

Generación fotovoltaica comercializada al spot: Viabilidad económica y análisis de sensibilidades

Autores:

Catalina Paradedda

Juan Lezama

Trabajo final, curso SimSEE

IIE – FING – UDELAR

05/08/2025

Montevideo – Uruguay.

IMPORTANTE: Este trabajo se realizó en el marco del curso Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE) y fue evaluado por el enfoque metodológico, la pericia en la utilización de las herramientas adquiridas en el curso para la resolución del estudio y por la claridad de exposición de los resultados obtenidos. Se quiere dejar expresamente claro que no es relevante a los efectos del curso la veracidad de las hipótesis asumidas por los estudiantes y consecuentemente la exactitud o aplicabilidad de los resultados. Ni la Facultad de Ingeniería, ni el Instituto de Ingeniería Eléctrica, ni el o los docentes, ni los estudiantes asumen ningún tipo de responsabilidad sobre las consecuencias directas o indirectas que asociadas al uso del material del curso y/o a los datos, hipótesis y conclusiones del presente trabajo.

Objetivo

- Analizar la incorporación de un generador fotovoltaico que ingresa al Sistema Interconectado Nacional (SIN) vendiendo su energía al mercado SPOT.
- Modelado en SimSEE del generador integrado al SIN y posterior análisis de sensibilidades aplicando modificaciones globales al mercado, evaluado posteriormente a través del módulo SimRes3

Hipótesis de trabajo

- **Sistema cerrado:** Se adopta el Caso B del Plan de Expansión del MIEM, asumiendo un sistema sin intercambios energéticos con Argentina ni Brasil, para simplificar la modelación.
- **Demanda proyectada creciente:** Se utiliza la proyección oficial del MIEM, incorporando a partir de 2027 una demanda adicional fija de 50 MW asociada a un data center.
- **Modelación de escalones de falla:** El primer escalón se basa en el costo variable de la central térmica más cara (CTR) aumentado en un 10%; los siguientes escalones se definen por decreto y se ajustan según el precio del crudo.

Metodología

- Horizonte de tiempo de optimización 2024-2036
- Horizonte de tiempo de simulación 2024-2034
- Paso de tiempo diario, en 4 postes (1, 4, 13, 6 horas)
- Modelación solar como actor eólico
- 3 crónicas de optimización y 1000 crónicas de simulación

Resultados del estudio

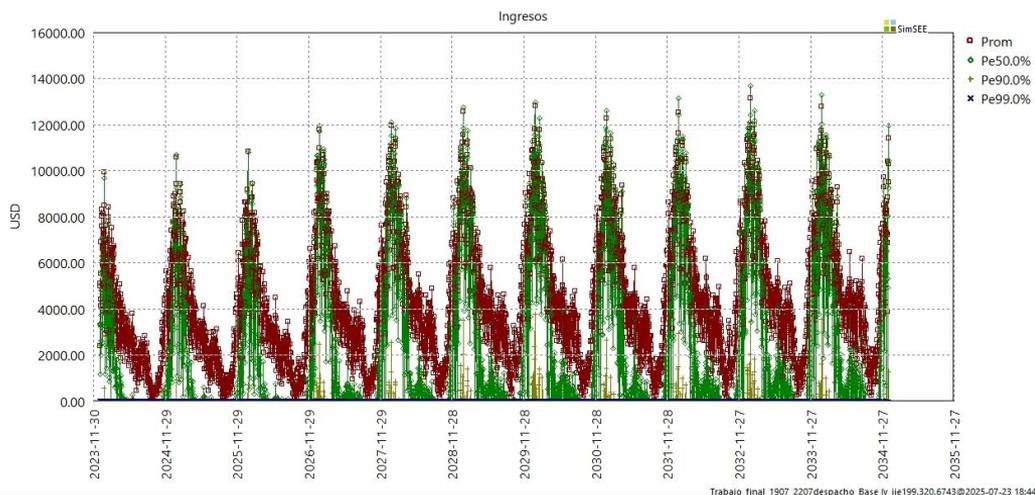
1. Análisis de evaluación de inversión

- Se analizan tres tamaños de planta fotovoltaica: 10 MW, 50 MW y 100 MW, con venta al mercado spot.
- Se construye un flujo de caja simplificado con:
 - Tasa de descuento del 8%.
 - CAPEX: 733 USD/kW.
 - OPEX: 8.500 USD/MW/año.
 - Exoneración impositiva por COMAP.
- Se extienden los resultados a 20 años, aplicando una degradación anual del 5% a partir del año 10.

Resultados del estudio

1. Análisis de evaluación de inversión

**Generador
10MW**

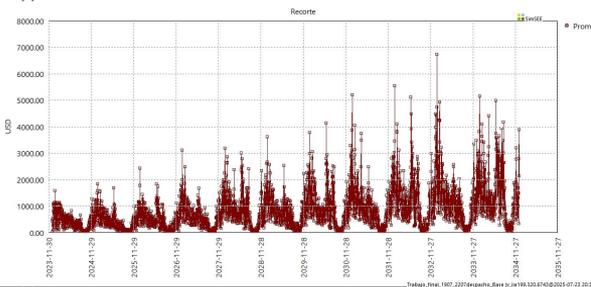


	10 MW	50 MW	100 MW	
VAN	5.079	22.885	38.593	kUSD
TIR	15,6%	14,8%	13,8%	
CAD	6.414	6.360	6.008	MUSD

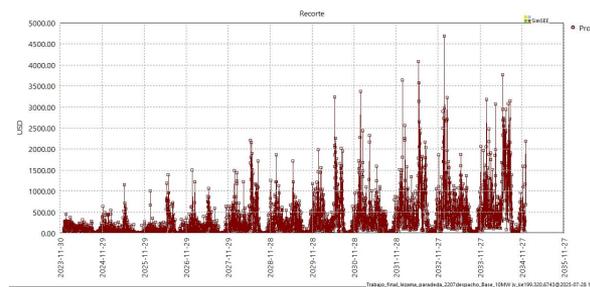
Resultados del estudio

2.2 Análisis de sensibilidades – Techo SPOT

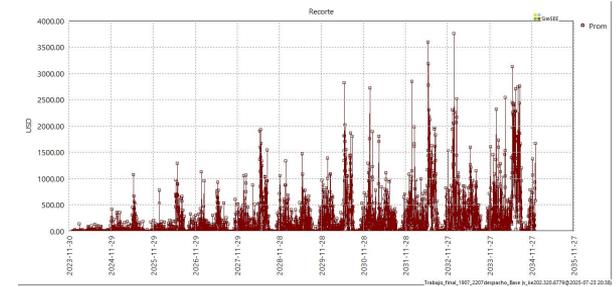
Techo 200 USD/MWh



Techo 250 USD/MWh

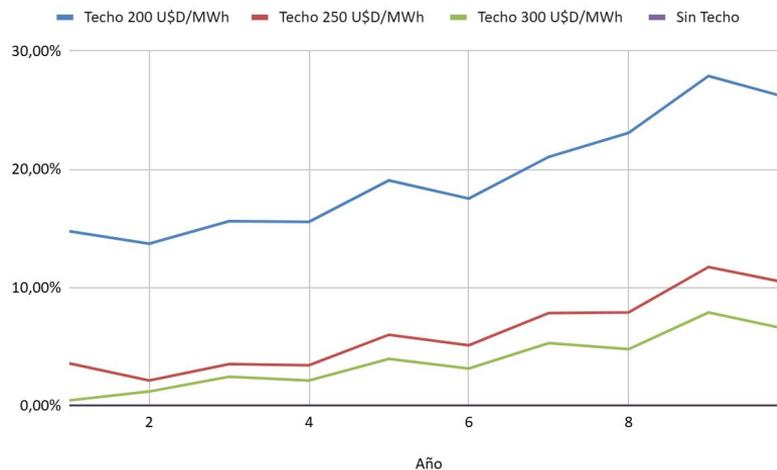


Techo 300 USD/MWh



Resultados del estudio

2.2 Análisis de sensibilidades Techo SPOT

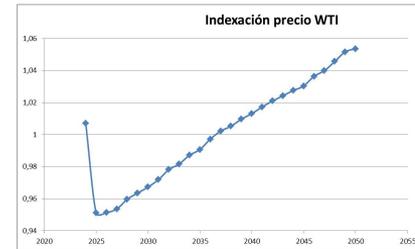
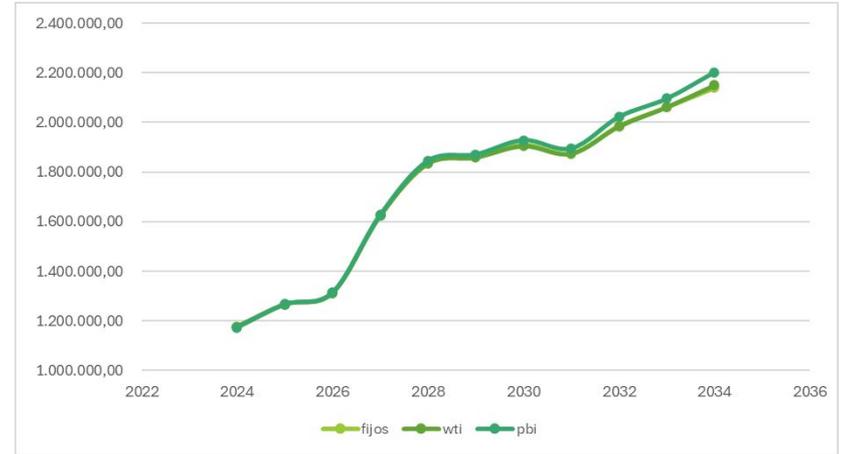
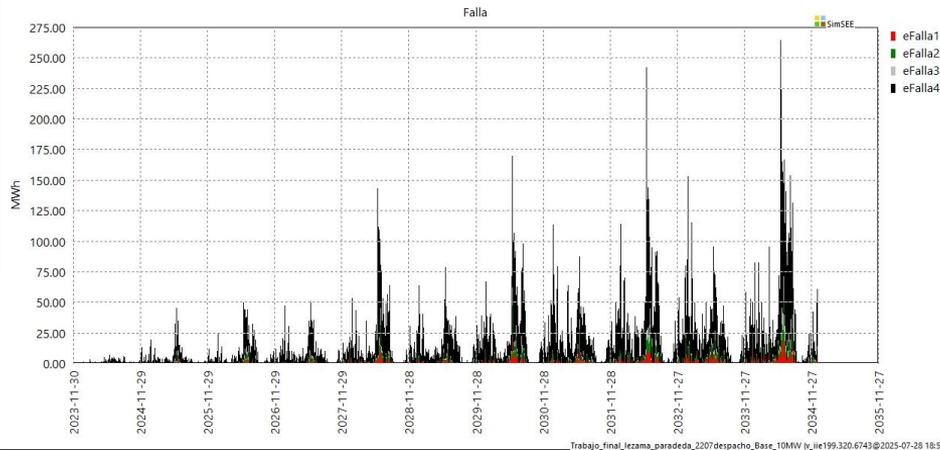


Porcentaje de recortes en relación al ingreso total

Año	Techo 200 U\$D/MWh	Techo 250 U\$D/MWh	Techo 300 U\$D/MWh	Sin Techo
1	14,75%	3,57%	0,44%	0,00%
2	13,70%	2,13%	1,19%	0,00%
3	15,60%	3,51%	2,44%	0,00%
4	15,56%	3,42%	2,12%	0,00%
5	19,06%	6,00%	3,96%	0,00%
6	17,52%	5,10%	3,14%	0,00%
7	21,05%	7,83%	5,29%	0,00%
8	23,09%	7,90%	4,78%	0,00%
9	27,89%	11,73%	7,88%	0,00%
10	26,04%	10,36%	6,44%	0,00%

Resultados del estudio

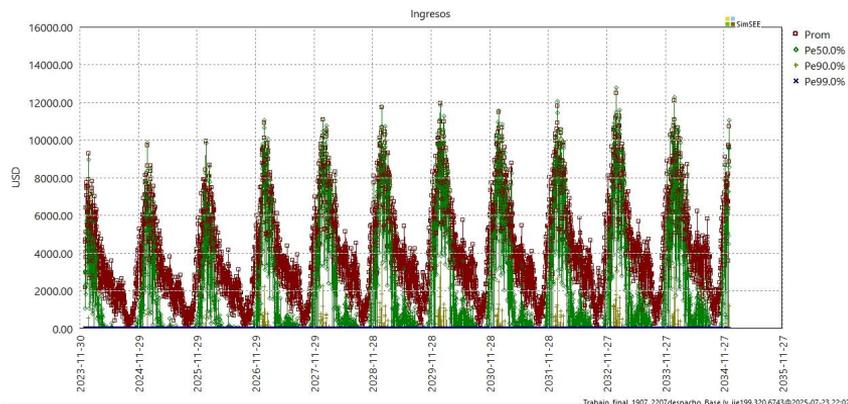
2.1 Análisis de sensibilidades Indexación del costo de racionamiento



Resultados del estudio

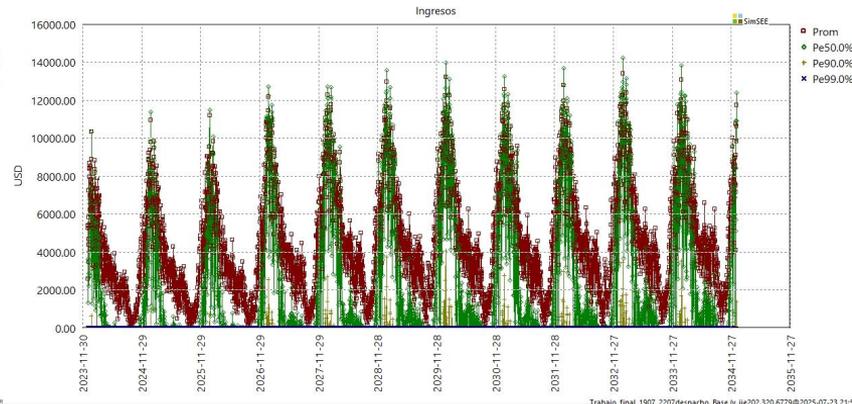
2.3 Análisis de sensibilidades – Precio del crudo

Ingresos con crudo +10%



CAD 6502,1 MUSD

Ingresos con crudo -10%



CAD 6273,6 MUSD

Resultados del estudio

2.3 Análisis de sensibilidades – Precio del crudo

Año	WTI -10%	WTI +10%
1	92,8%	105,0%
2	90,8%	104,5%
3	91,4%	105,0%
4	91,2%	104,6%
5	91,8%	104,4%
6	92,0%	105,0%
7	92,3%	104,8%
8	92,4%	103,9%
9	93,0%	103,9%
10	93,2%	104,3%

Resultados del estudio

3 Análisis de precisión del método

Semillas	Ingresos promedio (U\$D)
31	\$15.831.395
1031	\$15.838.494
2031	\$15.848.617
3031	\$15.821.717

Diferencia máxima de 0,08%

Resultados del estudio

4 Conclusiones finales

- Se modeló exitosamente un generador fotovoltaico en SimSEE, con resultados consistentes bajo hipótesis académicas.
- El escenario de 10 MW es el más rentable para el inversor, pese a la incertidumbre del mercado spot. Aunque como se ve en los resultados de ingresos las probabilidades de excedencia más bajas son una inversión de alto riesgo.
- A mayor capacidad solar, menor Costo de Abastecimiento de la Demanda (CAD), gracias al costo variable cero de la energía solar.
- La indexación de costo de racionamiento influye en gran medida los ingresos del generador.
- El techo del precio spot puede afectar ingresos significativamente, pero el techo actual (250 USD/MWh) si bien tiene un peso relativo de 5% total de ingresos no compromete la viabilidad del proyecto.
- El precio del crudo impacta fuertemente los ingresos: un aumento del 10% en crudo eleva ingresos en ~5%.
- La simulación fue robusta, con resultados estables ante cambios en las semillas.

Posibles trabajos futuros

Como posibles trabajos futuros se plantea:

- Realizar el mismo análisis pero considerando un generador eólico.
- Modelar un sistema de almacenamiento que compre energía en horas valle, cuando el precio spot es más bajo, y la venda en horas punta, aprovechando el diferencial de precios para obtener ingresos adicionales.
- Análisis de potencia firme suministrada al sistema por un generador fotovoltaico bajo nueva definición de potencia firme.

FIN

- Gracias por vuestra atención.