



# 2015

## PROSPECTIVA TECNOLÓGICA Y OCUPACIONAL DEL SECTOR FOTOVOLTAICO Y EÓLICO



Econ. Anthony Rodríguez Aponte  
Ing. José Raulín Narváez Pozo  
Ing. Willy Hernández Luján

Documento de Trabajo  
Lima – Perú  
Abril del 2015

## INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION .....	3
	Objetivos .....	4
	Justificación .....	5
II.	SITUACIÓN ACTUAL Y PROSPECTIVA DEL SECTOR DE ENERGÍA EN EL PERÚ .....	7
	Situación actual y prospectiva del sector de energía renovable en el Perú .....	10
	Ámbito Fotovoltaico.....	14
	Ámbito Eólico .....	16
III.	MODELO SENAI DE PROSPECTIVA .....	19
	Descripción y proceso de aplicación de la metodología .....	19
IV.	APLICACIÓN DEL MODELO SENAI DE PROSPECCIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR DE ENERGÍAS RENOVABLES .....	20
	Resultados de prospección tecnológica en el sector fotovoltaico.....	20
	Resultados de prospección tecnológica en el sector eólico.....	23
V.	APLICACIÓN DEL MODELO SENAI DE PROSPECCIÓN OCUPACIONAL EN EL SECTOR DE ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y FOTOVOLTAICA .....	25
	Resultados de prospección ocupacional en el sector fotovoltaico.....	28
	Resultados de prospección ocupacional en el sector eólico.....	29
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	31
	Conclusiones .....	31
	Recomendaciones .....	33
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
	ANEXO .....	35

## **I. INTRODUCCION**

Este documento de trabajo tiene como objetivo identificar las tendencias tecnológicas y ocupacionales que permitan ofrecer una fuente de información para los programas de planificación de largo plazo para la formación profesional en el ámbito de energía solar y eólica en el Perú.

Para ello, en la primera sección, se describe la situación actual y prospección de la producción de energía renovable al 2025 recogido de los informes de prospectiva del Ministerio de Energía y Minas del Perú. En esta sección, se evidencia que en los últimos 10 años, el PBI peruano creció en 86%, mientras que la producción de electricidad creció en 92%, con un crecimiento sostenido del 7% anual, concentrándose en gran medida por centrales hidroeléctricas, donde en la última década la matriz tiende a la diversificación, principalmente por fuentes de gas natural y en los últimos años por los recursos energéticos renovables (RER). Los estudios de prospección en producción de electricidad, manifiesta que la tendencias de décadas pasadas se mantendrán relativamente estables hasta el 2025, sin embargo manifiesta la importancia de desarrollar e intensificar los RER como mecanismo de ofrecer cobertura a las localidades rurales donde presentan mayor brecha de necesidades de electrificación, cuya programación al 2025 no debe superar el 5% del total de la matriz energética del país. Para ello el Estado está promoviendo la adjudicación de 500 mil paneles solares en los próximos años, motivo por el cual, el mercado demandará al menos 5000 técnicos en mantenimiento de estos equipos, asimismo la reservas de generación eólica son superiores a la fotovoltaica, promovido por la ejecución de 4 proyectos que potenciará más la generación de energía de este tipo. Es por ello que surge la necesidad de realizar una prospección tecnológica y ocupacional de estas dos fuentes de energía renovable

como nicho para desarrollar estrategias de “océano azul” a fin consolidar la posición que tiene SENATI en el país.

En la segunda sección se procede a determinar las tecnologías emergentes específicas en el sector de fotovoltaico y eólico a través de los resultados de la metodología de prospección del SENAI de Brasil, después de realizar dos talleres Delphi, se identifica las tecnologías emergentes que tendrá una difusión del 70%, tanto en el sector fotovoltaico y eólico, a fin de identificar el impacto que éstas tendrán en la demanda de nuevas ocupaciones o reformular las actuales.

En la última sección se determina los resultados de prospección ocupacional del sector fotovoltaico y eólico a través de la metodología de prospección del SENAI. En la primera parte del taller se obtuvo la TEE, en una segunda ronda las tecnologías de mayor impacto y luego en una tercera ronda la prospectiva ocupacional, identificando el impacto de las TEE en las actividades que ganarán importancia, en las actividades que perderán el importancia; para obtener como producto final, nuevas ocupaciones y actividades del sector fotovoltaico y eólico para los próximos 10 años.

## **Objetivos**

Objetivo general:

- Identificar tendencias tecnológicas y ocupacionales que permitan ofrecer una fuente de información para los programas de planificación de largo plazo para la formación profesional en el ámbito de energía solar y eólica en el Perú.

Objetivos específicos:

- Conocer la situación actual y prospección de producción de energías renovables en el Perú al 2025 con énfasis en el ámbito fotovoltaico y eólico.
- Determinar las tecnologías emergentes específicas en el sector de energías renovables de fotovoltaico y eólico como resultado de la metodología de prospección del SENAI de Brasil.
- Determinar los resultados de prospección ocupacional del sector fotovoltaico y eólico como resultado de la aplicación del modelo SENAI de Brasil.

### **Justificación**

Más de la mitad de la matriz energética en el Perú está conformado por fuentes de energía renovables, principalmente por fuentes de cuencas hidrográficas, debido a las virtudes geográficas y fluviales que facilita que dicha tecnología sea rentable.

Actualmente el Perú tenía una cobertura eléctrica del 90% a nivel nacional y 70% a nivel rural dónde la conexión a las redes de distribución general son más difíciles de alcanzar, dado a lo accidentado de su geografía, motivo por el cual, los recursos energéticos renovables (RER) como los fotovoltaicos, eólicos, micro centrales hidroeléctricas, son una interesante solución para cerrar tales brechas, sea a través de la generación distribuida, las micro redes, Etc. Estas tecnologías ofrecen una solución óptima en los sistemas aislados, permitiendo alcanzar cerrar la brecha y alcanzar el 100% de cobertura de electrificación a nivel nacional, meta que el Estado establece en sus programas de planificación.

Identificado este nicho, surge la necesidad de realizar una prospectiva tecnológica y ocupacional de fuentes de energía fotovoltaica y eólica a fin de que SENATI como el principal centro de formación técnica del país y cualquier otra institución pública o privada pueda invertir sus recursos para ofrecer servicios que pueda satisfacer las próximas demandas empresariales.

La importancia de este informe radica en mapear las tendencias de producción, identificar las tecnologías que se incorporarán en el Perú así como las necesidades ocupacionales que están requiriendo, con el propósito de preparar el camino para el futuro adaptándolo como objetivo deseable y posible para la planificación a largo plazo.

## **II. SITUACIÓN ACTUAL Y PROSPECTIVA DEL SECTOR DE ENERGÍA EN EL PERÚ**

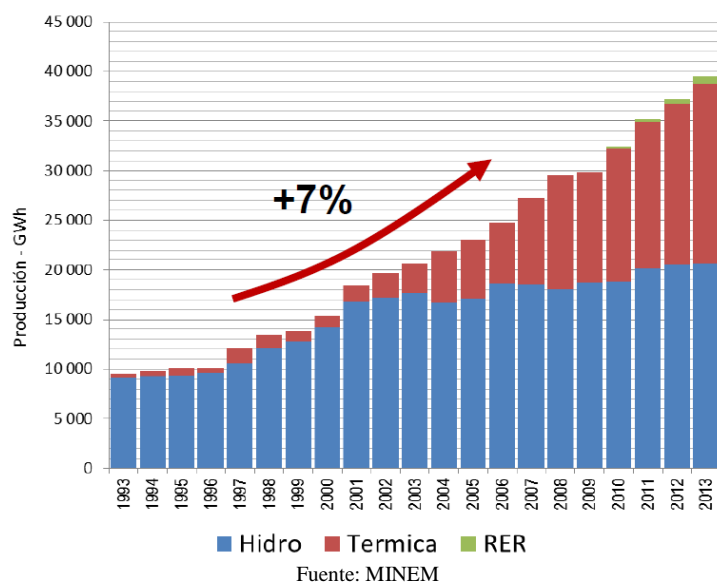
El crecimiento peruano de la Demanda Interna Peruano en los últimos 10 años ha impulsado que el sector de energía crezca a tasas que superen el ritmo de crecimiento económico del país. Motivo por el cual el Estado ha venido promoviendo inversiones para ampliar y diversificar la matriz energética del país.

En el periodo 2003-2013, el PBI peruano creció en 86% y la producción de electricidad en 92%; en dicha década, el crecimiento económico tuvo un respaldo de suministro de energía debido principalmente al gas natural, que permitió atender las necesidades de crecimiento empresarial y doméstico.

En cuanto a consumo energético, el Perú representa a junio del 2014, el 0,17% de la demanda global de energías primarias y el 3,26% del total de la región Latinoamérica, que tiene al petróleo como combustible dominante. (MINEM-COP 20, 2014)

En el presente gráfico se observa la tendencia de la producción nacional de electricidad desde 1993, ha crecido sostenidamente a un ritmo del 7% anual, concentrándose en gran medida por centrales hidroeléctricas, sin embargo desde la década del 2000, se observa que cada vez logra tener una mayor participación la producción de electricidad por fuentes térmicas impulsado en gran medida por gas natural; y a partir del 2011 a la fecha, se logra vislumbrar los RER (recursos energéticos renovables excluyendo las hidroeléctricas), teniendo una participación tímida del 2% en la actualidad.

Gráfico N°1: Tendencia de la Producción Nacional de Electricidad



De acuerdo a los estudios de prospectiva al 2025 realizado por el Ministerio de Energía y Minas del Perú<sup>1</sup>, establece que “la dependencia a los combustibles fósiles seguirá siendo determinante, y la contribución de los hidrocarburos líquidos y gaseosos en la matriz energética alcanzará el 76%... la contribución de las energías renovables no convencionales (solar, eólica, geotermia) aún será pequeña; sin embargo, las energías renovables convencionales (hidroelectricidad) continuarán con una participación alta” (MINEM, 2014).

<sup>1</sup> Para el desarrollo de la prospectiva al 2025, se ha considerado los siguientes supuestos: Se asume que el PBI continuará incrementándose a tasas relativamente altas, que los precios del crudo bajen y que las reservas sean suficientes para soportar la oferta, con crecimientos del PBI del 4,5% y 6,5%.

Al mismo tiempo se continuará con las políticas de:

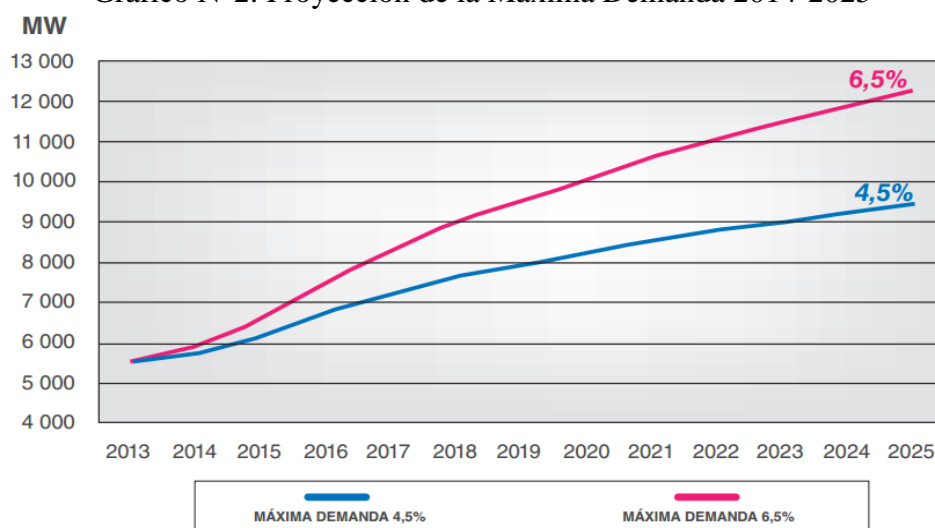
- Eficiencia Energética en los sectores residencial, transporte e industrial.
- Masificación del Gas.
- Cobertura eléctrica cercana al 100%.
- Incremento de la contribución de las RER al 5%.
- Mantener un balance hidro/gas en el mix de generación eléctrica.
- Modernización de la Refinería de Talara y establecimiento de una Red de Ductos de Gas Natural.
- Iniciar la Petroquímica.



La década del 2014-2025 se espera que la mayor proporción de energía eléctrica provenga de la hidroelectricidad, incrementándose la participación de fuentes renovables no convencionales, manteniendo la tendencia desde los últimos 20 años. La generación termoeléctrica del nodo energético del sur del Perú ya se ha comenzado con más de 2000 MW en ciclo combinado, “*se estima que su crecimiento estará basado principalmente en el desarrollo de los proyectos mineros e industriales, y en la facilitación de estas inversiones, así como en el desarrollo de las principales ciudades en las regiones del país*” (MINEM, 2014).

En un escenario de crecimiento del 4.5% del PBI se espera que la demanda actual de 5,800 MW crezca a 9,500 MW al 2025. En el supuesto de que el crecimiento del PBI sea del 6.5% del PBI se espera que la demanda alcance hasta los 12,300 MW al 2025. Entre el 2014 y 2017 se espera que la demanda crezca a tasas mayores de 6.6%, para que posteriormente baje el ritmo en espera de nuevos proyectos, tal como se puede observar en el presente gráfico<sup>2</sup>.

Gráfico N°2: Proyección de la Máxima Demanda 2014-2025



Fuente: MINEM 2014

<sup>2</sup> Las nuevas centrales de generación hidroeléctrica se irán incorporando al 2018 (aproximadamente 2000 MW en actual construcción). Adicionalmente, para los años 2020 y 2021 estarán en operación los 1200 MW de generación hidroeléctrica licitados durante el 2014.

En el ámbito de la cobertura eléctrica, actualmente se cuenta con el 91% de electrificación, pero al 2025 se espera alcanzar la cobertura a cifras cercanos al 100% mediante redes convencionales instaladas en lugares de fácil acceso, y mediante sistemas fotovoltaicos off-grid (fuera del sistema interconectado) para las poblaciones alejadas; los recursos renovables no convencionales que elevarán su contribución al 5%, evidenciando el compromiso por desarrollar este tipo de fuentes de energía. (MINEM, 2014).

### **Situación actual y prospectiva del sector de energía renovable en el Perú**

Las energías renovables se obtienen de fuentes naturales e inagotables; sin embargo, cuando nos referimos a energía renovables en el Perú, debemos diferenciar, entre energía renovables convencionales y energía renovables no convencionales.

El Perú es un país que cuenta con un gran potencial para generar electricidad a partir de energías renovables: hidráulica en la sierra y selva, eólica en la costa, solar térmica de alta temperatura en todo el territorio, solar fotovoltaica y solar térmica en la costa y sierra (MINEM-COP 20, 2014).

Las fuentes de energías renovables convencionales están conformadas en gran medida por hidroenergía de la cual el Perú tiene un potencial cerca de 70,000 MW, superando 11 veces más la capacidad instalada actual, ello conlleva ineficiencias en el uso de recursos de las cuencas hidrográficas para la generación de energía eléctrica.

Al cierre del año 2013, se registró en el Perú 3,295 MW de potencia efectiva hidráulica en el SEIN, que participa del mercado eléctrico nacional, su capacidad se incrementó en 636 MW en los últimos 10 años (crecimiento del 22%) cifra insuficiente para mantener las proyecciones de crecimiento de la producción nacional en el Perú, el cual. En la

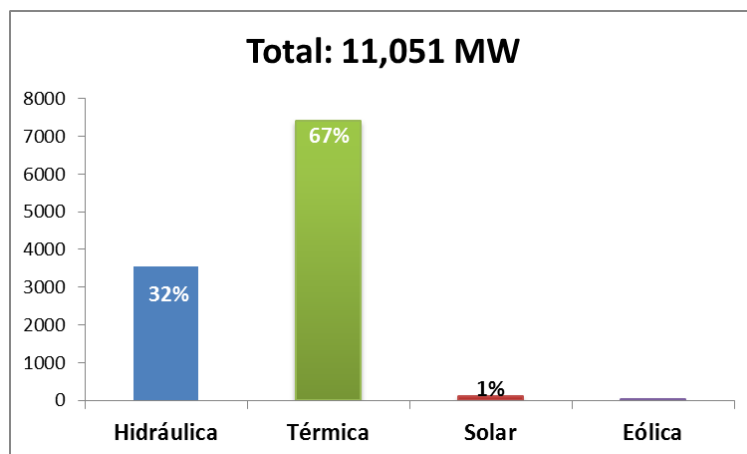
actualidad tiene el 52% de participación, siendo complementada por el gas natural. Motivo por el cual la matriz de producción eléctrica del Perú está conformada en más de la mitad por fuentes renovables (MINEM-COP 20, 2014).

Las fuentes de energía renovable no convencionales, están conformados por generadoras eólicas, solares fotovoltaicas, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las mini centrales hidroeléctricas.

El aprovechamiento de la energía renovables no convencionales en el Perú puede optimizarse a través del abastecimiento de energía eléctrica por medio de una microred, que por lo general procede de sistemas: fotovoltaicos, híbridos de energía eólica, biomasa y micro centrales hidroeléctricas; este último sistema tiende a ser un sistema más óptimo que los demás. La microred incluyendo el *“hidrogenerador cubre las necesidades de una comunidad y constituye en ese sentido una solución óptima, económica y rentable en los sistemas aislados”* (Levesque, 2014); ello explica que su participación pasó de un 0,77% en el 2011 a un 1,45% en el 2013.

En el presente gráfico, podemos observar la distribución actual de potencia instalada de energía eléctrica por fuente de origen, el cual evidencia que la solar y la eólica mantienen cifras muy reducidas, sin embargo la importancia de invertir en dichas fuentes responde a la versatilidad que cuentan, principalmente la solar, para ser instaladas a las poblaciones rurales que carecen de una red de distribución.

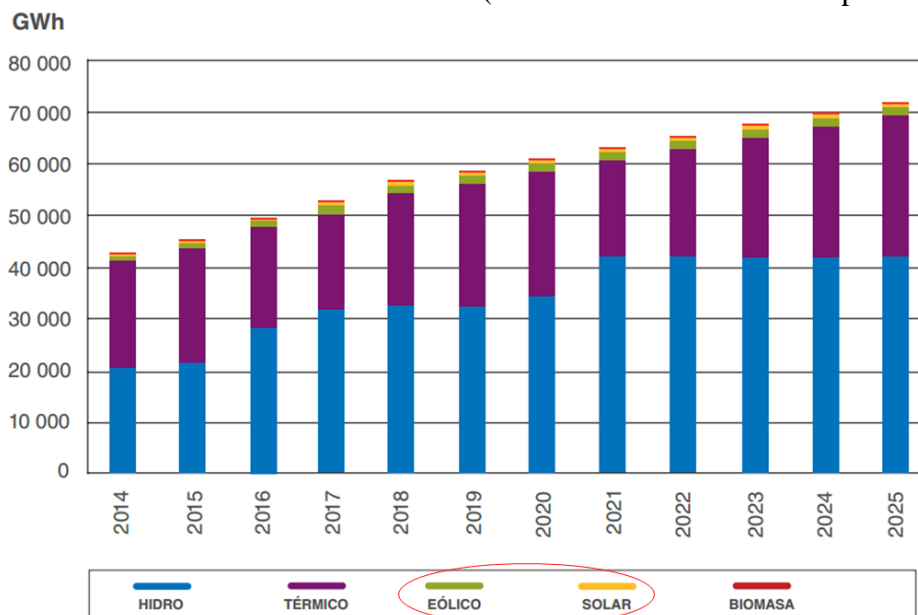
Gráfico N°3: Distribución de potencia instalada por fuente de origen 2013



Fuente: MINEM

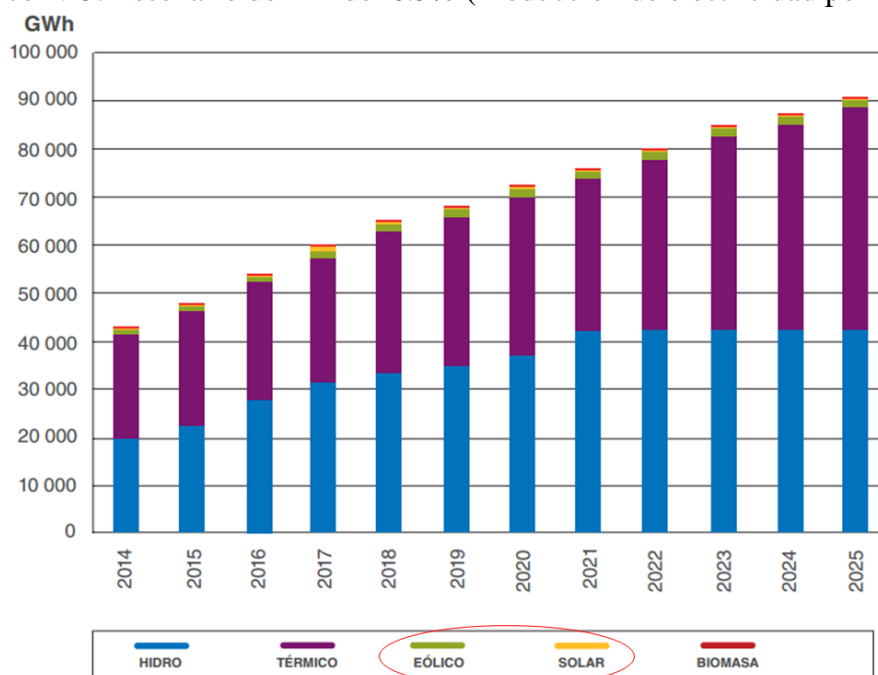
De acuerdo a la prospectiva de energía renovable no convencionales (eólica, solar, biomasa, etc.) aportarán el 5% comprometido mediante Decreto Legislativo- DL 1002. Esta cifra se mantiene para cualquier escenario de crecimiento (4.5% y 6.5%), tal como se puede observar en el presente gráfico.

Gráfico N°4: Escenario de PBI del 4.5% (Producción de electricidad por fuente)



Fuente: MINEM

Gráfico N°5: Escenario de PBI del 6.5% (Producción de electricidad por fuente)



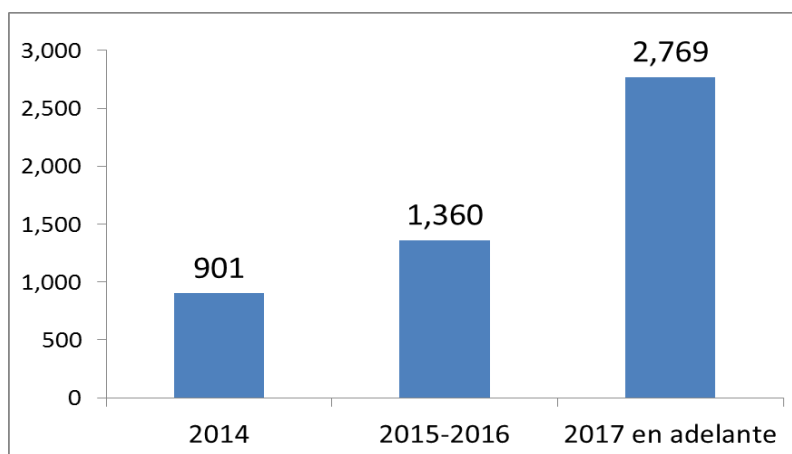
Fuente: MINEM

A pesar de que la participación del 5% comprometido para los RER no convencionales es insignificante, esta cifra se sustenta en los estudios de simulación que realizó el Ministerio de Energía y Minas, el cual explica que una participación mayor a esta cifra, se incrementarían el costos medio de la generación eléctrica, generando “desconomía de escala”:

[Si se incrementa] la participación de las centrales renovables no convencionales (eólica, solar, etc.) progresivamente hasta alcanzar un participación de 20 % en el total de la generación al 2025 en conjunto con las hidroeléctricas < 20 MW; resultando que para ambos escenarios el costo medio de generación eléctrica del sistema se incrementaría en 10 US\$/MWh (aumento de 20% de los precios actuales) descartándose por el momento su inclusión por el impacto resultante, para su evaluación posterior en futuros planes (MINEM, 2014).

Es por ello que las proyecciones de energía por RER se esperan incrementar paulatinamente hasta los 2,769 GWh/año a partir del 2017 en adelante, tal como se puede observar en el presente gráfico.

Gráfico N°6: Proyección de Ingreso de Energía por Energía No Convencional  
2014-2025 (GWh/año)



Fuente: MINEM

### Ámbito Fotovoltaico

En el Perú existen cerca de 30 millones de habitantes de los cuales el 25% forman parte de la población rural, de este porcentaje, el 35% no cuentan con energía eléctrica, es decir, cerca de 3 millones de personas en el Perú no cuentan con acceso a la red interconectada de electricidad (INEI 2014).

Es por ello que las ventajas de los sistemas fotovoltaicos en la generación distribuida<sup>3</sup> para autoconsumo (es decir en el sitio mismo que se consume tiene ventaja) logra ser adecuada a la realidad geográfica para los entornos rurales del país.

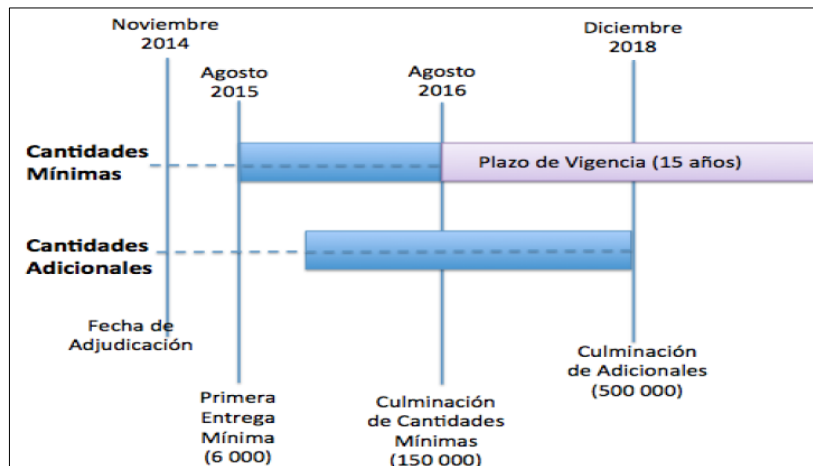
---

<sup>3</sup> También es conocida como generación descentralizada, generación dispersa o generación in-situ. Por lo general son a pequeña escala y están conectadas a la red de distribución de baja tensión.

En el 2011, la producción de energía con tecnología solar era casi nula, sin embargo comenzó a incrementarse progresivamente para llegar a ser 0,15% en el 2012 y 0,50% en el 2013, y con fuertes expectativas de crecimiento en los próximos años a fin de contribuir a alcanzar el 5% del consumo nacional de electricidad para la producción de electricidad con RER no convencionales. En el 2013 aportó un total de 196 GW.h, al incrementarse en 229% respecto al 2012 (MINEM-COP 20, 2014).

El Estado está promoviendo la adjudicación de los sistemas fotovoltaicos que permitirá subir en no menos del 6% a nivel nacional y 26% a nivel rural, es por ello que en una primera etapa se proveerá electricidad hasta 150 mil familias con sistemas fotovoltaicos; y en una segunda etapa se podrá ampliar hasta medio millón de familias beneficiadas; hay que resaltar que esta subasta marca una diferencia respecto a otras convocatorias, debido a que no se ha comprado un sistema fotovoltaico ni se ha contratado la instalación de un panel, la subasta otorga el suministro de electricidad por 15 años, con el empleo de energía solar, incluido el mantenimiento y el reemplazo de los equipos, cumplida su vida útil y por fallas, lo que le da sostenibilidad a la inversión y por otro lado, la demanda de técnicos en tecnología fotovoltaica.

Gráfico N°7: Plazos de la Subasta RER de Fotovoltaicos



Fuente: MINEM

Asimismo la proyección de inversiones en tecnología fotovoltaica, se evidencia claramente los compromisos de intensificar dicha tecnología y por ende el capital humano que pueda mantener su sostenimiento operativo.

Gráfico N°8: Proyeccion de inversiones en tecnología fotovoltaica



Fuente: BID

### Ámbito Eólico

La difusión del recurso eólico como fuente de energía renovable existente sobre el territorio del Perú ha permitido identificar las zonas más apropiadas para estudiar su explotación. Una de estas zonas se encuentra en el norte del País, a lo largo de la costa del departamento de Piura, y presenta un máximo de viento medio anual en el sur de la región. Siguiendo hacia el sur por la costa, el departamento de Lambayeque también es interesante en cuanto a recurso eólico, así como algunas zonas del norte de La Libertad. También los departamentos de Ancash, Lima y Arequipa contienen ciertas áreas cercanas a la costa que son propicias para el aprovechamiento de la energía eólica, pero el departamento que más destaca por registrar promedios climáticos de viento



especialmente altos es Ica, cuya línea costera supera los 8 m/s de viento medio anual en varias zonas.

Hacia el interior, las zonas con abundante recurso eólico se reducen a algunas áreas próximas a la cordillera de los Andes, mientras que las regiones cubiertas por bosque tropical presentan los promedios de viento más bajos del país. De los departamentos del interior, Puno es el que tiene una mayor extensión de terreno con viento anual superior a 4 m/s, llegando incluso a superar los 5 m/s en numerosos sistemas montañosos y en la orilla norte del lago Titicaca. Algunas zonas montañosas del sur de Cuzco y el norte de Arequipa también alcanzan estos promedios, así como amplias zonas de los departamentos de Ayacucho, Huancavelica y el este de Lima, la mayoría de difícil acceso debido a la orografía. Más hacia el norte, desde el interior de Ancash hasta el límite entre Cajamarca y Piura, los valores de viento medio sobre la cordillera de los Andes se encuentran entre los más altos de Perú, con el inconveniente de la difícil accesibilidad.

Se estima que el potencial eólico en Perú estaría sobre los 77,000 MW y que en forma aprovechable pueden obtenerse más de 22,000 MW. El mayor potencial eólico se encuentra en la costa peruana, debido a la fuerte influencia del anticiclón del Pacífico y de la cordillera de los Andes, que generan vientos provenientes del suroeste en toda la región de la costa. Las regiones con mayor potencial para el desarrollo de proyectos de energía eólica son: Ica, Piura y Cajamarca (MINEM, 2014).

Actualmente este tipo de tecnologías ha logrado alcanzar 746 MW, de acuerdo a las subastas realizadas, se evidencia que los parques eólicos superan a la solar en 232MW y 987 MW respectivamente.

En el presente cuadro se observa la subasta de los 4 parques eólicos, el cual el Parque Eólico Tres Hermanas en Ica se convirtió en la más grande adjudicación.

Cuadro N°1: Proyectos de Centrales Eólicas

Proyecto/Fase	CENTRAL EÓLICA		
	Construcción	Operación	Energía Anual (MW.h)
	Potencia Instalada (MW)		
Cupisnique (La Libertad)	80		302,952
Parque Eólico Marcona (Ica)		32	148,378
Parque Eólico Tres Hermanas (Ica)	90		415,760
Talara (Piura)	30		119,673
TOTAL	200	32	986,763

Fuente: MINEM

### **III. MODELO SENAI DE PROSPECTIVA**

#### **Descripción y proceso de aplicación de la metodología**

El estudio de Energía renovable de fuente fotovoltaica y eólica se realizó siguiendo el Modelo de Prospección del Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial de Brasil transferido a través del taller “Anticipación de necesidades de formación. Transferencia del modelo SENAI de prospectiva” desarrollado por CINTERFOR en Montevideo, Uruguay, 2014.

En la primera parte sobre metodología de prospectiva laboral cualitativa se tomó la opinión de expertos en tecnologías y tendencias que dinamizarán el desarrollo del sector de energía renovable en el Perú en los próximos años y la percepción que tienen sobre las tendencias de cambio en los aspectos tecnológicos y organizacionales que se prevé impactarán el futuro del sector. Esto permitió la construcción de escenarios que posibiliten anticiparse a las necesidades de formación de recursos humanos futuros.

La metodología incluyó el levantamiento de información primaria a partir de la aplicación de un taller Delphi con expertos en generación y comercialización de equipos para generación eólica y fotovoltaica, y la realización de paneles y entrevistas semiestructuradas a expertos, lo cual permitió tener una idea clara del comportamiento prospectivo del sector y recolectar información sobre la futura demanda laboral.

Previamente se realizó una valoración cualitativa de los sectores tecnológicos de la industria peruana que podrían ser afectados con nuevos cambios tecnológicos, siendo el de generación de energía de fuente renovable un sector crítico por los últimos acontecimientos en materia energética en el Perú.

En la primera etapa se aplicó el método Delphi para identificar las tendencias tecnológicas y organizacionales que impactarán al sector en el futuro; en la segunda y tercera etapa se recurrió a la metodología de panel de expertos para identificar las ocupaciones que se verán impactadas por las tecnologías que se difundirán en los próximos años, al tiempo en que se identifican las actividades, conocimientos, habilidades y aptitudes que se requerirán en cada una de las ocupaciones identificadas dentro del estudio. A su vez, se realizaron una serie de entrevistas personalizadas a jefes del área técnica de las empresas que se consultaron en el transcurso del estudio, para complementar esta última etapa.

#### **IV. APLICACIÓN DEL MODELO SENAI DE PROSPECCIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR DE ENERGÍAS RENOVABLES**

##### **Resultados de prospección tecnológica en el sector fotovoltaico**

La demanda de técnicos especialista en instalación y mantenimiento de equipos fotovoltaico se basó en opinión experta del Ministerio de Energía y Minas, en base a las adquisiciones de 500 mil paneles solares, cuya demanda de técnicos se estima en una tasa de 100 paneles solares por cada técnico especialista en la materia.

En el estudio, se utilizó dos grupos de trabajo, el primer grupo de expertos llamado Grupo Ejecutor (GE) se encargó de dar los lineamientos en las diversas etapas del proceso prospectivo y validó la formulación y resultados que se obtuvieron a las respuestas del cuestionario. Un segundo grupo de especialistas Delphi a quienes se les aplicó este instrumento a fin de obtener sus opiniones para llegar a una convergencia o respuesta concordada respecto a la generación eólica y fotovoltaica. Tanto el GE como

el de especialistas fueron conformados por reconocidos expertos en el tema, y se caracterizaron por tener el perfil técnicos, conocimientos y experiencia de campo.

En la primera parte se desarrolló un taller Delphi con el objeto de buscar la opinión de los expertos relacionadas con tecnologías del sector de energía renovables. El taller estuvo conformado por 10 especialistas del sector que abordaron el estudio de prospectiva del sector de energías renovables. De esta forma, se determinó las tecnologías de mayor difusión en el futuro. Una vez tabulados y validados los resultados de las encuestas Delphi, se obtuvieron las tecnologías emergentes sobre las cuales se realizó el panel de impactos ocupacionales, con el objeto de definir cuáles serán las nuevas ocupaciones, nuevas funciones para las ocupaciones existentes, ligadas a las tecnologías susceptibles de emerger en un periodo de 10 años en el sector de generación eléctrica.

Los resultados que se obtuvieron de esta primera ronda de preguntas en el Delphi, fueron en dos áreas, de generación: fotovoltaica y eólica:

Cuadro N° 2: Tecnologías emergentes en generación fotovoltaica

Tecnologías Emergentes Específicas	
•	Paneles solares
•	Inversores autoconmutados con salida en baja tensión (100 VAC a 400 VAC) para la conexión a la red eléctrica(CR)
•	Inversores autoconmutados y conmutados por transistores IGBT para la conexión a la red eléctrica (CR)
•	Obtención de energía a través de sistemas fotovoltaicos en células concentradoras de energía solar
•	Obtención de energía a través de sistemas fotovoltaicos en células solares multiunión
•	Obtención de energía a través de sistemas fotovoltaicos que utilizan la tecnología de film delgado.

<b>Tecnologías Emergentes Específicas</b>
• Filmes triples
• Inversores
• Acumuladores de energía
• Net metering
• Módulo de film fino rígido/flexibles
• Concentrador fotovoltaico

En una segunda ronda del taller Delphi, habiéndose definido las áreas y las tecnologías relacionadas al sector se entregan las preguntas al grupo de 10 especialistas que fueron validadas por el grupo ejecutor para que resuelvan y determinen cuáles serán las tecnologías de mayor difusión en los próximos 10 años. Producto de esta nueva ronda, el estudio determinó en el cuadro adjunto cuáles serán las tecnologías emergentes que tendrán una difusión de un 70%, su impacto en la formación de técnicos y la capacidad de inversión por sus altos costo que a la fecha se tienen. Los resultados que se obtuvieron de las tecnologías validadas en esta primera ronda de encuestas Delphi, del área de fotovoltaicos, se describen a continuación:

Cuadro N° 3: Tecnologías de mayor difusión en generación fotovoltaica

<b>Tecnologías Emergentes Específicas</b>
• Módulos fotovoltaicos
• Obtención de energía a través de sistemas fotovoltaicos en células concentradoras de energía solar
• Obtención de energía a través de sistemas fotovoltaicos en células solares multiunión
• Cableado de sistema fotovoltaico
• Inversores
• Acumuladores de energía
• Concentrador fotovoltaico

## Resultados de prospección tecnológica en el sector eólico

En esta parte de la encuesta Delphi está referida al grupo ejecutor (GE) en la realización de varias preguntas, relacionadas con tecnologías del sector de energía renovables, en mención. Los resultados que se obtuvieron de esta primera ronda del taller Delphi, conformados por 10 especialistas del sector, se obtuvieron dos áreas, de las cuales mencionaremos el área de generación eólica como se describen a continuación:

Cuadro N° 4: Tecnologías emergentes en generación eólica

Tecnologías Emergentes Específicas
• Obtención de energía por medio de sistemas eólicos on shore
• Obtención de energía por medio de sistemas eólicos off shore
• Obtención de energía por medio de aerogeneradores que utilizan turbinas de gran porte con rotor horizontal de tres aspas con control de grado de inclinación
• Aerogeneradores de 10 KW en sistemas aislados
• Aerogeneradores de 50 KW
• Transformadores de potencia para compensar los reactivos en grandes parques eólicos
• Torres Híbridas y Torres de Hormigón
• Inversores inteligentes en sistemas híbridos solar-eólico para una administración más inteligente de las fuentes de generación y control de demanda
• Nuevos inversores y convertidores de frecuencia
• Sistemas de control inteligentes en grandes parques eólicos para la conexión con la red eléctrica
• Incorporación de productos poliméricos
• Incorporación de productos cerámicos
• Aspas inteligentes con control pasivo
• Fibra de carbono destinadas a la fabricación de aspas más livianas y resistentes
• Imán permanente en neodimio para máquinas eléctricas de alto desempeño
• Aspas en rotores horizontales optimizados para los vientos estándar en Perú.

Culminada la primera parte de la encuesta Delphi donde se definieron las áreas y las tecnologías relacionadas al sector, se entregaron las preguntas al grupo de 10

especialistas, las preguntas validadas por el grupo ejecutor para que resuelvan y determinen cuáles serán las tecnologías de mayor difusión de en los próximos 10 años. Asimismo el estudio determinó que las tecnologías descritas en el cuadro adjunto tendrán una difusión de un 50% en los próximos 10 años y su impacto ocupacional en los técnicos y de capacidad de inversión. Los resultados que se obtuvieron de las tecnologías validadas en esta segunda ronda de encuestas Delphi, del área de eólicos, se describen a continuación:

Cuadro N° 5: Tecnologías emergentes en generación eólica

<b>Tecnologías Emergentes Específicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de energía por medio de sistemas eólicos on shore</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de energía por medio de aerogeneradores que utilizan turbinas de gran porte con rotor horizontal de tres aspas con control de grado de inclinación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeneradores de 10 KW en sistemas aislados</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeneradores de 50 KW</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformadores de potencia para compensar los reactivos en grandes parques eólicos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de control inteligentes en grandes parques eólicos para la conexión con la red eléctrica</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspas inteligentes con control pasivo</li> </ul>



## **V. APLICACIÓN DEL MODELO SENAI DE PROSPECCIÓN OCUPACIONAL EN EL SECTOR DE ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y FOTOVOLTAICA**

La prospectiva ocupacional, entendida como la anticipación valorada para el sector de generación de energía eólica y fotovoltaica, permite adelantarnos entre 5 y 10 años a las necesidades ocupacionales de acuerdo a la incorporación de la tecnología a los diversos procesos y con ello, poder adelantarnos, a través de la formación del recurso humano que requerirá nuestro país en los próximos años.

La prospectiva ocupacional, se basa en el análisis y observación del mercado de trabajo así como en el análisis de las tendencias tecnológicas, económicas, y sociales, para establecer necesidades de formación profesional y asegurar su adecuación con el empleo. Este tipo de estudios, además permite, adoptar acciones para ajustar la oferta de formación a las necesidades futuras para asegurar una mayor pertinencia entre empleos y cualificaciones.

El modelo SENAI define la etapa de los impactos ocupacionales como una fase posterior a la prospección tecnológica que tiene por objetivo identificar y evaluar, con expertos y representantes los sectores involucrados y los probables cambios en los perfiles profesionales o nuevos perfiles profesionales derivados de la introducción de las TEE.

La técnica sugerida para el proceso es el panel de especialistas, entendida como el trabajo técnico con un grupo de expertos del sector. El procedimiento seguido fue

convocar a 10 especialistas en el tema en un taller Delphi. En la primera parte del taller se obtuvo la TEE, en una segunda ronda las tecnologías de mayor impacto y luego en una tercera ronda la prospectiva ocupacional.

En el siguiente cuadro se observa las actividades vinculadas a la ciencia de la energía eléctrica, su generación, máquinas eléctricas, sistemas de generación, circuitos eléctricos, redes, sistemas de transmisión de energía y de control se ven fortalecidas por la presencia de tecnologías específicas emergentes determinadas por los expertos.

Cuadro N°6: Impacto de las TEE en las actividades que ganarán importancia

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
1. Actividades, conocimientos, habilidades y capacidades actuales que ganarán importancia en la actuación de generación eólica y fotovoltaica			
Actividades	Conocimientos	Habilidades (Skills)	Capacidades (abilities)
Energía Eléctrica	Fundamentos de electricidad	Comprender los fundamentos tecnológicos de la energía eléctrica	Aplica los fundamentos de energía eléctrica
Circuitos eléctricos	Fundamentos de circuitos eléctricos	Comprender los diferentes tipos de circuitos eléctricos	Diseña, instala y mide los parámetros en los circuitos eléctricos
Mantenimiento de circuitos eléctricos	Técnicas de mantenimiento de circuitos eléctricos	Conocer el funcionamiento y mantenimiento de circuitos eléctricos	Realiza mantenimiento de circuitos eléctricos
Sistemas de control energía eléctrica	Fundamentos de sistemas de control eléctrico	Comprender las variables y los sistemas de control de energía eléctrica	Realiza el control de variables en la generación y transmisión de la energía eléctrica
Sistemas de generación de energía eléctrica	Sistemas de generación eléctrica	Comprender el funcionamiento de los generadores eléctricos	Instala y opera generadores eléctricos individuales y en redes

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
Sistemas de transmisión eléctricos	Fundamentos de redes de transmisión de energía eléctrica	Comprender los sistemas o redes de transmisión eléctrica interconectados	Realiza la instalación, mantenimiento de interconexiones de redes eléctricas interconectadas
Sistemas de distribución eléctrica	Redes de distribución de energía eléctrica	Comprender los fundamentos para la instalación y mantenimiento de redes eléctricas	Realiza el mantenimiento de sistemas de transmisión energía eléctrica
Eficiencia energética	Fundamentos de consumo de energía en máquinas eléctricas	Comprender el funcionamiento de las máquinas y sistemas eléctricos	Optimiza la eficiencia de los sistemas eléctricos

Por el contrario, como se aprecia en el siguiente cuadro, actividades vinculadas a la generación de energía de fuentes térmicas y fósiles se verán disminuidas. Mezclas combustibles procedentes del petróleo, gas natural y sus derivados perderán fuerza en los siguientes 10 años, así como las actividades de remoción de calor de combustión y operación y mantenimiento de quemadores industriales y domésticos.

Cuadro N°7: Impacto de las TEE en las actividades que perderán importancia

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
2. Actividades, conocimiento, habilidades y capacidades actuales que perderán importancia en la actuación de generación eólica y fotovoltaica			
Actividades	Conocimiento	Habilidades (Skills)	Capacidades (abilities)
Combustión de petróleo y carbón	Fundamentos de combustión	Comprender los procesos de combustión combustibles fósiles	Controla variables de combustión fósil
Mezclas combustibles	Tipos de mezclas combustibles	Conocer las mezclas y proporciones combustible/oxígeno	Prepara y controla mezclas combustibles
Sistemas de enfriamiento	Fundamentos de transferencia de calor y enfriamiento de quemadores	Monitorear sistemas de enfriamiento de equipos de combustión	Controla variables de enfriamiento en quemadores

Termogeneradores	Generación de energía a partir de material fósil	Monitorear procesos de generación termoeléctrica	Controla variables de generación termoeléctrica
------------------	--	--	---

### Resultados de prospección ocupacional en el sector fotovoltaico

La prospección ocupacional de la generación fotovoltaica generará nuevas actividades y puestos de trabajo. En 10 años se requerirá en el Perú la fabricación, instalación y mantenimiento de celdas fotovoltaicas, fabricación de acumuladores de energía para uso en las casas y en asociación para atender necesidades de la pequeña industria, sistemas de transmisión por redes para interconectar los parques fotovoltaicos a la red nacional eléctrica.

Cuadro N°8: Nuevas ocupaciones y actividades fotovoltaicas

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
¿Surgirán nuevas ocupaciones como consecuencia de los posibles cambios tecnológicos? Nombre de estas nuevas funciones/ocupaciones, sus principales actividades y conocimiento			
Nombre: Técnicos en sistemas fotovoltaicos			
Actividades	Conocimiento	Habilidades (Skills)	Capacidades (abilities)
Diseño de sistemas fotovoltaicos	Fundamentos de electricidad, generación eléctrica, circuitos eléctricos, celdas fotovoltaicas	Conocer las tecnologías de generación fotovoltaica y técnicas de cálculo de la demanda de energía	Diseña sistemas fotovoltaicos
Instalación y montaje de sistemas fotovoltaicos	Fundamentos circuitos eléctricos, celdas, paneles fotovoltaicos, estructuras y componentes	Comprender las tecnologías para la instalación y montaje de sistemas fotovoltaicos	Realiza la instalación y montaje de sistemas fotovoltaicos
Acumulación de energía	Fundamentos acumuladores de energía	Conocer los fundamentos técnicos de acumuladores de energía, nanotubos	Selecciona, instala y da mantenimiento a los acumuladores de energía
Mantenimiento de paneles fotovoltaicos	Tecnología de paneles fotovoltaicos	Determinar las técnicas de mantenimiento de paneles fotovoltaicos	Realiza el mantenimiento general de paneles fotovoltaicos

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
Transmisión de energía eléctrica	Sistema de transmisión de energía eléctrica	Determinar métodos, recursos y equipos para realizar el mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica	Realiza el mantenimiento de sistemas de transmisión energía eléctrica
Interconexiones de parques fotovoltaicos	Fundamentos de redes de distribución de energía eléctrica	Comprender el sistema o red de transmisión eléctrica	Realiza el mantenimiento de interconexiones de paneles solares
Sistema de control de energía eléctrica	Fundamentos de sistemas de control eléctrico	Monitorear los sistemas de control energía eléctrica	Realiza el control de generación y transmisión de energía eléctrica
Sistema de protección	Fundamentos de sistemas de protección eléctrica	Identificar los riesgos eléctricos	Aplicar correctamente los sistemas de protección personal y de los sistemas

### **Resultados de prospección ocupacional en el sector eólico**

La mayor difusión de generación eólica que se prevé para los siguientes 10 años cambiará sustancialmente la actual participación de 1.7% en la estructura de generación eléctrica en el Perú. Contrariamente al petróleo y gas natural, esta nueva fuente de energía es sostenible en el tiempo y generará nuevas actividades ocupacionales.

La producción on shore de energía eólica necesitará actividades de ensamble de turbinas, montaje en tierra y zonas de influencia. Luego se generará la necesidad de fabricación, instalación y operación de parques eólicos y actividades de mantenimiento. Se necesitará conocimientos de sistemas de transmisión por redes, sistemas de control automático, monitoreo de actividades.

Una segunda etapa incluye actividades de producción off shore para lo cual se tendrá que desarrollar nuevos materiales con alta resistencia a la corrosión marina para las torres de instalación, materiales de poco peso y alta resistencia para los álabes de la turbina y cables ligeros pero con alto coeficiente de conductividad eléctrica.

Cuadro N°9: Nuevas ocupaciones y actividades eólicas

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
¿Surgirán nuevas ocupaciones como consecuencia de los posibles cambios tecnológicos? Nombre de estas nuevas funciones/ocupaciones, sus principales actividades y conocimiento			
Nombre: Técnicos en sistemas eólicos			
Actividades	Conocimiento	Habilidades (Skills)	Capacidades (abilities)
Diseño de sistemas eólicos	Fundamentos de electricidad, generación eléctrica, circuitos eléctricos y generadores eólicos	Conocer las tecnologías de generación eólica y técnicas de cálculo de la demanda de energía	Diseña sistemas eólicos
Instalación y montaje de sistemas eólicos	Fundamentos circuitos eléctricos, generadores eólicos, estructuras y componentes	Comprender las tecnologías para la instalación y montaje de sistemas eólicos	Realiza la instalación y montaje de sistemas eólicos
Acumulación de energía	Fundamentos acumuladores de energía	Conocer los fundamentos técnicos de acumuladores de energía, nanotubos	Selecciona, instala y da mantenimiento a los acumuladores de energía
Mantenimiento de generadores eólicos	Tecnología de generadores eólicos	Determinar las técnicas de mantenimiento generadores eólicos	Realiza el mantenimiento general de generadores eólicos
Transmisión de energía eléctrica	Sistema de transmisión de energía eléctrica	Determinar métodos, recursos y equipos para realizar el mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica	Realiza el mantenimiento de sistemas de transmisión energía eléctrica
Interconexiones de parques eólicos	Fundamentos de redes de distribución de energía eléctrica	Comprender el sistema o red de transmisión eléctrica	Realiza el mantenimiento de interconexiones de parques eólicos

Estudio Prospectivo de Ocupaciones Industriales Evolución de la Actuación del Profesional			
Sistema de control de energía eléctrica	Fundamentos de sistemas de control eléctrico	Monitorear los sistemas de control energía eléctrica	Realiza el control de generación y transmisión de energía eléctrica
Sistema de protección	Fundamentos de sistemas de protección eléctrica	Identificar los riesgos eléctricos	Aplicar correctamente los sistemas de protección personal y de los sistemas

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El consumo energético de Perú representa el 0.17% de la demanda global de energías primarias y el 3.26% de Latinoamérica.
- El crecimiento de la producción nacional de electricidad creció a un ritmo del 7% anual, concentrándose en centrales hidroeléctricas que representa el 52% de la matriz energética actual.
- Desde la última década, se observa una mayor diversificación en el cual entra a tallar de manera importante las fuentes térmicas impulsadas en gran medida por gas natural.
- A partir del 2011 la participación de RER se incluye en la matriz energética de manera incipiente pero con expectativas de crecimiento bajo ciertas restricciones por ley, con la finalidad de cubrir las brechas existentes en la electrificación de la población rural que cuentan solo con 70% de cobertura de electrificación.
- Actualmente los RER representa cerca del 2% de la matriz energética del país.
- Se prevé que al 2025, la dependencia a los hidrocarburos será determinante, manteniendo la tendencia de los últimos 20 años, sin embargo la contribución de los

RER continuará siendo prioridad en sectores específicos del país, pero con una participación que no deberá superar el 5% de la matriz total. Se espera que al 2025 se logre alcanzar el 100% de la cobertura eléctrica nacional.

- Si bien el Estado tiene en su agenda promover los RER, se observa que las micro centrales hidroeléctricas está tomando mayor importancia, debido a sus ventajas de rentabilidad y generación.
- El Estado no tiene incentivos de elevar la participación del RER por encima del 5%, debido a que cifras superiores a éstas, pueden generar deseconomías de escala, simulaciones hechas con una participación del 20% logra incrementar en 10% el costo medio de producción eléctrica.
- Existen inversiones comprometidas para la adquisición de paneles solares, cuyo sector demandará de técnicos en mantenimiento de estos equipos de al menos 5000 profesionales para el próximo quinquenio.
- Si bien no existe una inversión agresiva por fuentes eólicas para los próximos años, actualmente los parques eólicos superan a la solar en 755MW, principalmente por la ejecución de 4 proyectos en la costa peruana.
- El uso de los sistemas de energía renovables en el Perú no está todavía muy difundido, se conoce algo de generación eólica y fotovoltaica pero su participación es muy pequeña.
- Se tiene poca difusión de las ventajas de aplicación de los nuevos sistemas de energías limpias.
- La prospectiva tecnológica y tecnologías emergentes que se determinaron en el taller Delphi indican que en 10 años tomarán mucha fuerza las fuentes de energía renovable y que el Perú dispone.



- La prospectiva ocupacional indica que se necesitarán técnicos que realicen actividades de fabricación, montaje, instalación, operación y mantenimiento de generadores eólicos, celdas y paneles fotovoltaicos, así como los sistemas de acumulación de energía, redes de distribución y sistemas de control, configurando el perfil de un técnico en generación eólica y un técnico en generación fotovoltaica.

### **Recomendaciones**

- Dado el perfil que requiere el especialista de fotovoltaico y eólico, se recomienda implementar cursos o especializaciones referido a los temas fotovoltaicos y eólicos a egresados de las carreras de electricista industrial y electrónica.
- Brindar incentivos a empresas que apliquen el uso de estas fuentes de energía renovables, con la finalidad de incentivar el uso de estas energías.
- Para un mediano plazo y teniendo en cuenta que la formación de técnicos es un proceso que toma varios años, se recomienda la estructuración del perfil y malla curricular de técnico en generación eólica y técnico en generación fotovoltaica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Levesque, N. (2014). Microredes y Autogeneración con Energía Renovables - Los Hidrogeneradores. ELEC 2014. Lima: Carelec.
- MINEM. (2014). Plan Energético Nacional 2014-2025. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- INEM-COP 20. (2014). The Golden Book COP 20 - Aporte del sector energía y minas para reducir los efectos del cambio climático. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Aranda U. Alfonso, (2010), Técnicas para la elaboración de auditorías energéticas en el sector industrial. Zaragoza, España
- Henriquez, P. Bruno, (2008) Fotovoltaica, Manual de diseño e instalación
- Ministerio de Energía y Minas: “Atlas eólico del Perú (2008)”.
- Urkia Lus, Sebastián, (2003), Energía renovable práctica, Pamiela.
- Villarrubia, Miguel (2007), Energía eólica, CEAC

## ANEXO

- El GE que dirigió la realización de este estudio estuvo conformado por las siguientes personas:

Cuadro N° 10 Grupo ejecutor

N°	Nombre	Empresa	Cargo
1	Jorge Castro León	SENATI	Director Nacional
2	Jorge Chavez Escobar	SENATI	Gerente Académico
3	Carlos Hernández Mendocilla	SENATI	Gerente de Desarrollo
4	Raul Camogliano Pazos	SENATI	Director Zonal Lima Callao
5	Pedro Gamio Aita	Ministerio de Energía	Asesor Ministerial
6	Alejandro Quispe Yataco	SENATI	Electrotecnia

- El grupo de expertos quienes participaron del Delphi y a quienes se aplicó la encuesta de prospectiva ocupacional se conformó por los siguientes expertos en materia de energía:

Cuadro N° 11 Panel de Expertos en energía Eólica y fotovoltaica

N°	Nombre	Empresa	Cargo
1	Carlos Orbegoza Reto	Green Energy	Gerente
2	André Calvo Frisancho	Gerer L' energy	Gerente
3	Alex Gonzales Jara	Gerer L' energy	Especialista en energía
4	Alejandro Quispe Yataco	SENATI	Electrotecnia
5	Raul Espinoza Romero	SITEMA SAC	Gerente General
6	Jaime Segura Lopez	Termodinámica S. A.	Gerente
7	Pedro Gamio Aita	Ministerio de Energía	Asesor Ministerial
8	Julio Noblecilla Rosales	SENATI	Centro Tecnologías Ambientales
9	Teofilo Mendoza Gutierrez	Energy System SA	Energía Eólica
10	Lorenzo Cuartero Pelagay	Paneles solares SAC	Energía fotovoltaica

- Ronda de expertos Delphi-Fotovoltaica

#### Primera ronda de expertos Delphi-Fotovoltaica



Fuente: SENATI

- Impacto de las TEE en las actividades que ganarán importancia

André Calvo Frisancho  
Gerente de Gerer L' energy

Dr. Pedro Gamio Aita  
Ex Vice Ministro de Energía



Fuente: SENATI