

# Modelación Matemática/Financiera del Sistema Eléctrico Nacional

Centro Mario Molina

2018

## Resumen

---

El PRODESEN enuncia las acciones para cubrir la demanda futura de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en un periodo prospectivo de 15 años. Con la finalidad de analizar este y otros escenarios se elaboró una herramienta en la que; con datos como: crecimiento históricos de consumo y generación, factores de planta, costos de capital y operativos, factores de emisión, entre otros; se hizo un estudio comparativo entre escenarios prospectivos de costo-beneficio el cual determina qué escenario genera mayores beneficios ambientales al menor costo y verificando que cumpla con las metas de mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el corto y largo plazo del sector eléctrico; el cual, es el de mayor potencial de mitigación a nivel nacional.

Es posible lograr las metas de mitigación aprovechando, como mínimo, la mitad de los recurso renovable económicamente aprovechables en nuestro país; sin embargo, la generación no renovable se apunala en gas natural importado lo que nos deja vulnerables frente al extranjero. Ésta condición se puede subsanar si: se incrementa la capacidad nucleoelectrica prospectiva y/o si se duplica la proyección de producción nacional de gas natural.

---

### 1. Introducción

Los sectores eléctrico y de fuentes móviles suman, en su conjunto, casi la mitad del total de GEI a nivel nacional. Para el sector de fuentes móviles, su mayor área de mitigación está en sustituir combustibles líquidos por gas natural o electricidad <sup>[3]</sup>. El sector eléctrico, por su parte, debe reducir su factor de emisiones por unidad energética generada [tCO<sub>2e</sub>/MWh] y esto se logra en la medida que la matriz de generación incluya un mayor porcentaje de tecnologías más limpias<sup>1</sup>. Es por esto que reducir el factor de emisiones del sector eléctrico entraña una

mitigación de emisiones no solo del sector eléctrico sino también del de fuentes móviles. De ahí la relevancia del sector eléctrico.

Debido a que el sector eléctrico tiene un gran potencial de reducción de GEI, se estableció una meta de mitigación nacional más ambiciosa para este sector. Al 2030 se desea reducir las emisiones un 31% con respecto a la línea base establecida<sup>2</sup> (Figura 1), lo que implica reducir, sólo en ése año, al menos 63 MtCO<sub>2e</sub>. El compromiso de mitigación de CO<sub>2e</sub> adquirido por México va más allá de la meta al 2030 (22% nacional que se traduce

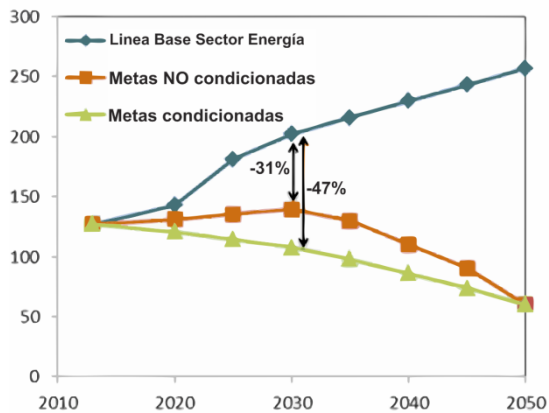
---

<sup>1</sup> Las tecnologías más limpias son los ciclos combinados a gas natural, las energías renovables, la energía nuclear, la cogeneración eficiente y la geotermia.

<sup>2</sup> La línea base de éste sector es la que se construye manteniendo un factor de emisiones constante y una TMCA de 3.2%. La manera de reducir las emisiones por consiguiente es: reducir la TMCA o reducir el factor de emisiones.

en 31% para el sector eléctrico), pues para 2050 se deberá reducir al 50% las emisiones totales respecto a las ocurridas en el año 2000. Esta segunda meta exige trazar una trayectoria de mitigación más ambiciosa desde hoy.

**Figura 1. Trayectorias posibles del sector energético al 2050 [Mton CO<sub>2</sub>e]**



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2016<sup>[4]</sup>.

Esta última meta sólo se alcanzaría bajo la condición de establecer un régimen internacional que disponga de mecanismos de apoyo financiero y tecnológico por parte de países desarrollados hacia países en desarrollo, ya que implicaría una reducción del orden del 75 al 80% respecto a la línea base. Para 2050, pese al crecimiento poblacional que se espera entre 2000 y 2050, las emisiones totales deberán reducirse a la mitad. Esto significa reducir el factor de emisiones de la matriz de generación eléctrica nacional de aproximadamente 0.11 tCO<sub>2</sub>e/MWh, a una cuarta parte de la actual que es de 0.41 tCO<sub>2</sub>e/MWh.

El Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2018-2032<sup>3</sup> (PRODESEN)<sup>[5]</sup> plantea la ruta a seguir para alcanzar la meta no condicionada. Sin embargo, desde nuestra perspectiva, esta propuesta tiene dos áreas de oportunidad: 1) planear con una visión que nos encamine a alcanzar la meta aspiracional al 2050 y 2) como consecuencia, no limitarse a las metas no condicionadas al 2030 a través de un aumento poco ambicioso de la generación con nuclear<sup>4</sup>, renovables y gas natural. Esto último, por otro lado, implica basar la generación fósil en un energético principalmente importado, lo cual supone un riesgo de soberanía energética.

Frente a la propuesta de la Secretaría de Energía (SENER), descrita en el PRODESEN, donde se prevé una mayor dependencia al gas natural y una visión poco clara de largo plazo para cumplir con las metas de mitigación al 2050, surge la pregunta de investigación que guía al presente estudio: ¿habría una combinación de tecnologías que se pudiera adoptar en la matriz de generación eléctrica que, sin incurrir en inversiones mayores, permitiera reducir más emisiones y depender menos del gas natural importado?

3

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf>

<sup>4</sup> Para lo que el gobierno de México y Estados Unidos suscribieron un acuerdo de cooperación en materia de energía nuclear para fines pacíficos el pasado 7 de mayo de 2018. <https://www.gob.mx/sre/prensa/los-gobiernos-de-mexico-y-estados-unidos-suscriben-acuerdo-de-cooperacion-en-energia-nuclear>

## 2. Objetivo general

Este estudio tiene como objetivo el análisis de aspectos técnicos, económicos y ambientales en un periodo prospectivo para distintos escenarios de evolución de la matriz de generación eléctrica a nivel nacional y localizar las variables que garanticen mayores beneficios a un bajo costo

## 3. Objetivos particulares

- Utilizar el modelo desarrollado por el centro Mario Molina para modelar y analizar el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Estudiar distintos escenarios de desarrollo de la matriz de generación de energía eléctrica del SEN en el periodo prospectivo 2018-2032.

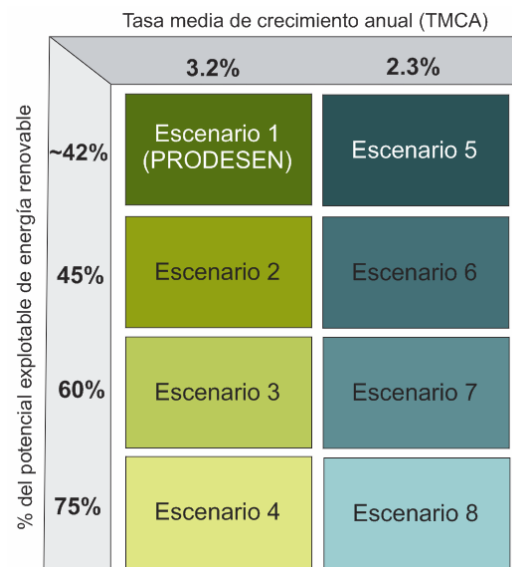
## 4. Metodología

Este estudio analiza la propuesta más reciente del PRODESEN para conocer los montos de inversión, capital de operación y mantenimiento, a lo largo del periodo prospectivo 2018-2032; para conocer la evolución del factor de emisiones, a nivel nacional y regional; para conocer los intercambios de energía históricos y prospectivos entre las regiones de control y, con esta información, proyectar escenarios alternos a la del PRODESEN que busquen hacer más eficiente las inversiones. Todo ellos considerando:

- Regiones de control más autosuficientes que minimicen las pérdidas por transmisión procurando que cada región tenga, en lo posible, la capacidad instalada suficiente para el autoabastecimiento de energía.

- Reducir la excesiva dependencia del gas natural a través de:
  - La diversificación de la matriz con una mayor penetración de fuentes limpias flexibles, como la hidráulica o la geotérmica,
  - El planteamiento serio de la necesidad de incrementar la capacidad nucleoelectrica.
- Plantear escenarios que consideren el potencial renovable existente en el país (Figura 2), los costos de capital de diferentes tecnologías y los costos operativos para, en la medida de lo posible, reducir las emisiones a un mínimo técnicamente factible sin incurrir en mayores costos respecto al PRODESEN.

Figura 2. Escenarios planteados en el estudio



Elaboración propia con modelo EMA

Este estudio pretende ofrecer una alternativa factible de cómo; con los recursos

naturales, económicos y tecnológicos que tiene el país; se lograrían cumplir las metas de mitigación aspiracionales de largo plazo que hemos establecido sin comprometer nuestra competitividad frente al mundo.

De este modo, se modelan escenarios alternos seleccionados con base en estos criterios y se presenta una comparación para profundizar en los costos de inversión, operación, las emisiones asociadas de GEI y de contaminantes criterio y con base en la viabilidad técnica y económica.

## 5. Discusión

En el caso de pretender alcanzar la meta aspiracional al 2050 se tendría que procurar aprovechar el 75% del potencial económicamente explotable de energía renovable alcanzando con ello un abatimiento del 40% de las emisiones de GEI en el sector para el año 2032. Alcanzar éste objetivo traería, además, otros beneficios como ahorros en los costos de generación (+ 8,500 MMUSD anuales) y una disminución en

la dependencia de gas natural importado de hasta el 50% dependiendo de la TMCA y del porcentaje renovable a aprovechar.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

Para cualquiera de los escenarios estudiados, la dependencia de importaciones de gas natural es incuestionable, por lo que México es de central importancia encaminar la agenda del sector de hidrocarburos a incrementar muy significativamente la producción de gas natural por razones de soberanía nacional.

También se observó, en el análisis, que para transitar a un sistema de generación más limpio la estrategia de instalar más plantas de generación limpia es positiva pero insuficiente. Es igualmente importante promover el uso eficiente de la energía, impulsar el autoabasto regional, incorporar tecnologías de almacenamiento y minimizar pérdidas por transmisión y distribución.

## 8. Referencias

- [1] CENAGAS (2018). Plan Quinquenal de Expansión del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural 2015-2019.
- [2] COPAR-CFE (2016). Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión del sector eléctrico 2015-2016.
- [3] ENCC. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. México: Gobierno de la República.
- [4] SEMARNAT. (2016). Participación de México en la COP21. Explicación general e implicaciones nacionales del Acuerdo de París. Ciudad de México: Presentación por Rodolfo Lacy.
- [5] SENER. (2018). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032 (PRODESEN). México.

Agradecemos la aportación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para la realización de este proyecto.

