generación de electricidad a partir de energía eólica suele depender de la aleatoriedad del viento, que en general no siempre está en coincidencia con el período de punta; mientras que la solar es la que en mayor grado depende de determinadas horas del día para su disponibilidad, por lo que ambas podrán ser despachadas preferentemente.
- » En el caso de una central geotérmica, sus unidades serán consideradas para operación en cualquier bloque horario, según su disponibilidad, dado que cuentan con un buen factor de planta.

Prioridad en el despacho de carga

La entidad encargada del despacho, despachará prioritaria y obligatoriamente al mercado la totalidad de la energía generada a través de fuentes de energías alternativas, especialmente procedentes de la energía solar y eólica, en los términos que establece la normativa y reglamentación vigente.

Los transmisores y distribuidores transportarán y distribuirán de manera eficiente, preferente y sin demora toda la energía generada. Los costos de transporte y distribución que se deriven de lo anterior serán afrontados en conformidad con la legislación vigente.

Desplazamientos de energía fósil en el despacho de carga

Dependiendo de las condiciones de operación de las plantas de generación con energía alternativa que desplacen la energía generada con combustible fósil en el despacho de carga y el ahorro del consumo combustible no utilizado, los recursos económicos que se pudiesen obtener podrán considerarse para financiar la implementación de proyectos.

Desplazamiento de energía en el despacho de carga

Como resultado de la incorporación de una planta de generación con energías alternativas, ocurre el desplazamiento de energía en el despacho de carga. La estimación del valor del ahorro de recursos que generarán estos proyectos en el SIN serán simulados por la entidad responsable del despacho.

Desplazamiento del consumo de gas natural

Para el caso de proyectos de energías alternativas que desplazan la generación con base a gas natural, este Plan propone determinar la energía generada con energías alternativas en kWh de cada proyecto. Para ello, primero se deberá evaluar el rendimiento medio de una planta generadora con base gas natural en BTU/kWh, se determinará el poder calorífico del gas desplazado en PC/kWh, y finalmente, se obtendrá el volumen de gas natural en PC desplazado.

Con el ingreso adicional del volumen de gas desplazado que es comercializado en el mercado interno y/o en el mercado de exportación se incrementarán las regalías, participaciones e IDH que benefician a varios actores, de acuerdo a los porcentajes establecidos por la normativa vigente.

A fin de determinar el impacto en los diferentes beneficiarios, se considerará el cálculo de regalías, participaciones e IDH en dos escenarios: el primero, donde el gas desplazado es comercializado en el mercado interno; el segundo, donde el gas desplazado es comercializado en el mercado de exportación. La diferencia entre ambos escenarios genera un ingreso mayor para todos los actores como efecto de la aplicación del precio de exportación mayor.

Asimismo, se podrá obtener el costo medio del proyecto que incluye los costos de operación, mantenimiento y los costos de inversión; considerando el costo marginal del sistema en \$US/kWh, el cual se compara con el costo medio del proyecto. Si el costo medio del proyecto es mayor al costo marginal del sistema, entonces se requerirá de remuneración adicional. La diferencia de estos dos valores multiplicada por la energía generada del proyecto con energías alternativas indicará el valor de la remuneración adicional con base a energías alternativas.

De forma similar, la AE a través de una reglamentación específica al D.S. 2048 determinará los valores de ajuste por adaptabilidad que permitirán viabilizar la ejecución de proyectos en el marco de la planificación sectorial. Es importante recalcar que los ingresos generados y distribuidos por concepto de comercialización del gas natural denominados regalías, participaciones e Impuesto Directo a los Hidrocarburos (IDH) —establecidos en la Ley de Hidrocarburos No. 3058 de 17 mayo de 2005— poseen beneficiarios específicos que en algunos casos podrían contribuir con parte de los recursos obtenidos del gas desplazado para el financiamiento de proyectos con energías alternativas.

Desplazamiento del consumo de diésel

En el caso de los proyectos de energías alternativas que desplazan la generación con plantas a base de combustible diésel, es posible cuantificar los litros de diésel desplazados mediante la determinación de la energía generada en kWh del proyecto de energías alternativas multiplicado por el volumen de diésel asociado a esa energía utilizando el indicador de 0.27 litros de diésel/kWh.

El costo del combustible desplazado por la introducción de energías alternativas se traducirá en un significativo ahorro al Estado gracias a la no importación del diésel y a la venta de

dicho hidrocarburo a precios de mercado interno. Para hallar el valor del ahorro se multiplicarán los litros de diésel por el precio de importación de dicho hidrocarburo y por el precio de venta del diésel en el mercado interno, considerando los porcentajes de participación del diésel producido internamente y del importado. De acuerdo a la información del Boletín Estadístico enero-marzo de 2013 - YPFB, la producción nacional de diésel corresponde a 41% y la importada a 59%.

Por otra parte, se podrá obtener el costo medio del proyecto con energías alternativas que incluya los costos de operación, mantenimiento y los costos de inversión, como resultado de hallar la anualidad estableciendo el costo marginal en \$US/kWh del Sistema Aislado a fin de comparar con el costo medio del proyecto. Si el costo medio del proyecto es mayor al costo marginal, este requerirá de una remuneración adicional, misma que podrá ser determinada en función a las características específicas de cada proyecto. La comparación entre el valor de remuneración adicional y el ahorro obtenido por la no importación de diésel establecerá si el proyecto es rentable: si el ahorro que genera el proyecto es mayor a la remuneración, el proyecto puede financiarse y es auto sostenible. Los recursos que el Estado ahorra por dejar de importar el diésel podrían ser canalizados al Ministerio de Hidrocarburos y Energía (Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas) a través de la asignación de un presupuesto anual, para que este a su vez asigne recursos para el desarrollo de proyectos con energías alternativas en los SA.

Aspectos importantes para la implementación del Plan

Normativa Legal

En función a la descripción realizada en el presente Plan, la actual normativa del sector eléctrico no es suficiente para lograr la incorporación plena de las energías alternativas en la generación de electricidad. Dadas las características propias de las energías alternativas afectadas por factores de intermitencia y estacionalidad se torna imprescindible elaborar un nuevo marco o realizar adecuaciones a las normas vigentes. En este sentido, como se mencionó anteriormente el Decreto Supremo No. 2048 julio de 2014 ya contribuye al desarrollo de estas energías. Asimismo, el VMEEA, está trabajando en la nueva ley del sector eléctrico, así como en un anteproyecto de ley específica para las energías alternativas; estas dos normas establecerán y fortalecerán las condiciones técnicas, operativas y económicas para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad a partir del aprovechamiento de fuentes de energías alternativas.

En este contexto, en el Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, se exponen las siguientes propuestas para ser consideradas al momento de elaborar las normas anteriormente mencionadas.

- » Establecer los requisitos técnicos, económicos y operativos, para el desarrollo y operación del sistema eléctrico con fuentes de energías alternativas.
- » Instituir que la generación a partir de fuentes de energías alternativas tenga prioridad en el despacho de carga en el Sistema Eléctrico Nacional.

- » La remuneración adicional por energía y/o potencia eléctrica generada con fuentes alternativas debe realizarse a través de estudios específicos para cuantificar los montos requeridos para cada proyecto.
- » Establecer preferencias arancelarias para la importación de equipos y componentes vinculados a las energías alternativas que no se fabrican en el país.
- » Uno de los principales actores del sector eléctrico son las empresas de distribución, quienes están en relación directa con los usuarios. Este posicionamiento de las distribuidoras puede utilizarse para impulsar la generación distribuida, estableciendo que del total de la energía entregada a sus usuarios, una fracción debe tener origen en energías alternativas. Esta medida llevaría a las empresas distribuidoras a impulsar proyectos de generación con energías alternativas en sus áreas de concesión.
- » Las empresas de generación son también fundamentales en el sector eléctrico: tienen la logística de operación y administración de sistemas de generación, por lo que deben tener una participación activa en la generación mediante energías alternativas, lo que puede lograrse estableciendo que del total de la energía que entregan al sistema, una parte tenga origen en energías alternativas.
- » Los recursos económicos para la generación mediante energías alternativas deben considerar aquellos generados por el propio sector eléctrico, los procedentes de los distintos niveles del Estado, y aquellos propios del desplazamiento de combustible fósil. Los recursos también podrían provenir del sector privado y de la cooperación internacional.
- » Para el acceso a la electricidad en los hogares e infraestructura social en el área rural mediante sistemas de energías alternativas, como por ejemplo los sistemas fotovoltaicos, se mencionó ya que el propietario del sistema sea el municipio, quien vía contrato con la distribuidora estipulará claramente el alcance de los servicios que se prestarán, los montos que se cancelarán por este servicio y los plazos en los cuales se realizarán los desembolsos.

Inventariación del Potencial de Fuentes de Energías Alternativas

Si bien se cuentan con mapas generales sobre el potencial energético del país, se torna imprescindible identificar zonas específicas potenciales a través de la inventariación, caracterización y determinación del potencial energético disponible apto para la generación de electricidad, considerando su ubicación respecto a los lugares de consumo de energía, transporte de las mismas y, en algunos casos como la biomasa, los procesos de recolección y de análisis en laboratorio.

De la misma manera, para el recurso hídrico deberá realizarse una exploración e identificación de cuencas y ríos potencialmente aprovechables para la generación de electricidad (para pequeños emprendimientos hidroeléctricos) efectuándose trabajos de aforos, curvas de duración de caudales incluido sus modelos hidrológicos entre otros. De manera similar se realizará la inventariación, caracterización y evaluación de la disponibilidad del recurso solar, eólico, hidráulico, geotermia y del procedente de la biomasa utilizable para ser

transformado en energía eléctrica. En esta perspectiva, el VMEEA se encuentra trabajando con la cooperación de CAF-Banco de Desarrollo de América Latina en la inventariación del potencial hídrico nacional.

Investigación y Desarrollo

No existe duda de la necesidad de disponer de centros de investigación que desarrollen principalmente actividades de investigación aplicada y que apoyen en la certificación de calidad de los componentes a utilizarse en los sistemas de generación con energías alternativas.

En esta perspectiva, se requiere contar con laboratorios de apoyo a la industria eléctrica, donde trabajen profesionales investigadores con nivel de doctorado, maestría y licenciatura, así como de pregrado, realizando periódicamente publicaciones de sus logros y resultados. En convenio con universidades e institutos superiores, instituciones públicas y privadas, se establecerá por lo menos un laboratorio piloto de estas características en cada uno de los nueve departamentos.

En función a las características específicas de las tecnologías de energías alternativas y su aplicación en el país, estos centros de investigación funcionarán en diferentes departamentos del país, constituyendo redes de conocimiento al servicio de las instituciones interesadas en el desarrollo de las energías alternativas.

Los trabajos de investigación que se desarrollen en los Centros de Investigación deben lograr soluciones a problemas concretos del sector de energías alternativas y, esencialmente, “generar conocimiento” sensible de ser impartido y difundido en instituciones de formación y capacitación del país.

El Plan establece apoyar la investigación y desarrollo de las energías alternativas mediante la creación de centros de investigación aplicada y transferencia tecnológica en universidades e institutos técnicos, facilitando la obtención de conocimiento y el intercambio de información con instituciones de investigación y capacitación internacionales. Para ello, ya se cuenta con convenios con algunas universidades e instituciones relacionados con el sector. A continuación se resume, de acuerdo al tipo de fuente energética, algunas líneas de investigación.

Área Solar

En razón a la abundancia del recurso solar en el país, se pueden instalar sistemas fotovoltaicos individuales en mayor cantidad, como también centrales fotovoltaicas y termosolares para inyección de electricidad a las redes de baja, media y alta tensión. En ese orden, se implementarán las siguientes líneas de investigación y desarrollo tecnológico:

- » Caracterización de módulos fotovoltaicos y de concentradores parabólicos.
- » Estudios de fluidos para sistemas termosolares eléctricos, sean sales o aceites.

- » Sistemas de regulación y sincronización con redes eléctricas.
- » Baterías de Litio.
- » Producción de módulos fotovoltaicos.

El VMEEA, la UMSA, la Administradora de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea - AASANA con el proyecto solar JICA - PIELSGES promoverán el uso de energía limpia y la reducción de emisiones de gases. Este proyecto servirá también como plataforma de investigación y transferencia de tecnología hacia estudiantes de las distintas carreras de ingeniería de la UMSA relacionadas con las energías alternativas.

Área Eólica

La tecnología eólica ha tenido importantes avances, tanto a nivel técnico, operativo y de reducción de costos de inversión vinculados al equipamiento. En Bolivia persiste la necesidad de desarrollar información y tecnología local confiable en este campo, por lo que a continuación se presentan las siguientes líneas de acción para la investigación y la aplicación adecuada de la tecnología eólica.

- » La producción de electricidad para proyectos a alturas mayores a 2.000 msnm.
- » El efecto de altura en los componentes de las turbinas eólicas.
- » Las diferencias de temperaturas durante el día y la noche que inciden en el comportamiento de los materiales y en los equipos de generación.
- » Integración a las redes eléctricas y procedimientos de integración de la energía eólica generada a la red eléctrica.
- » Sistema de modelamiento de la producción eléctrica (pronóstico meteorológico).
- » Aerogeneradores de baja potencia.

Área Hidroeléctrica

La tecnología relacionada con sistemas hidroenergéticos de pequeña capacidad es la que posee mayor madurez en el país; sin embargo, aún se requiere implementar investigaciones y desarrollo tecnológico en los siguientes aspectos:

- » Estudio de tecnologías de turbinas flotantes de río para pequeños Sistemas Aislados para instalación en los ríos con muy baja pendiente y con algún material de arrastre, como los ríos de la cuenca amazónica, que cuenten con poblaciones en las riberas.
- » Construcción de turbinas de bajas caídas.
- » Utilización de bombas hidráulicas comerciales para emplearlas en pequeños proyectos hidroenergéticos con la finalidad de reducir los costos de inversión.

- » Desarrollar tecnologías para la regulación adecuada de pequeños sistemas hídricos con miras a conectarlos a las redes de baja y media tensión, cuando estas estén disponibles.
- » Aspectos de optimización en la construcción de obras civiles para micro centrales hidroeléctricas.

Área Geotermia

La tecnología para el desarrollo geotérmico requiere de estudios profundos y complejos dado que esta abarca varias disciplinas como la geología, geoquímica y geofísica, entre otras. En el año 2013, ENDE realizó pruebas de producción en pozos geotérmicos en el Campo Sol de Mañana, donde se utilizó tecnología de punta para determinar la calidad del recurso geotérmico y parámetros técnicos como la presión, temperatura del vapor, entalpía, entre otros.

Con los conocimientos adquiridos por los profesionales y técnicos bolivianos, y la tecnología y equipamiento utilizado se podrá desarrollar evaluaciones y pruebas de otros campos y fuentes geotérmicas. Sin embargo, debe considerarse previamente que es absolutamente necesario contar con la experiencia y tecnología para perforación de pozos geotérmicos, para lo cual se podrá generar sinergias con las empresas de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

Área Biomasa

La tecnología de biomasa enfocada en la utilización de residuos orgánicos tanto mediante biodigestión, gasificación o combustión directa se encuentra ampliamente desarrollada a nivel mundial. Para el caso específico de Bolivia existen experiencias que pueden ser aprovechadas como base para la investigación y desarrollo tecnológico en este campo.

Un ejemplo de esto es la creación, en 2007, del Centro de Pruebas de Cocinas CPC dependiente de la GIZ, dada la necesidad de contar con un ente neutral que regule la producción e implementación de cocinas mejoradas de gran eficiencia energética en el país a través de protocolos de pruebas internacionales para asegurar que los fondos públicos sean correctamente utilizados en productos de calidad, altamente eficientes y seguros.

Las siguientes áreas de investigación y desarrollo deben ser consideradas:

- » Estudios de utilización de residuos sólidos urbanos para la generación de electricidad, ya sea mediante el empleo de biogás o a través de combustión directa, debido a la existencia de gran potencial en las ciudades con grandes botaderos de basura. En este contexto resulta importante la cooperación internacional, especialmente de países que tienen desarrollada esta tecnología, como Dinamarca.
- » Evaluación del rendimiento de los residuos de bosques y residuos agroindustriales procedentes de la cascara de castaña, aserraderos, cáscara de arroz y de la caña de azúcar.

Este Plan considera también como parte importante de su propuesta el involucramiento de diferentes instituciones y muestra líneas de acción para el desarrollo de investigación en energías alternativas. En este sentido, deben encararse los siguientes aspectos:

- » Se actualizará periódicamente la información del mapa del Sistema Eléctrico Nacional.
- » La información de poblaciones sin energía eléctrica, de igual manera, se actualizará anualmente con la finalidad de determinar con mayor precisión la cobertura eléctrica.
- » Existen actualmente una cantidad de Sistemas Aislados que funcionan a base de diésel, gas, o energía hidráulica: es importante actualizar esta información a través de una base de datos que permita identificar claramente todos estos sistemas, a modo de proyectar los sistemas híbridos.
- » Se encararán proyectos específicos de inventariación y caracterización del potencial energético por tipo de fuente.
- » Se fortalecerá la coordinación entre el gobierno central y los gobiernos departamentales y municipales, principalmente en lo referente a programas de electrificación rural que se llevan adelante con energías alternativas.

Transferencia de tecnología y Formación de capacidades

Transferencia de tecnología

Las líneas de acción en investigación y desarrollo tecnológico serán complementadas con la transferencia de tecnología tanto a nivel local —en instituciones nacionales y empresas del medio— como a nivel internacional, con países de la región y del resto del mundo.

En este sentido es vital el relacionamiento con la cooperación internacional, a modo de que, en base a una plataforma compartida de intercambio de información y a convenios bilaterales de apoyo a la investigación innovación tecnológica y el desarrollo tecnológico en el país, se propicie la generación de conocimientos entre universidades e instituciones bolivianas con organismos extranjeros que desarrollen trabajos e investigaciones relacionados a las energías alternativas. Los resultados de los procesos de transferencia de tecnología quedarán necesariamente en instituciones públicas para su difusión y ampliación.

Formación de capacidad técnica

Un pilar fundamental para la sostenibilidad de la inclusión de las energías alternativas en la matriz energética del sector eléctrico es la formación de talento humano local, calificado en especialidades de energías alternativas a través de programas de capacitación continua en aspectos técnicos, operativos y de planificación.

La creciente trascendencia de utilizar energías alternativas en sistemas energéticos tanto a nivel mundial como en la región latinoamericana ha propiciado un incremento en la demanda de servicios relacionados a este mercado y, consecuentemente, un mayor interés por

contar con recursos humanos calificados para las diferentes etapas de los proyectos que utilizan estas fuentes energéticas. El interés no solamente se refleja en los niveles de decisión, sino también en instituciones de formación técnica y capacitación de recursos humanos.

La formación, actualización y consolidación del talento humano especializado en este sector en Bolivia, a pesar de los esfuerzos realizados en el último tiempo, aun no son suficientes, por lo que se requiere de mayor cantidad de especialistas profesionales en energías alternativas en los diferentes niveles, para lo cual se establecerán sinergias con las instituciones educativas en sus diferentes niveles.

Capacitación sobre energías alternativas

Actualmente el país cuenta con ofertas académicas de programas de formación y capacitación de recursos humanos sobre energías alternativas de forma intermitente; es decir, en función a la posibilidad de llenar cupos de participantes para abrir los cursos y no así a la continuidad de estos programas. Por otro lado, el aprendizaje de esta temática normalmente es parte de la enseñanza formal en programas energéticos de manera general y no como parte de una orientación especializada y específica a las energías alternativas.

La Universidad Mayor de San Simón - UMSS, la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA y la Universidad Católica Boliviana – UCB, son las universidades que imparten cursos en energías alternativas a través de sus carreras universitarias o en clases especiales destinadas a postgraduados y personas interesadas en capacitarse.

Los programas educativos en estas instituciones tienen diversas modalidades: en el caso de la UMSS se cuenta con ofertas académicas de postgrado específicas para energías alternativas, tal como la especialidad en Energías Alternativas y el doctorado en Energía y desarrollo. Así mismo, en esta universidad está en pleno proceso la creación del Centro de Investigación y Desarrollo de Energías, con programas de postgrado en temas energéticos.

La UCB, por su parte, cuenta con un diplomado en Energías Renovables y Alternativas con contenidos académicos de geotermia, litio, biomasa, centrales hidroeléctricas, eólicas y solares; además de un centro demostrativo de energías renovables en la población de Batallas del departamento de La Paz.

A nivel técnico, el Instituto de Formación y Capacitación Laboral - INFOCAL ofrece capacitación para tecnologías de energías renovables, normalmente con cursos cortos y específicos sobre calefones solares y aplicación de energías renovables.

La Asociación Boliviana de Energías Renovables - ABER aglutina a varias organizaciones privadas que trabajan con energías alternativas y ofrece mediante sus centros asociados cursos de capacitación en relación a equipos y sistemas de energía solar. También existen empresas, como el caso de Ecoenergía Falk, que mediante CENFOTEC, de Aldeas Infantiles SOS, realiza cursos cortos sobre energías renovables en los lugares donde realiza proyectos, principalmente de tecnología solar y biomasa.

Las plataformas virtuales son otra opción para la capacitación en energías alternativas, tanto en cursos cortos como para formación de post graduación. OLADE oferta periódica-

mente cursos para funcionarios de instituciones gubernamentales del sector eléctrico y para el público en general.

La capacitación en energías alternativas se centrará en aspectos técnicos y tecnológicos como uno de los temas principales de mayor importancia; coordinándose con las instituciones educativas para diversificar el alcance y contenido de la formación, capacitando recursos humanos que analicen los aspectos de planificación energética, los costos económicos financieros de proyectos, las formas legales y normativas para la implementación; además de la administración y operación de sistemas de generación mediante energías alternativas en el SIN y los SA y, por supuesto, también en los aspectos técnicos de diseño, operación y mantenimiento.

Como se mencionó anteriormente, para llevar adelante este Plan estratégico, se considera esencial la formación de recursos humanos desde el nivel técnico hasta los estudios superiores de postgrado, tomando en cuenta las características y particularidades propias de cada nivel. Se propone además efectuar la coordinación interinstitucional con las universidades a objeto de que se incluyan carreras de energías alternativas en los niveles de licenciatura y postgrado; generando sinergias e intercambio de experiencias con universidades e instituciones académicas internacionales para actualizar los programas de formación y capacitación.

Los elementos importantes a tomar en cuenta en el diseño de los contenidos temáticos de energías alternativas son la incorporación de aspectos de planificación energética, elaboración de balances energéticos, operación de los sistemas con energías alternativas, tanto para el SIN como para los Sistemas Aislados, entre otros.

Capacitación de técnicos locales

El concepto de técnico local debe estar relacionado con personas que tengan destrezas y habilidades vinculadas a temas técnicos para la operación de los sistemas con energías alternativas que no requieran necesariamente de un grado académico. En ese sentido, los técnicos locales son personas que residen en áreas rurales y que fueron capacitados para trabajar con las empresas y cooperativas de electricidad de las zonas rurales donde se ejecutan los proyectos de energías alternativas. La capacitación a los técnicos locales estará enfocada en procedimientos de detección de fallas, mantenimiento preventivo, reposición de componentes y reparación de conexiones que puedan resultar dañadas en el tiempo. Los institutos técnicos o universidades, mediante sus programas de desconcentración apoyarán en la capacitación de técnicos locales a modo de poder calificarlos de manera sistemática.

Capacitación de planificadores y tomadores de decisión

Uno de los elementos clave para el desarrollo y sostenibilidad de los proyectos con energías alternativas es contar con profesionales competentes para la planificación energética y para la elaboración de estudios y diseño de proyectos.

La planificación energética a nivel nacional contemplará la formación continua de los fun-

cionarios y profesionales del sector eléctrico en los niveles de decisión; por lo que será importante su participación en la planificación del desarrollo de la energías renovables a través de cursos seminarios,, visitas a instalaciones y proyectos e intercambio de criterios con instituciones académicas y empresas del sector.

Capacitación de usuarios de sistemas con energías alternativas

La capacitación en este nivel se orientará a que los usuarios cuenten con herramientas para la solución de problemas en sus sistemas fotovoltaicos o eólicos unifamiliares instalados. La capacitación estará a cargo de las empresas proveedoras de equipos durante la instalación de los sistemas, mientras que el contenido de la capacitación incluirá la explicación básica del funcionamiento de los sistemas, así como la dotación de manuales y cartillas para la correcta operación de los sistemas. Los técnicos locales apoyarán la capacitación a los usuarios reforzando su conocimiento con énfasis en el mantenimiento preventivo de los componentes, correcto uso de la energía y recomendaciones para evitar accidentes. Esta capacitación y la información suministrada será realizada en el idioma de preferencia del usuario y dirigida a todos los miembros de la familia.

Tecnologías de información

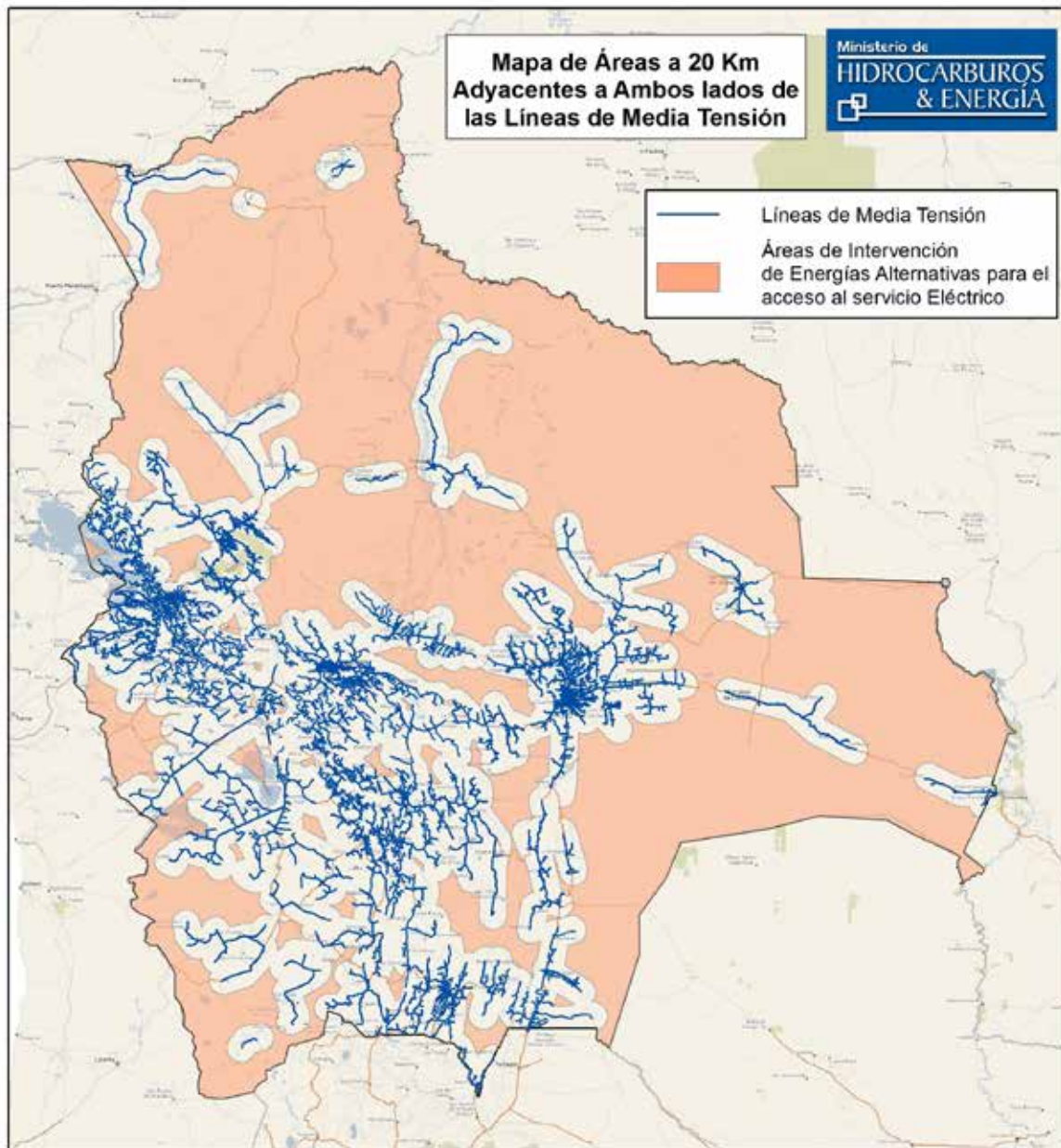
Con la finalidad de establecer un criterio amplio y general para el desarrollo de proyectos con energías alternativas, el VMEEA ha implementado un geoportal, constituido a la fecha como un importante instrumento para el acceso a la información geográfica relacionada al sector eléctrico, y en el que se incluyen las energías alternativas, con el fin de compartir datos espaciales, documentos y mapas interactivos a través del internet. Este portal se encuentra disponible en la dirección: <http://sigvmeea.hidrocarburos.gob.bo/>.

Como parte de este Plan se prevé la actualización y fortalecimiento de manera dinámica y periódica de este sitio web.

A manera de ilustrar la información que contiene este portal, se muestra en el siguiente mapa la determinación de áreas de influencia (buffer) de 20 km a cada lado de las líneas de media tensión existentes. De esta manera se observa que las poblaciones que no tienen suministro eléctrico y que se encuentran dentro de esta área de cobertura pueden ser atendidas a través de la extensión de redes como la opción de mayor factibilidad, mientras que las poblaciones que se encuentran fuera de la misma deberán ser atendidas a través de generación con fuentes alternativas.

La información disponible relacionada al desarrollo de las energías alternativas es y será información abierta y de acceso público; de manera que se facilite el acceso a la misma a estudiantes, profesionales, proveedores de equipos y servicios, y público en general, fomentando el proceso de aprendizaje y explicación de sus contenidos en aspectos de identificación de proyectos, posibilidades de financiamiento, nuevas tecnologías y características técnicas de equipos.

Figura 17. Mapa eléctrico referencial con delimitación de área a 20 Km, adyacente a ambos lados de las líneas de media tensión

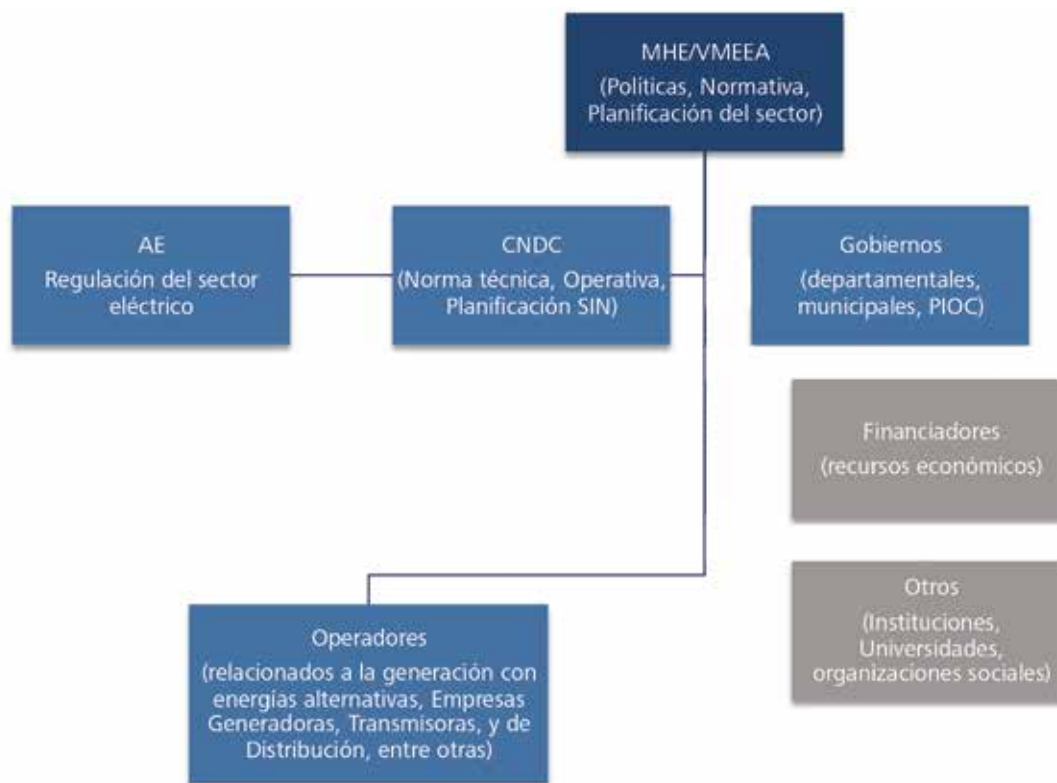


Asimismo, se ha desarrollado una herramienta informática con software libre de georeferenciación, denominada SE-13, basada en los mapas de radiación solar, potencial eólico y el mapa del sistema eléctrico nacional. Esta herramienta —una entre otras con las que cuenta el sector— tiene por objeto apoyar la identificación de proyectos de energías alternativas en su etapa preliminar, superponiendo información geográfica con la ubicación y descripción de potenciales regiones con recursos solares y eólicos.

Aspectos institucionales del Plan

La operativización del presente Plan se apoya en instituciones vinculadas al sector eléctrico, encargadas de desarrollar nuevas herramientas de gestión y administración para llevar adelante los proyectos de generación de energía eléctrica con base a fuentes de energía alternativa. En el siguiente esquema, se detallan las principales entidades involucradas.

Esquema institucional al 2014



Entidades comprometidas

Las empresas generadoras y distribuidoras de electricidad participarán de manera activa en la generación eléctrica con energías alternativas. En este sentido, se establecerán los porcentajes anuales de generación con origen en fuentes alternativas en función a la planificación del sector, respecto de la cantidad total de energía entregada por las empresas generadoras al sistema eléctrico; así como de la cantidad de energía eléctrica comercializada a los usuarios finales por las empresas distribuidoras.

ENDE, gestor de proyectos

La Empresa Nacional de Electricidad - ENDE Corporación y sus empresas filiales, son las instituciones llamadas a liderar el desarrollo de proyectos de generación con energías alternativas en el marco del presente plan, principalmente para inyección al SIN. Para esto, necesariamente se consolidarán las actividades que viene actualmente realizando ENDE, ampliando su campo de acción desde la identificación, estudio y prospección de potencial existente, hasta el diseño, ejecución y operación de proyectos con energías alternativas a través de la conformación de equipos técnicos de dedicación exclusiva.

Gobiernos autónomos departamentales

Los gobiernos departamentales, en el marco de sus competencias constitucionales, ejecutarán proyectos de electrificación rural. Estos proyectos se basan principalmente en la construcción y extensión de redes eléctricas en el área rural, teniendo participación en el desarrollo de proyectos para el suministro de electricidad a través de fuentes de energías alternativas, siendo la utilización de paneles fotovoltaicos para sistemas unifamiliares las aplicaciones más desarrolladas y difundidas; sin embargo, estas instituciones deben dar mayor impulso al desarrollo de las energías alternativas.

Las Unidades de Electrificación y Planificación de los gobiernos departamentales incluirán unidades técnicas que evalúen y gestionen el desarrollo de proyectos de electrificación rural mediante generación con energías alternativas, analizando su factibilidad y ventajas de acuerdo a las características y condiciones propias de cada proyecto.

Gobiernos autónomos municipales

En la actualidad, los gobiernos municipales, en el marco de sus competencias constitucionalmente establecidas, no han desarrollado una participación efectiva en el ámbito de las energías alternativas, ni asumido compromisos significativos en sus respectivas áreas territoriales. Sin embargo, los municipios tienen dos líneas de acción que llevarán adelante, a modo de apoyar el proceso de inclusión de las energías alternativas en el área de su jurisdicción.

El presente Plan propone que los gobiernos municipales de las principales ciudades desarrollen proyectos de generación basados en la utilización de los residuos urbanos sólidos y aprovechamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Los municipios se enfocarán en la incorporación de sistemas de generación distribuida con energías alternativas para grandes edificaciones urbanas; así como para el alumbrado público y el autoconsumo de sus instalaciones donde este sea posible.

Sector privado

El procedimiento para la participación del sector privado en la generación distribuida considerará:

- » El diseño de un programa para generación distribuida local, con un horizonte de 5 años, para fomentar la ejecución de proyectos de energías alternativas desde su concepción hasta su operación y evaluación final de resultados en un régimen de operación continuo.
- » La selección de posibles áreas de aplicación para la construcción de proyectos pilotos de generación distribuida, por cada distribuidora. Se identificarán los usuarios del sector privado, candidatos a ingresar en los proyectos piloto.
- » La ejecución de programas de orientación y capacitación en energías alternativas de manera conjunta entre usuarios del sector privado y las empresas distribuidoras.

En lo que respecta a proyectos de generación con energías alternativas para inyección al SIN, el sector privado podrá elaborar —y en su caso ejecutar— proyectos en función a la evaluación técnica económica y requerimientos específicos de acuerdo a la necesidad del sistema eléctrico, establecidos por el sector con base a una planificación previa establecida por el sector y en función a la disponibilidad de recursos económicos para la remuneración a la energía generada; esto será aplicado solamente para el caso en que se requiera de una remuneración adicional para el pago por la energía generada.

Conclusiones

- » Las políticas establecidas en el Estado Plurinacional de Bolivia respecto a la incorporación de las fuentes de energía alternativa en la matriz energética nacional del sector eléctrico son claras, propician y fortalecen el desarrollo de este tipo de fuentes energéticas.
- » El extraordinario potencial general de las fuentes de energía alternativas existentes en Bolivia —como la solar, eólica, hídrica, geotérmica y de biomasa— garantizan la implementación de proyectos para generación de energía eléctrica.
- » El mayor nivel de radiación existente en el Altiplano boliviano permite un mayor rendimiento de los módulos fotovoltaicos y concentradores termosolares en esta zona, lo que favorece el emplazamiento de plantas solares y en especial proyectos con sistemas fotovoltaicos familiares.
- » La ejecución del proyecto eólico Qollpana confirma el potencial de la energía eólica en Bolivia. El mapa eólico ubica otras zonas de alto potencial en el oriente y parte de los valles y el Altiplano para el desarrollo de la energía eólica, por lo cual resulta importante la verificación y validación de este potencial que viene ejecutando ENDE para el desarrollo de los proyectos planteados en este Plan.

- » El aprovechamiento de la energía hidráulica a pequeña escala está consolidada en el país dados los diferentes proyectos micro centrales hidroeléctricas ejecutados; en este contexto se ejecutarán trabajos de inventariación, caracterización y evaluación que permitan elaborar una base de información para un mayor aprovechamiento hidroenergético en Bolivia.
- » El aprovechamiento actual de la biomasa se circunscribe a la utilización del bagazo de caña y de la cáscara de castaña; por lo tanto, se realizarán estudios de evaluación de potencial de otros recursos disponibles de biomasa. Los residuos urbanos son una fuente importante de energía que puede desarrollarse a nivel de municipios.
- » La prospección de manifestaciones de fuentes geotérmicas es un trabajo a desarrollar con el objeto de identificar recursos geotérmicos disponibles para generación de electricidad y otras aplicaciones.
- » El concepto de generación distribuida tiene un espacio favorable de aplicación importante en áreas urbanas o rurales, con el objetivo de desplazar el consumo de electricidad procedente de la red, generar energía para autoconsumo e inyectar excedentes a la red a través de la generación de energía eléctrica mediante fuentes alternativas.
- » La complementación de la normativa del sector eléctrico en general, y de las energías alternativas en particular, fortalecerá el marco legal y regulatorio destinado a incentivar la incorporación efectiva de sistemas de generación para emprendimientos en el SIN y los SA.
- » Las metas establecidas en este Plan están enmarcadas en el Plan Eléctrico del Estado Plurinacional y en la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, proyectando lograr incrementar en más de diez veces en términos de potencia la actual generación con energías alternativas en el SIN a través de la incorporación de 242 MW de capacidad instalada.

En los sistemas aislados se alcanzará 12,8 MW de generación eléctrica a través de energías alternativas principalmente mediante la hibridación de las actuales unidades de generación diésel, combinándolas con sistemas fotovoltaicos y biomasa, lográndose el desplazamiento de combustible fósil. El proyecto Planta Solar Cobija ya es una realidad, con un aporte de 5 MW.

Con el desarrollo de proyectos de acceso a la energía mediante sistemas fotovoltaicos y microcentrales hidro eléctricas planteadas en este Plan, se habrá logrado atender al 100% de los hogares e infraestructura social del área rural que no pueda recibir el suministro eléctrico a través de la extensión de redes eléctricas.

Estas metas constituyen un reto importante que exigen el compromiso de las diferentes entidades del sector y de los distintos niveles de gobierno, mismos que tienen que ser liderados por el MHE a través del VMEEA.

- » Para cubrir los costos de generación con energías alternativas en el SIN que no puedan ser financiadas a través de los mecanismos establecidos en el mercado eléctrico, se cuenta con el D.S. 2048, norma que viabilizará el desarrollo de los proyectos establecidos en el plan sectorial, misma que se fortalecerá a través de una Ley de Energías Alternativas.

- » La inversión económica total requerida para la ejecución de todos los proyectos propuestos en el marco del presente plan; es decir, proyectos destinados al Sistema Interconectado Nacional, Sistemas Aislados y para el acceso al servicio básico de electricidad, asciende a un monto total de \$US 877,30 millones.
- » Una condición de éxito para el desarrollo de proyectos especialmente de acceso a la energía eléctrica a través de energías alternativas en el área rural, es que los usuarios reciban la suficiente capacitación para encarar los problemas básicos que pueden presentarse en el uso de las tecnologías relacionadas con energías alternativas.
- » Es necesario fortalecer las capacidades del talento humano de todas las entidades involucradas en la planificación, diseño, ejecución, operación y mantenimiento de proyectos de energías alternativas. En particular, la participación de técnicos nacionales y locales para tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y reparación de fallas.
- » Con la finalidad de consolidar la participación de la generación de energía eléctrica mediante fuentes alternativas, se requiere llevar adelante procesos de transferencia tecnológica para fortalecer la adecuada operación, mantenimiento y confiabilidad en el suministro eléctrico de sistemas de generación.
- » El impacto al medio ambiente de las energías alternativas, en comparación con las energías convencionales relacionadas, es mínimo en razón a que no utilizan combustible fósil; por lo tanto, se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, los proyectos resultan ser beneficiosos para mitigar los efectos del cambio climático.
- » Es necesaria la asignación de recursos económicos de origen público para proyectos de energías alternativas; recursos que deben provenir de diferentes fuentes, tales como los recursos del propio sector, del nivel central, departamental y municipal, entre otros, considerando el costo de oportunidad del gas y el ahorro por la importación de diésel. Asimismo, resulta importante la canalización de recursos tanto en calidad de donación como de créditos concesionales a través de organismos internacionales.
- » Es de vital importancia involucrar a gestores como las empresas generadoras, transportadoras y distribuidoras de electricidad en el desarrollo de las energías alternativas, debido a que en un futuro tendrán que gestionar, implementar y transportar la energía producida a partir de fuentes alternativas, cada uno en su área de competencia.
- » La coordinación efectiva entre las instituciones del Estado, promotoras del desarrollo de la generación eléctrica con energías alternativas con los gobiernos departamentales y municipales es de vital importancia para el logro de los objetivos y metas de este Plan.
- » Continuar con la actualización de la información de cobertura de acceso al servicio eléctrico; así como del mapa del sistema eléctrico nacional por parte del VMEEA, resulta primordial para la identificación de oportunidades y localización de proyectos de generación de energía eléctrica mediante fuentes alternativas.

Finalmente, es importante mencionar que con el dinamismo e importancia que se está dando al desarrollo de las energías alternativas en nuestro país a través del Ministerio de Hidrocarburos y Energía y del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, el presente Plan de Desarrollo de las Energías Alternativas, contribuirá al logro de las metas establecidas al 2025, garantizándose el suministro de energía eléctrica limpia en el mercado interno para el Vivir Bien y la producción de energía eléctrica para el consumo interno y la exportación.



Ministerio de Hidrocarburos y Energía
Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas

Edif. Centro de Comunicaciones La Paz
Av. Mariscal Santa Cruz esq. calle Oruro
Piso 12
Telef.: (591-2) 2115600
www.hidrocarburos.gob.bo

Esta publicación fue realizada con el apoyo de:



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH