

IEE3393 Economía de la Energía y el Medio Ambiente

Guía para la Tarea 1

Joaquín La Rosa

9 de septiembre de 2025

1. Introducción

En esta tarea, se implementaron tres escenarios distintos para el análisis del sistema eléctrico:

1. **Caso Base (2016):** Escenario que incluye las tecnologías y condiciones existentes en 2016.
2. **Escenario 2030:** Escenario que incorpora nuevas tecnologías disponibles para el año 2030, sin imposiciones de políticas específicas.
3. **Política ERNC (2030):** Escenario donde se implementa una política que exige un 30 % de la generación proveniente de tecnologías renovables no convencionales (ERNC) en 2030.

Esta guía describe la implementación realizada de los tres escenarios, destacando los elementos esenciales y la estructura de los códigos desarrollados.

2. Estructura de los Códigos

Los códigos se dividen en tres partes principales:

1. **Lectura de datos:** Se extraen los datos del archivo "Datos.xlsx", incluyendo información de centrales, demanda, y otros parámetros.
2. **Definición del modelo:** Se definen los conjuntos, variables de decisión, función objetivo y restricciones.
3. **Resolución y presentación de resultados:** Se resuelve el modelo de optimización y se guardan los resultados en archivos de texto y en una hoja de Excel.

3. Modelado del Problema

3.1. Conjuntos

- **Caso Base (2016):**
 - **TECH:** 22 tecnologías existentes (incluyendo central de falla)

- D: 3 bloques de demanda
- **Escenario 2030 y Política ERNC (2030):**
 - TECH_{ex}: 22 tecnologías existentes
 - TECH_n: 20 tecnologías nuevas
 - D: 3 bloques de demanda

3.2. Parámetros

- **Caso Base (2016):**
 - potencia_neta: Potencia neta de cada tecnología [MW]
 - disponibilidad: Factor de disponibilidad [p.u.]
 - costo_variable: Costo variable de operación [USD/MWh]
 - demandas: Demanda por bloque [MW]
 - duraciones: Duración de cada bloque [hrs]
- **Escenario 2030 y Política ERNC (2030):**
 - Parámetros de tecnologías existentes: mismos que en Caso Base
 - Parámetros de tecnologías nuevas:
 - inversiones: Costo de inversión [USD/kW]
 - vida_util_nuevas: Vida útil [años]
 - disponibilidad_nuevas: Factor de disponibilidad [p.u.]
 - max_instalacion: Límite máximo de instalación [MW]
 - costo_variable_nuevas: Costo variable de operación [USD/MWh]
 - anualidades_inversion: Costo anualizado de la inversión [USD/MW-año]
 - demandas_2030: Demanda proyectada para 2030 [MW]

3.3. Variables de Decisión

- **Caso Base (2016):**
 - $E[i, d]$: Energía generada por tecnología existente i en bloque d [MWh]
- **Escenario 2030 y Política ERNC (2030):**
 - $E[i, d]$: Energía generada por tecnología existente i en bloque d [MWh]
 - $PN[j]$: Potencia instalada de tecnología nueva j [MW]
 - $EN[j, d]$: Energía generada por tecnología nueva j en bloque d [MWh]

4. Función Objetivo

4.1. Caso Base (2016)

Descripción: La función objetivo debe minimizar los costos variables de operación de todas las tecnologías existentes. Para ello, debes sumar el producto del costo variable de cada tecnología por la energía generada en cada bloque de demanda.

4.2. Escenario 2030

Descripción: La función objetivo debe minimizar la suma de tres componentes:

1. Costos variables de operación de tecnologías existentes
2. Costos de inversión anualizados para nuevas tecnologías
3. Costos variables de operación de tecnologías nuevas

4.3. Política ERNC (2030)

Descripción: La función objetivo es idéntica al Escenario 2030, pero se debe añadir una restricción adicional para garantizar que al menos el 30 % de la generación total provenga de tecnologías ERNC.

Elementos necesarios: Los mismos que en el Escenario 2030, más la restricción de política ERNC descrita en la sección 5.3.

5. Restricciones

5.1. Caso Base (2016)

■ Balance de demanda:

- **Descripción:** La energía total generada en cada bloque debe ser al menos igual a la demanda de ese bloque multiplicada por su duración.

■ Disponibilidad de tecnologías:

- **Descripción:** La energía generada por cada tecnología en cada bloque no puede exceder su capacidad máxima, que es el producto de su potencia neta, la duración del bloque y su factor de disponibilidad.

5.2. Escenario 2030

■ Balance de demanda:

- **Descripción:** Similar al caso base, pero incluyendo tanto tecnologías existentes como nuevas.

■ Disponibilidad de tecnologías existentes:

- **Descripción:** Igual que en el caso base.

$$E_g^x \leq P \cdot h \cdot d$$

Caso especial hidro

- **Elementos necesarios:** Los mismos que en el caso base. ✓
- **Disponibilidad de tecnologías nuevas:**
 - **Descripción:** La energía generada por cada tecnología nueva en cada bloque no puede exceder su capacidad máxima, que depende de la potencia instalada, la duración del bloque y su factor de disponibilidad.
- **Límite de instalación:**
 - **Descripción:** La potencia instalada de cada tecnología nueva no puede exceder el límite máximo establecido. ✓

$$Eg^N \leq P \cdot h \cdot d$$

→ caso especial hidro

ERNC cosas

5.3. Política ERNC (2030)

Mismas restricciones que el Escenario 2030, más:

- **Meta ERNC:**
 - **Descripción:** Al menos el 30 % de la generación total debe provenir de tecnologías renovables no convencionales (ERNC). Esto incluye tanto tecnologías ERNC existentes como nuevas.

$$\sum generacion\ renovable\ (ERNC) \geq 0,3 \cdot \sum degeneracion\ total\ (Total)$$

5.4. Variables de Decisión

Descripción: Debes definir las variables de decisión según corresponda a cada escenario.

Elementos necesarios:

- **Caso Base (2016):**
 - Una variable para la energía generada por cada tecnología y bloque
 - Restricción de no negatividad
- **Escenario 2030 y Política ERNC (2030):**
 - Variables para energía generada por tecnologías existentes
 - Variables para potencia instalada de tecnologías nuevas
 - Variables para energía generada por tecnologías nuevas
 - Restricción de no negatividad para todas las variables

5.5. Función Objetivo y Restricciones

Descripción: Debes implementar la función objetivo y restricciones según lo descrito en las secciones 4 y 5.

Elementos necesarios:

- **Función objetivo:** @objective con el criterio de minimización
- **Restricciones:** @constraint para cada una de las restricciones descritas
- Utilizar las variables y parámetros definidos anteriormente

6. Observaciones

- En el escenario de Política ERNC, la restricción de 30 % de generación renovable se aplica sobre la generación total (existentes y nuevas).
- Todos los valores monetarios están en dólares de 2016.
- El análisis se realiza solo para los años 2016 y 2030.
- Costos variables de las centrales nuevas: **considerar el peaje**
- Las emisiones no se agregan directamente al código. El proceso es el siguiente: el código debe entregar la generación de energía en gigavatios-hora (GWh). Con esa información, se realizan los cálculos necesarios para obtener las emisiones totales en toneladas. Por eso, es fundamental que apliquen los factores de conversión adecuados para obtener el valor de las emisiones en la unidad de toneladas por GWh

7. Ejercicio de Anualización de Costo de Inversión por kW

Este ejercicio anualiza el costo de inversión de \$5,000/kW-neto para determinar su valor anual equivalente en el año 2040.

Datos del problema

- **Costo de inversión (VP):** \$5,000/kW-neto
- **Período de tiempo (n):** 15 años (de 2025 a 2040)
- **Tasa de interés (r):** 5 % (0.05)

Fórmula original del Valor Presente de una Anualidad

La fórmula para calcular el Valor Presente (VP) de una anualidad (pagos periódicos constantes, C) es la siguiente:

$$VP = \frac{C}{r} \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

Despeje de la Anualidad (C)

Para calcular la anualidad (C), necesitamos despejarla de la fórmula de valor presente. El proceso es el siguiente:

Multiplicamos ambos lados de la ecuación por r :

$$VP \cdot r = C \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

Luego, dividimos ambos lados por el término dentro del corchete para aislar C :

$$C = \frac{VP \cdot r}{1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n}$$

Esta es la fórmula que utilizaremos para encontrar el valor de la anualidad.

Cálculo de la Anualidad (C)

Sustituimos los valores conocidos en la fórmula:

- $VP = 5,000$
- $r = 0,05$
- $n = 15$

$$C = 5,000 \times \frac{0,05}{1 - \left(\frac{1}{1+0,05}\right)^{15}}$$

$$C = 5,000 \times \frac{0,05}{1 - \left(\frac{1}{1,05}\right)^{15}}$$

$$C = 5,000 \times \frac{0,05}{1 - 0,481017}$$

$$C = 5,000 \times \frac{0,05}{0,518983}$$

$$C = 5,000 \times 0,096342$$

$$C \approx 481,71$$

Resultado

El costo de inversión de **\$5,000/kW-neto** en 2025 es equivalente a un pago anual de aproximadamente **\$481.71/kW-neto** durante los 15 años siguientes (hasta 2040).