

**“La seguridad en el abastecimiento: la  
Eólica como apuesta estratégica.  
La Eólica dentro del PANER 2011-2020”**

**Convención Eólica 2010 - AEE**

**Madrid, 15 de junio de 2010**

**Jaume Margarit Roset  
Director de Energías Renovables**

# Desafíos del Sector Energético Español

**Elementos clave  
para el desarrollo  
económico y social:**

- Intensidad energética elevada.
- Acusada dependencia exterior de España (alrededor del 80%):
  - ↳ Altos déficits comerciales
  - ↳ Factor latente de inestabilidad
- Elevado nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero.

## Ejes fundamentales de la política energética en España

1. Seguridad de suministro energético.
2. Competitividad.
3. Sostenibilidad económica, social y medioambiental.

### Elementos de la estrategia energética:

- ✓ Liberalización y transparencia de los mercados.
- ✓ Desarrollo de las infraestructuras energéticas.
- ✓ Energías Renovables y Eficiencia Energética.

## Efectos positivos de las Energías Renovables

### ✓ Beneficios **Medioambientales**:

- o Disminución de emisiones de **gases de efecto invernadero**.
- o **Evitan** la implantación de instalaciones de generación con **fuentes de energía convencionales**, con significativos impactos ambientales.
- o Posibilitan alcanzar un **desarrollo medioambientalmente sostenible** en el sector energético.

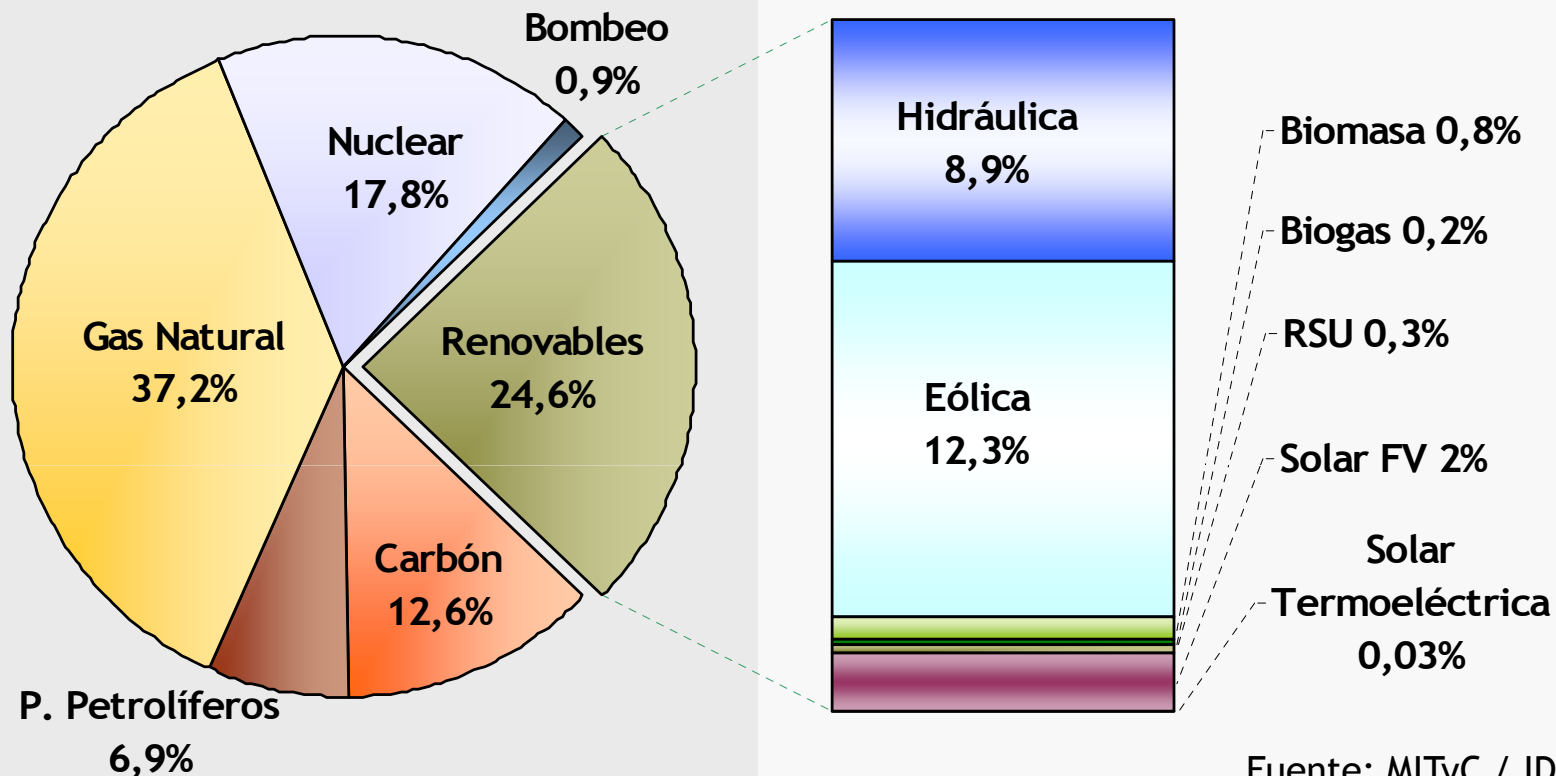
### ✓ Beneficios **Energéticos**:

- o **Reducción del grado de dependencia energética** y aumento de la **seguridad de suministro**.
- o **Diversificación** del “mix” energético.

### ✓ Beneficios **Socioeconómicos**:

- o Generación de **empleo**.
- o **Fortalecimiento de la industria nacional**.
- o **Reducción del déficit nacional de la balanza de pagos**.
- o **Competitividad económica**.

## RESULTADOS 2009 - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Fuente: MITyC / IDAE

**Total: 296.508 GWh**

**Producción RES: 72.809 GWh**

Contribución de la electricidad renovable al  
**CONSUMO BRUTO DE ELECTRICIDAD en 2009: 25,2 %**

## HORIZONTE 2020

- Nueva **Directiva 2009/28/CE**, de energías renovables, con **objetivos mínimos obligatorios** para el año 2020:
  - 20% de energías renovables para España (igual que la media para la UE).
  - 10% de renovables en transporte, en la UE y en cada Estados miembro.
- **Diciembre de 2009: Comunicación a la Comisión Europea** de nuestra **previsión de cumplimiento** de los objetivos (22,7%). Ajuste del objetivo, mediante mecanismos de cooperación.
- Nuevo **Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020**: debe presentarse a la Comisión Europea antes del 30 de junio de 2010.

**Necesarias medidas de mayor calado** para afrontar los nuevos objetivos para la próxima década.

## Perspectivas de la Eólica en España: Desafíos a superar.

- ✓ **Variabilidad del recurso eólico**, y dificultades de predicción.  
Exige mayor capacidad de reserva por el Operador del Sistema.
- ✓ Dificultades de gestión de **altos niveles de generación eólica**, fundamentalmente en **periodos “valle”**.
- ✓ **Escasa capacidad de la interconexión con Francia**.  
Actualmente, por debajo del 2% de la potencia total de generación en España.
- ✓ Relativa **vulnerabilidad tecnológica** -ante inestabilidades de red-.

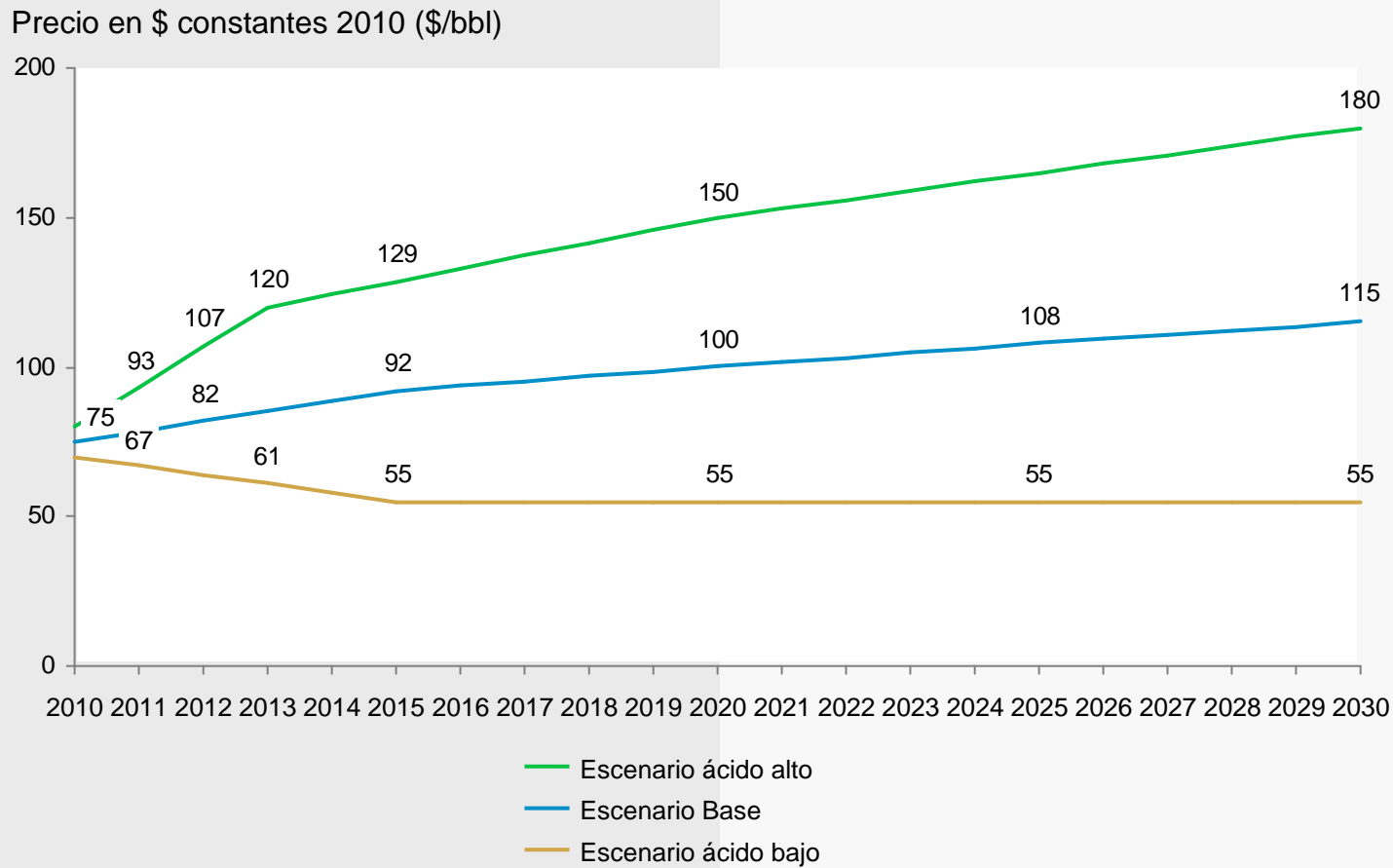
## Perspectivas de la Eólica en España: Soluciones.

- ✓ **Nuevos Procedimientos de Operación** (PO 12.2, en proceso).  
Adaptación de los requerimientos técnicos sobre el comportamiento de los aerogeneradores frente a red, para maximizar la eólica en el sistema.
- ✓ **“Centro del Control para el Régimen Especial” (CECRE).**  
Control de los parques eólicos en tiempo real.
- ✓ **Aumento de la capacidad de almacenamiento energético:** Nuevas centrales de bombeo y otras alternativas.
- ✓ **Refuerzo de interconexiones internacionales, y de la red de transporte.**
- ✓ Potenciar la **gestión de la demanda en tiempo real** (participación del usuario, carga de baterías de coches eléctricos en el futuro,...)
- ✓ Mejora de las **herramientas de predicción eólica.**



# Evolución prevista del precio del crudo

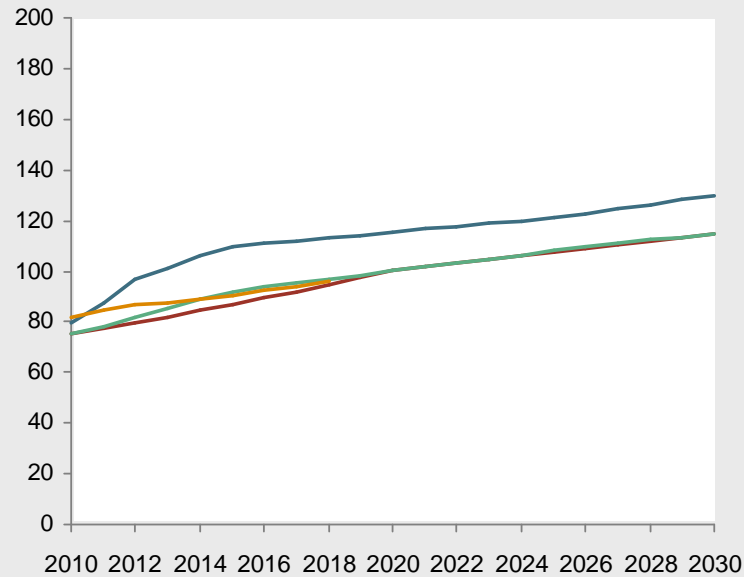
## Escenarios de precio de crudo Brent



# Evolución prevista del precio del crudo

## Precio del crudo Brent en el escenario base

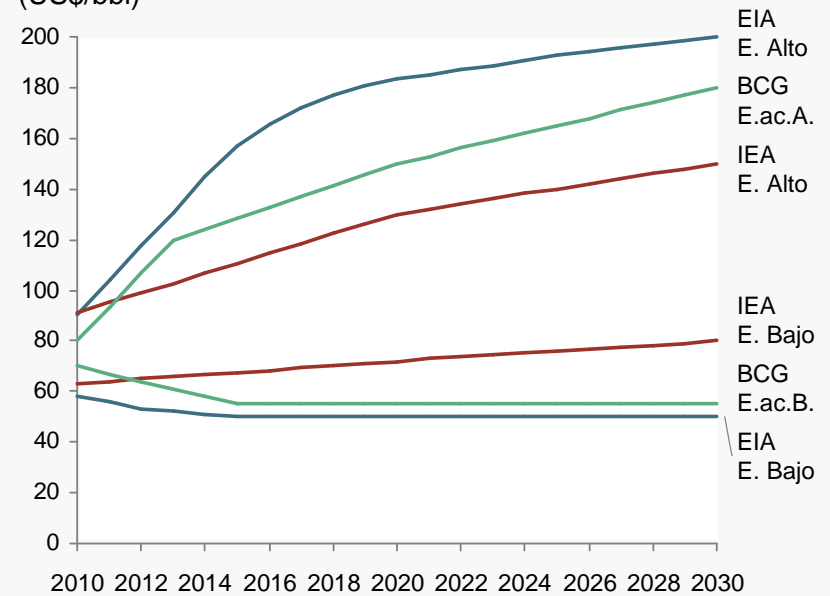
Precio \$ constantes 2010  
(US\$/bbl)



— Escenario Referencia EIA    — Escenario Base BCG  
— Escenario Referencia IEA    — Forward ICE Brent

## Precio del crudo Brent en los escenarios alto y bajo

Precio \$ constantes 2010  
(US\$/bbl)



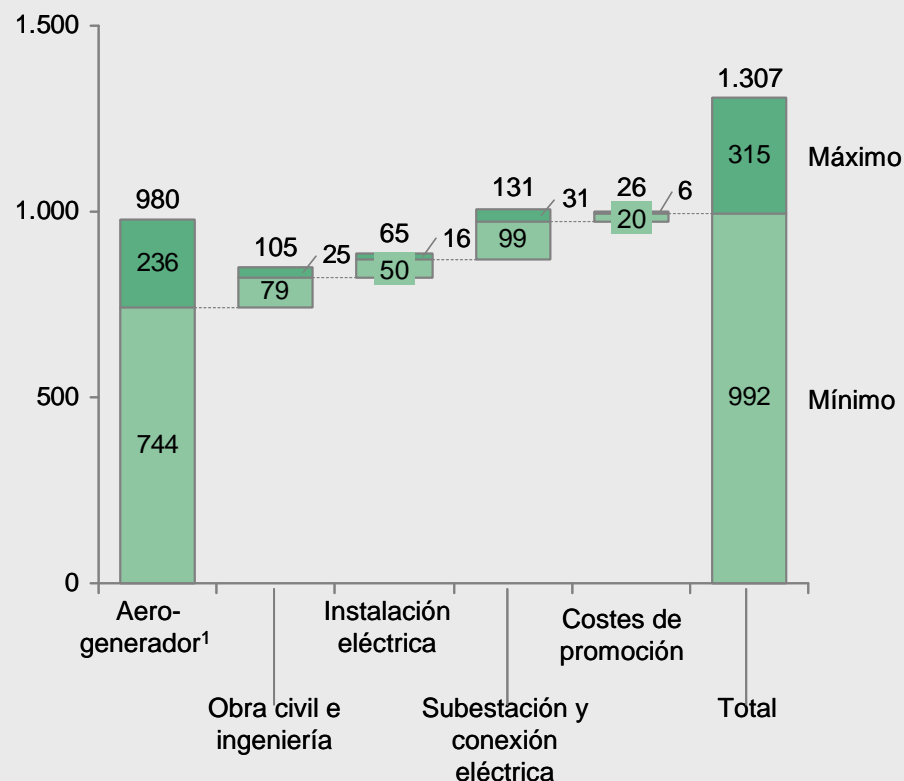
— BCG  
— EIA  
— IEA

Nota: Los futuros del ICE Brent se han estimado como valores reales asumiendo una inflación del 2%  
Fuentes: IEA World Energy Outlook 2009; EIA International Energy Outlook 2009; ICE futuros Brent

# Costes de inversión de un parque eólico en tierra (de gran potencia).

## Estimación de la inversión para generación eólica onshore de gran potencia en 2010 (50 MW)

Coste de la inversión de un parque eólico onshore ('000 € / MW)



## Rangos de Costes de inversión

<b>Aerogenerador</b>	<p><b>~75% de la inversión total</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura (+0,5% por metro adicional)</li> <li>• Configuración generador-multiplicador (+10% para generadores síncronos)</li> <li>• Potencia (+6% por MW para misma altura)</li> </ul>
<b>Obra civil e ingeniería</b>	~8% de la inversión total
<b>Instalación eléctrica</b>	~5% de la inversión total
<b>Subestación y conexión eléctrica</b>	<p><b>~10% de la inversión total</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ~100.000 €/km de línea eléctrica aérea y ~700.000 €/km de línea eléctrica subterránea</li> </ul>
<b>Promoción</b>	~2% de la inversión total

1. Precio incluyendo transporte, montaje y margen EPC

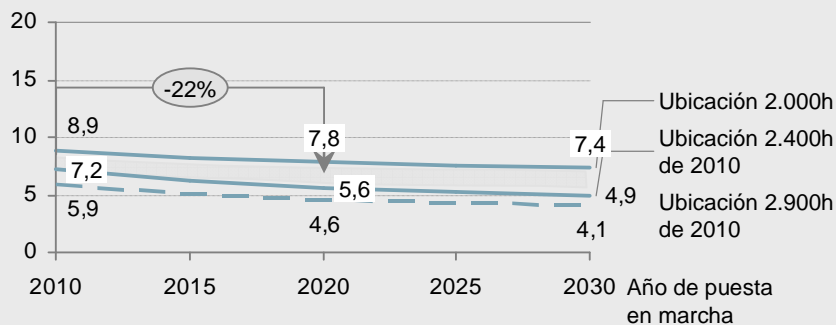
Nota: el precio de un aerogenerador (incluyendo transporte e instalación) varía en función de la potencia del generador eléctrico y la altura de la torre. El valor de ~744.000 €/MW es para un aerogenerador de 850 kW y 55 metros de altura, mientras que el precio de ~980.000 €/MW es para un aerogenerador de 2 MW y 100 metros de altura. Para los cálculos sólo se han considerado aerogeneradores de 2 MW, con un precio de 840.000 €/MW para 66 metros de altura y 980.000 €/MW para 100 metros de altura

Fuente: EWEA; WindDirections 2007; Intermoney; AEE; análisis BCG

# Eólica en tierra: Evolución esperada de costes de generación.

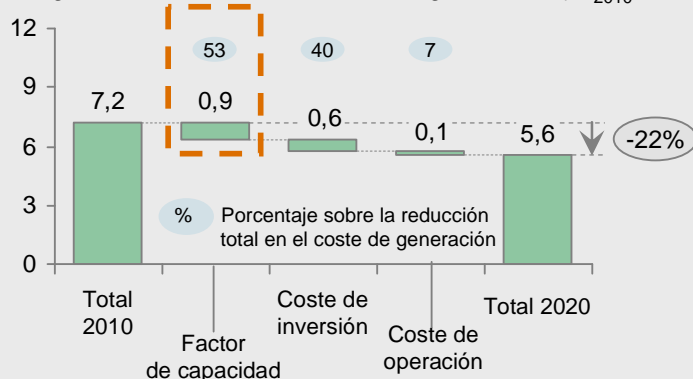
**El coste de la energía eólica onshore descenderá ~22% hasta 2020**

Evolución en el coste de generación eléctrica (c€<sub>2010</sub> / kWh)



**El ~50% de esta mejora se deberá al incremento en el factor de capacidad que un aerogenerador con la mejor tecnología de 2020 generaría en la misma ubicación**

Desglose de la evolución de coste de generación (c€<sub>2010</sub> / kWh)



## Hipótesis utilizadas

### Coste de inversión

#### Reducción de 12% hasta 2020 y de 18% hasta 2030

- Curva de experiencia de costes (progress ratio de 96%)<sup>1</sup>
- Competencia de países de bajo coste: reducción adicional del 0,6%<sup>2</sup>
- Incremento de potencia en el de aerogenerador tipo (3 MW en 2020 y 4 MW en 2030): incremento de costes de 6% por MW adicional<sup>3</sup>

### Coste de operación

#### Reducción de 6% hasta 2020 y de 12% hasta 2030

- Menor coste de mantenimiento de aerogeneradores: 7% en 2020 y 14% en 2030
- Menor coste de seguros al reducir el coste de inversión<sup>5</sup>

### Factor de capacidad

#### El factor de capacidad presenta un progress ratio de 7% para una misma ubicación, en línea con histórico<sup>6</sup> (Δ de 13% en 2020 y 20% en 2030)

- Mayores alturas, mayores diámetros y sistemas de control más efectivos<sup>7</sup>

#### La superficie onshore se revalorizará en términos eólicos

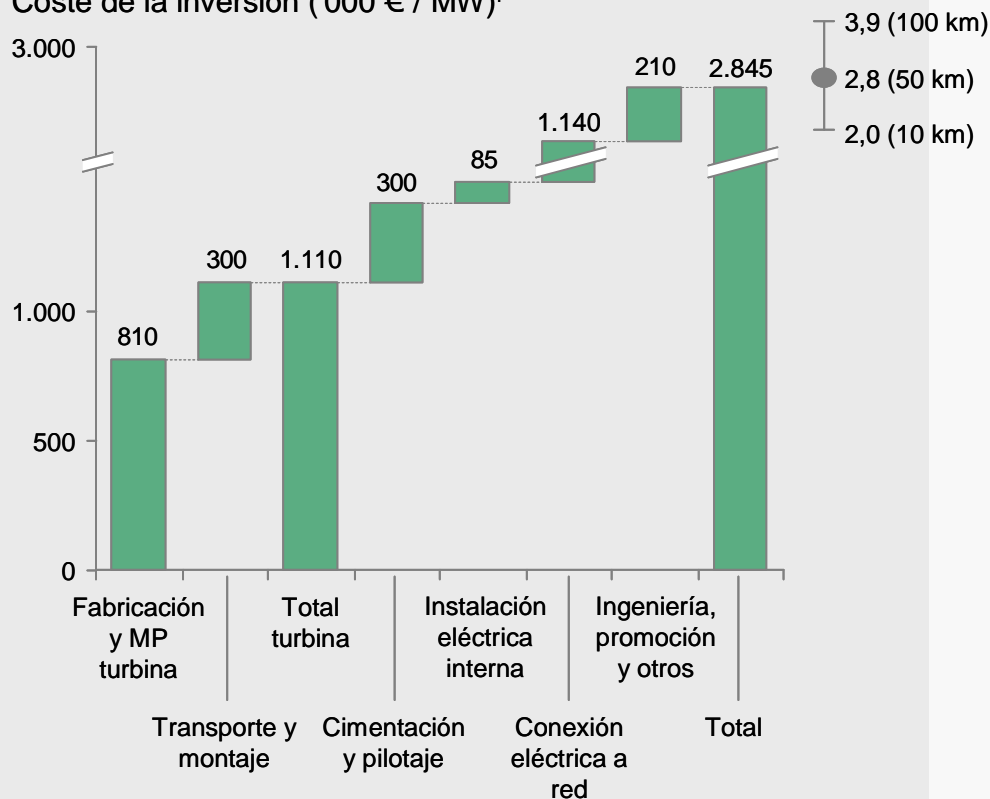
- Las repotenciaciones incrementarán su factor de capacidad y reducirán su coste de generación
- Algunas localizaciones que hoy quedan descartadas por falta de viento podrán albergar parques que operarán a 1.900 h

1. La IEA estima una curva de experiencia histórica hasta el año 2000 de 96% y ésta aplicará a todos los fabricantes 2. Los países de bajo coste ofertan instalaciones con un 20/30% de descuento ya instaladas en Europa y se asume que esta competencia implicará una reducción de precios de 10/15% 3. Asumiendo una potencia tipo de 2/2,2 MW en 2010 4. Se estima una evolución desde el coste medio actual (10,5 c€/kWh) hasta el coste propio de las mejores prácticas actuales (9 c€/kWh) 5. Proporcional a la evolución en el coste de la inversión 6. Regresión sobre el número de horas anuales equivalentes que un generador de última generación trabajaría para una localización dada realizada con datos de fabricante líder del sector 7. 50% por sistemas de control, 50% por mayores alturas y mayores diámetros

# Costes de inversión y costes operativos de parques en el mar -2010-

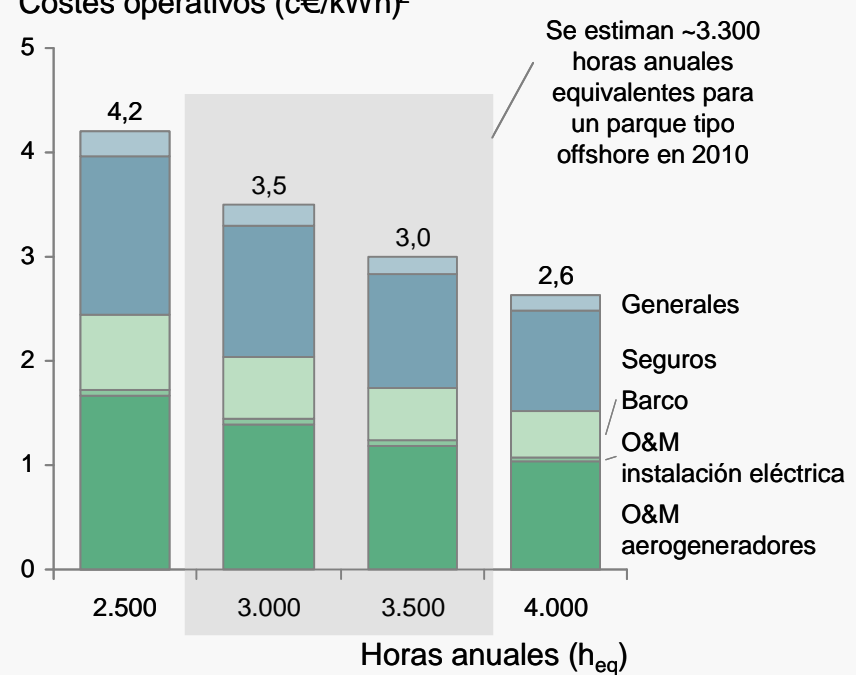
## Coste de inversión de parques eólicos offshore en 2010

Coste de la inversión ('000 € / MW)<sup>1</sup>



## Costes operativos de parques eólicos offshore en 2010

Costes operativos (c€/kWh)<sup>2</sup>

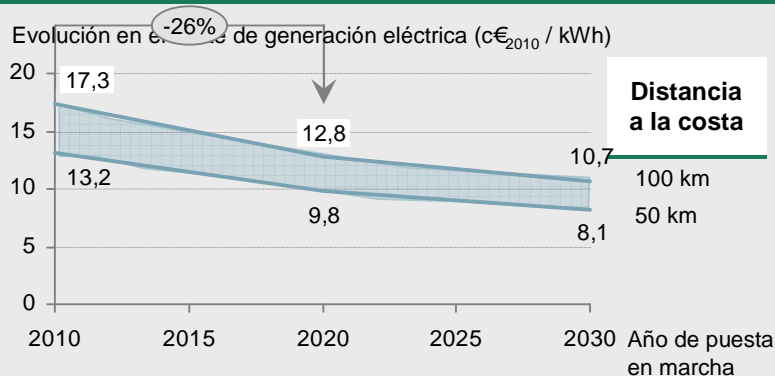


1. Se considera un parque eólico de ~150 MW compuesto por aerogeneradores de 3 MW, de 60 metros de altura de buje, situado a 50 km de la costa, en aguas de profundidad no superior a 40 metros y conectado a la red eléctrica mediante una red HVDC 2. El coste de mantenimiento de parques offshore es más caro que onshore principalmente por los costes de alquiler del barco y por los seguros (estimados en 1,5% del coste de la inversión en 2010)

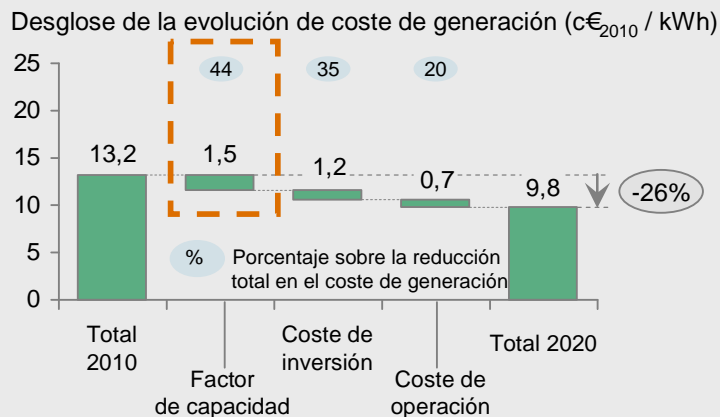
Fuentes: EWEA; AEE; ABB; entrevistas a agentes del sector; datos públicos de parques offshore; análisis BCG

# Eólica en el mar ( $\leq 40$ m profundidad): Escenario costes de generación.

El coste de la energía eólica offshore se reducirá ~25% hasta 2020 para parques en zonas de profundidad inferior a 40 m



El ~50% de esta mejora se deberá al incremento del factor de capacidad



## Hipótesis utilizadas

### Coste de inversión

#### Reducción de 15% hasta 2020 y de 20% hasta 2030

- Evolución de costes del aerogenerador offshore proporcional al aerogenerador onshore (~12% hasta 2020, 18% hasta 2030)<sup>1</sup>
- Curva de experiencia de costes: 96% para transporte y montaje y para cimentaciones<sup>2</sup>
- Incremento de potencia en el de aerogenerador tipo (4 MW en 2020 y 5 MW en 2030): incremento de costes de 6% por MW adicional<sup>3</sup>

### Coste de operación

#### Reducción de 22% hasta 2020 y de 34% hasta 2030

- Curva de experiencia de costes: 95% en mantenimiento de aerogeneradores e instalaciones eléctricas<sup>4</sup>
- Menor coste de seguros al reducir el coste de inversión y al reducirse la prima de riesgo<sup>5</sup>

### Factor de capacidad

#### El factor de capacidad aumentará un 50% del valor estimado para parques onshore

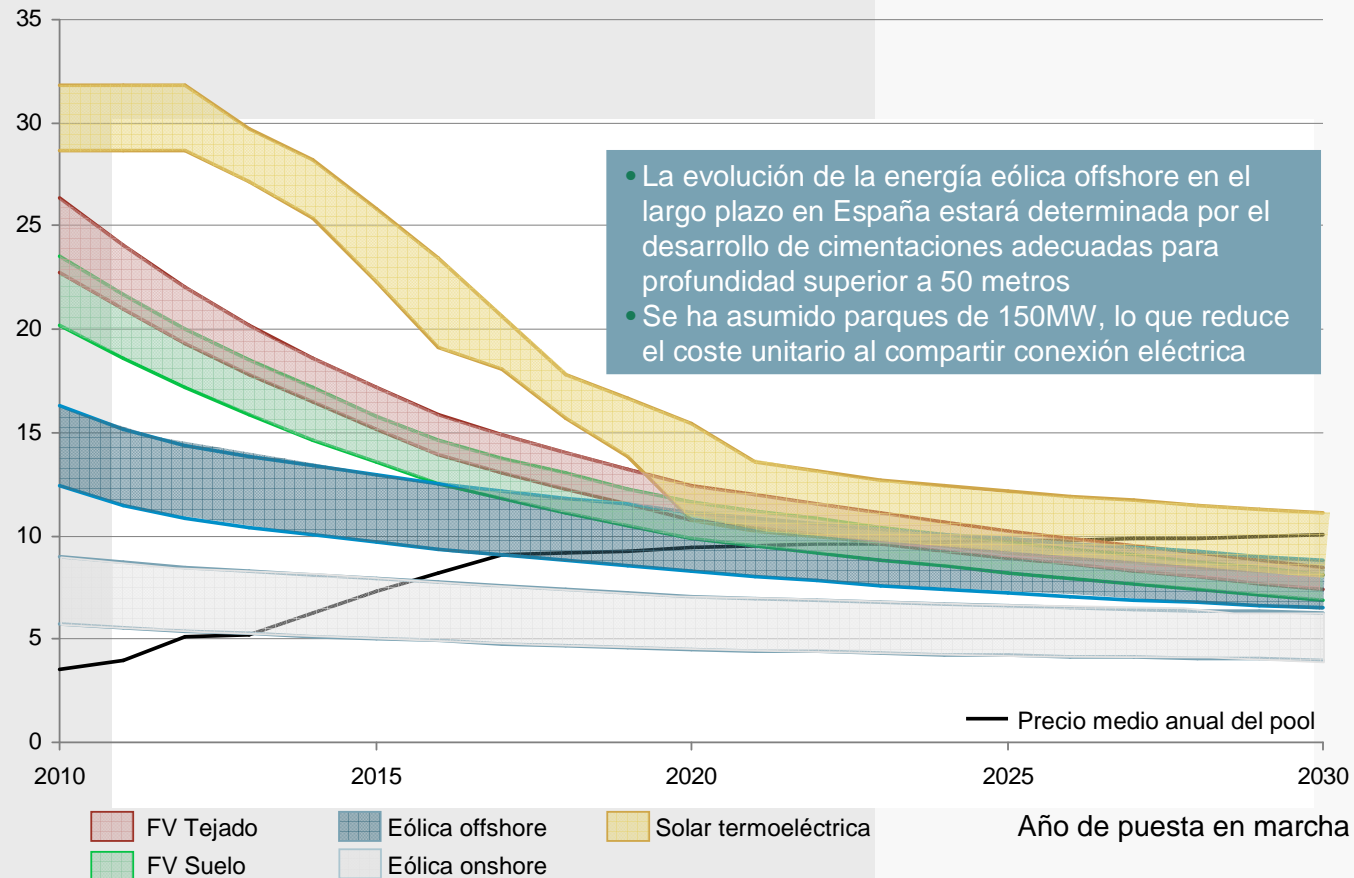
- Sistemas de control más efectivos, si bien no se estiman un crecimiento significativo en altura o diámetro

Adicionalmente, se estima que la disponibilidad media de parques offshore aumentará desde el 80% en 2010 hasta el 90% en 2030

1. Las máquinas onshore y offshore son aproximadamente las mismas y no se estima una diferenciación en este sentido 2. Se estima una curva de aprendizaje equivalente al histórico de generación eólica 3. Se estima una potencia tipo actual de 3 MW 4. Equivalente a la curva de experiencia que resulta de la proyección para el mantenimiento de parques onshore 5. Desde el 1,5% de la inversión estimado en 2010 hasta el 0,75% en 2030

# Coste de generación eléctrica para las tecnologías eólica, solar fotovoltaica y solar termoeléctrica.

Coste de generación eléctrica (c€<sub>2010</sub> / kWh)



## Caracterización de los rangos en el coste de generación

### Fotovoltaica de tejado y suelo

- Rango de variación en función de la tecnología
- Límite superior: Thin Film
- Límite inferior: Cristalina

### Solar termoeléctrica<sup>1</sup>

- Rango de variación en función de la tecnología: cilindro parabólico y torre
- Límite superior: tecnología de torre hasta ~2015 y de cilindro parabólico en adelante (escalando hasta 200MW)
- Límite inferior: tecnología de cilindro parabólico hasta ~2015 y de torre en adelante

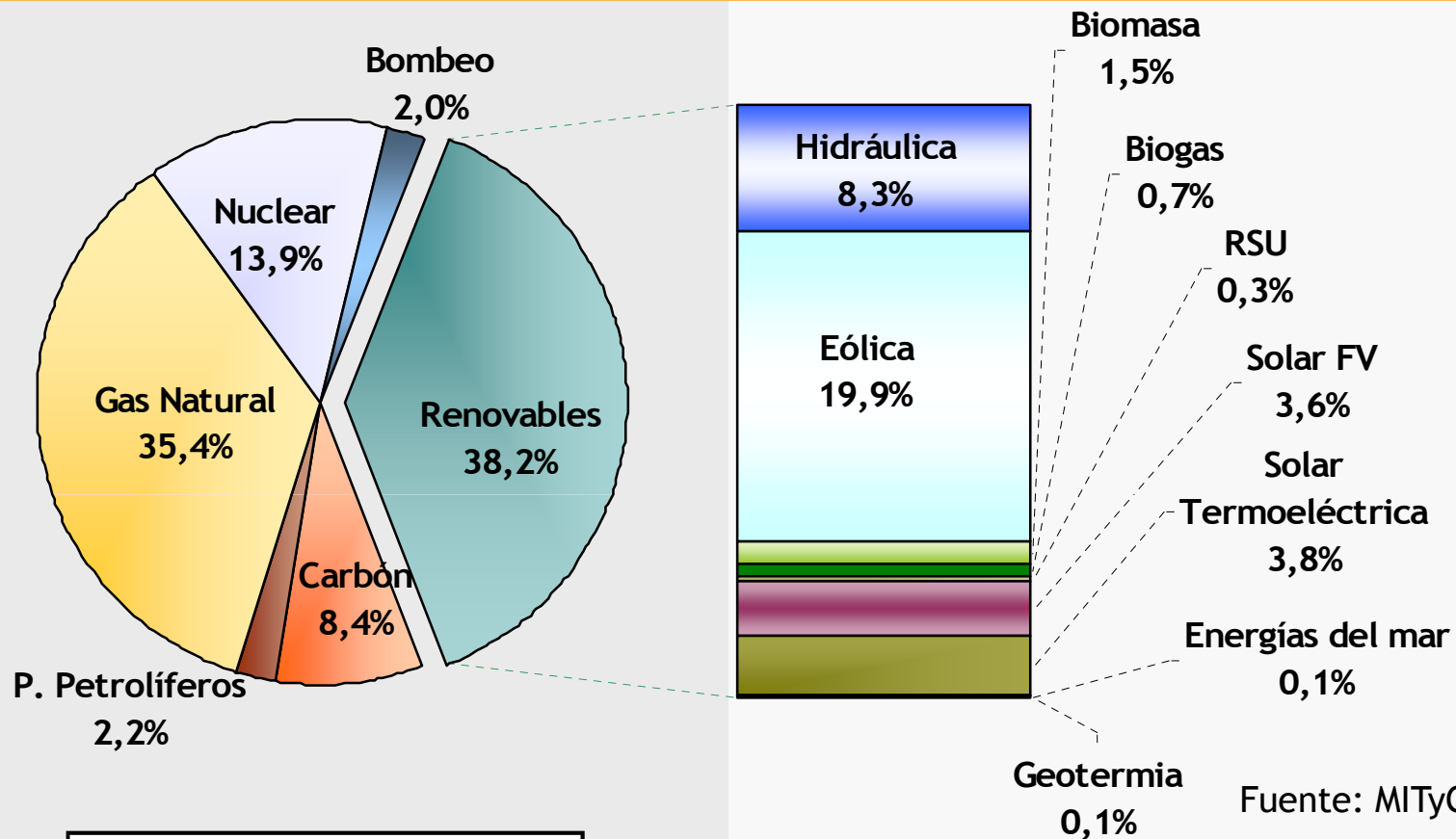
### Eólico onshore

- Rango de variación para instalaciones de 50 MW en función de la intensidad de viento
- Límite superior: zonas de viento moderado (~1.900 horas en 2010)
- Límite inferior: zonas de viento fuerte (~2.900 horas en 2010)

### Eólico offshore

- Rango de variación para instalaciones de 150 MW en función de la distancia a la costa
- Límite superior: 100 km de distancia a la costa
- Límite inferior: 50 km de distancia a la costa

## PREVISIONES 2020 - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Fuente: MITyC / IDAE

**Total: 400.420 GWh**

**Producción RES: 152.835 GWh**

Contribución de la electricidad renovable al  
CONSUMO BRUTO DE ELECTRICIDAD en 2020: 40,7 %



## PREVISIONES 2020 - POTENCIA INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

<b>POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA (MW)</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
- Hidroeléctrica sist REE (convencional y bombeo mixto)	14.112	14.112	14.112	14.112
- Hidroeléctrica resto	1719	2.029	2.237	2.550
<b>- Eólica en tierra (media y gran potencia)</b>	<b>9.918</b>	<b>20.155</b>	<b>27.847</b>	<b>35.000</b>
<b>- Eólica marina</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>3.000</b>
- Solar termoeléctrica	0	632	3.048	5.079
- Solar fotovoltaica	60	4.021	5.918	8.367
- Biomasa y residuos renovables	596	752	965	1.587
- Biomasa	354	501	620	1.000
- Biogás	152	156	220	400
- RSU renovable (1/2 del total)	90	95	125	187
- Energías del mar	0	0	0	100
- Geotermia	0	0	0	50
RSU no renovable	170	175	205	267
<b>Hidroeléctrica por bombeo</b>	<b>2.546</b>	<b>2.546</b>	<b>3.700</b>	<b>5.700</b>
<b>Energías Renovables</b>	<b>26495</b>	<b>41.796</b>	<b>54.402</b>	<b>70.031</b>

**Gracias por su atención**

**[www.idae.es](http://www.idae.es)**

**[ciudadano@idae.es](mailto:ciudadano@idae.es)**