



## **AGENDA DE INNOVACIÓN DE CHIAPAS**

### **DOCUMENTOS DE TRABAJO**

#### **4.3. AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES**

*Diciembre 2014*

## Índice

1. Caracterización del área de especialización: Energías Renovables.....	7
1.1. Breve descripción del área de especialización.....	7
1.2. Distribución del área de especialización en México y posicionamiento del Estado....	7
1.2.1. Evolución del área en México .....	8
1.2.1.1. Energía eólica.....	9
1.2.1.2. Energía solar fotovoltaica .....	10
1.2.1.3. Biomasa .....	11
1.2.1.4. Energía hidroeléctrica.....	12
1.2.2. Posicionamiento de Chiapas en el área de especialización.....	14
1.2.3. Factores diferenciales del Estado .....	16
1.3. Principales tendencias de la innovación en el área a nivel mundial.....	17
1.3.1. Energía eólica terrestre.....	18
1.3.2. Energía eólica off-shore .....	18
1.3.3. Energía solar Fotovoltaica (FV).....	19
1.3.4. Solar térmica (CSP).....	19
1.3.5. Biomasa.....	19
1.3.6. Energía hidroeléctrica .....	20
1.3.7. Energía geotérmica .....	20
1.3.8. Energías marinas.....	21
1.3.9. Cogeneración .....	21
2. Breve descripción del ecosistema de innovación.....	22
2.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación.....	22
2.2. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación .....	23
2.2.1. Instituciones de Educación Superior .....	23
2.2.2. Centros de investigación.....	24
2.3. Detalle de empresas RENIECYT del área .....	25
2.4. Evolución de los apoyos en el sector .....	25

3. Análisis FODA del área de especialización Energías Renovables .....	27
3.1. Fortalezas .....	27
3.2. Debilidades.....	28
3.3. Oportunidades .....	28
3.4. Amenazas .....	29
4. Marco estratégico y objetivos sectoriales.....	30
5. Nichos de especialización y líneas de actuación .....	33
5.1. Nichos de especialización futuros.....	33
5.1.1. Biocombustibles de segunda y tercera generación.....	33
5.1.2. Biomasa agropecuaria y forestal .....	34
5.1.3. Procesos industriales ecológicos .....	34
5.1.4. Edificación y vivienda sustentables .....	34
5.1.5. Energías Renovables con fines sociales .....	35
5.2. Líneas de actuación .....	35
5.2.1. Estudios y desarrollo de conocimiento.....	35
5.2.2. Fortalecimiento del sistema de Ciencia y Tecnología.....	35
5.2.3. Desarrollo de Recursos Humanos.....	36
5.2.4. Incentivación de la demanda pública .....	36
6. Caracterización de proyectos prioritarios Y PORTAFOLIO DE PROYECTOS.....	37
6.1. Atlas georreferenciado de potencialidades de Energías Renovables en el estado de Chiapas .....	37
6.2. Espacio de Innovación, Coordinación y Vinculación de Energías Renovables.....	37
6.3. Creación de un <i>Cluster</i> de Energías Renovables .....	38
6.4. Programa para incentivar la sustentabilidad y el ahorro energético desde la demanda pública.....	39
6.5. Portafolio de proyectos.....	40
7. Apéndices .....	43
7.1. Tendencias mundiales en Energías Renovables.....	43
7.1.1. Energía eólica terrestre.....	44

7.1.2. Energía eólica off-shore .....	45
7.1.3. Solar fotovoltaica (FV) .....	46
7.1.4. Solar térmica (CSP) .....	46
7.1.5. Biomasa .....	47
7.1.5. Energía hidroeléctrica .....	48
7.1.6. Energía geotérmica .....	49
7.1.7. Energías marinas .....	49

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Esquema del marco estratégico del área Energías Renovables .....	7
Ilustración 2 Nuevas instalaciones en México de energía eólica .....	10
Ilustración 3 Nuevas instalaciones en México de Solar fotovoltaica (MW 2008-2026) .....	11
Ilustración 4 Centrales de biomasa para la generación de electricidad .....	12
Ilustración 5 Mini-centrales hidroeléctricas para servicio público menor o igual a 30 MW (enero 2012) .....	14
Ilustración 6 Zonas potenciales para el desarrollo de proyectos de energía solar en México .....	16
Ilustración 7 Proceso de Cogeneración Simplificado .....	21
Ilustración 8 Mapa del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Área de Energías Renovables en Chiapas .....	22
Ilustración 9 Empresas RENIECYT en el área de energías renovables .....	25
Ilustración 10 Evolución de los apoyos aproximados en el sector (mdp, 2008-2012) .....	26
Ilustración 11 Impacto de los objetivos sectoriales de la Agenda del Área Energías Renovables .....	32
Ilustración 12 Escenarios sobre la Capacidad Energética Global de las Energías Renovables en 2030 .....	44

## Índice de tablas

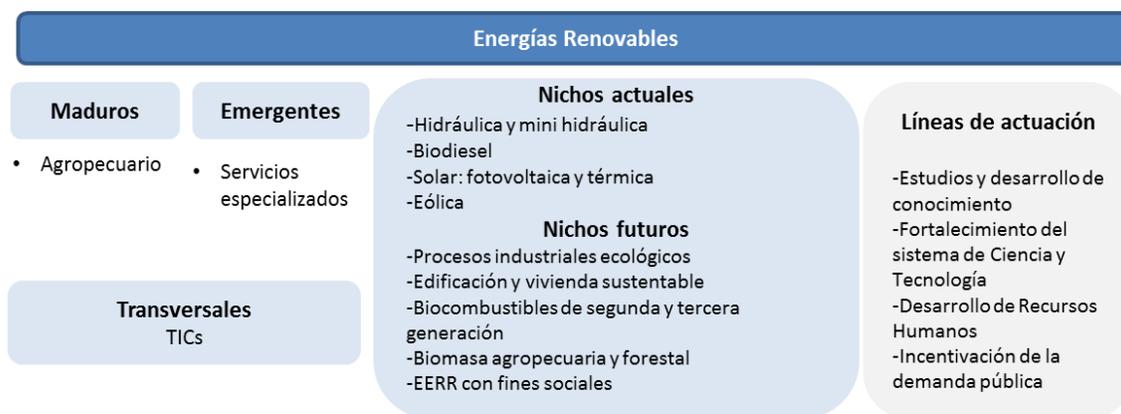
Tabla 1 Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables por Entidad Federativa (2012, Capacidad instalada MW).....	8
Tabla 2 Centrales hidráulicas para la generación de electricidad.....	13
Tabla 3 Nichos de especialización actuales y futuros y Nichos de estructuración futuros..	33
Tabla 4 Portafolio de proyectos de la Agenda de Innovación del Estado de Chiapas .....	40

# 1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES

## 1.1. Breve descripción del área de especialización

La elección del área de especialización de Energías Renovables tiene como objetivo generar proyectos que apoyen el despliegue de soluciones innovadoras para el aprovechamiento de los importantes recursos naturales renovables de Chiapas. A continuación se muestra el marco estratégico que define esta área de especialización.

*Ilustración 1 Esquema del marco estratégico del área Energías Renovables*



Fuente: Idom Consulting a partir de información de las mesas sectoriales

## 1.2. Distribución del área de especialización en México y posicionamiento del Estado

Las energías renovables se perfilan como uno de los sectores de mayor crecimiento y relevancia dado el peso creciente que tienen en el mix de la generación global de energía. Se estima que las energías renovables y la energía nuclear supondrán más de la mitad de la nueva capacidad instalada en el mundo hasta 2035.

En este contexto, existen dos casos de especial relevancia que son la energía eólica y la energía solar fotovoltaica. El siguiente apartado detalla las principales características del sector de energías renovables en México incluyendo información, principalmente, de energía eólica, energía solar fotovoltaica así como de energía hidráulica y biomasa.

---

### 1.2.1. Evolución del área en México

Según datos de 2012, México cuenta con una capacidad de generación de energías renovables de 6,052 mw, al considerar tanto las centrales en operación como en construcción<sup>1</sup>. Los estados de Oaxaca, Baja California, Tamaulipas y Veracruz concentran cerca del 75% de la capacidad total. Para dicho cálculo no se han tenido en cuenta las hidroeléctricas mayores a 30 mw.

**Tabla 1 Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables por Entidad Federativa (2012, Capacidad instalada mw)**

Estado	Bio-energía	Eólica	Geo-térmica	Hidráulica < 30 MW	Solar	Total
1. Oaxaca	33	2,499	0	39	0	<b>2,571</b>
2. Baja California	0	258	645	24	5	<b>932</b>
3. Tamaulipas	13	437	0	0	0	<b>450</b>
4. Veracruz	270	40	0	124	0	<b>434</b>
5. Nuevo León	28	274	0	0	0	<b>302</b>
....						
9. Chiapas	25	39		60		<b>124</b>
Otras entidades	377	202	254	219	187	<b>1,239</b>
<b>Total</b>	<b>745</b>	<b>3,749</b>	<b>898</b>	<b>467</b>	<b>192</b>	<b>6,052</b>

Fuente: Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía, 2012

En el ámbito de las energías renovables, el potencial de atracción de inversión en México se encuentra centrado más en empresas dedicadas a la instalación de nueva capacidad que en la implantación de empresas industriales transnacionales en el país.

El mercado potencial para el desarrollo de las energías renovables en México es muy interesante pero existen incertidumbres a corto y mediano plazo. Este mercado potencial se encuentra basado en el objetivo de conseguir un 35% de generación de estas fuentes para 2026. Los yacimientos de hidrocarburos y la apuesta del país por esta fuente energética es un rival en el mix energético para las energías renovables. De manera

---

<sup>1</sup> Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía 2012

adicional el tamaño de mercado en energías como la eólica o la fotovoltaica son interesantes para el final de la cadena de valor (montaje e instalación).

México se destaca por tener un buen nivel de costos de mano de obra pero este factor puede no ser tan determinante como en otros sectores. En el caso de la industria manufacturera puede ser un punto en consideración para la atracción de empresas transnacionales pero, en el caso de la energía eólica, Estados Unidos cuenta ya con una importante base de fabricantes para abastecer al mercado latinoamericano.

No se cuenta con empresas mexicanas que fabriquen equipos clave que puedan ser tractoras de una cadena de valor, siendo las principales compañías del sector empresas transnacionales de promoción, operación y mantenimiento de parques renovables (se cuenta con capacidades de fabricación de otros países).

---

#### 1.2.1.1. Energía eólica

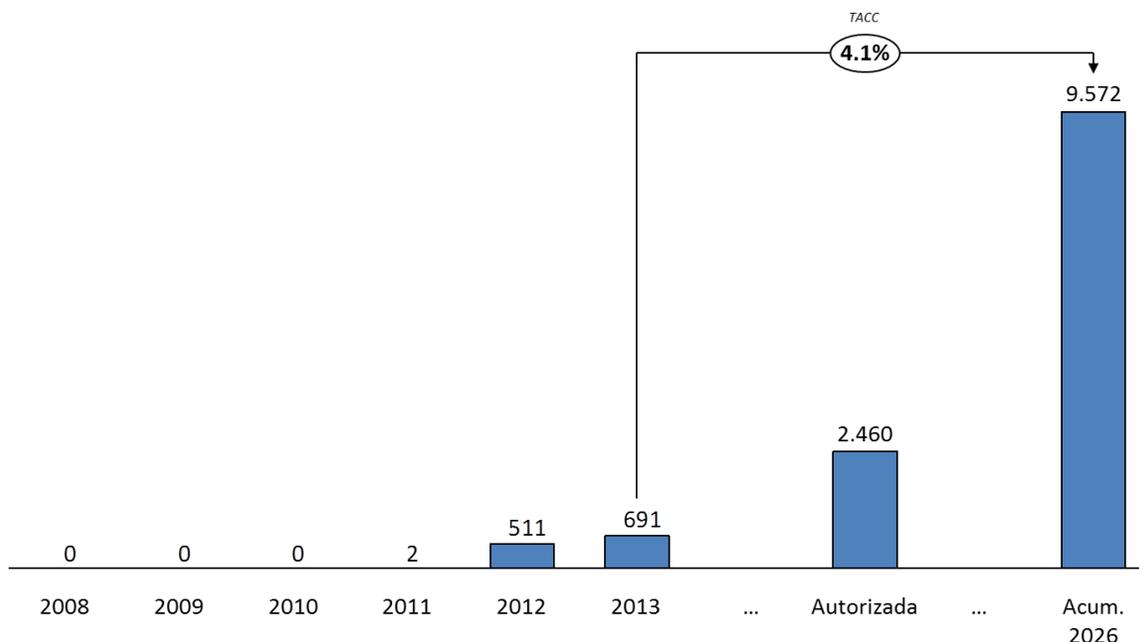
En México, la energía eólica ha comenzado a despegar a partir de 2011, con crecimientos muy fuertes en los últimos años y una cierta incertidumbre sobre el nivel de crecimiento a corto plazo. En la actualidad, y según los datos proporcionados por ProMéxico y detallados en la Ilustración 2, existe una capacidad instalada y/o aprobada que alcanza los 3,749 MW. Las perspectivas gubernamentales son de alcanzar los 13,300 MW en 2016.

El 67% de la capacidad instalada y autorizada se encuentra en el Estado de Oaxaca y Tamaulipas ocupa el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a capacidad instalada y/o aprobada en energía eólica. La concentración de proyectos de energía eólica en el Estado de Oaxaca se debe a la zona del Istmo de Tehuantepec que presenta condiciones inmejorables para la generación de energía eólica a nivel nacional y mundial por la intensidad y frecuencia del viento en dicha región.

Aunque no existan datos autorizados, algunas estimaciones apuntan a un crecimiento anual del sector de las energías eólicas de 4.1% anual hasta 2026 (existiendo indicios recientes de una apuesta por otras fuentes, como los hidrocarburos, que podrían cuestionar la continuación del impulso a la eólica durante los años más próximos).

Estas cifras implican un mercado medio anual de cerca de 14,000 mdp, que en aquellos estados con mayor presencia podría impulsar la generación de una cadena de valor local.

**Ilustración 2 Nuevas instalaciones en México de energía eólica**



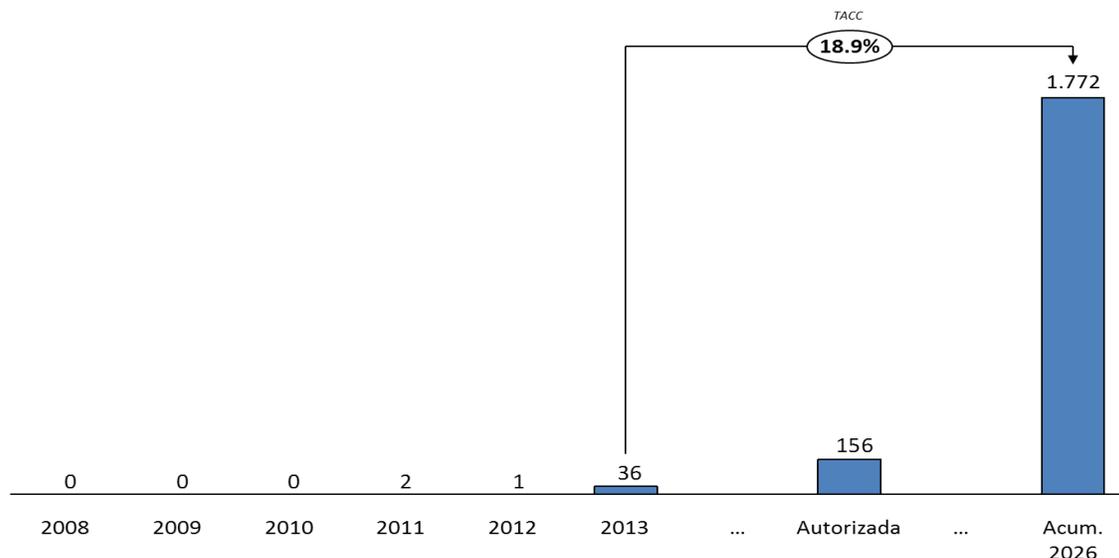
Fuente: SENER (Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026), ProMéxico, Gamesa (TACC: Tasa Anual de Crecimiento Compuesto)

### 1.2.1.2. Energía solar fotovoltaica

El sector de la energía solar fotovoltaica en México no presenta perspectivas que justifiquen una apuesta sectorial si se considera que se trata de un mercado dominado por las transnacionales. Actualmente hay una capacidad instalada y/o autorizada que alcanza los 156 MW.

Las perspectivas gubernamentales son de alcanzar los 1,772 MW en 2026. Aunque no existan datos anualizados, una estimación implica un crecimiento anual del 18.9% hasta el final del periodo considerado. El crecimiento anual es significativo pero es una cifra relativamente pequeña en términos absolutos (un mercado de cerca de 5,000 mdp anuales de media, que en gran medida quedaría en manos de los fabricantes internacionales).

**Ilustración 3 Nuevas instalaciones en México de Solar fotovoltaica (mw 2008-2026)**



Fuente: SENER (Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026), ProMéxico, Gamesa  
(TACC: Tasa Anual de Crecimiento Compuesto)

### 1.2.1.3. Biomasa

El concepto de biomasa engloba una variedad de insumos, entre los cuales se distinguen: residuos agrícolas, residuos ganaderos, residuos urbanos, residuos industriales, residuos forestales así como cultivos bioenergéticos (plantaciones de crecimiento rápido que se emplean para la producción de energía térmica, eléctrica o para la producción de biocombustibles).

Actualmente la producción de energía primaria a partir de biomasa representa el 3.5% de la matriz energética total. Su ritmo de crecimiento disminuyó 0.8% en promedio anual de 2000 a 2009 como resultado principalmente de la caída en el empleo de leña<sup>2</sup>.

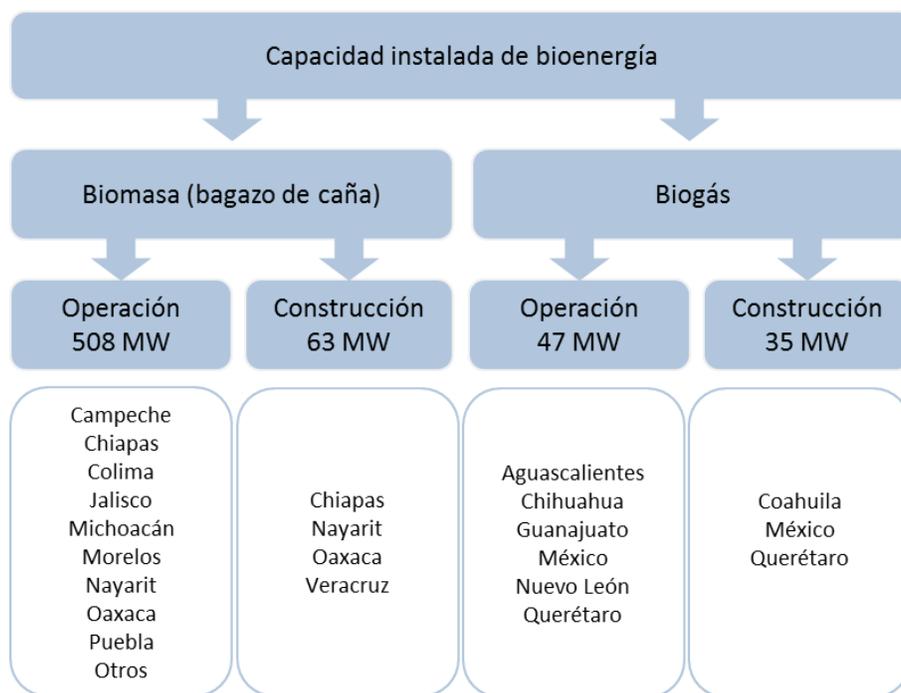
El 40% del potencial estimado a nivel nacional para la generación eléctrica por medio de biomasa proviene del ámbito forestal, 26% de agrocombustibles y 0,6% de residuos de origen municipal.

<sup>2</sup> Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, SENER, 2011

El potencial de aprovechamiento de residuos forestales ha sido impulsado por CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) que ha realizado estudios para identificar las zonas con mayor potencial para el uso con fines energéticos de los residuos de aprovechamiento y aserraderos. Dichas zonas son: El Ejido El Largo (Chihuahua), la Región El Salto (Durango), el Ejido El Balcón (Guerrero) y el Ejido Noh-Bec (Quintana Roo).

En 2012 se registraron más de 62 proyectos en operación para la cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica proveniente de biomasa. La bioenergía cuenta con una capacidad instalada en operación de 645 MW, de los cuales 598 MW se generan a partir del bagazo de caña y el resto es biogás<sup>3</sup>.

**Ilustración 4 Centrales de biomasa para la generación de electricidad**



Fuente: ProMéxico, Panorama General de las Energías Renovables, 2012

#### 1.2.1.4. Energía hidroeléctrica

La generación de la energía hidroeléctrica en México es administrada tanto por el sector público (Comisión Federal de Electricidad - CFE) así como por el sector privado. En 2012, la

<sup>3</sup> Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía 2012

CFE registró una capacidad instalada en operación de 11,555 MW procedente de 72 centrales hidroeléctricas, incluyendo las hidráulicas menores o iguales a 30 MW. En cuanto a las centrales hidroeléctricas administradas por el sector privado se han contabilizado un total de 17 distribuidas en siete estados y con una capacidad instalada de 152 MW.

**Tabla 2 Centrales hidráulicas para la generación de electricidad**

Central	Estado Actual	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Tipo de servicio
Varias	En operación	11,555	Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Tamaulipas, Oaxaca, Puebla, San Luis de Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz	Público
Varias	En operación	152	Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Puebla, Veracruz	Privado
<b>Total</b>		<b>11,707</b>		

Fuente: ProMéxico, Panorama General de las Energías Renovables, 2012

Las principales minicentrales hidroeléctricas se encuentran en el noroeste, centro y sur del país. México cuenta con 42 centrales hidroeléctricas para servicio público de menos de 30 MW totalizando una capacidad efectiva de 286.66 MW.

*Ilustración 5 Mini-centrales hidroeléctricas para servicio público menor o igual a 30 MW (enero 2012)*

Centrales	Ubicación
2	Chihuahua
3	Chiapas
2	Guerrero
2	Hidalgo
2	Jalisco
8	México
7	Michoacán
1	Nayarit
1	Oaxaca
3	Puebla
1	Sinaloa
3	San Luis
2	Sonora
5	Veracruz



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables, 2012-2026, SENER; Inventario Nacional de Energías Renovables, 2013

### 1.2.2. Posicionamiento de Chiapas en el área de especialización

El Estado de Chiapas, por su posición geográfica y sus características agroclimatológicas y orográficas, posee una amplia variedad de recursos naturales que respalda una apuesta estatal por las energías renovables.

El sector de servicios de generación, transmisión y distribución de electricidad aportó el 5.7% del PIB estatal en 2011 y es el sector de mayor crecimiento en la economía chiapaneca en el período 2003 – 2011 (+341.7%). El Índice de Especialización Local (IEL) en las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad es de 2.51. Es decir, dos veces y medio por encima de la media nacional. A diciembre de 2012, Chiapas contaba con 1,370,898 usuarios de energía eléctrica (3.8% del total nacional) y una venta de energía eléctrica de 2,771,639 mwh (1.3% del total nacional). Un tercio de la energía empleada en Chiapas proviene de fuentes renovables, es decir eólica y, principalmente, hidroeléctrica.

De acuerdo a la Tabla 1 detallada en el apartado anterior, Chiapas ocupa el 9º lugar a nivel nacional en capacidad instalada y/o autorizada con 124 MW (datos de 2012). No obstante,

dicha estadística no incluye las centrales hidroeléctricas mayores de 30 mw. El Estado tiene la **mayor reserva hidroeléctrica** a nivel nacional y contaba en 2012 con cuatro centrales de alta capacidad (Ángel Albino Corzo – Peñitas-, Belisario Domínguez – La Angostura-, Nezahualcóyotl –Malpaso- y Manuel Moreno Torres – Chicoasén) que en conjunto tienen una capacidad efectiva instalada de 4,800 MW<sup>4</sup>. Según SENER<sup>5</sup> el potencial estimado en mini hidroeléctricas es de 2,000 mw.

En materia de **energía eólica**, el Estado de Chiapas cuenta con un Parque eólico en la provincia de Arriaga cuya capacidad instalada asciende a 28.8 mw. Un segundo parque eólico se inaugurará en 2014 y su capacidad instalada será de 20 mw. El potencial existente a nivel de energía eólica es similar al del Istmo de Tehuantepec y se concentra en los municipios de Arriaga y Cintalapa con una densidad de potencia de viento de 300 a 500 W/s<sup>6</sup>.

En lo relativo a la **energía solar**, la radiación media diaria en Chiapas tiene un rango de 4.8 a 4.9 kWh/m<sup>2</sup>, según SENER pero otros estudios, como los de la Universidad Politécnica de Chiapas, estiman irradiaciones promedio mayores a 5 kWh/m<sup>2</sup>, siendo Arriaga el municipio más favorecido por la radiación solar con 5.4 kWh/m<sup>2</sup>. Actualmente están instalados paneles solares para comunidades marginadas y alumbrado público con una capacidad de 42 kw y se estima que para 2019 se pueda tener una capacidad instalada de 457.96 kw<sup>7</sup>.

---

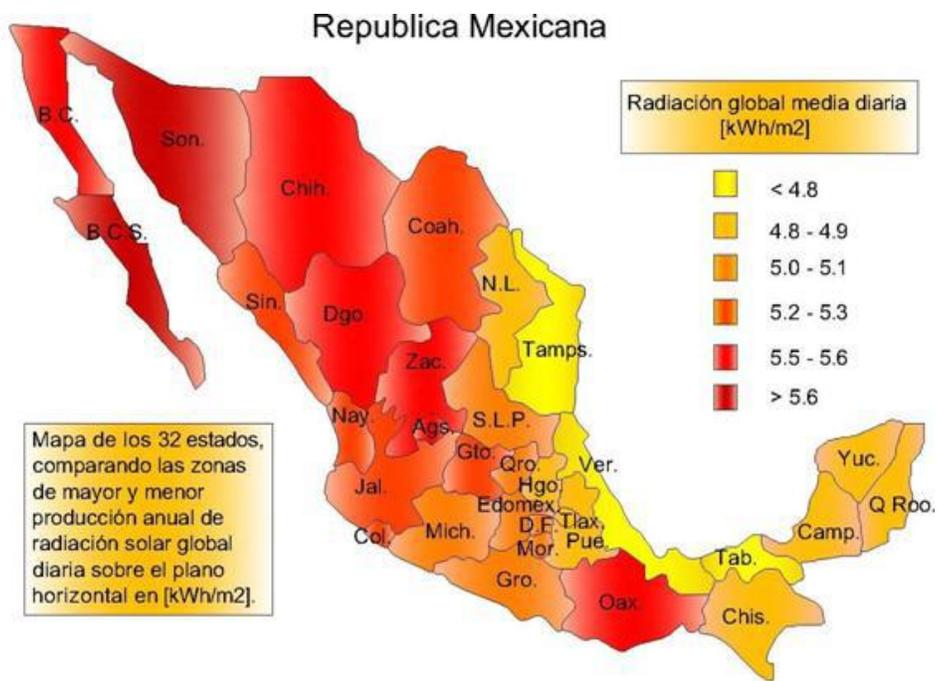
<sup>4</sup> Plan Estatal de Desarrollo Chiapas 2013-2018, p.237

<sup>5</sup> Programa Especial para el Desarrollo de las Energías Renovables del Estado de Chiapas, INER

<sup>6</sup> Ídem 36

<sup>7</sup> Ídem 36

Ilustración 6 Zonas potenciales para el desarrollo de proyectos de energía solar en México



Fuente: SENER

En el ámbito de la generación de **biocombustibles** a partir de plantas bioenergéticas y aceites vegetales, Chiapas cuenta ya con un camino recorrido al iniciar en 2008 un proyecto de establecimiento de la *Jatropha* como materia prima de segunda generación y al ser actualmente el mayor productor a nivel nacional de palma de aceite (participación de 70% en el total nacional en 2012<sup>8</sup>). Al mismo tiempo, actualmente se recolectan más de 200,000 litros de aceite usado que se aprovecha como materia prima para la producción de biodiesel.

### 1.2.3. Factores diferenciales del Estado

La elección del área de especialización de Energías Renovables tiene como objetivo generar proyectos que apoyen el despliegue de soluciones innovadoras para el aprovechamiento de importantes recursos naturales de Chiapas. El Estado cuenta con una

<sup>8</sup> SAGARPA, 2012, Micrositio Comercio Exterior Agroalimentario, Producción agropecuaria; <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/comercio/Paginas/Comercio-Exterior.aspx>

serie de elementos diferenciales que puede sustentar el desarrollo de las energías renovables como un nuevo motor de crecimiento en el Estado:

- 1) Primera entidad en fuentes de energía no contaminantes, 1/3 de su energía es eólica o hidroeléctrica<sup>9</sup>
- 2) El sector de mayor crecimiento en la economía chiapaneca en el período 2003 a 2011 fue el de servicios de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (+341.7%)<sup>10</sup>
- 3) El Estado dispone de la mayor reserva hidroeléctrica nacional y la energía solar es el recurso más abundante<sup>11</sup>
- 4) La reciente creación del Instituto de Energías Renovables del Estado de Chiapas (INER) puede liderar la apuesta gubernamental en el sector de las energías renovables
- 5) Chiapas cuenta con el mayor complejo hidroeléctrico de la República concentrado en cuatro gigantescas centrales: La Angostura, Malpaso, Peñitas y Chicoasén, que conjuntamente generan el 46% de la energía hidroeléctrica del país<sup>12</sup>
- 6) Alta especialización del Estado en las actividades agropecuarias que se pueden aprovechar para la generación de biomasa y biocombustibles

### 1.3. Principales tendencias de la innovación en el área a nivel mundial

El espectacular crecimiento del mercado de las energías renovables de la última década, junto con las inversiones realizadas en investigación y desarrollo, han contribuido a impulsar un crecimiento significativo de las innovaciones tecnológicas del sector. Según la clasificación de la OECD, el sector de Energías Renovables se sitúa como el 7º en intensidad tecnológica a nivel mundial. Algunos nichos dentro del sector (por ejemplo las celdas solares) se pueden categorizar claramente como ámbitos de alta tecnología.

Tratándose de un sector tan diverso, conviene sectorializar a la hora de hablar de tendencias de innovación tecnológica:

---

<sup>9</sup> Índice de Competitividad Estatal 2012, Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. 2012

<sup>10</sup> Cálculo del crecimiento sectorial del PIB Real de Chiapas, 2003-2011, porcentaje, en base a datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2013,

<sup>11</sup> Plan Estatal de Desarrollo Chiapas 2013- 2018, Gobierno del Estado de Chiapas, p.137

<sup>12</sup> Programa Especial para el Desarrollo de las Energías Renovables del Estado de Chiapas, INER

---

### 1.3.1. Energía eólica terrestre

Entre las posibles innovaciones tecnológicas que se sucederán durante el futuro próximo, destacan:

- el uso de nuevos materiales,
- reducción de peso (especialmente de las palas y los “nances”) )
- torres de hormigón en lugar de acero, generadores de imanes permanentes (que reduce el desgaste en los trenes motrices)
- accionamientos directos
- sustitutos de tierras raras (incluyendo generadores no magnéticos)
- perfiles de hoja deformables
- una vigilancia más exhaustiva
- y presentación de informes de rendimiento y optimización más sofisticados.

Adicionalmente, existe un amplio potencial en el diseño y fabricación de pequeñas turbinas de bajo coste que atiendan a demandas energéticas a nivel local. Por otra parte, el transporte y la logística jugarán un mayor rol en el desarrollo del sector.

Por último, es preciso mencionar la convergencia de la energía eólica con las Tecnologías de la Información. En este sentido, el desarrollo tecnológico se enfocará a la aerodinámica/ dinámica de fluidos, evaluación de las condiciones del viento, y análisis del estado de las plantas eólicas.

---

### 1.3.2. Energía eólica off-shore

La tecnología de turbina eólica off-shore necesita un mayor desarrollo ya que en general, la fiabilidad de las turbinas en alta mar es inferior a la de las turbinas eólicas terrestres.

Las posibles innovaciones tecnológicas incluyen el desarrollo de sistemas flotantes off-shore, plataformas logísticas off-shore que puede dar servicio a sistemas enteros de aerogeneradores marinos, ciclos de vida más largos y de turbinas de mayor tamaño. Adicionalmente, se prevén innovaciones incrementales en las cadenas de suministro incluyendo los buques, las instalaciones portuarias, las operaciones y estrategias de mantenimiento y logística, la reducción del número de piezas móviles, nuevos conceptos de dos palas, turbinas sin engranajes, y un mayor enfoque en la fiabilidad y la logística para reducir los costes de operación y el tiempo de inactividad.

---

### 1.3.3. Energía solar Fotovoltaica (FV)

En el futuro, la reducción de costes de la FV podría venir desde varias direcciones: aumento de la eficiencia de células solares (entre el 20 y el 24% para el silicio cristalino y del 15% para capa fina en 2020, además de una amplia gama de productos fotovoltaicos con eficiencias entre el 5 y el 40% a partir de 2030); un mayor uso de capa fina (que representará cuotas de mercado de entre el 30-40% en 2020-2030, desde el 20% de 2010); desarrollo de polímeros fotovoltaicos y elementos fotovoltaicos orgánicos de bajo coste y menor eficiencia orientados a aplicaciones a nivel de usuario (a partir de 2020); utilización de materiales que abundan en la tierra para la fabricación de paneles (a partir de 2020); sustitución del uso de soportes de acero y por nuevos materiales de cimentación de menor coste, etc.

---

### 1.3.4. Solar térmica (CSP)

Las principales innovaciones tecnológicas se están dando en los cristales y reflectores. En esta línea cabe destacar la “tecnología de torre”, que supone una reducción del coste del heliostato en un factor de 2 a 3. Otro punto fundamental es el incremento de la disponibilidad de la tecnología, mediante la mejora e integración del almacenamiento.

A su vez, la evolución tecnológica del sector se producirá en forma de nuevas aplicaciones, algunas de las cuales están ya emergiendo: gestionar la variabilidad de las celdas y proporcionar potencia máxima utilizando el almacenamiento de energía térmica incrustada dentro de la planta CSP; construcción de plantas CSP dedicadas a alimentar plantas de desalinización en las zonas costeras; incrustar plantas CSP en instalaciones industriales para poder proveer calor para procesos industriales; desarrollar procesos de pre-calentamiento de agua para centrales eléctricas basadas en la combustión del carbón para reducir el consumo del mismo; integración con plantas de gas natural de ciclo combinado (ya están en activo); la producción de gas o de combustibles líquidos incluyendo el hidrógeno.

---

### 1.3.5. Biomasa

Se contemplan cuatro puntos de vista sobre las innovaciones tecnológicas procedentes del tratamiento de la biomasa en el futuro:

- **Suministro de Combustible:** Gran parte de su uso vendrá en formas estándar como gránulos o aceites bio-calefactores (de pirolisis/ torrefacción) que serán transportados internacionalmente y se extenderán masivamente en el mercado.
- **Conversión Anaeróbica de Biogás:** Se desarrollarán nuevas aplicaciones para el transporte que requieran de un menor proceso de limpieza para su uso en motores.
- **Tecnologías de Calefacción:** Se estima un uso mucho mayor de este tipo de tecnologías, incluyendo las plantas de cogeneración, sistemas de calefacción urbana, sistemas de refrigeración para edificios comerciales y públicos, y calor para procesos industriales. Los sistemas de cogeneración se desarrollarán a diferentes escalas
- **Integración con industrias agrícolas y forestales a través de bio-refinerías:** Se prevé una tendencia hacia sistemas de co-producción de usos múltiples, en el que co-produzcan azúcar, electricidad y biogás, se utilicen los residuos sobrantes de los fertilizantes, los productos químicos, biocombustibles, alimentos para animales, y otros productos químicos.

---

### 1.3.6. Energía hidroeléctrica

En el futuro, primará la expansión la energía hidroeléctrica de bombeo, particularmente como una forma de almacenamiento de energía. Se producirán a su vez, innovaciones incrementales como tecnologías de accionamiento bombeado variable que redunden en mejoras de eficiencia, flexibilidad de las plantas.

Otros posibles desarrollos tecnológicos provienen del uso de agua salada en centrales hidroeléctricas de bombeo y almacenamiento en las regiones costeras, y centrales subterráneas de bombeo y almacenamiento. Adicionalmente, se están incorporando bombas de velocidad variable que aumentan la capacidad de bombeo hidráulico.

---

### 1.3.7. Energía geotérmica

Se prevén importantes innovaciones tecnológicas con la creación de grandes superficies de intercambio de calor subterráneo “*Enhanced Geothermal Systems (EGS)*” y con la mejora de la conversión de energía de baja temperatura “*Organic Rankine Cycle*”. En estos casos se podría hacer posible la producción de electricidad geotérmica en prácticamente cualquier lugar. Las centrales térmicas y de cogeneración de energía avanzadas mejorarán

el rendimiento de la electricidad geotérmica y un mayor desarrollo tecnológico en ámbito de la perforación ayudará también a incrementar su competitividad.

---

### 1.3.8. Energías marinas

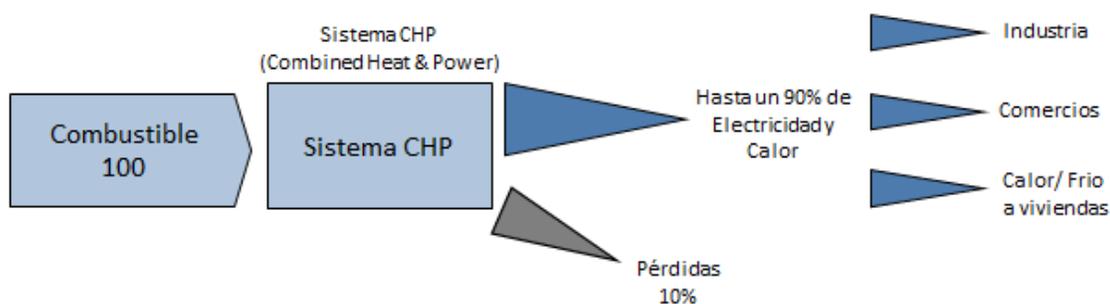
Se estima que hay potencial para reducir los costes en las próximas décadas. Las áreas clave para el desarrollo tecnológico incluirán el diseño conceptual, la optimización de la configuración del equipo, la reducción de los costos de capital mediante materiales alternativos estructurales, precisión de la modelización numérica de generación de energía eléctrica, sistemas PTO, economías de escala y aprendizaje a partir de operaciones, etc.

---

### 1.3.9. Cogeneración

Por su efecto en la eficiencia en el uso de la energía, resulta de especial interés dedicar un espacio a la cogeneración, entendida como el procedimiento de producción simultánea de energía eléctrica y térmica. La cogeneración utiliza diferentes combustibles principales como energía primaria (combustibles fósiles y biomasa).

*Ilustración 7 Proceso de Cogeneración Simplificado*



Fuente: Ministerio de Energía y Desarrollo Sostenible, Gobierno de España

## 2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN

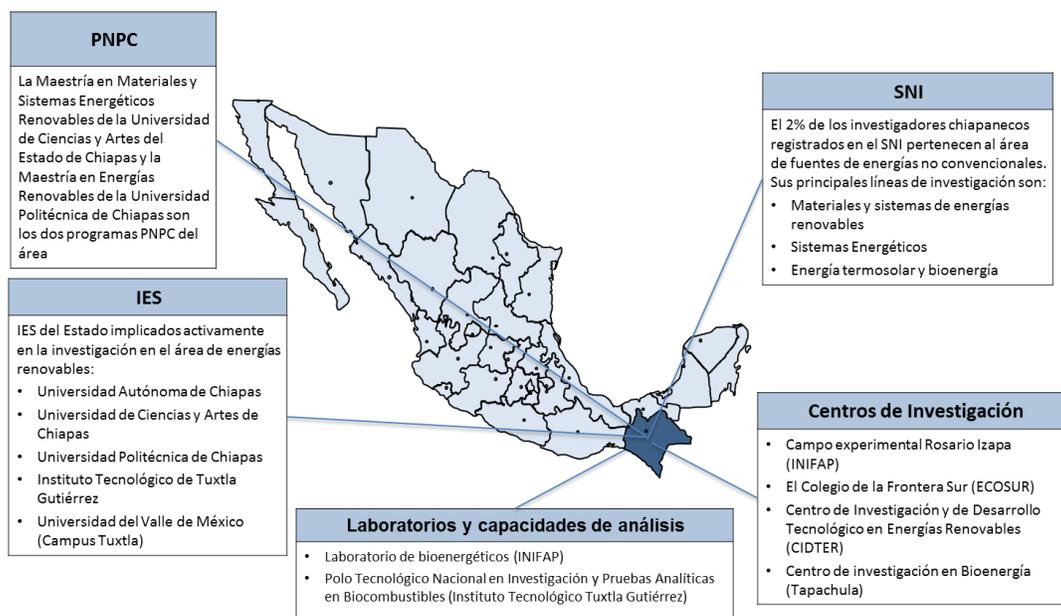
Este apartado recoge los principales actores del ecosistema de innovación del área de especialización Energías Renovables en Chiapas.

En un primer lugar, se presenta el mapa de agentes en el conjunto de la cadena del conocimiento, considerando también los agentes de soporte e intermediación, para posteriormente mostrar de una manera más detallada la presencia de las Instituciones de Educación Superior, los Centros de Investigación y las empresas innovadoras.

### 2.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

El mapa de los agentes de innovación del área Energías Renovables contiene actores como las principales a las Instituciones de Educación Superior (IES), los centros de investigación y tecnología, los investigadores que realizan I+D en el área, los laboratorios y los posgrados pertenecientes al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

*Ilustración 8 Mapa del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Área de Energías Renovables en Chiapas*



Fuente: PNPC, SNI e webs institucionales

## 2.2. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación

Dentro del área de especialización, Chiapas cuenta con una serie de centros de investigación de recién creación, así como con IES que conjuntamente representan vínculos para las empresas del Estado para la realización de proyectos de I+D+I. A continuación, se enlistan las principales líneas de investigación/ oferta académica de dichas instituciones.

### 2.2.1. Instituciones de Educación Superior



#### Instituto Tecnológico de Cintalapa (TecCintalapa)

Oferta académica:

#### Ingeniería en Energías Renovables



#### Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG)

Principales líneas de investigación:

#### Biocombustibles: Polo Tecnológico Nacional en Investigación y Pruebas Analíticas en Biocombustibles



#### Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)

Oferta académica:

- **Maestría en Ingeniería con opción terminal en Calidad del agua , Construcción, Hidráulica**



#### Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH)

Oferta académica:

- **Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables**
  - Líneas de investigación asociadas: Desarrollo de Materiales para Aplicaciones Energéticas Renovables; Modelación y Optimización de Materiales, Procesos y Sistemas y Desarrollo de Sistemas Energéticos Renovables

Grupos de investigación

- **Investigación y desarrollo tecnológico en energía y sustentabilidad**



**Universidad Politécnica de Chiapas (UPChiapas)**

Grupos académicos:

- **Sistemas mecatrónicos para fuentes de energía renovable (SMEFER)**
- **Cuerpo Académico de Energía y Sustentabilidad (CAES)**

Oferta académica:

- **Maestría en Energías Renovables**



**Universidad del Valle de México (Campus Tuxtla)**

Oferta académica:

- **Ingeniería en Energía y Desarrollo Sustentable**

---

## 2.2.2. Centros de investigación



**Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Energías Renovables (Cidter) de la Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH)**

Principales líneas de investigación:

- **Energía Solar**
- **Energía Eólica**

**Energía de la Biomasa**



**Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Energías Renovables (CIDTER -UNICACH)**



### **El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)**

Principales líneas de investigación:

- **Ciencias de la Sustentabilidad**



### **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo experimental Rosario Izapa**

Principales líneas de investigación:

- **Bioenergía**

## 2.3. Detalle de empresas RENIECYT del área

Chiapas cuenta con 50 empresas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) a fecha 23 de julio de 2014, de las cuales 3 desarrollan actividades en el ámbito de las energías renovables. La siguiente ilustración recoge el detalle de dichas empresas.

*Ilustración 9 Empresas RENIECYT en el área de energías renovables*



Fuente: RENIECYT (información extraída a 23 de julio de 2014)

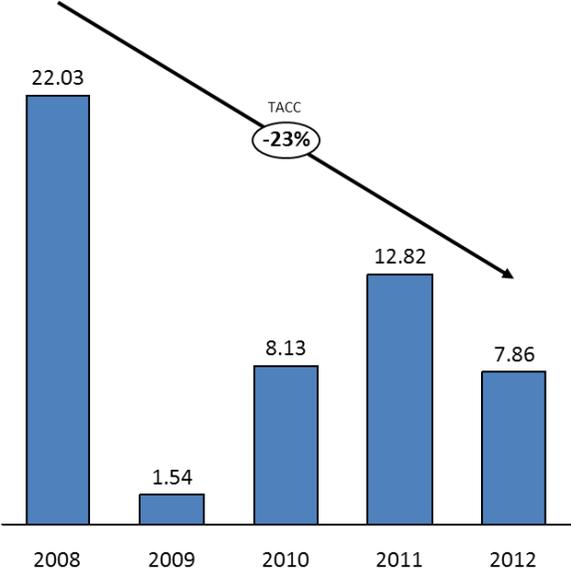
## 2.4. Evolución de los apoyos en el sector

El sector de las Energías Renovables captó en el período 2008-2012 el 14% de los apoyos recibidos en el Estado a través de programas de Conacyt. Los niveles de apoyo recibidos

registran valores irregulares destacando el mayor monto en 2008 al coincidir con el inicio de los cultivos energéticos para la generación de biocombustible.

La siguiente gráfica recoge la evolución de los apoyos recibidos por el sector. Cabe destacar la disminución de la tasa anual compuesta de crecimiento (TACC) en un 23% en el período de referencia.

*Ilustración 10 Evolución de los apoyos aproximados en el sector (mdp, 2008-2012)*



Fuente: Conacyt

### 3. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN ENERGÍAS RENOVABLES

El análisis FODA del área se construyó durante la primera mesa del área, realizada el 6 de junio de este año con la participación de los principales agentes de la cuádruple hélice identificados en el área de especialización, para después cumplimentarlo en trabajo de gabinete por la consultora en base a diagnósticos macroeconómicos, para finalmente contrastarlo y validarlo en la segunda mesa, la cual se llevó a cabo el pasado 25 de junio del 2014.

El FODA distingue las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en relación a los factores y/o recursos territoriales/naturales con los que cuenta Chiapas, al entorno productivo que prevalece en la región, al ecosistema científico tecnológico del Estado y en relación al entorno colaborativo o de vinculación entre las empresas, el gobierno y el sector académico.

Las principales conclusiones se resumen a continuación:

#### 3.1. Fortalezas

- Importantes recursos naturales y agropecuarios que permiten disponer de materia prima abundante y necesaria para el desarrollo de las Energías Renovables.
- La mayor reserva hidroeléctrica nacional y la energía solar son los recursos más abundantes.
- Alto índice de especialización en el sector, servicios de generación, transmisión y distribución de electricidad.
- Apuesta estratégica del estado por las Energías Renovables en el actual sexenio.
- Capacidades científico-tecnológicas consolidadas en el ámbito de Biocombustibles.
- Alta especialización en semillas oleaginosas que se pueden emplear en la generación de biocombustible.

- Primera entidad en fuentes de energía no contaminantes, 1/3 de su energía es eólica o hidroeléctrica.

## 3.2. Debilidades

- Ausencia de un tejido empresarial que pueda completar la cadena de valor (capacidad de instalación y mantenimiento de parques eólicos, ensamblaje e instalación de fotovoltaica).
- Escasa vinculación entre los centros académicos y las pocas empresas del sector.
- La falta de empresas en la entidad dificulta la retención de talento.
- Legislación reciente en el ámbito ambiental y de creación de infraestructuras de apoyo a las Energías Renovables.
- Escasa o incorrecta implementación de las leyes (legislación existente pero se aplica de manera diferente en las zonas).
- Las políticas públicas no influyen de la misma forma en las diferentes comunidades (diferencias de tejidos sociales que se deben atender de forma correspondiente).
- Ausencia de estudios a nivel de doctorado en el ámbito de las Energías Renovables.

## 3.3. Oportunidades

- México se encuentra entre los 5 países más atractivos del mundo para invertir en proyectos de generación solar fotovoltaica.
- El objetivo de México de generación de un 35% de Energías Renovables para 2026.
- Se estima que el crecimiento anual de 4.1% hasta 2026 en instalaciones de energía eólica podría impulsar una cadena de valor local en los estados con mayor presencia.
- Aprovechar los subproductos de la Industria Agropecuaria como el mucílago del café para producir biomasa y el estiércol para producir biogás.
- Consolidarse como el segundo destino para la inversión en parques eólicos, después del estado de Oaxaca.
- Introducción de tecnologías con celdas solares en los campos de Chiapas.

### 3.4. Amenazas

- Rechazo social y desilusión de los productores locales (el caso del proyecto de Jatropa).
- El 65% de la capacidad instalada y autorizada en energía eólica se encuentra en el estado de Oaxaca que atrae las mayores inversiones.
- Competencia con la apuesta de México por los hidrocarburos.
- México tiene una carencia significativa en tecnología en el ámbito de las Energías Renovables. No se cuenta con empresas mexicanas fabricantes de equipos clave que puedan ser tractores de una cadena de valor.
- Las empresas transnacionales instaladas en México sólo se dedican a la promoción, operación y mantenimiento de parques eólicos (contando con capacidades de fabricación en otros países).

## 4. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS SECTORIALES

El “Programa Especial para la promoción de las Energías Renovables del estado de Chiapas” marca como Objetivo General para los próximos años “promover la transición y diversificación energética, estableciendo políticas públicas orientadas a eficientar el uso de la energía existente, así como el aprovechamiento y desarrollo de las energías renovables para incorporarlos a la matriz energética estatal, con criterios de sustentabilidad”. El Estado de Chiapas, efectivamente, cuenta con grandes recursos renovables que pueden ser explotados en un futuro próximo si se abordan desde una perspectiva de innovación y con vocación de sustentabilidad económica. Los más destacados son la hidráulica, solar, la eólica y la biomasa. No obstante, existe un gran desconocimiento de cuál es el potencial real aprovechable de todos estos recursos lo que ha llevado a plantearse como línea de trabajo principal el diagnóstico para valorar este potencial en todo el territorio y por las distintas fuentes renovables. Gracias a este trabajo inicial, Chiapas será capaz de tomar decisiones que permitan comprometer de una manera eficaz los recursos de inversión necesarios para desarrollar eficazmente este ámbito.

El grupo que ha participado en las mesas para trabajar esta área de especialización ha priorizado una serie de **Impactos Estratégicos** a conseguir en el medio y largo plazo, de los cuales se señalan los más relevantes:

- Mejorar las Infraestructuras científico-tecnológicas
- Generar tecnología propia
- Contribuir a la sustentabilidad
- Contribuir a resolver problemas sociales
- Generar una Cultura de Innovación

“Mejorar las Infraestructuras científico-tecnológicas” ha sido la que ha recibido el mayor número de priorizaciones. La infraestructura de investigación en el área de especialización de energías renovables en Chiapas es de recién creación y cubre las necesidades de vinculación con el ámbito empresarial. En el análisis del área no se han identificados centros de innovación en el Estado que alberguen la realización de pruebas piloto o

proyectos demostradores<sup>13</sup> a partir de investigaciones generadas en el ámbito académico. La segunda Línea tiene como objetivo la generación de tecnología propia para cuyo desarrollo endógeno se requiere una mayor vinculación del sistema. La situación actual es de aparentes “islas de conocimiento” que carecen de una conexión que permita potenciar el desarrollo de tecnologías propias en el Estado.

Como concreción de lo anterior al ámbito de las Energías Renovables, se han identificado una serie de **Objetivos Sectoriales (o.s.)** que se pretenden abordar a través de los proyectos. Estos objetivos son los siguientes:

- o.s.1: Conocer las potencialidades de las Energías Renovables en el estado a través de diagnósticos, estudios e inventarios de capacidades
- o.s.2: Desarrollar e integrar el conocimiento existente en los diferentes agentes, incluyendo la formación de los RRHH e infraestructuras
- o.s.3: Potenciar el desarrollo y la transferencia de tecnologías a través de proyectos piloto
- o.s.4: Promover buenas prácticas de eficiencia energética

Los tres primeros objetivos siguen la secuencia del ciclo de desarrollo de cualquier ámbito de conocimiento, desde la fase de diagnóstico de situación, desarrollo de conocimiento básico y práctico, y su aplicación en proyectos que resuelvan necesidades concretas. El último de ellos se establece como un objetivo específico y transversal.

Los objetivos sectoriales responden a los impactos estratégicos que se definieron en la segunda mesa sectorial. La siguiente ilustración muestra esa relación:

---

<sup>13</sup> Los proyectos demostradores (del inglés “*demonstration projects*”) son proyectos que demuestran y validan, a una escala industrial, nuevas tecnologías, conceptos y sistemas, con el objetivo de probar y evaluar la viabilidad tecnológica y económica de soluciones innovadoras en el campo de la energía. Su objetivo es realizar réplicas a grandes escalas, de tal modo de las tecnologías demostradas puedan ser incorporadas rápidamente al mercado y contribuir a las políticas públicas de cambio climático y energía.

**Ilustración 11 Impacto de los objetivos sectoriales de la Agenda del Área Energías Renovables**

Objetivos sectoriales \ Líneas estratégicas	Mejorar las Infraestructuras científico-tecnológicas	Generar tecnología propia	Contribuir a la sustentabilidad	Contribuir a resolver problemas sociales	Generar una Cultura de Innovación
O.S.1 Conocer las potencialidades de las Energías Renovables en el estado a través de diagnósticos, estudios e inventarios de capacidades	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
O.S.2 Desarrollar e integrar el conocimiento existente en los diferentes agentes, incluyendo la formación de los RRHH e infraestructuras	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
O.S.3 Potenciar el desarrollo y la transferencia de tecnologías a través de proyectos piloto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
O.S.4 Promover buenas prácticas de eficiencia energética			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Idom Consulting basado en valoraciones de la Mesa sectorial del área de especialización

En los próximos apartados se incluye una descripción de los nichos de especialización y de estructuración priorizados, que incluye una breve justificación de su interés, el detalle de su contenido y algunos ejemplos de potenciales proyectos de interés que responderían a las necesidades identificadas en algunos de ellos.

## 5. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Durante el proceso participativo con los agentes de la cuádruple hélice relacionados con esta área de especialización, se han identificado nichos de trabajo de dos tipos: los **nichos de especialización**, centrados en aplicaciones de tecnologías o productos en respuesta a problemas concretos, y los **nichos de estructuración** que los agentes involucrados dispongan de las condiciones básicas para poder cumplir su función de forma eficiente.

*Tabla 3 Nichos de especialización actuales y futuros y Nichos de estructuración futuros*

Nichos de especialización actuales	Nichos de especialización futuros/ potenciales
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hidráulica y minihidráulica</li><li>• Biodiesel</li><li>• Solar: fotovoltaica y térmica</li><li>• Eólica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biocombustibles de segunda y tercera generación</li><li>• Biomasa agropecuaria y forestal</li><li>• Procesos industriales ecológicos</li><li>• Edificación y vivienda sustentables</li><li>• Energías Renovables con fines sociales</li></ul>
Líneas de actuación	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudios y desarrollo de conocimiento</li><li>• Fortalecimiento del sistema de Ciencia y Tecnología</li><li>• Desarrollo de RRHH</li><li>• Incentivación de la demanda pública</li></ul>	

Fuente: Idom Consulting basado en información de las mesas sectoriales

### 5.1. Nichos de especialización futuros

#### 5.1.1. Biocombustibles de segunda y tercera generación

Desde 2008 Chiapas viene desarrollando proyectos de producción de Biodiesel con fines comerciales partiendo de cultivos bioenergéticos y posteriormente de aceites vegetales usados. El potencial de producción de biodiesel partiendo de semillas oleaginosas sigue siendo muy alto y abre un gran campo para la investigación y utilización para el transporte o la industria. Además, se abriría el campo a la investigación e innovación para nuevos productos como el bioqueroseno o el bioetanol.

---

### 5.1.2. Biomasa agropecuaria y forestal

La mayor parte de la biomasa proviene de la madera y, en menor medida, de los residuos agrícolas. En el caso de los residuos forestales, el potencial de Chiapas proviene de que la cuarta parte de su territorio lo forman terrenos forestales y sólo una mínima parte está bajo manejo forestal. Por otra parte, la leña y el carbón siguen siendo la fuente de energía esencial de la mitad de la población (90% en algunos municipios) lo que supone un gran campo de investigación para su adecuada gestión y uso. A esto hay que añadir el potencial de producción de biogás derivado del sector agropecuario.

---

### 5.1.3. Procesos industriales ecológicos

La actividad productiva, incluyendo la agricultura, es altamente dependiente de la energía por ser uno de los insumos esenciales para su funcionamiento, a la vez que es una de las actividades que más impacta en el medioambiente (probablemente sólo superado por el transporte). La disposición de energía suficiente y a un coste reducido es una de las bases de la competitividad de un sector y de una región. En este nicho se trataría de potenciar la promoción de procesos de “producción limpia” basados en las mejores tecnologías disponibles (BAT por sus siglas en inglés *best available technologies*) y no en soluciones “final de tubo” que son de tipo paliativo. También se trataría de incorporar el uso de fuentes de energía renovables para diversos procesos productivos (calentamiento, secado, ...) así como la utilización de los propios residuos como fuente alternativa de energía barata (autoabastecimiento y cogeneración).

---

### 5.1.4. Edificación y vivienda sustentables

Incluiría la investigación y promoción del uso de todo tipo de materiales ecológicos para la construcción de viviendas y edificios con destinos industriales, civiles o de servicios públicos como materiales aislantes, pinturas, recubrimientos, instalaciones de ventilación, calor/frío, electricidad, iluminación, gestión de residuos, ... así como la incorporación de criterios sustentables en los procesos de construcción y edificación. También se incluirían dispositivos para equipamiento de las viviendas como estufas ecológicas o electrodomésticos.

---

### 5.1.5. Energías Renovables con fines sociales

La existencia en Chiapas de numerosas comunidades alejadas de las redes convencionales de distribución de electricidad agrava su situación económica ya de por sí precaria para condenarles a situaciones de pobreza o pobreza extrema. Las Energías Renovables, principalmente de origen solar (fotovoltaico) o hidráulica son la única posibilidad de suministrar un bien básico como es la electricidad. Esto abre un gran campo de investigación y, sobre todo, de aplicación que incluye aspectos de cultura y formación en la importancia y uso de estos recursos.

## 5.2. Líneas de actuación

---

### 5.2.1. Estudios y desarrollo de conocimiento

Una de las principales carencias identificadas es la falta de información actualizada, suficiente, centralizada y accesible para la toma de decisiones en el ámbito de las Energías Renovables. Se considera esencial trabajar en la línea de acumular la información relevante, actualizarla a través de fuentes fidedignas y mantenerla en formatos que permita a los agentes tomar decisiones fundadas sobre inversiones público-privadas, atender demandas de forma eficaz, o para gestionar el territorio, entre otras. Se trataría de información sobre potencial real de los recursos renovables, ubicación de las unidades productoras, de zonas de consumo urbano, rural o industrial, de accesibilidad del terreno, de los medios de comunicación y transportes, etc.

---

### 5.2.2. Fortalecimiento del sistema de Ciencia y Tecnología

El sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Chiapas en el ámbito de las Energías Renovables carece aún de una vinculación sistemática de sus agentes lo que le hace que no funcione aún como un sistema sino como unidades relativamente aisladas. Si bien existen ejemplos meritorios de colaboración, esto no es lo común y sin embargo se aprecia un gran potencial de la colaboración entre los distintos agentes. Se incluirían en este nicho la organización de los agentes de la triple o cuádruple hélice en organizaciones más o menos formalizadas (*clusters* o asociaciones), la creación de centros de investigación aplicada y transferencia de tecnología, o plataformas de trabajo conjunto en proyectos, su seguimiento y evaluación.

---

### 5.2.3. Desarrollo de Recursos Humanos

En este nicho se incluiría tanto la formación de profesionales altamente capacitados en las disciplinas relacionadas, tanto egresados de la universidad como investigadores como tecnólogos a través de programas de intercambio o el reforzamiento de los programas curriculares.

Como la formación de una sociedad formada en una conciencia medioambiental que se traduzca en su comportamiento consumidores, ciudadanos o tomadores de decisiones en sus ámbitos profesionales y sociales. Para ello se incluirían programas innovadores que permitan llevar contenidos de calidad a todos los ciudadanos y estudiantes.

---

### 5.2.4. Incentivación de la demanda pública

La Administración Pública tradicionalmente ha sido uno de los agentes tractores más importantes del desarrollo económico, debido a su doble papel regulador (e inspector) y promotor (a través de políticas fiscales o de ayudas directas). Adicionalmente, su gran capacidad de compra le convierte en uno de los sectores objetivos de muchas empresas y sectores económicos. Recientemente se han puesto en marcha nuevos mecanismos de contratación pública que permite potenciar la innovación a su base de proveedores. Se trata de procesos como la compra pública innovadora o la compra verde. Como ejemplos estaría la introducción de nuevas regulaciones que fomenten la incorporación de tecnologías de producción limpia en las empresas, la compra de productos innovadores que requieran I+D en salud, la compra de vehículos ecológicos para el transporte público o la construcción sustentable de edificios administrativos, escuelas u hospitales.

## 6. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS Y PORTAFOLIO DE PROYECTOS

Los proyectos prioritarios del área de Energías Renovables son el resultado del proceso seguido en las mesas sectoriales que han dado como resultado la selección de cuatro proyectos prioritarios. Estos proyectos fueron presentados, debatidos y ratificados por el Comité de Gestión y Grupo consultivo con posterioridad.

### 6.1. Atlas georreferenciado de potencialidades de Energías Renovables en el estado de Chiapas

El objetivo del proyecto es identificar y cuantificar el potencial aprovechable de Energías Renovables en Chiapas e incorporarlos a una plataforma tecnológica georreferenciada con distintas capas según el tipo de información que incluyan: fuente de energía con su potencial probado, ubicación de las fuentes, ubicación y cuantificación de la demanda de energía, accesibilidad, comunicaciones, información cualitativa de las comunidades donde se ubican, etc. Este instrumento permitiría integrar información a los colectivos afectados, tomadores de decisiones, inversionistas, gobernantes y gestores públicos, líderes de opinión o propietarios de suelos con base en una información fiable, completa y accesible.

El objetivo de la plataforma es llegar a contener información sobre todas las fuentes de Energías Renovables disponibles en el estado (Eólica, Solar, Hidráulica, Mini-hidráulica, Biomasa, Geotérmica, Mareomotriz, Undimotriz, etc.) pero se propone empezar con una prueba piloto que incluya sólo uno o dos tipos de Energía Renovable y con base en la experiencia generada escalar el trabajo de acopio de datos y análisis a todas las fuentes de Energías Renovables con las que se cuenta en el estado.

### 6.2. Espacio de Innovación, Coordinación y Vinculación de Energías Renovables

El Espacio de Innovación, Coordinación y Vinculación de Energías Renovables tratará de integrar el conocimiento técnico y científico originado en los sectores involucrados en el ámbito de las Energías Renovables incluyendo: las infraestructuras y recursos de la investigación en el sector, los agentes encargados de la investigación y formación de profesionales así como la demanda del ámbito privado.

Este Espacio sería un primer paso para el conocimiento y la vinculación de los agentes del sistema en el proceso de desarrollar soluciones innovadoras que puedan resolver problemas técnicos, económicos y sociales en el estado.

Asimismo, permitiría evitar la duplicidad de esfuerzos, equipos y recursos, a la vez que permitiría poner a disposición de terceros los recursos existentes para maximizar su utilización y aprovechamiento. Finalmente, serviría para hacer el seguimiento y evaluación de los proyectos puestos en marcha maximizando así el impacto de los recursos empleados en este ámbito. Se apoyará en una plataforma *online* que servirá de herramienta de coordinación entre los integrantes del Espacio y la difusión de las actividades al público general.

### 6.3. Creación de un *Cluster* de Energías Renovables

La creación de un *cluster* de Energías Renovables en Chiapas permitiría un desarrollo ordenado entre todos los agentes de la investigación, y el desarrollo tecnológico de las Energías Renovables y su transferencia a la industria y al sector social de Chiapas para detonar su crecimiento.

Esta gestión debe recaer en un *cluster* en el que participen los distintos agentes de la triple hélice. Entre los servicios principales que debiera prestar este *cluster* estarían:

- Observatorio tecnológico para la identificación de nichos o áreas de oportunidad.
- Identificación de oportunidades de proyectos conjuntos, creación de los consorcios con agentes del estado o fuera de él y búsqueda de financiación.
- Difusión y sensibilización a empresas, administraciones públicas y comunidades sobre el uso eficiente de la energía y de las Energías Renovables.
- Mantener actualizado el diagnóstico de situación de las Energías Renovables del estado, así como los indicadores del sector y de los avances en los objetivos comprometidos.

El *cluster* estaría basado en un Comité Director que establecería las directrices de forma colegiada así como un Comité de Gestión que sería quien desarrolle y provea los servicios anteriormente mencionados. En el inicio, la puesta en marcha sería a través de estos órganos de dirección y gestión y posteriormente, a medida que vaya creciendo el número

de entidades y complejidad de los servicios, sería necesario crear una entidad nueva con la estructura mínima para la gestión de los servicios.

## 6.4. Programa para incentivar la sustentabilidad y el ahorro energético desde la demanda pública

El objetivo es lograr la eficiencia energética a través de nuevas tecnologías al incentivar, por un lado el empleo de productos sustentables en las adquisiciones de las Administraciones Públicas y, por otro lado, apoyar el desarrollo de soluciones innovadoras en el ámbito de las Energías Renovables por parte de empresas y universidades chiapanecas que mejoren la calidad de vida de la sociedad.

El Programa incluirá dos componentes:

- 1) **Compra Pública Verde (cpv):** Su objetivo es la promoción del uso de productos que contribuyan a la eficiencia energética a través de la homologación e inclusión en un catálogo de comparas de la Administración Pública de aquellos productos que incorporen soluciones energéticas más eficientes, que empleen tecnologías limpias o que se desarrollen por empresas que tengan sistemas y/o certificados de gestión medioambiental. Los principales productos previstos serían los que se destinen a la construcción y mantenimiento de edificios públicos y vivienda social pero se podrían ampliar a transporte u otros ámbitos de las adquisiciones públicas.
- 2) **Compra Pública Innovadora (cpi):** El concepto de Compra Pública Innovadora abarca las iniciativas de la Administración Pública de adquisición de soluciones innovadoras con base en licitaciones en las cuales el sector privado proponga soluciones que requieran un desarrollo de I+D+i y en las que se financie dicho desarrollo, así como la compra del producto final. Se propone poner en marcha un proyecto piloto en una Unidad de Compras y ejecutar una convocatoria de cuyo éxito dependa el escalamiento del proyecto. Por ejemplo, el componente de Compra Pública Innovadora podría apoyar el desarrollo de prototipos experimentales de viviendas ecológicas en todas las regiones bioclimáticas del estado, abordando tanto materiales como procesos constructivos orientados al ahorro energético.

## 6.5. Portafolio de proyectos

A continuación se describen brevemente los proyectos prioritarios y los proyectos complementarios. Cabe destacar que, más allá del contenido mostrado en este documento, para cada uno de ellos se llevó a cabo una definición preliminar con diversos participantes de la Mesa Sectorial en la que se profundizó en el detalle del proyecto en términos de responsable y participantes, objetivos, justificación, descripción, grado de innovación, fases, indicadores clave, planificación, presupuesto estimado y posibles fuentes de financiamiento

Es importante recalcar que en la siguiente tabla se incluye una propuesta preliminar no exhaustiva de fondos de financiamiento a los que los proyectos pueden optar de manera complementaria a la que ya se realice desde el sector privado, la cual se considera una característica fundamental para el desarrollo de aquellos en los que es necesario una involucración del tejido empresarial.

*Tabla 4 Portafolio de proyectos de la Agenda de Innovación del Estado de Chiapas*

ÁREA	NICHO ESTRATEGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	Descripción	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
ENERGÍAS RENOVABLES	Fortalecimiento del sistema de Ciencia y Tecnología	Espacio de Innovación, Coordinación y Vinculación de Energías Renovables	Espacio para integrar el conocimiento técnico y científico originado en los sectores involucrados en el ámbito de las Energías Renovables para evitar solapes y mejorar la cooperación entre las entidades del sistema.	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENER- Conacyt</li> <li>• SENER - Fondo de Sustentabilidad Energética</li> <li>• SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía</li> </ul>
		Creación de un <i>Cluster</i> de Energías Renovables	Creación de una agrupación / <i>cluster</i> de empresas del ámbito de las energías renovables que representen el interés de los asociados ante el sector público y que vincule las necesidades de las empresas con la oferta investigadora de las infraestructuras de EERR disponibles.	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FINNOVA SE- Conacyt</li> <li>• INADEM – Fondo Nacional Emprendedor</li> </ul>

ÁREA	NICHO ESTRATEGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	Descripción	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
		Centro de Innovación en Energías Renovables	Creación de un espacio físico con infraestructura científica y personal propio altamente calificado dedicado a la investigación aplicada y el fomento de las energías renovables con aplicación en el sector productivo, social y gubernamental.	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>FOMIX Conacyt - Gobierno de Chiapas</li> <li>FOINS - Conacyt</li> </ul>
	Estudios y desarrollo de conocimiento	Atlas georreferenciado de potencialidades de Energías Renovables en el Estado de Chiapas	Diseño e implementación de una plataforma tecnológica georreferenciada con distintas capas según sea el tipo de información para la identificación y cuantificación de los potenciales aprovechables de Energías Renovables.	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Conacyt</li> <li>SEMARNAT - Programa de Desarrollo Institucional Ambiental</li> <li>SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía</li> </ul>
	Incentivación de la demanda pública	Programa para incentivar la sustentabilidad y el ahorro energético desde la demanda pública	Creación de un Programa de Compra Verde que incentive la adquisición de productos sustentables por parte de la Administración Pública y un Programa de Compra Pública Innovadora que apoyo el desarrollo de soluciones innovadoras en el ámbito de las energías renovables orientadas a la mejora de la calidad de vida de la sociedad	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gobierno del estado de Chiapas</li> <li>Instituto de Energías Renovables del estado de Chiapas</li> <li>Secretaría de Economía del estado de Chiapas – Comisión Estatal de Mejora Regulatoria</li> <li>FOMIX Conacyt - Gobierno de Chiapas</li> </ul>
	Energías Renovables con fines sociales	Centro de investigación para el diseño de turbinas hidráulicas	Proyecto de investigación aplicada para el desarrollo de turbinas innovadoras para el aprovechamiento de la energía cinética de los ríos de caudal variables.	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo de Sustentabilidad Energética</li> <li>PEI - INNOVAPYME</li> </ul>
		Desarrollo de estufas de leña ecológicas	Desarrollo de un proyecto de investigación aplicada para la identificación de plantas (vegetales) adecuadas a las regiones chiapanecas y el diseño/adecuación de estufas para su uso y para que éstas sean ahorradoras de leña.	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo de Sustentabilidad Energética</li> <li>PEI - INNOVAPYME</li> </ul>
		Microcentral fotovoltaica para comunidades alejadas	Crear de microcentrales fotovoltaicas con capacidad de generación de energía eléctrica para comunidades aisladas que se base en la corresponsabilidad gobierno- comunidad para el uso eficiente y sustentable de la energía	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo de Sustentabilidad Energética</li> <li>PEI - INNOVAPYME</li> </ul>
		Centro Interactivo de Energías Renovables para la difusión de las tecnologías limpias	Construir y equipar un Centro interactivo de enseñanza y difusión de las tecnologías de energías renovables y la aplicación de estas, con la finalidad de generar un cambio de paradigma sobre el uso de energías limpias versus las energías convencionales	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>FOMIX Conacyt - Gobierno de Chiapas</li> <li>SENER - Conacyt</li> <li>SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la</li> </ul>

ÁREA	NICHO ESTRATEGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	Descripción	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
					Energía
	Desarrollo de Recursos Humanos	Centro de educación a distancia en ecoteconologías y sustentabilidad	Creación de un centro piloto de transferencia de ecotecnologías con grupos locales (ONGs, Autoridades, usuarios, ...) que puedan acceder a la formación en línea y ser formadores de la población y construir capacidades locales en el empleo de las ecotecnologías	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía</li> <li>SEMARNAT - Programa de Subsidios a Proyectos de Educación Ambiental</li> </ul>
	Procesos industriales ecológicos	Introducción de fuentes renovables en procesos industriales	Programa de fomento de la promoción de procesos de "producción limpia" basados en las mejores tecnologías disponibles (BAT por sus siglas en inglés <i>best alternative technologies</i> ) en procesos industriales	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo de Sustentabilidad Energética</li> <li>SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía</li> </ul>
	Biocombustibles de segunda y tercera generación	Centro de Investigación en Bioenergía	Fortalecimiento del Centro de Investigación en Bioenergía de Tapachula para la integración del eslabón de transformación de la cadena de producción de biodiesel	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>SENER - Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía</li> <li>FOMIX Conacyt - Gobierno de Chiapas</li> </ul>

Fuente: Idom Consulting en base a datos de las mesas sectoriales y contribuciones del Comité de Gestión y Grupo Consultivo

Nota:

TP= tipología

P= Proyecto prioritario

C= Proyecto Complementario

## 7. APÉNDICES

### 7.1. Tendencias mundiales en Energías Renovables

El espectacular crecimiento del mercado de las energías renovables de la última década, junto con las inversiones realizadas en investigación y desarrollo, han contribuido a impulsar un crecimiento significativo de las innovaciones tecnológicas del sector. Como resultado de este desarrollo tecnológico, se han producido notables mejoras de rendimiento, escala y costes.

Según la clasificación de la OECD, el sector de Energías Renovables se sitúa como el 7º en intensidad tecnológica a nivel mundial, formando parte del grupo de industrias de tecnología media-alta junto con otros sectores como “Vehículos de motor, trailers y semi-trailers”, “Químicos”, “Equipos de transporte” y “Equipo y maquinaria”. Algunos nichos dentro del sector (por ejemplo las celdas solares) se pueden categorizar claramente como ámbitos de alta tecnología.

En relación a su capacidad productiva, la generación energética total de las renovables alcanzaron los 1.360 gw en 2011 (incluyendo 970 gw de producción hidroeléctrica), representado un cuarto de la producción energética mundial<sup>14</sup>. En términos de crecimiento, destacan la energía eólica y la solar térmica, que crecieron un 35% y un 74% respectivamente entre 2010 y 2011. Por otra parte, la solar fotovoltaica (FV) incrementó su volumen energético en un 20%. Adicionalmente, existen otras renovables en rápido crecimiento que han contribuido a alcanzar este volumen, como la biomasa y la energía geotérmica.

Actualmente, existen varias proyecciones sobre la capacidad de potencia energética global de las energías renovables. A continuación, se presentan los principales 5 escenarios que se contemplan a 2030. Según estas previsiones, la capacidad energética de la eólica aumentará entre 4 y 12 veces, la FV entre 7 y 25, la solar térmica entre 20 y 350, la

---

<sup>14</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies. 2013. Renewables Global Futures Report. Paris. 53 pp

biomasa entre 3 y 5, la geotérmica entre 4 y 15 veces, y la hidroeléctrica entre un 30% y un 80%.

**Ilustración 12 Escenarios sobre la Capacidad Energética Global de las Energías Renovables en 2030**

	HIDROELÉCTRICA	EÓLICA	SOLAR FV	SOLAR TÉRMICA	BIOMASA	GEOTÉRMICA	MARINA
	GW						
2006 (comparativo)	-	74	8	0,4	45	9,5	0,3
2011 (comparativo)	970	238	70	1,8	72	11	0,5
IEA WEO (2012) «New Policies»	1.580	920	490	40	210	40	10
IEA WEO (2012) «450»	1.740	1.340	720	110	260	50	10
IEA ETP (2012) «2DS»	1.640	1.400	700	140	340	50	20
BNEF GREMO (2011)	-	1.350	1200		260	30	-
IEA RETD (2010) «ACES»	1.300	2.700	1.000	120	340	-	-
Greenpeace (2012)	1.350	2.900	1.750	700	60	170	180

Fuentes: (REN21) Renewable Energy Policy Network for the 21st Century; (IEA WEO) International Energy Agency World Energy Outlook; (IEA ETP) International Energy Agency Energy Technology Perspective; (IEA RETD) International Energy Agency Renewable Energy Technology Deployment; (BNEF) Bloomberg News Energy Finance; Greenpeace

Tratándose de un sector tan diverso, conviene sectorializar a la hora de hablar de tendencias de innovación tecnológica:

### 7.1.1. Energía eólica terrestre

Se prevé que la energía eólica continúe siendo un fuerte mercado durante décadas. Entre las proyecciones más optimistas en la industria, destacan las que estiman una generación de alrededor de 1.000 GW en 2020<sup>15</sup>. Actualmente, el coste para la energía eólica terrestre ronda los 5-16 US cents/kWh, aunque en ciertas plantas se reduce a 4-5 cents/kWh. A día de hoy, la energía eólica terrestre es competitiva comparada con otras energías convencionales en ciertos territorios.

Entre las posibles innovaciones tecnológicas que se sucederán durante el futuro próximo, destacan el uso de nuevos materiales, reducción de peso (especialmente de las palas y los “nancelles”), torres de hormigón en lugar de acero, generadores de imanes permanentes (que reduce el desgaste en los trenes motrices), accionamientos directos, sustitutos de tierras raras (incluyendo generadores no magnéticos), perfiles de hoja deformables, una

<sup>15</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies. 2013. Renewables Global Futures Report. Paris. 14, p.54

vigilancia más exhaustiva, y presentación de informes de rendimiento y optimización más sofisticados.

Es posible que el sector de las turbinas avance en consonancia a como lo hizo el sector aeronáutico, que alcanzó cierta estabilidad en la década de 1970, incrementando en adelante su sofisticación y el rendimiento de sus elementos. Adicionalmente, existe un amplio potencial en el diseño y fabricación de pequeñas turbinas de bajo coste que atiendan a demandas energéticas a nivel local. Por otra parte, el transporte y la logística jugarán un mayor rol en el desarrollo del sector.

Por último, es preciso mencionar la convergencia de la industria con las Tecnologías de la Información. Muchas empresas líderes del sector son usuarios de supercomputadoras, manteniendo sistemas de monitoreo y mantenimiento sofisticados. En este sentido, el desarrollo tecnológico se enfocará a la aerodinámica/ dinámica de fluidos, evaluación de las condiciones del viento, y análisis del estado de las plantas eólicas.

---

### 7.1.2. Energía eólica off-shore

La tecnología de turbina eólica off-shore necesita un mayor desarrollo ya que en la actualidad, la mayoría de los aerogeneradores offshore se basan en tecnología de turbinas terrestres, que son modificadas para replicar actividades de otras industrias de alta mar. En general, la fiabilidad de las turbinas en alta mar es inferior a la de las turbinas eólicas terrestres. El coste actual de la energía eólica off-shore es de entre 11-22 cents/kWh. Para el periodo 2021-2035, se estima una reducción de costes que se sitúe en 6-9 cents/kWh<sup>16</sup>.

Las posibles innovaciones tecnológicas incluyen el desarrollo de sistemas flotantes off-shore, plataformas logísticas off-shore que puede dar servicio a sistemas enteros de aerogeneradores marinos, ciclos de vida más largos y de turbinas de mayor tamaño. Adicionalmente, se prevén innovaciones incrementales en las cadenas de suministro incluyendo los buques, las instalaciones portuarias, las operaciones y estrategias de mantenimiento y logística, la reducción del número de piezas móviles, nuevos conceptos de dos palas, turbinas sin engranajes, y un mayor enfoque en la fiabilidad y la logística para reducir los costes de operación y el tiempo de inactividad.

---

<sup>16</sup> International Energy Agency. *World Energy Outlook 2010*. Paris, 2010, p. 738

---

### 7.1.3. Solar fotovoltaica (FV)

Las proyecciones sobre el futuro de la energía FV son realmente optimistas. Expertos en el sector<sup>17</sup> estiman una capacidad energética de 400-800 GW en 2020, mientras que algunas previsiones excesivamente optimistas prevén que alcanzará los 8.000 gw en 2050. Si bien Europa representó el 75% del mercado mundial en 2011, se prevé que este porcentaje disminuya a menos del 50% antes de 2020 como consecuencia del crecimiento de China, Japón y otros países asiáticos. Respecto a su coste, en Europa este ronda los 22-44 cents/kWh para instalaciones situadas en azoteas y 20-37 US cents/kWh para instalaciones de gran escala.

Históricamente, los factores que han contribuido a la reducción de costes de la energía FV han sido la fabricación de obleas (“wafers” más delgados y con materiales menos costosos), abaratamiento de la deposición de capas atómicas, automatización de procesos, economías de escala y células más eficientes.

En el futuro, la reducción de costes de la FV podría venir desde varias direcciones: aumento de la eficiencia de células solares (entre el 20 y el 24% para el silicio cristalino y del 15% para capa fina en 2020, además de una amplia gama de productos fotovoltaicos con eficiencias entre el 5 y el 40% a partir de 2030); un mayor uso de capa fina (que representará cuotas de mercado de entre el 30-40% en 2020-2030, desde el 20% de 2010); desarrollo de polímeros fotovoltaicos y elementos fotovoltaicos orgánicos de bajo coste y menor eficiencia orientados a aplicaciones a nivel de usuario (a partir de 2020); utilización de materiales que abundan en la tierra para la fabricación de paneles (a partir de 2020); sustitución del uso de soportes de acero y por nuevos materiales de cimentación de menor coste, etc.

---

### 7.1.4. Solar térmica (CSP)

En comparación con la energía FV, la principal ventaja de la solar térmica es que ofrece mayores tiempos de almacenamiento energético. Actualmente, el coste de la energía solar térmica está en 19-29 cents/kWh. No obstante, se prevé que este sector se vea fortalecido considerablemente para finales de esta década, situándose en 7-11 cents/kWh

---

<sup>17</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies, obra citada, p. 56

en 2030<sup>18</sup>. Los expertos consideran que el sector dependerá hasta 2025-2030 de las políticas energéticas que lo sustenten, y estas lo priorizarán en función de la volatilidad o subida repentina de los precios del gas.

Las principales innovaciones tecnológicas se están dando en los cristales y reflectores, que representan alrededor del 20-40% del total de costes de capital, dependiendo del diseño de la planta. En esta línea cabe destacar la “tecnología de torre”, que supone una reducción del coste del heliostato en un factor de 2 a 3. Otro punto fundamental es el incremento de la disponibilidad de la tecnología, mediante la mejora e integración del almacenamiento.

Se estima un conjunto de innovaciones tecnológicas a lo largo de 2020-2030, que incluyen: adecuación de sistemas para trabajar a altas temperaturas (mayor eficiencia), mayor capacidad de almacenamiento, plantas supercríticas, desalinización mediante co-generación, plantas de “tecnología torre” con depósitos de aire y turbinas de gas.

A su vez, la evolución tecnológica del sector se producirá en forma de nuevas aplicaciones, algunas de las cuales están ya emergiendo: gestionar la variabilidad de las celdas y proporcionar potencia máxima utilizando el almacenamiento de energía térmica incrustada dentro de la planta CSP; construcción de plantas CSP dedicadas a alimentar plantas de desalinización en las zonas costeras; incrustar plantas CSP en instalaciones industriales para poder proveer calor para procesos industriales; desarrollar procesos de pre-calentamiento de agua para centrales eléctricas basadas en la combustión del carbón para reducir el consumo del mismo; integración con plantas de gas natural de ciclo combinado (ya están en activo); la producción de gas o de combustibles líquidos incluyendo el hidrógeno.

---

#### 7.1.5. Biomasa

Se estima que el uso de la bioenergía en todas sus formas se duplique o triplique en el año 2050<sup>19</sup> tanto para su utilización como energía, calor y transporte, además de su co-procesamiento con el carbón, o con el gas natural mediante captura y almacenamiento de

---

<sup>18</sup> International Energy Agency, obra citada, p. 688

<sup>19</sup> Riahi, K. et al. 2012. “Energy Pathways for Sustainable Development (Chapter 17).” In Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. and International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria, p. 1203–1306

carbono. Los expertos en la materia visualizan el desarrollo tecnológico futuro de la biomasa desde cuatro puntos de vista:

- **Suministro de Combustible:** Gran parte de su uso vendrá en formas estándar como gránulos o aceites bio-calefactores (de pirolisis/ torrefacción) que serán transportados internacionalmente y se extenderán masivamente en el mercado.
- **Conversión Anaeróbica de Biogás:** Constituye el segundo proceso más utilizado, donde se produce biogás a partir de plantas de aguas residuales, estiércol y residuos orgánicos, así como mediante nuevos materiales. Se desarrollarán nuevas aplicaciones para el transporte que requieran de un menor proceso de limpieza para su uso en motores.
- **Tecnologías de Calefacción:** Se estima un uso mucho mayor de este tipo de tecnologías, incluyendo las plantas de cogeneración, sistemas de calefacción urbana, sistemas de refrigeración para edificios comerciales y públicos, y calor para procesos industriales. Los sistemas de cogeneración futuros podrían desarrollarse a "pequeña o mediana escala" de 5 a 10 MW, en tamaños más pequeños de 1 MW, o tamaños más grandes de hasta 100 MW.
- **Integración con industrias agrícolas y forestales a través de bio-refinerías:** Todo apunta a que en el futuro se verán menos sitios de producción de bioenergía independientes. Se prevé una tendencia hacia sistemas de co-producción de usos múltiples, en el que co-produzcan azúcar, electricidad y biogás, se utilicen los residuos sobrantes de los fertilizantes, los productos químicos, biocombustibles, alimentos para animales, y otros productos químicos. Estas "biorrefinerías integradas" podría convertirse en parte del sistema de alimentos en 2020, orientadas a industrias de "base biológica" dirigidas a la alimentación, combustibles, productos químicos, textiles, papel y otros productos.

---

### 7.1.5. Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica ha sido una tecnología madura durante décadas y las proyecciones muestran costes estables para el futuro. La mayoría de escenarios muestran un crecimiento del mercado continuo para todas las formas de energía hidroeléctrica, especialmente en los países en desarrollo.

En el futuro, primará la expansión la energía hidroeléctrica de bombeo, particularmente como una forma de almacenamiento de energía, incluyendo el uso de turbinas de rápida reacción y las bombas de velocidad variable. A pesar de ser una tecnología madura, se

producirán innovaciones incrementales como tecnologías de accionamiento bombeado variable que redunden en mejoras de eficiencia, flexibilidad de las plantas.

Otros posibles desarrollos tecnológicos provienen del uso de agua salada en centrales hidroeléctricas de bombeo y almacenamiento en las regiones costeras, y centrales subterráneas de bombeo y almacenamiento. Adicionalmente, se están incorporando bombas de velocidad variable que aumentan la capacidad de bombeo hidráulico para proporcionar mayor flexibilidad a la red en escalas de tiempo más cortos.

---

#### 7.1.6. Energía geotérmica

La Energía Geotérmica se considera una tecnología madura y actualmente su coste ronda los 6-11 cents/kWh<sup>20</sup>. Algunos escenarios, muestran futuras disminuciones en los costes gracias a mejoras tecnológicas.

Hasta ahora, el uso de esta energía se limitaba a lugares con condiciones geológicas específicas. Sin embargo, gracias al intenso trabajo de investigación y desarrollo se han ampliado las zonas potenciales para explotarla. Por ejemplo, con la creación de grandes superficies de intercambio de calor subterráneo “Enhanced Geothermal Systems (EGS)” y con la mejora de la conversión de energía de baja temperatura “Organic Rankine Cycle”. En estos casos se podría hacer posible la producción de electricidad geotérmica en prácticamente cualquier lugar. Las centrales térmicas y de cogeneración de energía avanzadas también mejorarán el rendimiento de la electricidad geotérmica. Como gran parte de los costes de una planta de energía geotérmica proviene del proceso de perforación a gran profundidad, un mayor desarrollo tecnológico en ámbito de la perforación ayudará a incrementar su competitividad.

---

#### 7.1.7. Energías marinas

Las proyecciones de mercado en el ámbito de las energías marinas son difíciles de realizar debido a que la tecnología todavía no es comercial. A día de hoy, una serie de proyectos se encuentran en activo en todo el mundo, sobre todo en Escocia, Australia, País Vasco y Corea. El coste la energía del océano fue de 9-38 cent/kWh en 2009, dependiendo de la tecnología, y se proyectan posibles descensos en el futuro a 6-20 cents/kWh para la

---

<sup>20</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies, obra citada, p. 58

energía térmica oceánica, 9-30 cents/kWh para la energía de las mareas, y 8-30 cents/kWh para la energía de las olas.

Se estima que haya potencial para reducir los costes en las próximas décadas. Las áreas clave para el desarrollo tecnológico incluirán el diseño conceptual, la optimización de la configuración del equipo, la reducción de los costos de capital mediante materiales alternativos estructurales, precisión de la modelización numérica de generación de energía eléctrica, sistemas PTO, economías de escala y aprendizaje a partir de operaciones, etc.

A largo plazo, la energía oceánica tiene el potencial para convertirse en una de las formas más competitivas y efectivas desde el punto de vista de costes.

Por último, resulta de especial interés dedicar un párrafo a la cogeneración, entendida como el procedimiento de producción simultánea de energía eléctrica y térmica. Si bien no constituye una energía renovable *per se*, se trata de un proceso cuya principal ventaja es la eficiencia energética que supone ya que aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso.

La cogeneración utiliza diferentes combustibles principales como energía primaria. Por una parte, puede emplear combustibles fósiles: gas natural, derivados del petróleo o carbón, o una combinación de ambos. Por otra parte, es capaz de utilizar biomasa como combustible principal, entendido este como al menos el 90% de la energía primaria utilizada. Más concretamente, es posible la utilización de:

- Biogás procedente de vertederos controlados
- Bio-líquidos o el biogás generado en digestores procedente de cultivos energéticos o restos agrícolas
- Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola o forestal

En el caso específico de México, cabe destacar la posibilidad de desarrollar procesos de cogeneración a escala, que posibiliten una producción energética (eléctrica y térmica) más eficiente y rentable.