

© DR. PEDRO BAÑUELOS SÁNCHEZ  
IAN PAUL LÓPEZ TORT

**exaudlap**  
COMUNIDAD DE EGRESADOS

# Análisis costo-beneficio de **LA ENERGÍA NUCLEAR EN MÉXICO:**

## un camino hacia el desarrollo sostenible y la independencia energética

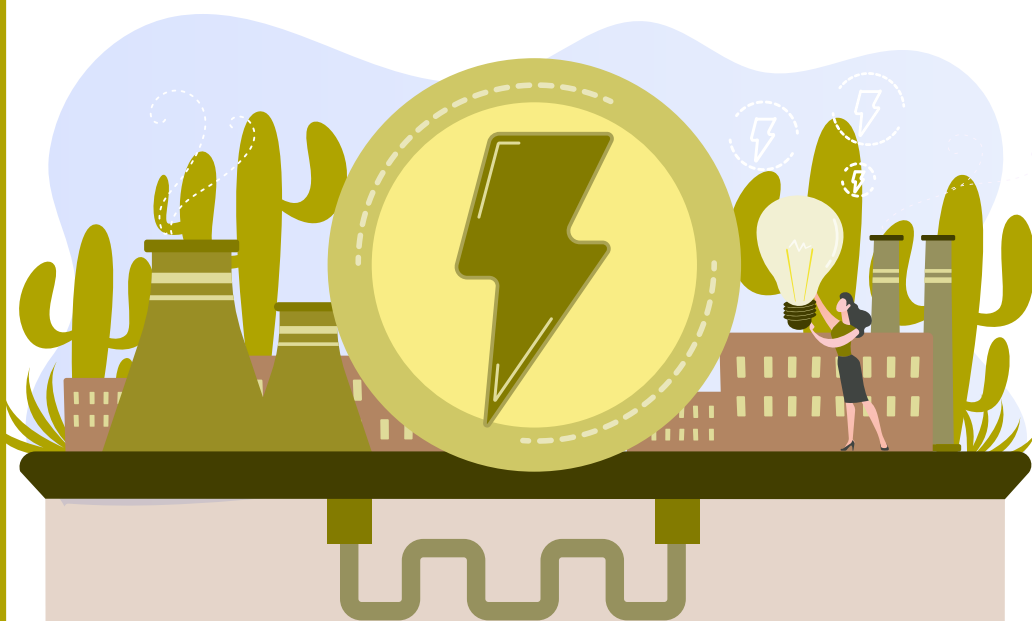
© Pedro Bañuelos es profesor de tiempo completo en el Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica de la UDLAP desde 2002. Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Université Pierre et Marie Curie-Supelec; maestro en Ciencias con especialidad en Electrónica y licenciado en Ingeniería Electrónica y Comunicaciones por la UDLAP.

© Investigador en electrónica de potencia, con líneas de trabajo en corrección del factor de potencia, calidad de la energía eléctrica, convertidores de potencia para fuentes de energía no convencionales, así como en energía fotovoltaica y eólica. Dirige proyectos de investigación en estas áreas.

© Autor y miembro activo de diversas asociaciones, con más de 65 publicaciones, dos libros, un capítulo de libro, dos patentes (dispositivo para generar energía con olas de mar y tracto arado solar) y una solicitud de patente. Miembro de IEEE, SOMEF y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), nivel 1.

© Ian Paul López Tort, Estudiante de Ingeniería en Energía en la Universidad de las Américas Puebla, con enfoque en energía nuclear y soluciones sostenibles. Miembro del Programa de Honores y cuenta con experiencia internacional en Alemania.

© Investigador en reactores modulares pequeños (SMR), desarrolla su tesis sobre la simulación de un SMR tipo PWR y realiza modelaciones con ASPEN y MATLAB. Es autor en conferencias IEEE con trabajos publicados sobre análisis costo-beneficio en energía nuclear y busca oportunidades de investigación para contribuir a la transición hacia energías limpias.



**D**esde 2015, en el contexto mexicano no se ha planteado una adición seria de potencia nuclear al sistema eléctrico nacional. Aunque México tiene el objetivo de lograr que el 40 % de su energía sea suministrada por tecnologías limpias, conforme al Acuerdo de París, la demanda futura presenta retos importantes. Para 2038 se estima un crecimiento del 166 % del consumo de electricidad del sistema interconectado de Baja California Sur (5,410 GWh), impulsado por el turismo y crecimiento demográfico. Ante este panorama, se propone el desarrollo de una central nuclear en dicho estado, que operaría con un reactor AP1000. Se comparó este proyecto de potencia nuclear con uno de generación mediante combustible convencional: dos centrales de ciclo combinado (CCGT) de potencia equivalente, elegidas por su bajo costo de construcción.

## Metodología

Se realizó un análisis de costo-beneficio en el contexto energético considerando los costos por inversión inicial (CAPEX), operación y mantenimiento (OPEX), de combustible (FUEL) y de desmantelamiento (DECO). Todo ello se evaluó con una tasa de descuento social del 7 %, lo que implica que los costos y beneficios disminuyen conforme pasan los años.

Para los cálculos de la central nuclear y de la CCGT se utilizaron las fórmulas de valor presente (PV) y costo nivelado de energía (LCOE):

$$PV(C) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+s)^t}$$

Donde  $C$  representa los costos,  $t$  los años, y  $s$ , la tasa de descuento social.

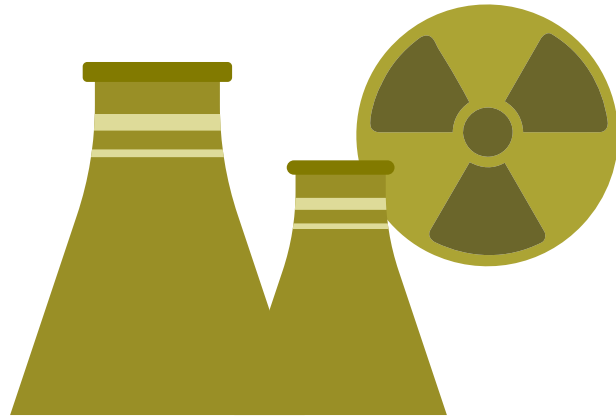
$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{Costs_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Energy\ Generated_t}{(1+r)^t}}$$

Para el proyecto nuclear se utilizaron valores proporcionados por el fabricante y un estudio del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) acerca de la construcción de reactores AP1000. Para el proyecto CCGT se empleó el reporte de Lazard correspondiente al LCOE v17.0, tomando los valores del escenario alto. La tabla 1 presenta los datos iniciales.

Tabla 1. Datos iniciales de ambos proyectos		
Concepto	AP1000	CCGT
Potencia	1,200 MW	550 MW
Factor de planta	93 %	30 %
Construcción	10 años	3 años
Operación	60 años	20 años
Decomisión	5 años	2 años
CAPEX	10 mil millones	715 millones
OPEX	\$19/MWh	\$15/MWh
FUEL	\$9/MWh	\$26/MWh
DECO	1,500 millones	21.45 millones
Emisiones CO <sub>2</sub>	0 t/año	680,783 t/año <sup>1</sup>

Fuente: elaboración propia.

1 Valor promedio de 0.471 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh.



Para calcular el beneficio total, se utilizó el precio promedio de energía en el Sistema Interconectado de Baja California Sur: \$2533.19/MWh.

## Resultados

Tabla 2. Comparación de ambos proyectos		
Indicador	AP1000	CCGT
LCOE	\$129.44/MWh	\$113.19/MWh <sup>2</sup>
Retorno del CAPEX	4 años	1 año
Beneficio final	148 mil millones	31 mil millones <sup>3</sup>
Indicador	AP1000	CCGT

Fuente: elaboración propia.

2 Ajustado por costo de carbono (\$50/t CO<sub>2</sub>).

3 Considerando únicamente una planta de CCGT.

En la tabla 2 se presentan los valores de LCOE obtenidos, el tiempo de recuperación del CAPEX y el beneficio final estimado.

## Conclusiones

El LCOE del proyecto nuclear y el del ciclo combinado difieren únicamente en \$16/MWh. Si bien la CCGT presenta un costo menor, su capacidad de generación es sustancialmente inferior en comparación con la central nuclear, que producirá 9.776.160 gw a lo largo de sus 60 años de operación.

Aunque las centrales CCGT son más económicas a corto plazo, sus elevadas emisiones —680,783.40 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales— contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica, lo cual se relaciona con enfermedades respiratorias y otros problemas de salud. En cambio, la energía nuclear ofrece una alternativa más limpia, capaz de mejorar la salud pública y reducir costos sanitarios a largo plazo. **C**