



# ¿Hay Espacio para las Energías Renovables?

Manuel Martínez  
Instituto de Energías Renovables  
UNAM

Impactos de la Reforma Energética sobre PEMEX

IIEc, Cd. Universitaria, 17 noviembre 2015



El propósito final del desarrollo se encuentra en cada uno de sus habitantes y en las posibilidades que ellos tienen para *elegir* una vida en la que puedan realizar a plenitud su potencial como seres humanos.

Calidad de vida se refiere al sentimiento de ***bienestar*** y ***satisfacción*** que resulta de ***avanzar*** en diversos factores dentro de un contexto social.

Basado en Amartya Sen

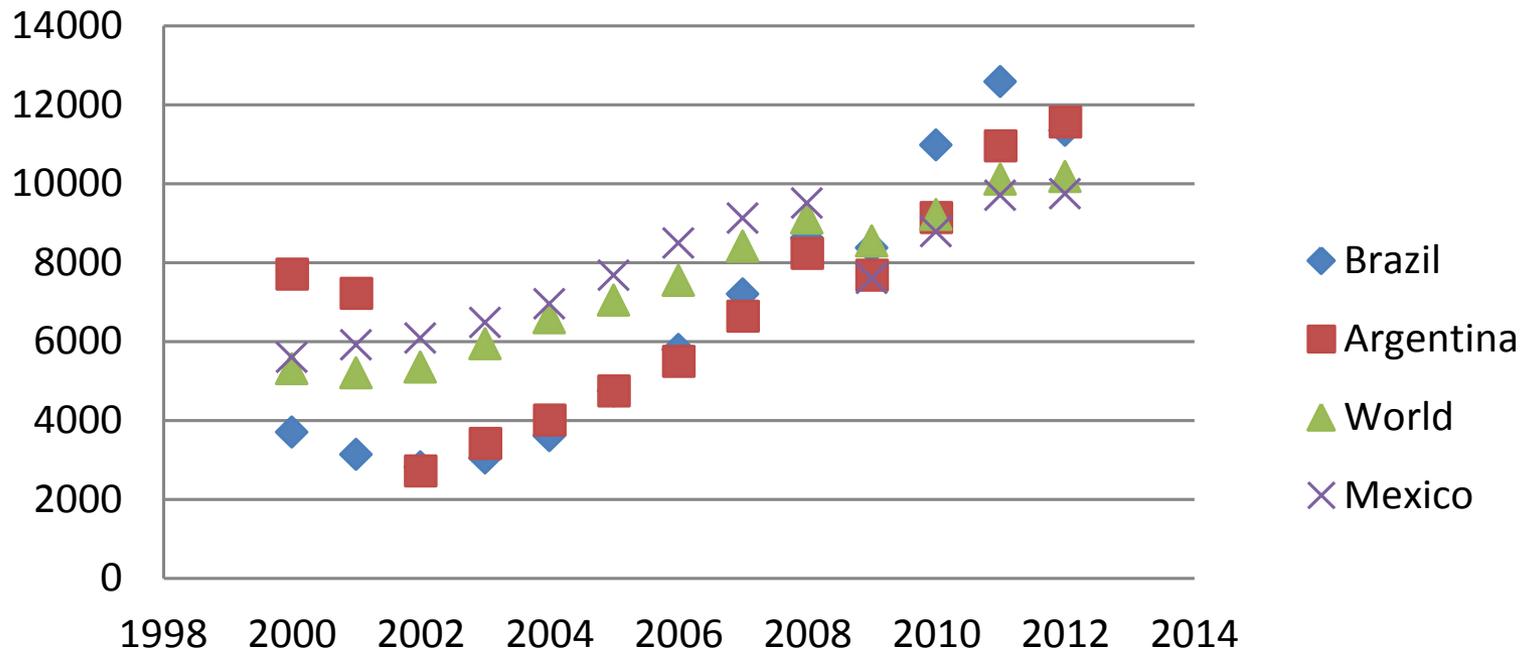
# Producto Interno Bruto 2012

|     |             |
|-----|-------------|
| USA | 1,56848E+13 |
| CHN | 8,2271E+12  |
| JPN | 5,95972E+12 |
| DEU | 3,39959E+12 |
| FRA | 2,61288E+12 |
| GBR | 2,43517E+12 |
| BRA | 2,25266E+12 |
| RUS | 2,01477E+12 |
| ITA | 2,01326E+12 |
| IND | 1,84172E+12 |
| CAN | 1,82142E+12 |
| AUS | 1,52061E+12 |
| ESP | 1,34935E+12 |
| MEX | 1,17727E+12 |
| KOR | 1,1296E+12  |

... lugar 14

# En PIB per cápita ya estamos abajo del promedio mundial

## GDP per capita (currente US\$)



World Bank Data, visited 20130808

## Índice de Desarrollo Humano y sus componentes

| Clasificación según el IDH        | Índice de Desarrollo Humano (IDH) | Esperanza de vida al nacer | Años promedio de escolaridad | Años esperados de escolaridad | Ingreso nacional bruto (INB) per cápita |        |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|--------|
|                                   | Valor                             | (años)                     | (años)                       | (años)                        | (PPA en US\$ de 2005)                   |        |
|                                   | 2012                              | 2012                       | 2010 <sup>a</sup>            | 2011 <sup>b</sup>             | 2012                                    |        |
| <b>DESARROLLO HUMANO MUY ALTO</b> |                                   |                            |                              |                               |                                         |        |
| 1                                 | Noruega                           | 0,955                      | 81,3                         | 12,6                          | 17,5                                    | 48.688 |
| 2                                 | Australia                         | 0,938                      | 82,0                         | 12,0 <sup>c</sup>             | 19,6 <sup>d</sup>                       | 34.340 |
| 3                                 | Estados Unidos                    | 0,937                      | 78,7                         | 13,3                          | 16,8                                    | 43.480 |
| 4                                 | Países Bajos                      | 0,921                      | 80,8                         | 11,6 <sup>c</sup>             | 16,9                                    | 37.282 |
| 5                                 | Alemania                          | 0,920                      | 80,6                         | 12,2                          | 16,4 <sup>e</sup>                       | 35.431 |
| 6                                 | Nueva Zelanda                     | 0,919                      | 80,8                         | 12,5                          | 19,7 <sup>d</sup>                       | 24.358 |
| 7                                 | Irlanda                           | 0,916                      | 80,7                         | 11,6                          | 18,3 <sup>d</sup>                       | 28.671 |
| 7                                 | Suecia                            | 0,916                      | 81,6                         | 11,7 <sup>c</sup>             | 16,0                                    | 36.143 |
| 9                                 | Suiza                             | 0,913                      | 82,5                         | 11,0 <sup>c</sup>             | 15,7                                    | 40.527 |
| 10                                | Japón                             | 0,912                      | 83,6                         | 11,6 <sup>c</sup>             | 15,3                                    | 32.545 |
| 11                                | Canadá                            | 0,911                      | 81,1                         | 12,3                          | 15,1                                    | 35.369 |
| 12                                | República de Corea                | 0,909                      | 80,7                         | 11,6                          | 17,2                                    | 28.231 |
| 13                                | Hong Kong, China (RAE)            | 0,906                      | 83,0                         | 10,0                          | 15,5                                    | 45.598 |
| 13                                | Islandia                          | 0,906                      | 81,9                         | 10,4                          | 18,3 <sup>d</sup>                       | 29.176 |
| 15                                | Dinamarca                         | 0,901                      | 79,0                         | 11,4 <sup>c</sup>             | 16,8                                    | 33.518 |

**DESARROLLO HUMANO ALTO**

|    |             |       |      |                   |                   |        |
|----|-------------|-------|------|-------------------|-------------------|--------|
| 48 | Bahréin     | 0,796 | 75,2 | 9,4               | 13,4 <sup>a</sup> | 19.154 |
| 49 | Bahamas     | 0,794 | 75,9 | 8,5               | 12,6              | 27.401 |
| 50 | Bielorrusia | 0,793 | 70,6 | 11,5 <sup>l</sup> | 14,7              | 13.385 |
| 51 | Uruguay     | 0,792 | 77,2 | 8,5 <sup>c</sup>  | 15,5              | 13.333 |
| 52 | Montenegro  | 0,791 | 74,8 | 10,5 <sup>l</sup> | 15,0              | 10.471 |

|    |            |       |      |                  |      |        |
|----|------------|-------|------|------------------|------|--------|
| 61 | México     | 0,775 | 77,1 | 8,5              | 13,7 | 12.947 |
| 62 | Costa Rica | 0,773 | 79,4 | 8,4              | 13,7 | 10.863 |
| 63 | Granada    | 0,770 | 76,1 | 8,6 <sup>a</sup> | 15,8 | 9.257  |
| 64 | Libia      | 0,769 | 75,0 | 7,3              | 16,2 | 13.765 |
| 64 | Malasia    | 0,769 | 74,5 | 9,5              | 12,6 | 13.676 |

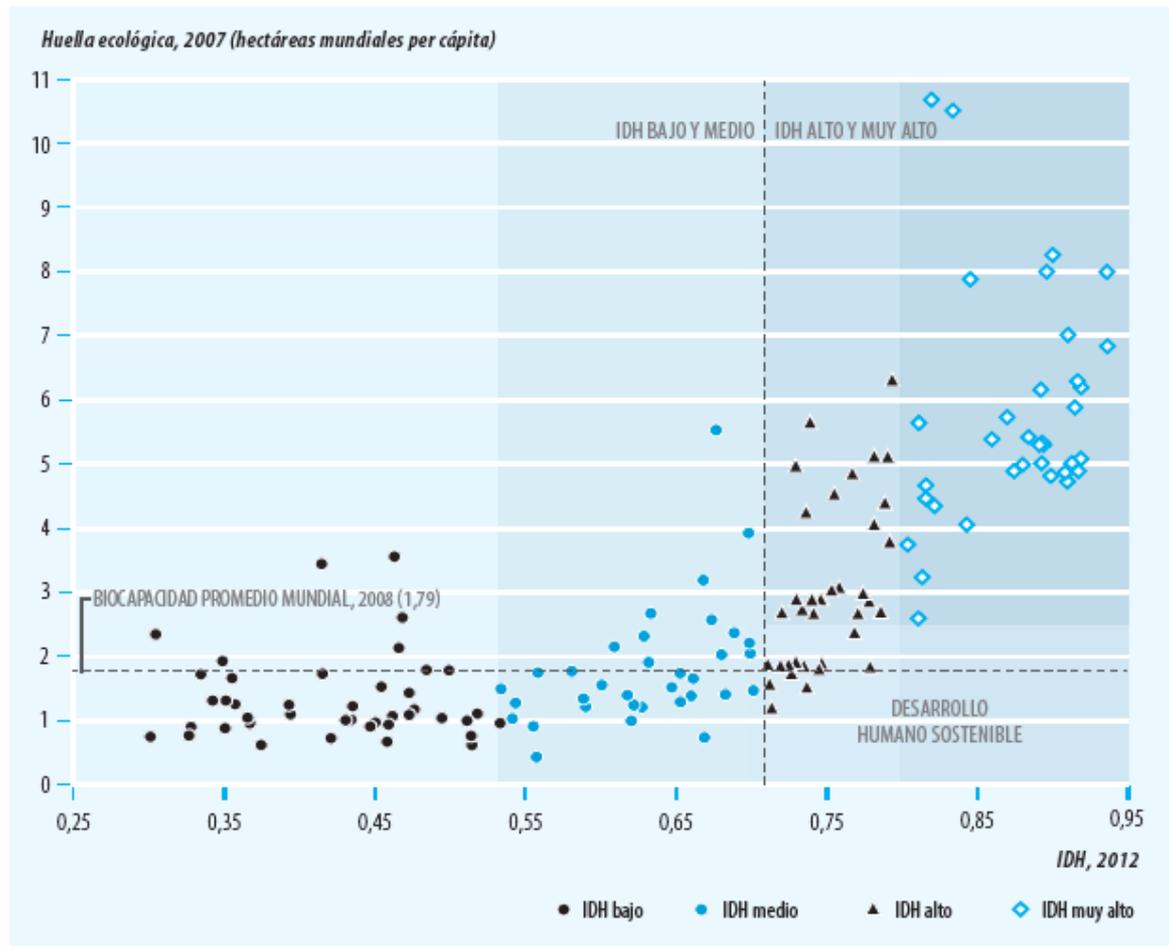
# Desarrollo Sustentable

## Propuesta Operacional

Desarrollo sustentable es avanzar en el bienestar de las personas y de la sociedad al considerar simultáneamente aspectos sociales, económicos, ambientales e institucionales, con atención especial a los más desprotegidos del presente y a las generaciones futuras.

FIGURA 1.7

Pocos países tienen el IDH alto y la huella ecológica baja necesarios para lograr un desarrollo humano sostenible



Nota: la huella ecológica es una unidad utilizada para referirse a la biocapacidad del planeta, y a la demanda de esta biocapacidad (huella ecológica). Depende de la productividad promedio de la tierra y del agua biológicamente productivas en un año determinado.

Fuente: cálculos de la Oficina encargada del Informe y Global Footprint Network (2011).

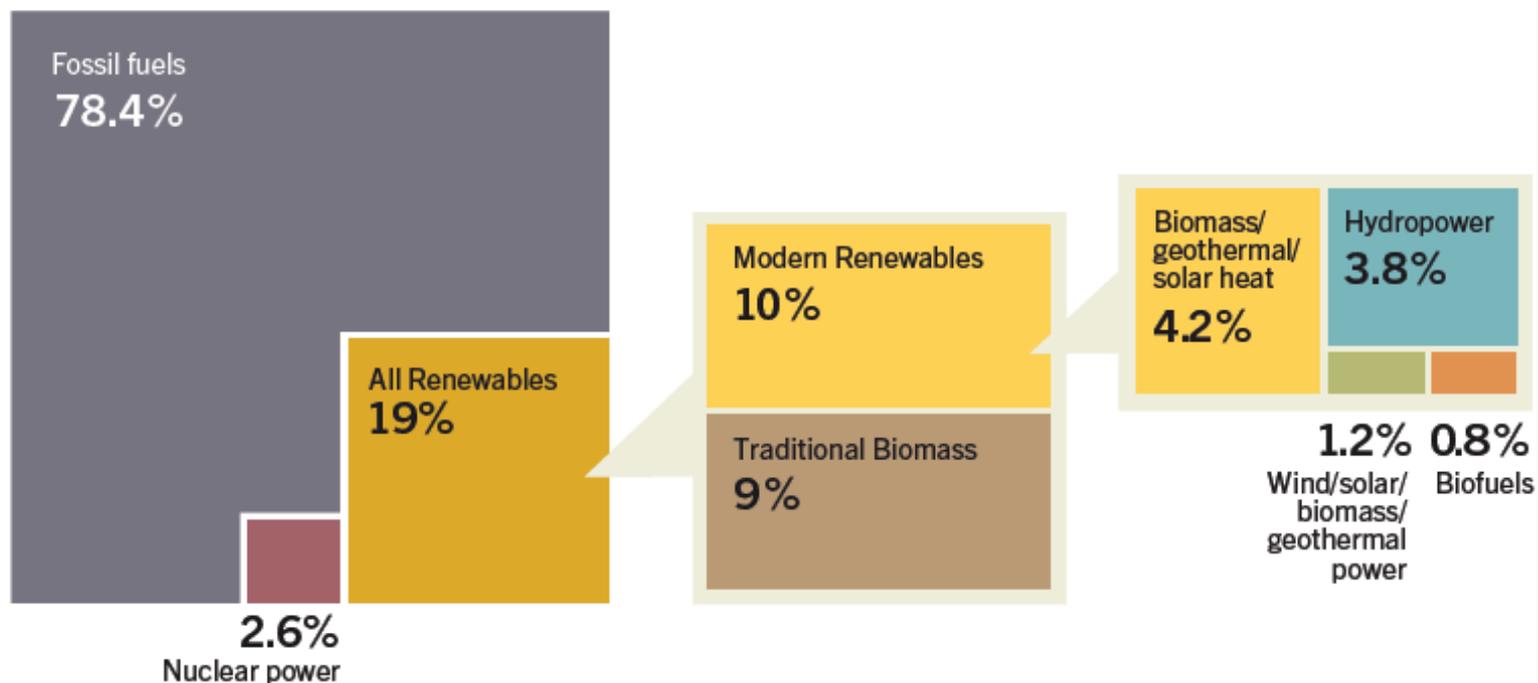
¡ Debemos cambiar nuestra  
visión para recuperar el  
desarrollo pleno !

Ya no debemos planear sólo en  
función de la oferta energética

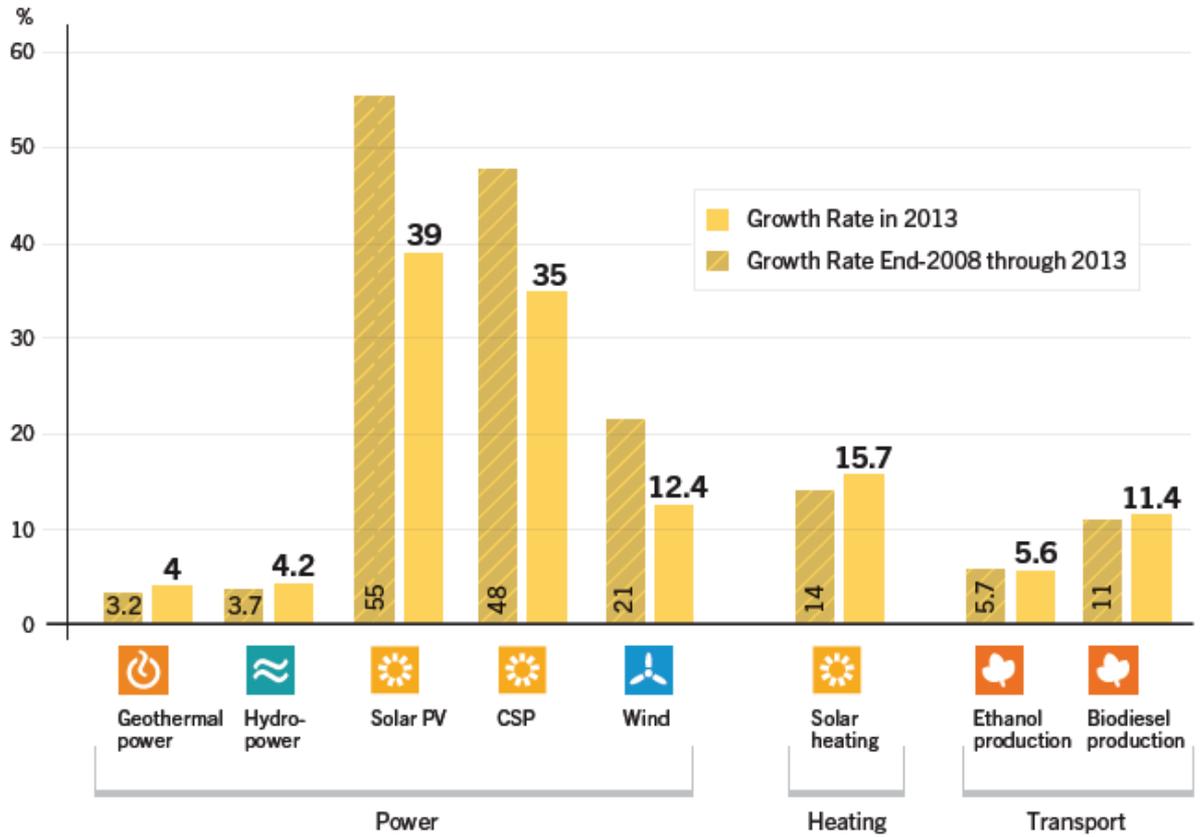
La planeación deber ser, en  
primer lugar, conocer la posible  
demanda futura de energéticos  
y, en segundo lugar, identificar  
cómo satisfacerla.

# Participación de las Energías Renovables en el Mundo, 2012.

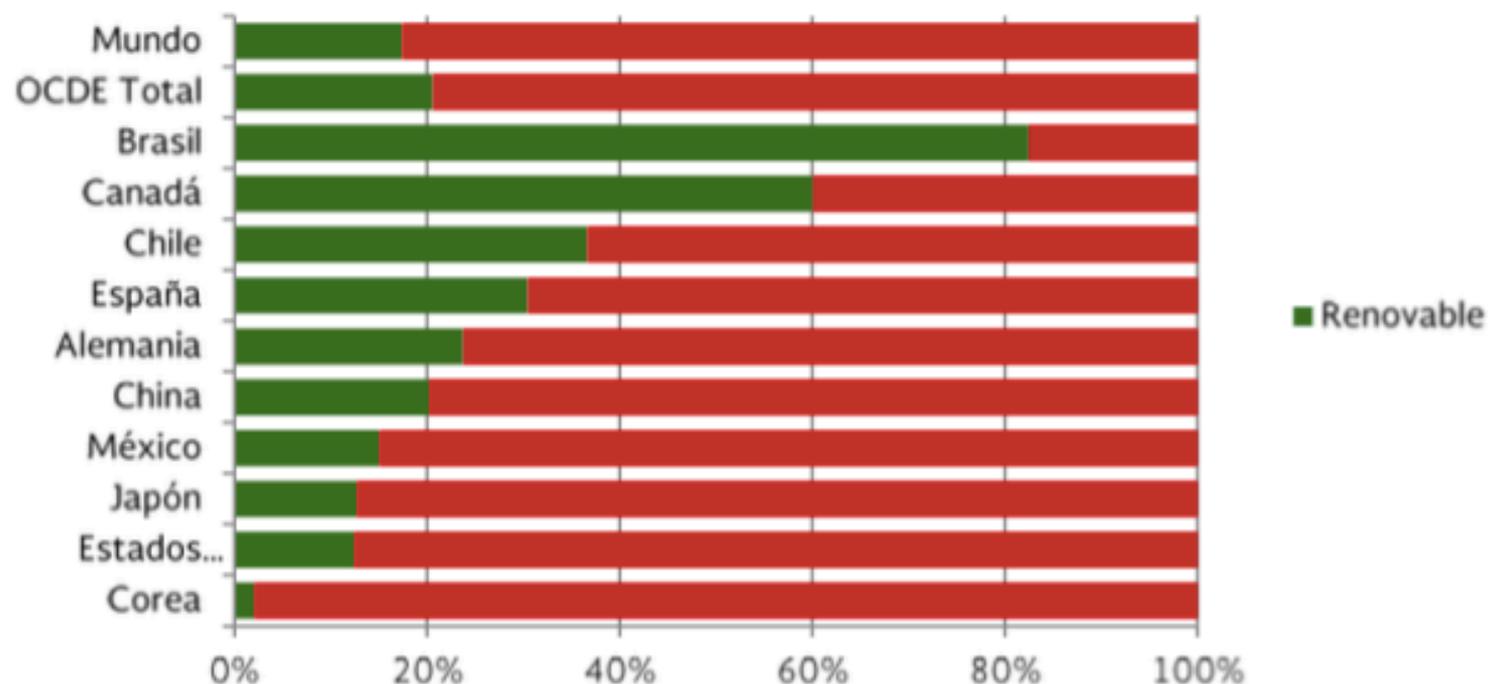
Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2012



**Figure 2.** Average Annual Growth Rates of Renewable Energy Capacity and Biofuels Production, End-2008–2013



## GRÁFICA 5. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD, 2012

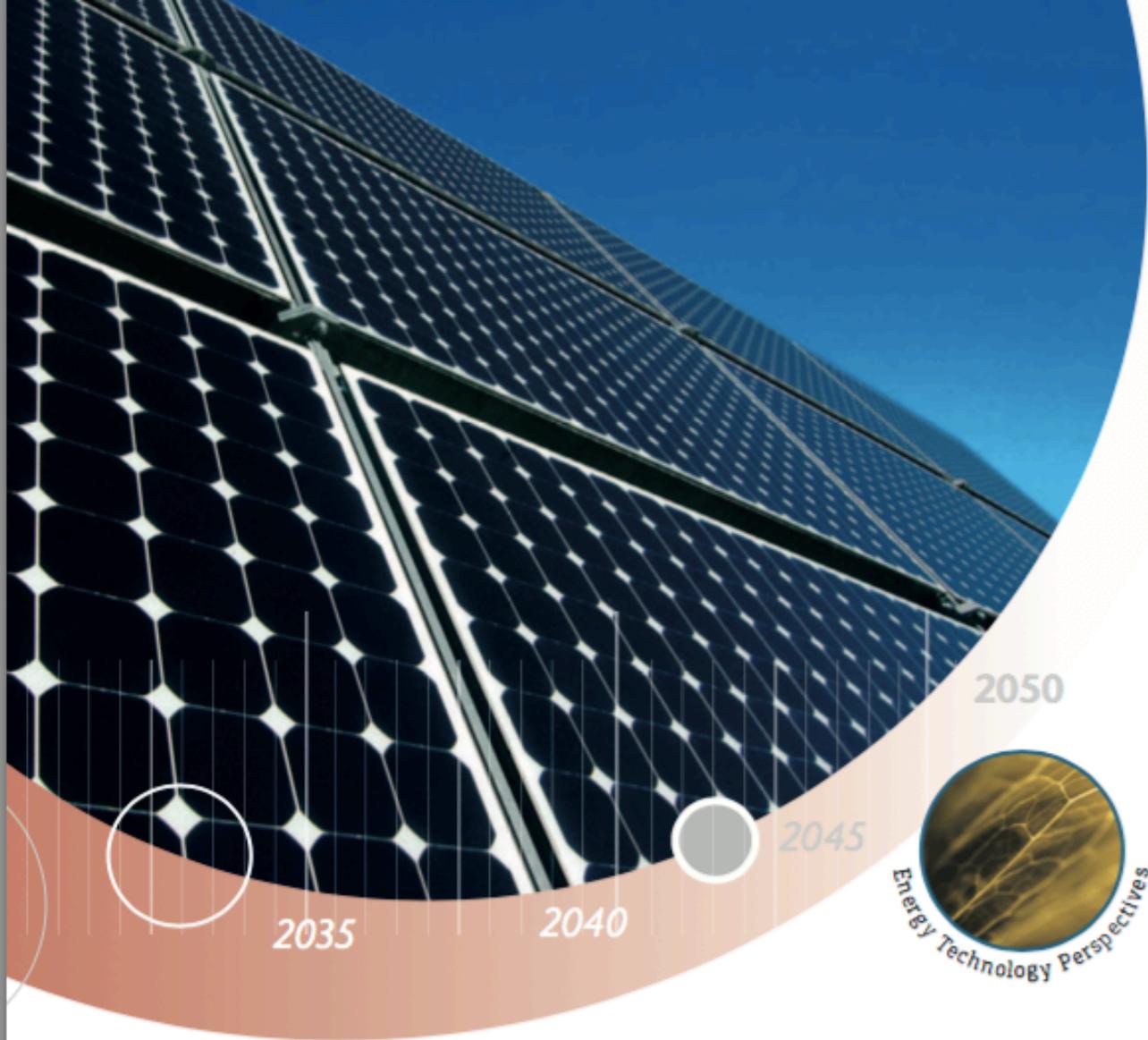


FUENTE: IEA. World Energy Statistics 2014

**Nota:** En el caso de México, las cifras pueden no coincidir con la información presentada en la sección anterior.

**ETP 2014** presents evidence that the USD 44 trillion additional investment needed to decarbonise the energy system in line with the 2DS by 2050 is more than offset by over USD 115 trillion in fuel savings – resulting in net savings of USD 71 trillion.

Learning from the clean technologies now entering energy markets shows that regulation and market transformation can help or hinder the potential of individual technologies, including their competitiveness.



# Technology Roadmap

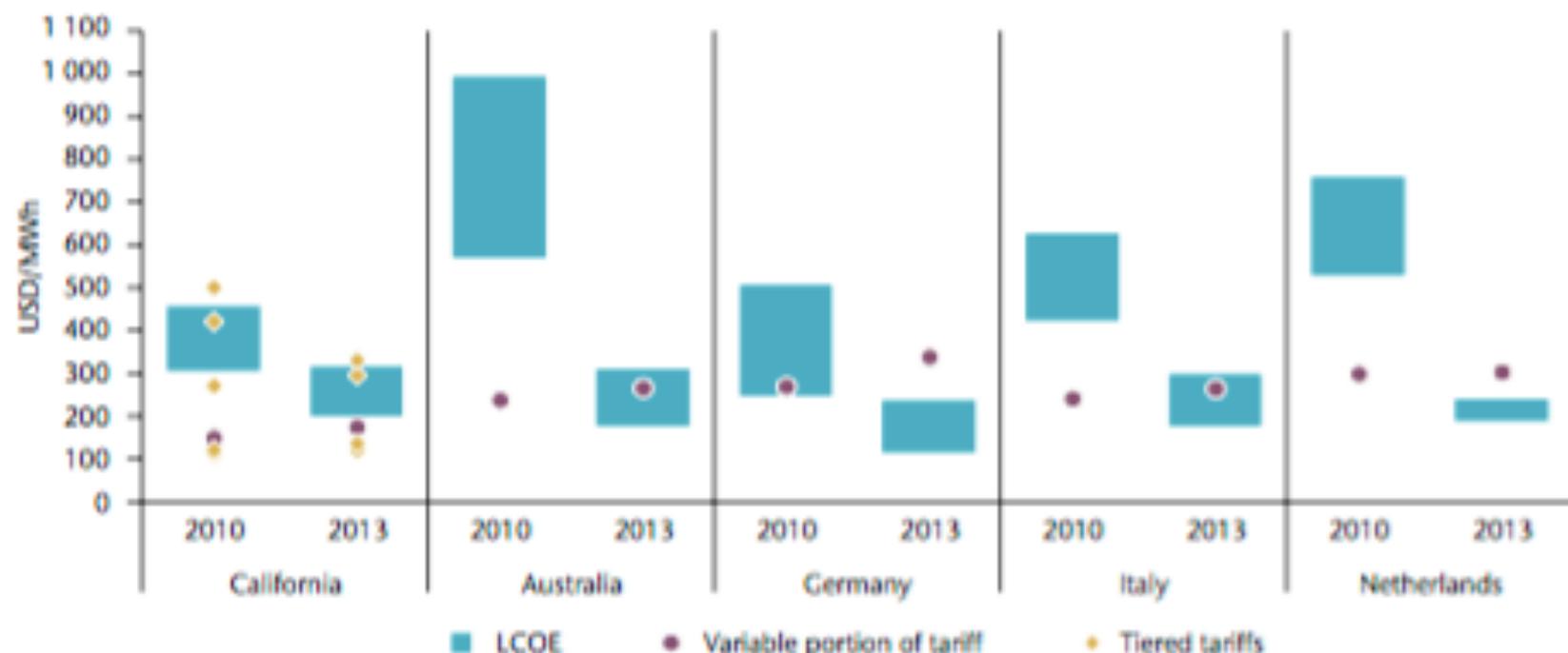
Solar Photovoltaic Energy

2014 edition

**Table 1: Progress in solar PV markets and installation since 2009**

|                                                | <i>End of 2009</i>                         | <i>End of 2013</i> |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| Total installed capacity                       | 23 GW                                      | 135 GW             |
| Annual installed capacity                      | 7 GW                                       | 37 GW              |
| Annual investment                              | USD 48 billion                             | USD 96 billion     |
| Number of countries with >1 GW installed       | 5                                          | 17                 |
| Number of countries with >100 MW yearly market | 9                                          | 23                 |
| PV electricity generated during the year       | 20 TWh                                     | 139 TWh            |
| <b>PV penetration levels</b>                   | <b>% of yearly electricity consumption</b> |                    |
| Europe                                         |                                            | 2.6%               |
| ● Germany                                      |                                            | 5.3%               |
| ● Italy                                        |                                            | 7%                 |

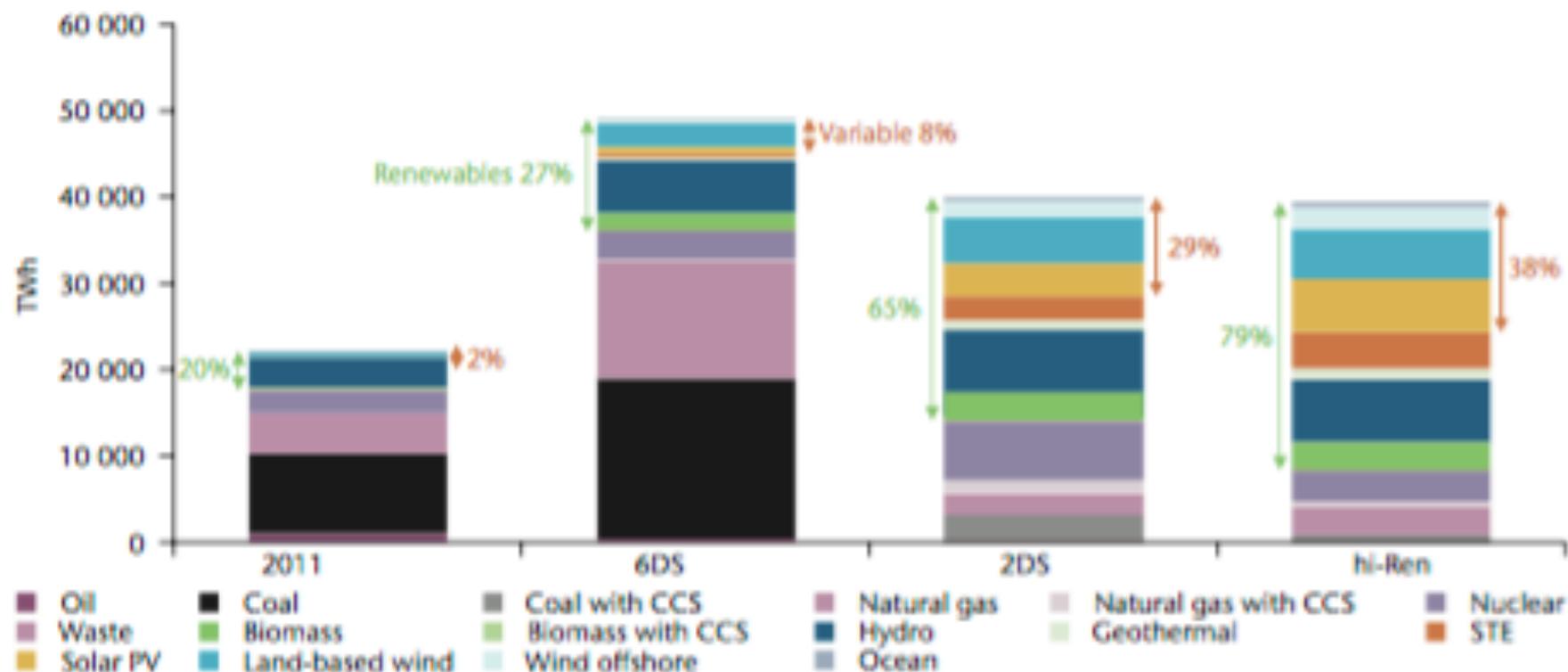
Figure 4: Grid parity was reached in 2013 in various countries



Note: Household electricity tariffs exclude fixed charges. LCOEs are calculated using average residential system costs (including value-added tax and sales tax in where applicable, and investment tax credit in California); ranges mostly reflect differences in financing costs. The tiered tariffs in California are those of Pacific Gas and Electric. Tiers 3 to 4 or 5 are tariffs paid on monthly consumption when it exceeds given percentages of a set baseline. All costs and prices are in 2012 USD.

**KEY POINT:** Grid parity underpins PV self-consumption in Germany, and net metering in California.

Figure 5: Global electricity mix in 2011 and in 2050 in three ETP 2014 scenarios



**KEY POINT:** In the hi-Ren Scenario, renewables provide 79% of global electricity by 2050, variable renewables provide 38%, and PV provides 16%.

Las energías renovables nos ofrecen la posibilidad de transformar el modo en que el sector energético mueve a México.

Durante décadas, gracias al aprovechamiento de nuestros recursos fósiles, México ha podido invertir en educación, salud e infraestructura.

Hoy México tiene la oportunidad de aprovechar con igual empeño las fuentes renovables de energía que se distribuyen por el territorio nacional.

**TABLA 10. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA**  
(Petajoules)

|                           | 2012           | 2013           | Variación porcentual | Participación porcentual |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------------|--------------------------|
| <b>Carbón</b>             | <b>310.81</b>  | <b>316.27</b>  | <b>1.76%</b>         | <b>3.50%</b>             |
| <b>Fósil</b>              | <b>8035.66</b> | <b>7945.54</b> | <b>-1.12%</b>        | <b>88.03%</b>            |
| Petróleo crudo            | 5918.86        | 5798.74        | -2.03%               | 64.25%                   |
| Condensados               | 87.69          | 101.20         | 15.40%               | 1.12%                    |
| Gas natural               | 2029.11        | 2045.61        | 0.81%                | 22.66%                   |
| <b>Nucleoenergía</b>      | <b>91.32</b>   | <b>122.60</b>  | <b>34.26%</b>        | <b>1.36%</b>             |
| <b>Renovables</b>         | <b>621.27</b>  | <b>641.34</b>  | <b>3.23%</b>         | <b>7.11%</b>             |
| Hidroenergía <sup>1</sup> | 114.69         | 100.66         | -12.23%              | 1.12%                    |
| Geotermia                 | 133.14         | 131.33         | -1.36%               | 1.46%                    |
| Viento                    | 13.12          | 20.60          | 57.05%               | 0.23%                    |
| Solar                     | 6.67           | 7.52           | 12.75%               | 0.08%                    |
| Bagazo de caña            | 95.08          | 123.83         | 30.24%               | 1.37%                    |
| Leña                      | 256.74         | 255.42         | -0.51%               | 2.83%                    |
| Biogás                    | 1.82           | 1.97           | 8.13%                | 0.02%                    |
| <b>Producción</b>         | <b>9059.05</b> | <b>9025.75</b> | <b>-0.37%</b>        | <b>100%</b>              |

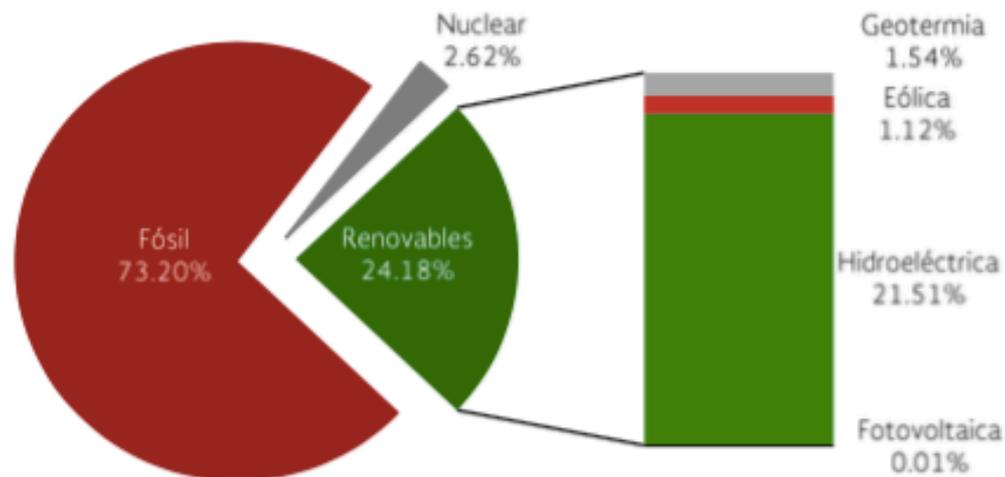
Incluye grandes hidroeléctricas.

FUENTE: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

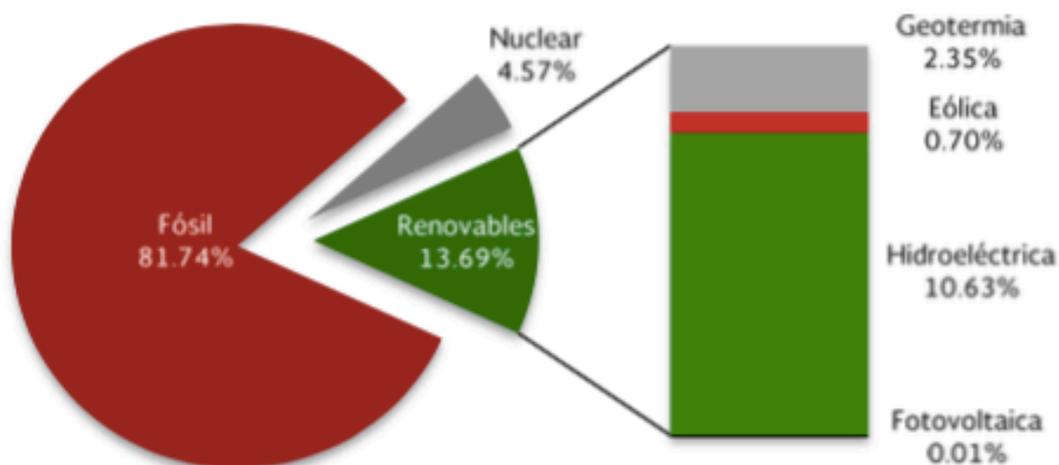
## **Biocombustibles**

Al tratarse de un tema con implicaciones transversales, la LPDB señala como autoridades competentes en materia de bioenergía a la SAGARPA, a la SENER y a la SEMARNAT, y prevé la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos integrada por los titulares de las Secretarías antes señaladas, así como de la SE y la SHCP. Esta Comisión está prevista como un órgano colegiado encargado de analizar y establecer las directrices de política pública en materia de bioenergéticos, para la posterior ejecución de acciones a través del ejercicio de las facultades por parte de las autoridades competentes.

**GRÁFICA 12. PARTICIPACIÓN POR FUENTES EN LA CAPACIDAD EFECTIVA DE CENTRALES LEGADAS Y CENTRALES EXTERNAS LEGADAS EN 2013**



**GRÁFICA 13. PARTICIPACIÓN POR FUENTES EN LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA DE CENTRALES LEGADAS Y CENTRALES EXTERNAS LEGADAS EN 2013**



**FUENTE:** SENER con datos del Sistema de Información Energética (SIE). 2014.

**TABLA 17. PERMISOS DE GENERACIÓN PARA PARQUES EÓLICOS, 2013**

| Estado Actual                       | Núm. de plantas | Cap. Autorizada (MW) | Energía autorizada (GWh/año) | Localización                                                                                                              |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| En construcción y por iniciar obras | 33              | 3,339.71             | 11,330.62                    | Baja California, Jalisco, Chiapas, Coahuila, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León y Yucatán. |
| Entrada en operación en 2013        | 4               | 306.4                | 1,111.45                     | Jalisco, Oaxaca y Nuevo León                                                                                              |
| En operación hasta diciembre 2013   | 19              | 1,551.30             | 5,565.59                     | Oaxaca, Chiapas, Jalisco y Baja California                                                                                |
| <b>Total</b>                        | <b>56.00</b>    | <b>5,197.41</b>      | <b>18,007.66</b>             |                                                                                                                           |

FUENTE: CRE, Tabla de Permisos de Generación e Importación de Energía Eléctrica Administrados al 31 de diciembre de 2013.

**TABLA 25. GENERACIÓN AÑOS SELECCIONADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE METAS**  
(GWh/ año)

|                                                                             | 2018           | 2024           | 2028           |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Generación</b>                                                           | <b>338,166</b> | <b>435,267</b> | <b>524,821</b> |
| <b>Renovables (Escenario de planeación)</b>                                 | <b>74,245</b>  | <b>87,830</b>  | <b>95,172</b>  |
| Solar                                                                       | 1,306          | 3,494          | 5,216          |
| Geotermoeléctrica                                                           | 6,935          | 6,560          | 7,033          |
| Eoloeléctrica                                                               | 28,363         | 33,367         | 36,402         |
| Hidroeléctrica (<=30 MW)                                                    | 2,286          | 2,373          | 2,663          |
| Hidroeléctrica (>30 MW)                                                     | 33,195         | 37,938         | 39,193         |
| Bioenergía                                                                  | 2,160          | 4,099          | 4,665          |
| <b>Generación limpia</b>                                                    | <b>95,379</b>  | <b>124,141</b> | <b>217,024</b> |
| Cogeneración Eficiente                                                      | 10,372         | 10,372         | 10,372         |
| <b>Participación de las renovables en la generación de electricidad (%)</b> |                |                |                |
| Renovables                                                                  | 21.96%         | 20.18%         | 18.13%         |
| Meta del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables   | 25.0%          | 22.6%          | 20.1%          |
| Participación de Energías Limpias                                           | 28.2%          | 28.5%          | 41.4%          |

FUENTE: SENER con información de CFE. 2014.

# Requerimientos hacia la meta de generación en 2024.

El mandato de la Ley General de Cambio Climático de generar el 35% de la energía eléctrica mediante tecnologías limpias no se limita a las energías renovables, pero sólo dos tecnologías se prevén también tengan un papel, la energía nuclear, que también es no-fósil, y las tecnologías fósiles con captura de CO<sub>2</sub>.

El Grupo Parlamentario del PAN ... somete a consideración ... la iniciativa con Proyecto de Decreto que crea la **Ley de la Transición Energética** ... 11 junio 2014.

Esta Ley deroga ...

...la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2008 y cuya última reforma fue publicada el 12 de enero de 2012; y

...la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) también publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2008.

# LEY DE LA TRANSICION ENERGETICA

Reglamentaria del Transitorio 17 del Decreto de Reforma Energética y del 25 Constitucional, párrafos 6 y 8

Obligaciones de Energías Limpias y Reducción de Contaminantes de la Industria Eléctrica

## Metas de Energías Limpias

Meta de Generación Distribuida



Meta Eficiencia Energética

SENER: Políticas, Estrategia, Programas

Consejo Consultivo

CRE: Regulación

CENACE: Transmisión Hoja de ruta de Red Inteligente

CONUEE Eficiencia E.

INEEL I+D, Políticas

SEMARNAT CO<sub>2</sub>, Imp. Amb.

SE Cadenas de Valor

Externalidades

PROFEPA Contaminación

SMN Red Meteor.

SHCP Presupuestos Estímulos Amortización/Deducción

Mercado de CERs y Carbono

CFE Distribución Demanda Base

Sector Privado Portafolio de E. Limpias

Generación Distribuida Ciudadanos y PyMES Net.Met.

Fondos: FTE FSE FONDER

Industria Eléctrica Nacional

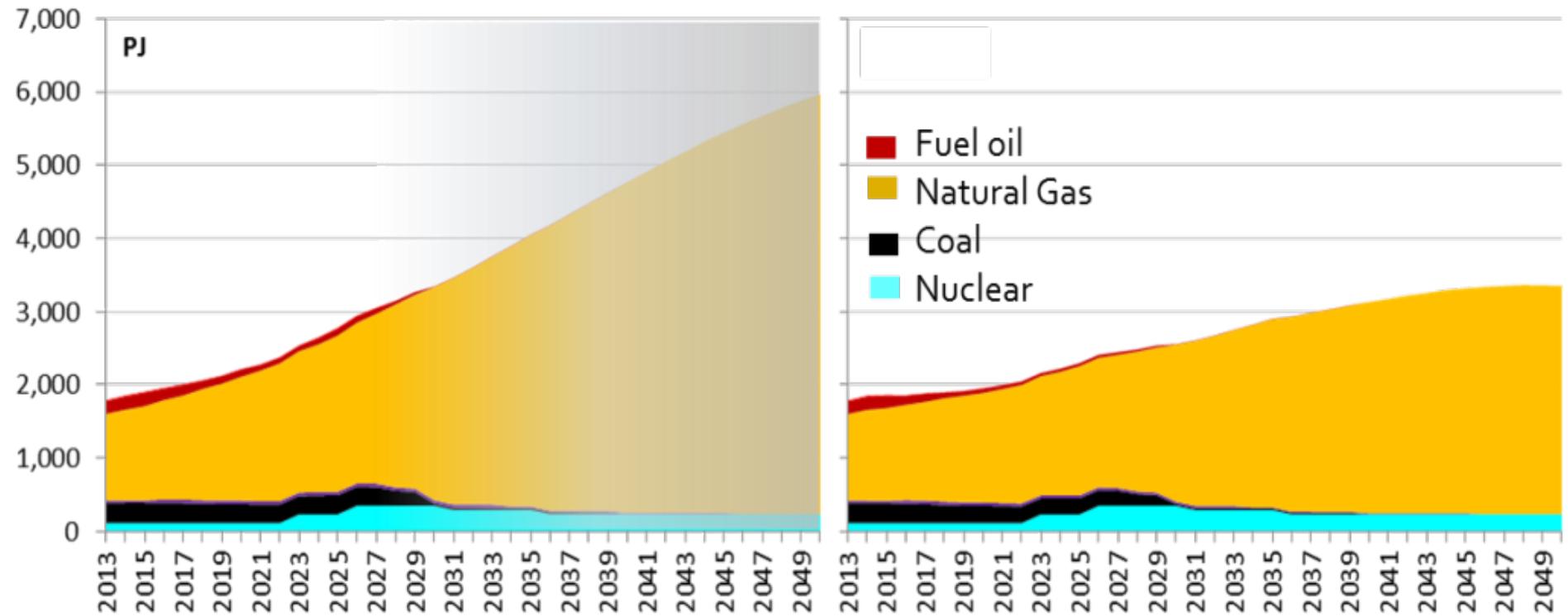
2013 ISES Solar World Congress

Renewable energy scenario to  
2050 for Mexican electric  
power sector.

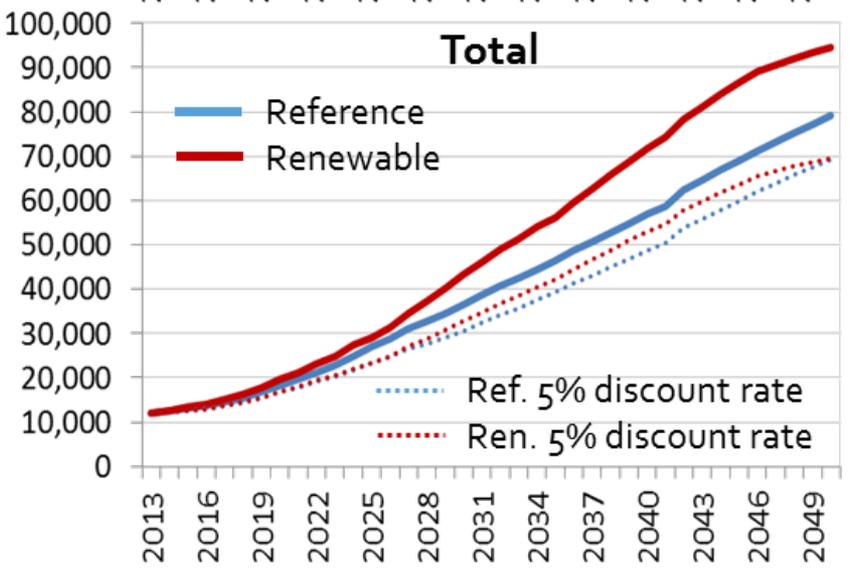
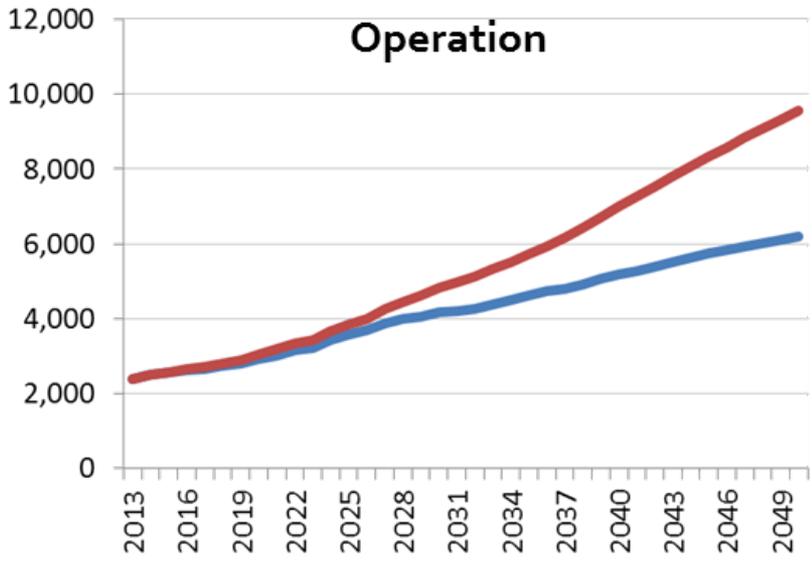
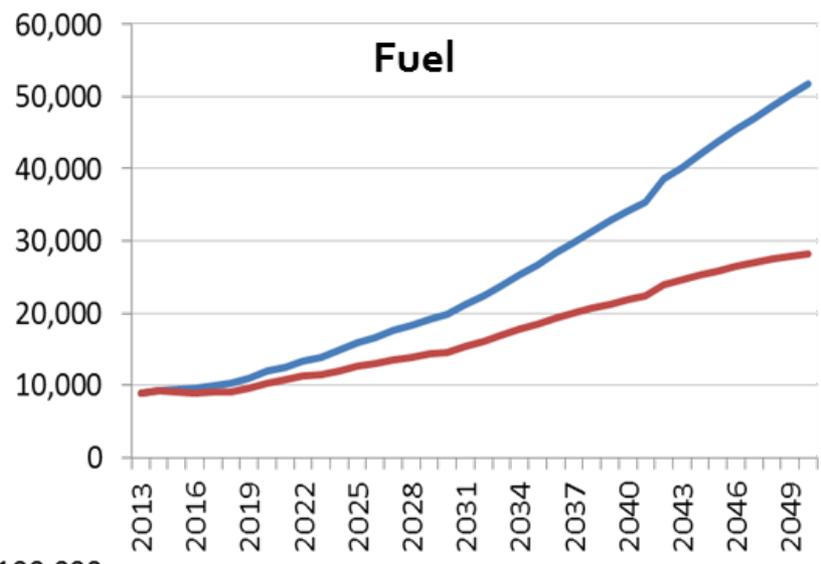
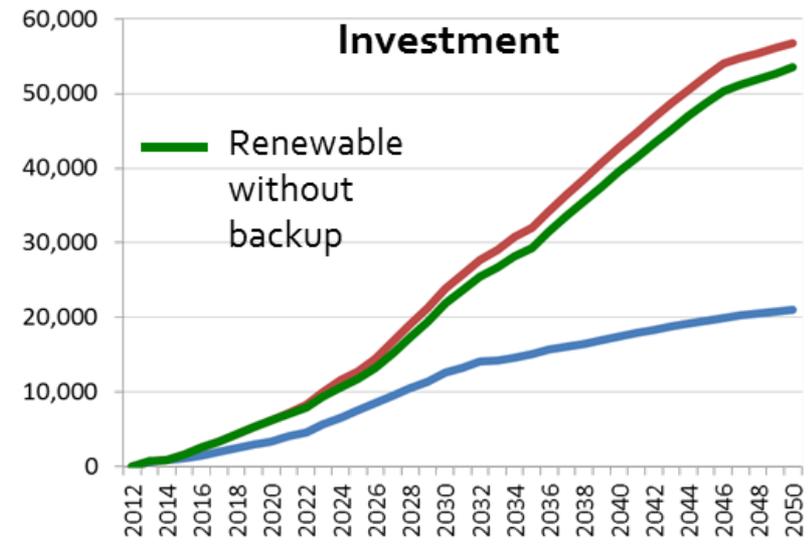
David Castrejon<sup>a</sup>, Manuel Martinez<sup>b</sup>.

*<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas*

*<sup>b</sup> Instituto de Energías Renovables de la Universidad  
Nacional Autónoma de México,*



- a) Fuel consumption in the Reference scenario.
- b) Fuel consumption in the Renewable scenario.



Annual costs for each scenario.



*Estudio sobre las inversiones necesarias  
para que México cumpla con sus metas  
de Energías Limpias*

Octubre 2015



# Resumen Ejecutivo

## Objetivo del estudio

Estimar la **inversión necesaria** para que México cumpla con sus **metas de generación limpia (35% a 2024) y de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (31% a 2030 para el sector eléctrico)**, así como estimar el **impacto en el PIB y el número de empleos** como resultado de dichas inversiones.

## 1 Demanda de energía 2015 - 2030

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) proyecta que la **demanda de electricidad** en México **crecerá** a un ritmo medio anual de **3.5%** durante los próximos 15 años, alcanzando una demanda total de **~530 TWh** en 2030 (**~45% más** que en 2014). En un **escenario bajista** considera un crecimiento del **2.8% anual**.

## 2 Adición de capacidad limpia y cumplimiento de metas

El PRODESEN contempla una **adición de 33 GW de tecnologías limpias** entre 2015 y 2029. La generación eólica y cogeneración eficiente representarían el **60%** del total de adiciones. **Estas adiciones permitirían el cumplimiento del objetivo a 2018 (25%) y de la meta mandatada para 2024 (35%)**.

## 3 Inversiones estimadas

De acuerdo con las proyecciones de costos unitarios de la Agencia internacional de Energía (IEA), las adiciones de capacidad limpia indicadas, implican una **inversión total de ~US\$<sub>2012</sub> 75,000 millones entre 2015 y 2029 (~US\$<sub>2012</sub> 5,000 millones anualmente)** para México.

## 4 Impacto en el PIB y empleos en México

Las inversiones indicadas incrementarían el **PIB en ~US\$ 45,000 millones** y generarían **~180,000 empleos**. El fomento a la instalación de capacidad limpia, generarían una mayor participación de la **industria local, que podría llegar a valores del ~70% (20% adicional a lo actual)**.

## 5 Costo nivelado de generación: solar, eólico y CCGT

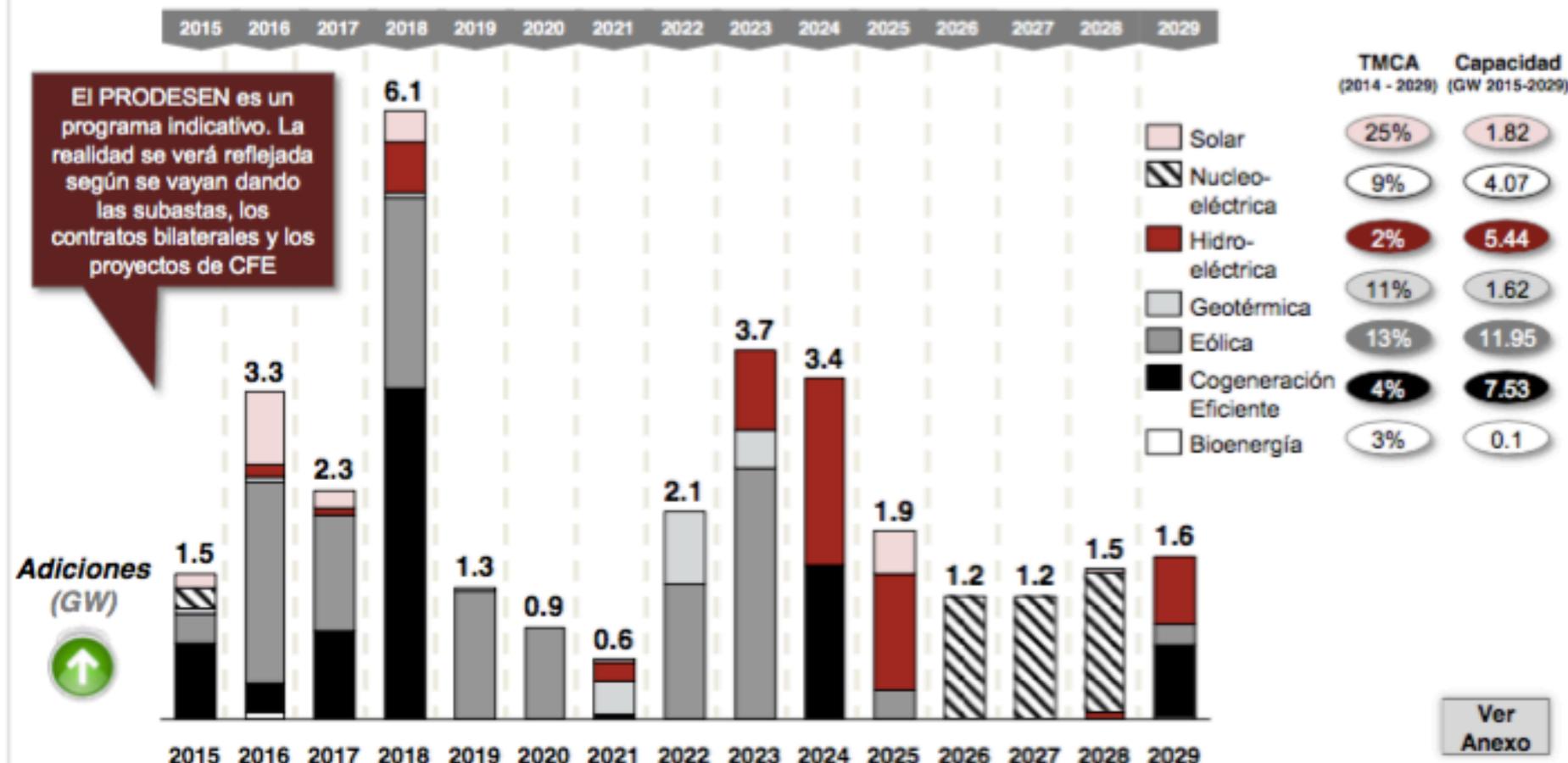
De acuerdo con la IEA, IRENA y BNEF, los costos nivelados (LCoEs) de generación en 2014 para tecnología **solar se situaron entre 79 - 120 US\$<sub>2014</sub>/MWh**, para **eólico entre 59 y 80 US\$<sub>2014</sub>/MWh** y para **CCGT entre 59 y 83 US\$<sub>2014</sub>/MWh**. Al estudiar las licitaciones recientes en Latino América y en México, se encuentran precios de oferta muy competitivos, situados en el rango bajo de los LCoEs mencionados.

## 6 Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Las adiciones en **tecnologías limpias permitirían mitigar ~46 MtCO<sub>2eq</sub> hasta 2029** con respecto a un escenario en el cual se cubriera la nueva demanda únicamente con tecnología de ciclo combinado con gas natural.

**Para cubrir la demanda, se adicionarán 33 GW de tecnologías limpias<sup>(1)</sup> (3 veces la capacidad actual instalada) entre 2015 y 2029, las tecnologías eólica y cogeneración eficiente representan el 60% del total**

Adiciones anuales de capacidad en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN)  
(GW), 2015 - 2029



(1) La reglamentación mexicana incluye, dentro de tecnologías limpias, la energía nuclear, biomasa y cogeneración eficiente. Ver p.45  
PwC Fuente: PRODESEN 2015 - 2029, SENER, Análisis PwC

# Fuentes Renovables de Energía / Beneficios

- Reducción en el consumo de hidrocarburos
- Seguridad en la oferta energética.
- Inexistencia de cambios bruscos en los precios de combustibles.
- Reducción de la degradación del aire, el agua, la tierra y la biodiversidad, y de los gases de efecto invernadero que alteran el clima.
- Promoción del desarrollo rural.
- Asegura una balanza de pagos favorable en el largo plazo.
- Disminución en los costos por protección al sistema energético.

# Conclusiones.

Se tienen los conocimientos y las propuestas de herramientas para:

- Alcanzar las metas al 2030 con energías renovables.
- Tener un Sistema Energético sostenible al 2050.



**¡ Gr a c i a s !**

**mmf@ier.unam.mx**  
**www.ier.unam.mx**