



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA – ICAI

# La viabilidad económica de las centrales nucleares en el sistema eléctrico español

Pedro Linares, Adela Conchado



Los costes de inversión y la viabilidad económica de las nuevas centrales nucleares

Madrid, 24 de Junio de 2009



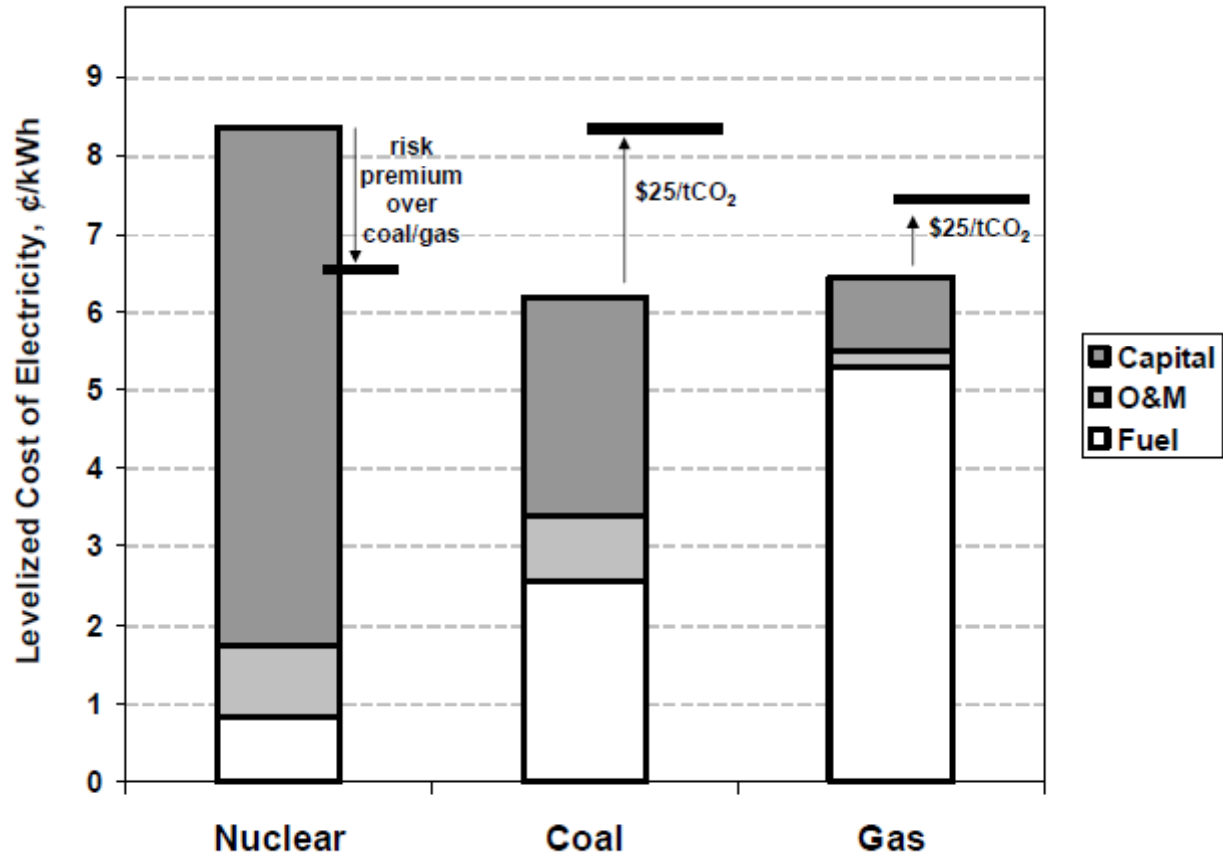


# Motivación

- Uno de los elementos manejados en el debate nuclear es la ventaja económica de la energía nuclear
  - Coste variable de generación más reducido
  - Coste más estable
- Pero los resultados no son concluyentes:
  - disparidad de supuestos
  - en especial, dependencia del coste de inversión
- Los estudios suelen estar basados en el cálculo del LEC, lo cual presenta algún problema adicional





# Resultados del MIT





# Objetivos de nuestro estudio

---

- 
- 
- Evaluar la viabilidad económica de la construcción de nuevas centrales nucleares
    - En el sistema eléctrico español
    - En los próximos 10 años
  - Para ello, determinamos el coste de inversión mínimo que se debería alcanzar para entrar en el sistema





# Metodología



- Simulamos el comportamiento del sistema eléctrico, con un modelo de expansión de la generación a largo plazo
- Iteramos con el coste de inversión de nuevas centrales nucleares, hasta que se construye alguna en los próximos 10 años



# Diferencias con el estudio de MIT

- No hace falta suponer horas de funcionamiento, que además son endógenas
- Permite considerar todas las posibles tecnologías simultáneamente, y sus interacciones (importante la política renovable, por ejemplo)
- El modelo no tiene en cuenta los costes hundidos de las instalaciones existentes, lo que parece más apropiado en un entorno liberalizado en el que la recuperación de las inversiones no está garantizada
- Permite integrar otras posibles restricciones (falta de hueco por entrada de renovables, etc.)
- Los precios del CO2 o el gas, etc. no siempre son costes directos, ya que al aumentar el precio del sistema tienen un doble efecto, que afecta de manera distinta a las tecnologías marginales e inframarginales



# Tipos de coste de inversión

- EPC (Engineering, Procurement and Construction)
- Coste del propietario
  - Generalmente, un 20% superior (MIT)
  - Suele estar en términos nominales
- Overnight
  - El coste del propietario, referido a un año base, en términos reales
  - No incluye costes de financiación: 11-50% más
  - Son los que vamos a calcular (y comparar)





# Supuestos básicos (I)

- Horizonte: 2008 – 2050
- Suponemos que las inversiones se financian contra balance: no hay prima de riesgo para la nuclear
- No consideramos costes de desmantelamiento
- No se considera inflación, las cifras se dan en costes reales del 2008
- Plazos de construcción
  - 6 años para nuclear
  - 2 años para ciclos combinados y carbón





## Supuestos básicos (II)



- Costes de inversión (MIT):
  - Gas: 637 €/kW
  - Carbón: 1.725 €/kW
- Política de renovables (objetivos a 2020)
  - 45.000 MW eólica
  - 5.300 MW solar térmica
  - 8.000 MW solar FV
  - 3.200 MW biomasa



# Escenarios

- Tasa de descuento: 6% – 9% – 12%
- Coste del gas: 4 – 7 – 14 (\$/MMBtu)
- Objetivos de renovables: -25% – 40% – +25%
- Fiabilidad de las nucleares: 80% – 85% – 90%
- Crecimiento de la demanda: 0,5% – 1% – 2%
- Precio del permiso de CO<sub>2</sub>: 10 – 18,75 – 40 (€/t)
- Plazo de construcción nuclear: 5 – 6 – 8 años



# Resultados: costes frontera (overnight)

Bajo el escenario medio, el coste frontera es de 2.880 €/kW

Escenario	Umbral inferior	Umbral superior
Demanda	2752	2909
WACC	2260	3280
Precio CO2	2626	3182
Precio gas	1798	3173
Objetivo renovables	2747	2909
Fiabilidad	2730	3041
Plazo de construcción	2565	2934





# Resultados: sensibilidad

- La nuclear es más competitiva si:
  - Aumenta el crecimiento de la demanda
  - Bajan los objetivos para las renovables
  - Baja el WACC
  - Aumenta el precio del CO2
  - Aumenta el coste del gas
  - Aumenta su fiabilidad
  - Se reduce el plazo de construcción
- **Escenario favorable: 3.665 €/kW**
- **Escenario desfavorable: 1.203 €/kW**



## Resultados: Escenario climático “extremo”

- Algunas empresas consideran que la nuclear puede ser una opción bajo un escenario con altos precios del gas y del CO<sub>2</sub>:
  - Precio del CO<sub>2</sub>: 100€/t
  - Precio del gas: 20 \$/MMBtu
  - Resto: escenario medio
  
- **Coste frontera: 3.760 €/kW**



# Los costes actuales (overnight, MIT)

- Costes en plantas reales de Japón y Corea 2004-08:

Tipo	MW	Fecha	Coste (€/MW)
ABWR	1.325	2004	2069
BWR	1.067	2005	2513
ABWR	1.304	2006	1768
OPR	995	2004	2518
OPR	994	2005	2207

- Costes en EEUU (propuestos)

Tipo	MW	Fecha	Coste (€/MW)
ABWR	1.371	N/A	2198
ESBWR	3.040	2018-2020	2648
AP1000	2.212	2016-2017	3155
AP1000	2.234	2016-2019	2840
AP1000	2.200	2016-2017	3559
AP1000	2.700	2014-2015	2610





# Limitaciones

- No suponemos variabilidad en los costes de los combustibles fósiles
  - Desfavorable para la nuclear
- Las energías renovables no se consideran intermitentes
  - Desfavorable para el gas
- No tenemos en cuenta distintas posibilidades de financiación y la rentabilidad financiera



# Conclusiones

- Bajo un escenario intermedio, el coste frontera de la nuclear está en el rango inferior de los costes que se manejan en la industria para la tecnología actual, y eso siempre que:
  - No haya desviaciones presupuestarias
  - No haya retrasos en los plazos de construcción
- La viabilidad económica en sí misma no constituye un elemento favorable para la decisión de construcción de nuevas nucleares, sino más bien desfavorable en muchos escenarios
- Los resultados son muy sensibles a la variación en los parámetros, lo que conlleva una alta incertidumbre (igual que para gas o carbón)
- Las decisiones pasan a ser de gestión de riesgos, en lo que influye tanto el portafolio como la percepción de riesgos del inversor





Más información:

[www.upcomillas.es/personal/pedrol](http://www.upcomillas.es/personal/pedrol)

# Fiabilidad de las nucleares

## NUCLEAR PLANT AVAILABILITY FACTORS

<u>Country</u>	<u>Lifetime</u>	<u>2002-2004</u>
USA	76%	89%
France	77	81
Japan	74	67
Germany	83	87
Sweden	79	85
Spain	85	91
Belgium	85	88
Russia	69	73
Korea	85	89
Finland	<u>90</u>	<u>93</u>
World	76	82

Source: IAEA



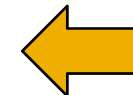
# Desviaciones presupuestarias

## HISTORICAL U.S. CONSTRUCTION COST EXPERIENCE

75 (pre-TMI) plants operating in 1986:  
\$2002/kWe

<u>Construction Started</u>	<u>Estimated Overnight Cost</u>	<u>Actual Overnight Cost</u>	<u>% OVER</u>
1966-67	\$ 560/kWe	\$1,170/kWe	209%
1968-69	\$ 679	\$2,000	294%
1970-71	\$ 760	\$2,650	348%
1972-73	\$1,117	\$3,555	318%
1974-75	\$1,156	\$4,410	381%
1976-77	\$1,493	\$4,008	269%

Source: U.S. EIA



# Nuclear y renovables

- En el estudio se ha supuesto un potencial de renovables igual a los objetivos previstos para 2020
- Si se aumenta este potencial, y se mantienen las primas actuales, la energía producida por renovables sería suficiente para cubrir la demanda
  - Otra cuestión es la energía de respaldo (gas fundamentalmente)
- En ausencia de primas y de objetivos, el coste frontera de la nuclear es similar (entra la eólica por sí misma)

