

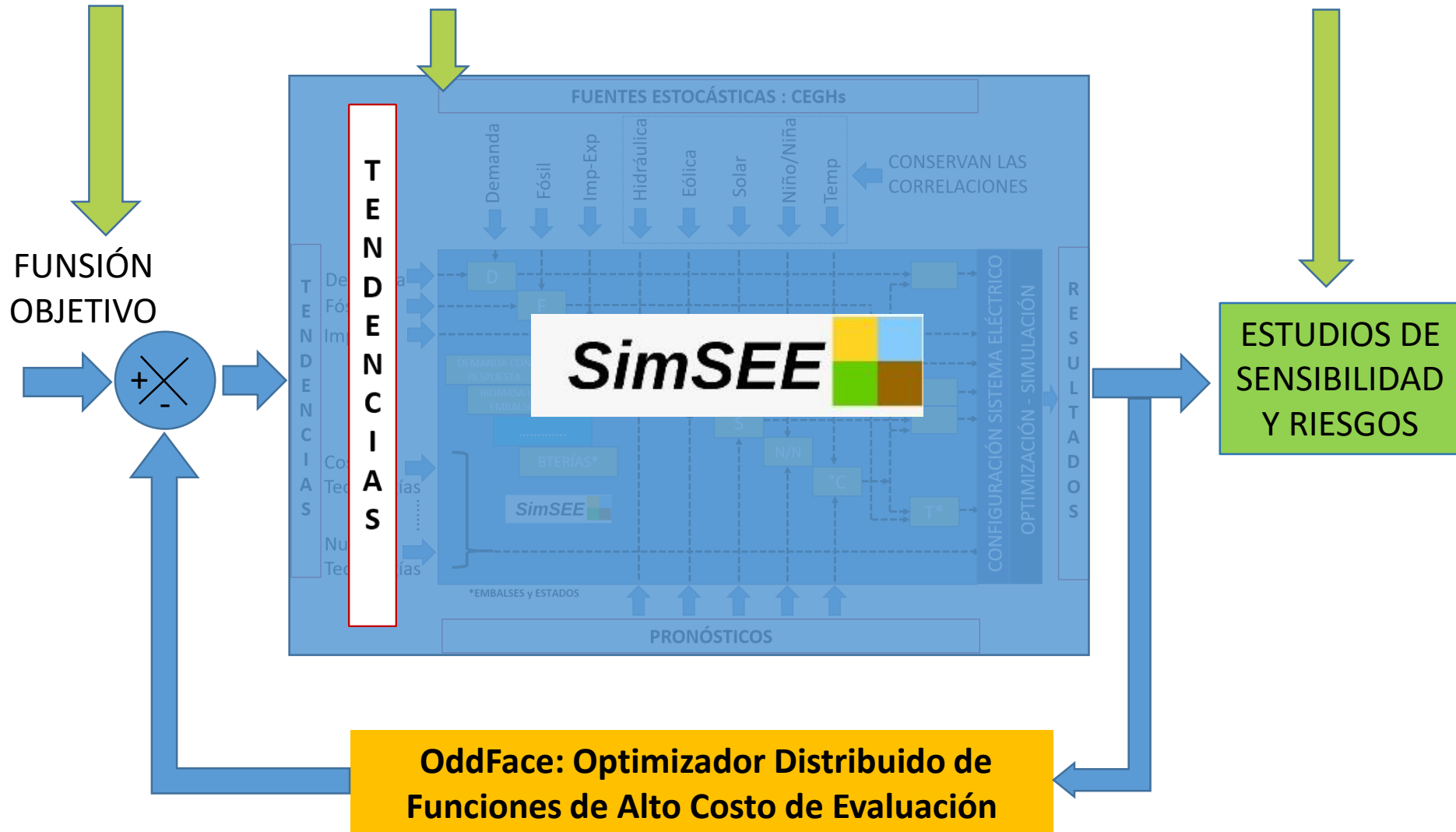
# Problema de Expansión: PEG 5 y 6

## Escenario UY

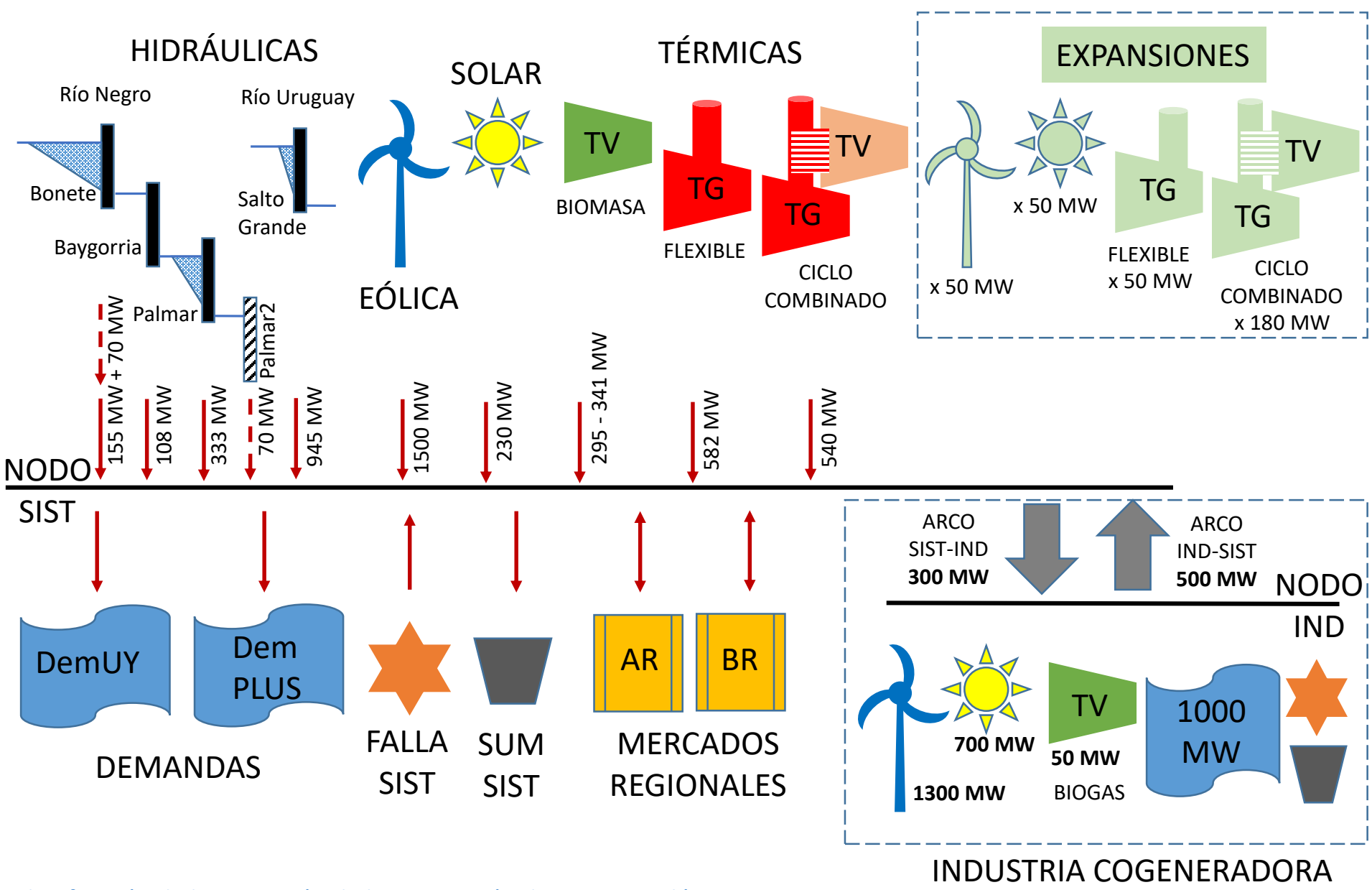
### Exp. Térmica, Eólica y Solar

### Demanda Baja y Alta

# PEGSE



# Sala SimSEE del curso PEGSE



# Mapa de PEGs del Curso 2023

## Tecnologías de Expansión

Los números (xyz) indican el NID del Problema OddFace

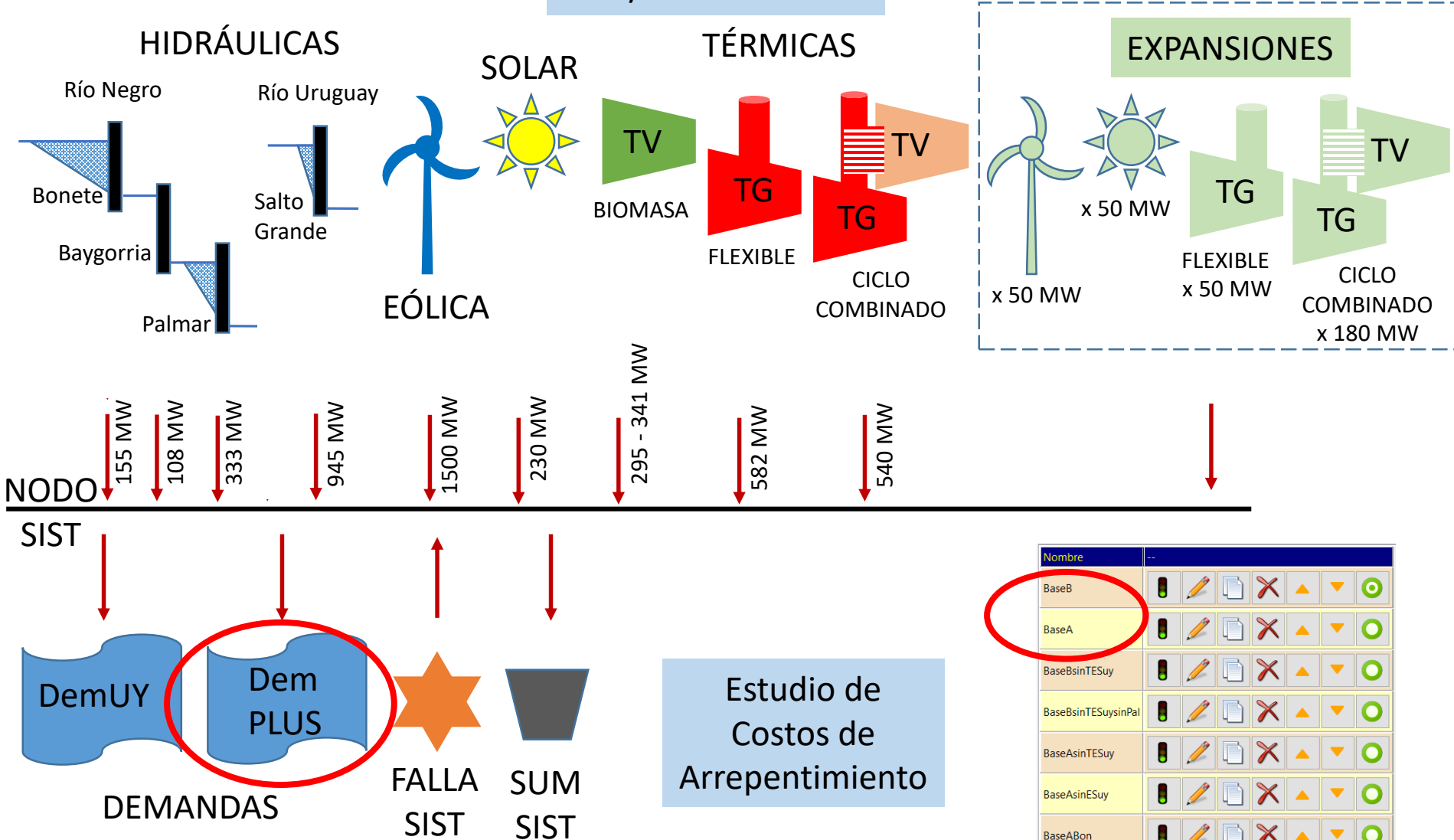
| Escenario                  | S                    | E              | T                    | TES                  | Descripción del Escenario                                                                                                     |
|----------------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BaseB</b>               | <b>EJ-8</b><br>(867) | -              | -                    | <b>PEG5</b><br>(872) | Hidráulica, Eólica, Solar, Térmicas y Biomásas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal, CC, TGs, Bio, UPM2, etc.). Sin la demanda Plus. |
| <b>BaseA</b>               | -                    | -              | -                    | <b>PEG6</b><br>(856) | BaseB + Demanda Plus.                                                                                                         |
| <b>BaseBsinTESuy</b>       | -                    | -              | <b>PEG2</b><br>(873) | <b>PEG3</b><br>(870) | BaseB sacando las Térmicas, Eólica y Solares de UY 2023. En suma solo las Hidráulicas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal).         |
| <b>BaseBsinTESuysinPal</b> | -                    | -              | <b>PEG1</b><br>(869) | -                    | BaseBsinTESuy + sacando Palmar.                                                                                               |
| <b>BaseAsinTESuy</b>       | -                    | -              | -                    | <b>PEG4</b><br>(871) | Solo las Hidráulicas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal). Con la demanda Plus.                                                     |
| <b>BaseAsinESuy</b>        | -                    | PEG11<br>(866) | -                    | -                    | Hidráulicas y Térmicas de UY 2023. Con la demanda Plus.                                                                       |
| <b>BaseABon</b>            | -                    | -              | -                    | <b>PEG7</b><br>(857) | BaseA + ampliación de Bonete en el 2028                                                                                       |
| <b>BaseAInd</b>            | -                    | -              | -                    | <b>PEG8</b><br>(868) | BaseA + Proyecto Industrial.                                                                                                  |
| <b>BaseBInd</b>            |                      |                |                      |                      | BaseB + Proyecto Industrial.                                                                                                  |
| <b>BaseA81</b>             | -                    | -              | -                    | PEG9<br>(862)        | BaseA y se sube la cota de penalización de Bonete a 81 m.                                                                     |
| <b>BaseAOdd</b>            | -                    | -              | -                    | PEG10<br>(890)       | BaseA con PP de Eólica y Solar de Exp en el OddFace bajando 3% por año.                                                       |

<https://iie.fing.edu.uy/~gcp/PEGs2023/>

**\*En el link se puede bajar la sala, los CF de los escenarios sin expandir y sus planillas simcosto.xlt**

# PEG 5 y 6: Eólica, Solar y Térmica

CON/SIN la DemPlus



Estudio de Costos de Arrepentimiento

# Capas principales (tomado de las Notas de la sala)

- **Capa 0:** El petróleo indexa el 75 de los cv de las térmicas.
- Capa 1: El índice del petrleo no afecta los cv térmicos las térmicas.
- Capa 2: El índice del petrleo afecta el 100% de los cv térmicos las térmicas.
- **Capa 0:** Indice de petroleo Referencia EIA.
- Capa 6635: Indice de petroleo Low Oil Priece de EIA.
- Capa 44: Se agregan actores testimoniales de 1 MW de las tecnologías de Exp para calcular el GI
- **Capa 0/12/20/30:** Los excedentes se evalúan a 0.1/12/20/30 USD/MWh.
- **Capa 0/60:** Mercados de Argentina y Brasil con Delta en 10000/50 USD/MWh.
- **Capa 0/274/272:** Tendencias marginales ARG y BRA con valores constantes/decrecientes asociados al año 2022.

- Capas 40 y 50 / 633: PP Eolica\_Exp y Solar\_Exp de 40 o 50 USD/MWh-d / o se fuerza PP=0 en la sala y se modela en OddFce.
- Capa 150: Demanda Plus de 150 MW planos.
- Capa 826: Proyecto Ind Tambores.
- Capa 729: Proyecto Ind Paysandú.
- Capa 246: TerBaseAutoBio de Térmicas de cv=0 de UY 2023 (incluye UPM2).
- Capa 1500: Actor Eolica con 1500 MW de UY 2023.
- Capa 230: Actor Solar con 230 MW de UY 2023.
- Capa 540: Actor TerBaseCC con el CC de 540 MW de UY 2023.
- Capa 582: Actor TerFlexTG con TGs de UY 2023.
- Capa 81: Cota de Bonete a 81 m.
- Capa 15: Sin Derating Térmico de Bio, TGs y CC.
- Capa 1982: Palmar INDISPONIBLE.
- Capa 2028: Bonete agrega una turbina adicional de 71.3 MW.

# Tecnologías y criterios de Expansión

Fronteras cerradas – Valorización nula de Excedentes

- Térmicas (T)
  - TG de 50 MW
    - PP de 18 USD/MWh-d
    - cv de 150 USD/MWh @ 50 USD/bbl
  - CC de 180 MW
    - PP de 23 USD/MWh-d
    - cv de 104 USD/MWh @ 50 USD/bbl
  - 100 % indexado con petróleo

- Eólica y Solar (E y S)
  - PP de 40 USD/MWh-d respectivamente
    - Sin tendencia a la baja
  - \*Factores de planta de 40 y 21 % respectivamente.

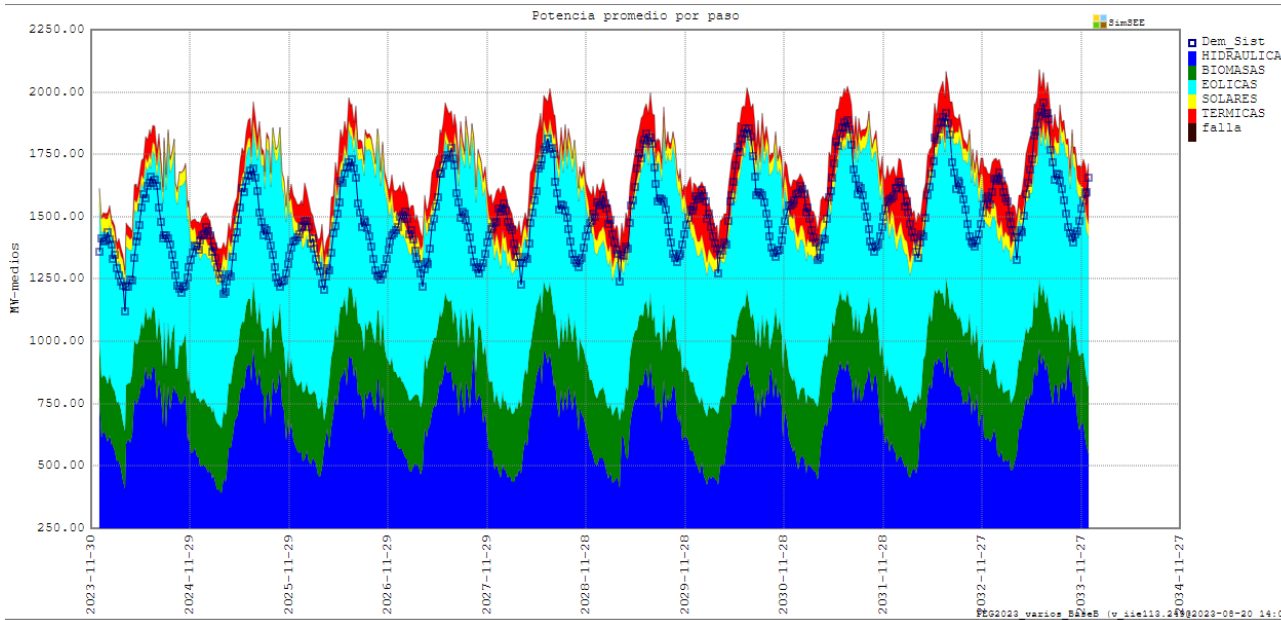
| Reducción de 3% anual |         |
|-----------------------|---------|
| año                   | USD/MWh |
| 2024                  | 40.0    |
| 2025                  | 38.8    |
| 2026                  | 37.7    |
| 2027                  | 36.6    |
| 2028                  | 35.5    |
| 2029                  | 34.5    |
| 2030                  | 33.5    |
| 2031                  | 32.5    |
| 2032                  | 31.6    |
| 2033                  | 30.7    |

Para la PEG10 se aplica una atenuación de precios de 3% anual.

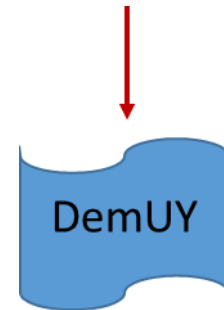
\*Valores medios 2018 a 2022

<https://www.ute.com.uy/institucional/ute/utei>

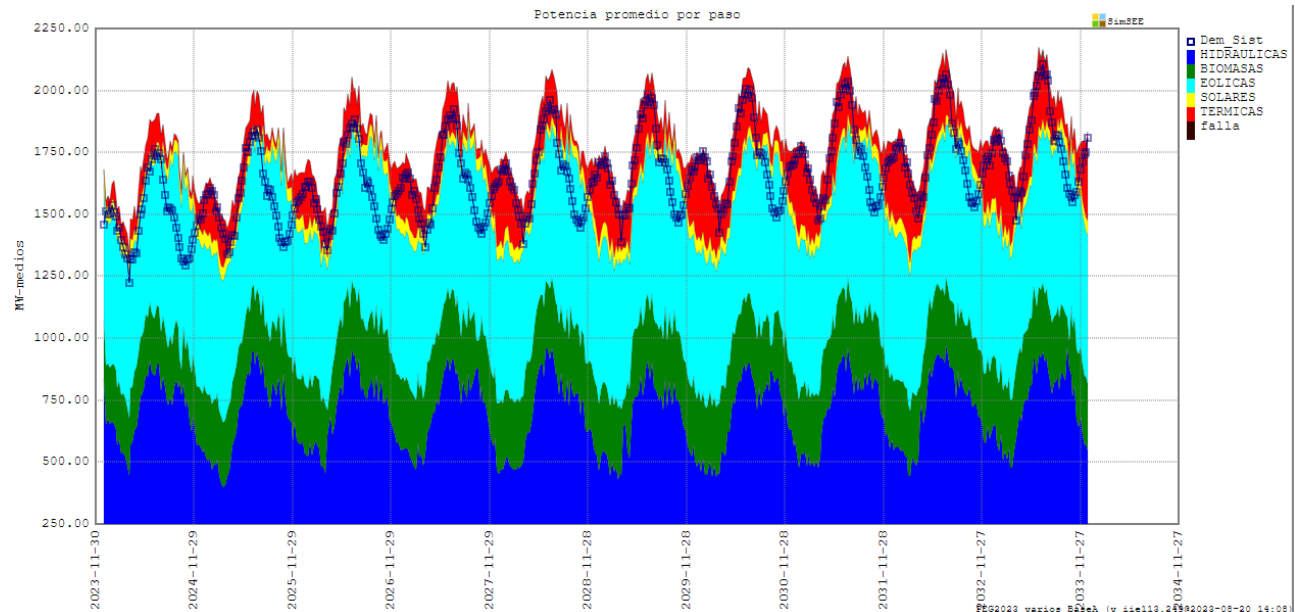
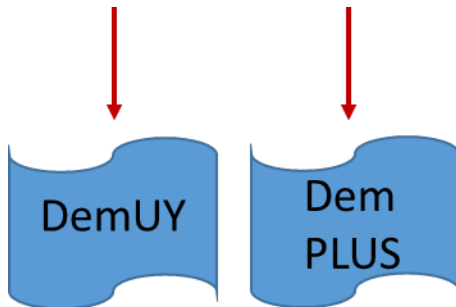
# Escenario BaseBsinTESuy c/s Pal



BaseB

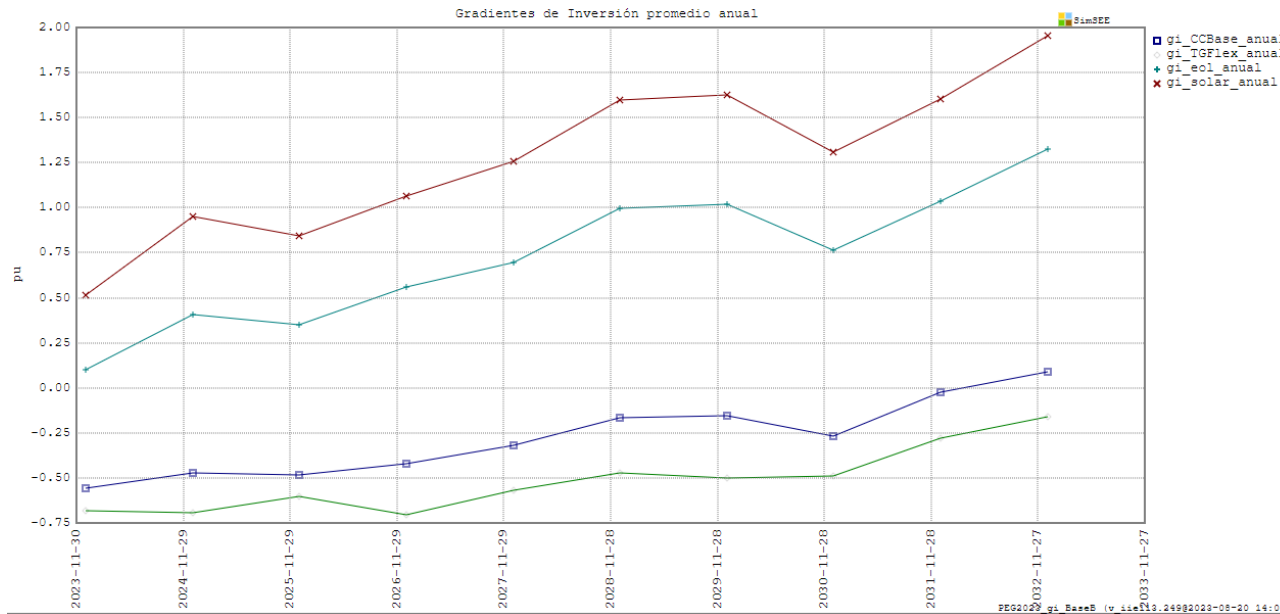


BaseA

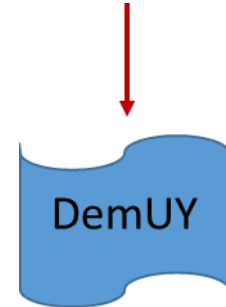




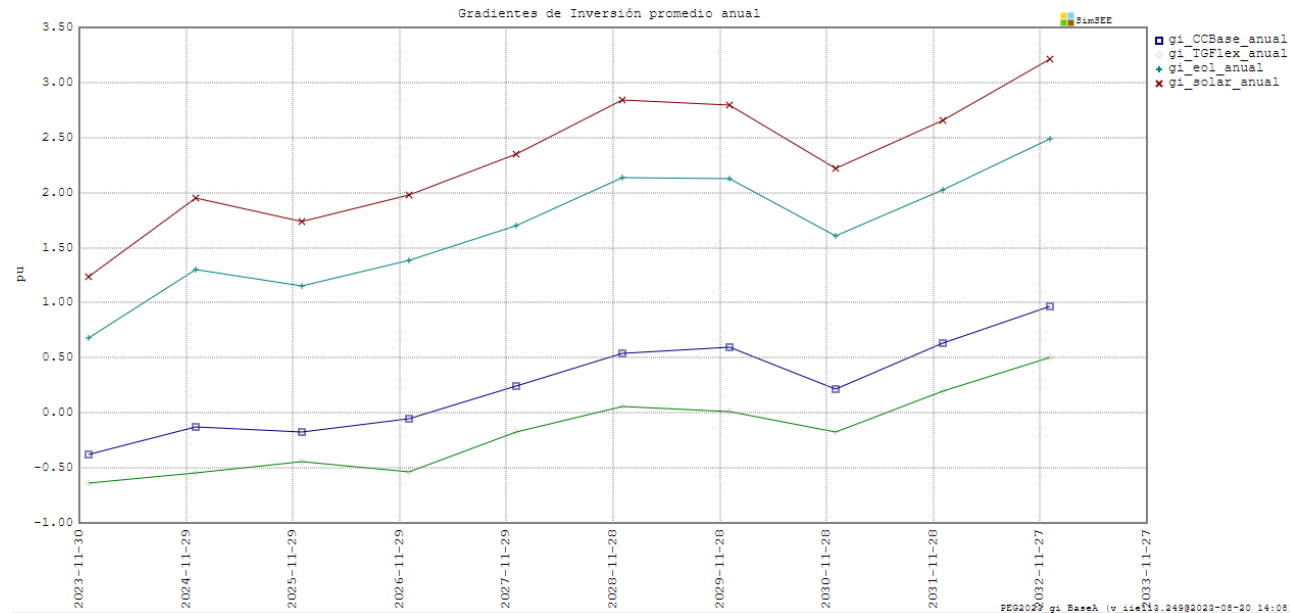
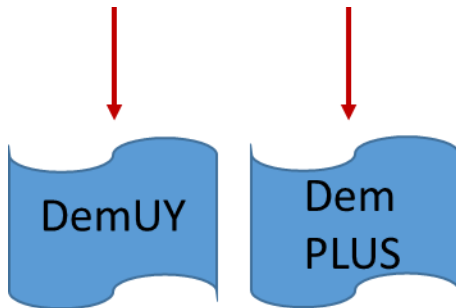
# Gradientes de Inversión de las Térmicas



BaseB



BaseA



# Ventanas de la PO, Simulación y OddFace

**14 años de Optimización de la Operación (SimSEE)**

**10 años de Simulación (SimSEE)**

**Decenal de la PEG con OffFace**

Decisión y  
Construcción



Momentos en que entran las inversiones

**Guarda de Optimización**

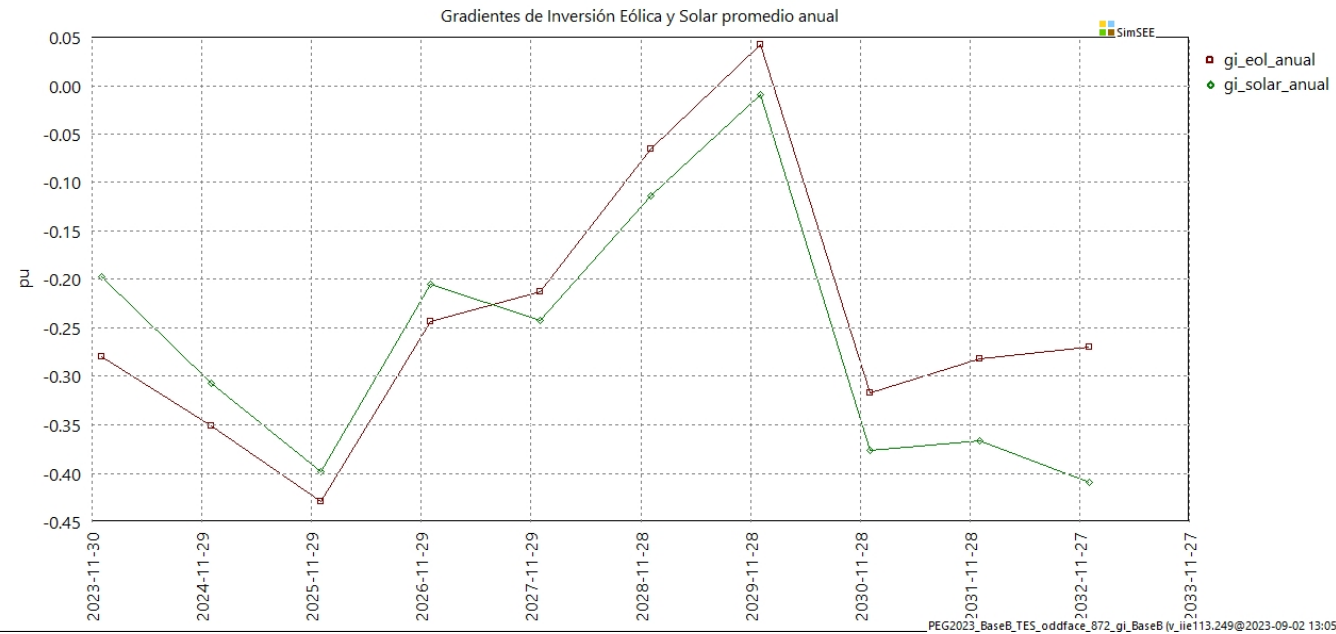
Con Demanda 2033..2037 cte.  
Con "Sumar Pagos en CF"

# Gradientes de Inversión

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY

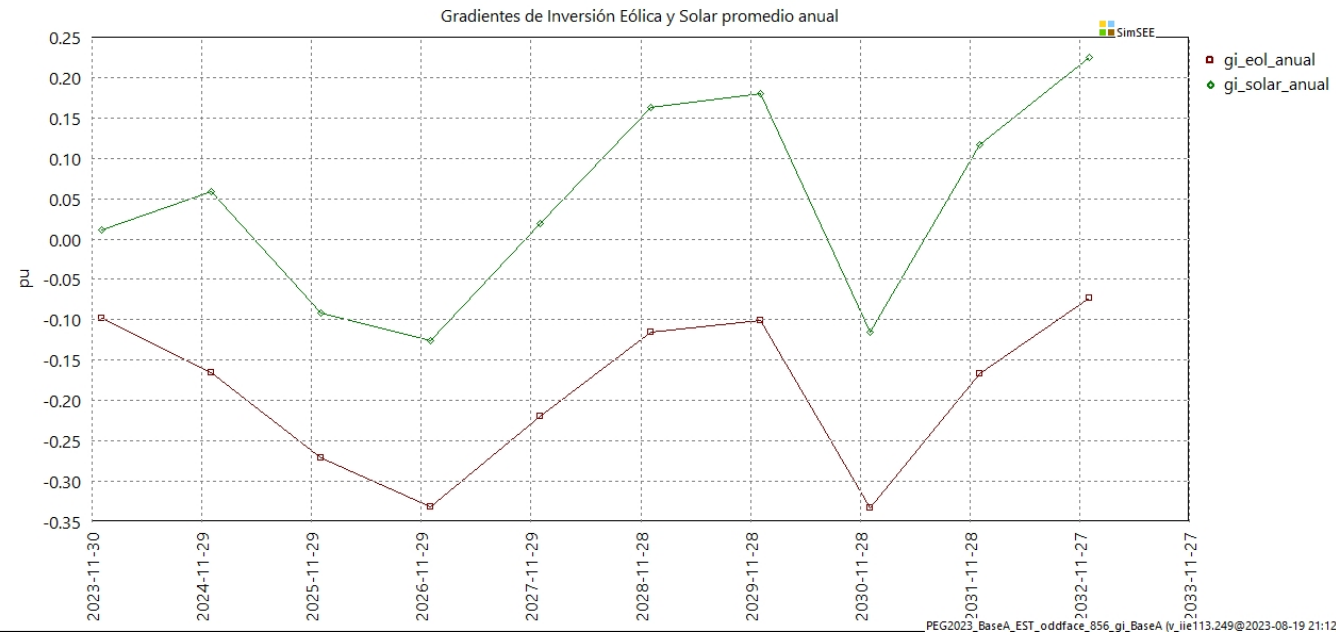


PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

Dem PLUS

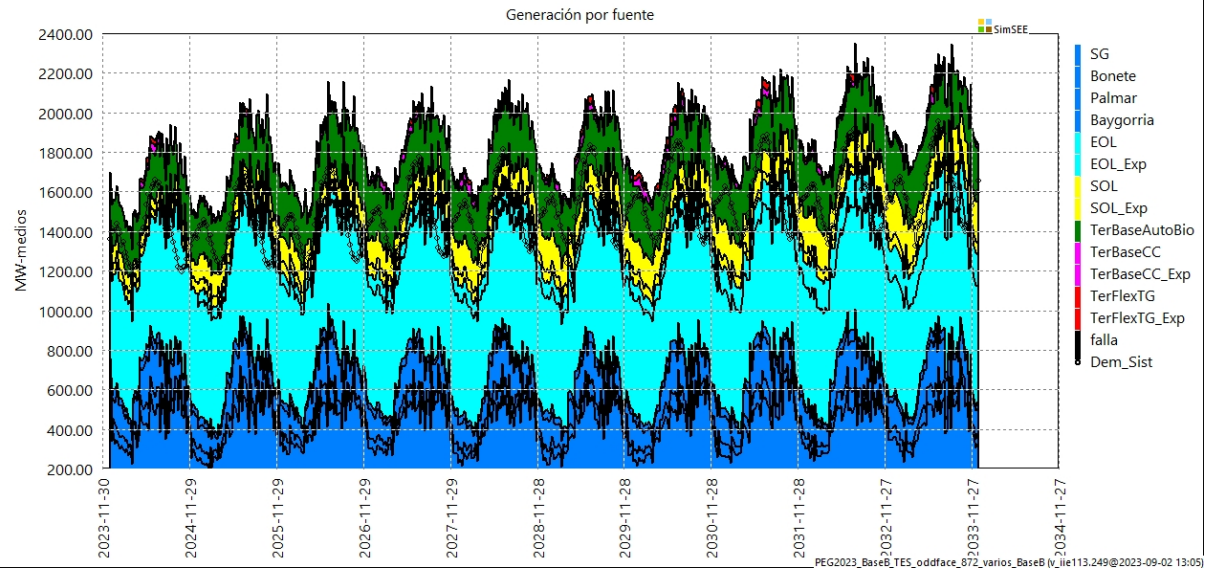


# Generación por fuente (1)

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY

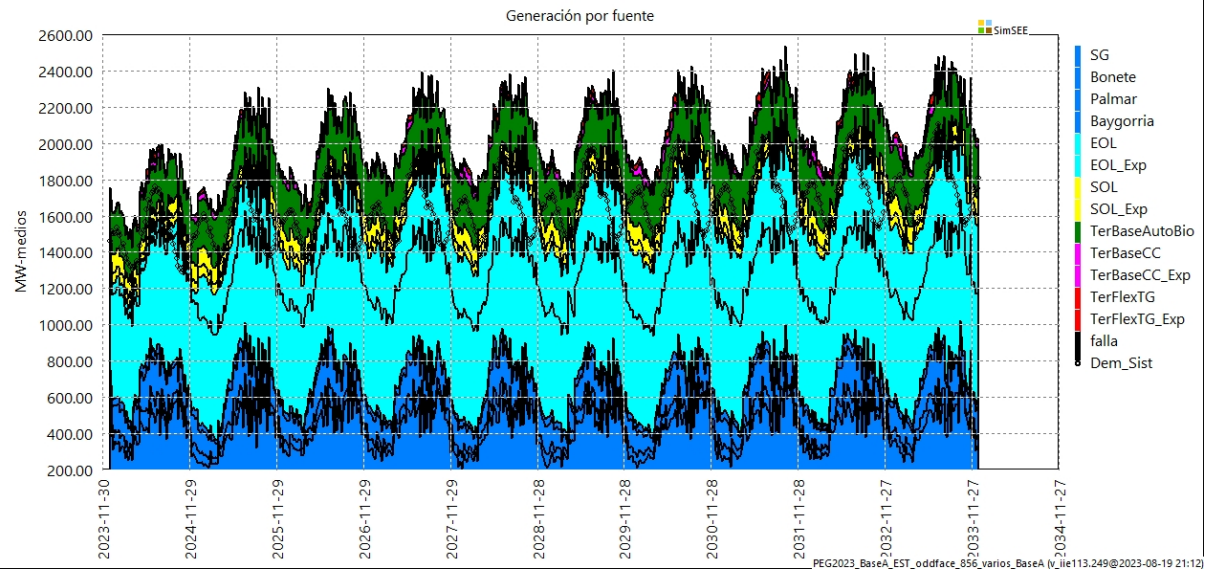


PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

Dem PLUS



# Expansiones Térmicas

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872



DemUY

PEG6

BaseA-TES  
Problema 856



DemUY



Dem  
PLUS

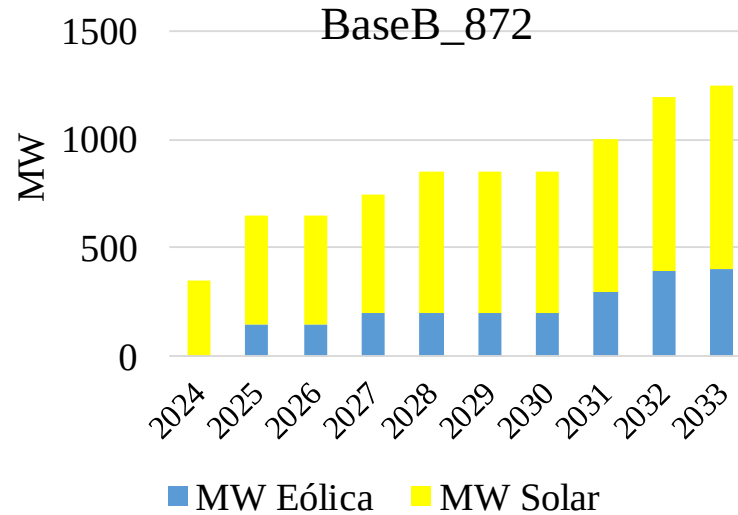
NO HAY!!!!

# Expansiones de Eólica y Solar (1)

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY



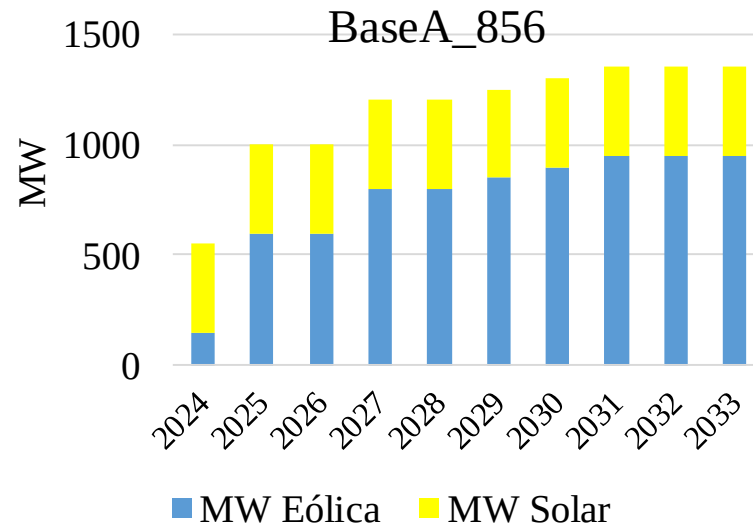
| Año  | MW-m Eólica | MW-m Solar | MW-m |
|------|-------------|------------|------|
| 2024 | 0           | 74         | 74   |
| 2025 | 60          | 105        | 165  |
| 2026 | 60          | 105        | 165  |
| 2027 | 80          | 116        | 196  |
| 2028 | 80          | 136        | 216  |
| 2029 | 80          | 137        | 217  |
| 2030 | 80          | 137        | 217  |
| 2031 | 120         | 147        | 267  |
| 2032 | 159         | 168        | 327  |
| 2033 | 160         | 178        | 338  |
| Prom | 102         | 140        | 243  |
|      | 42%         | 58%        | 100% |

PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

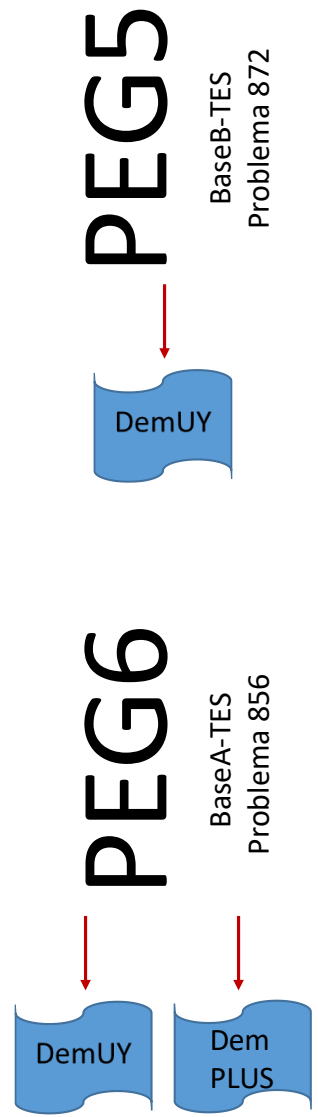
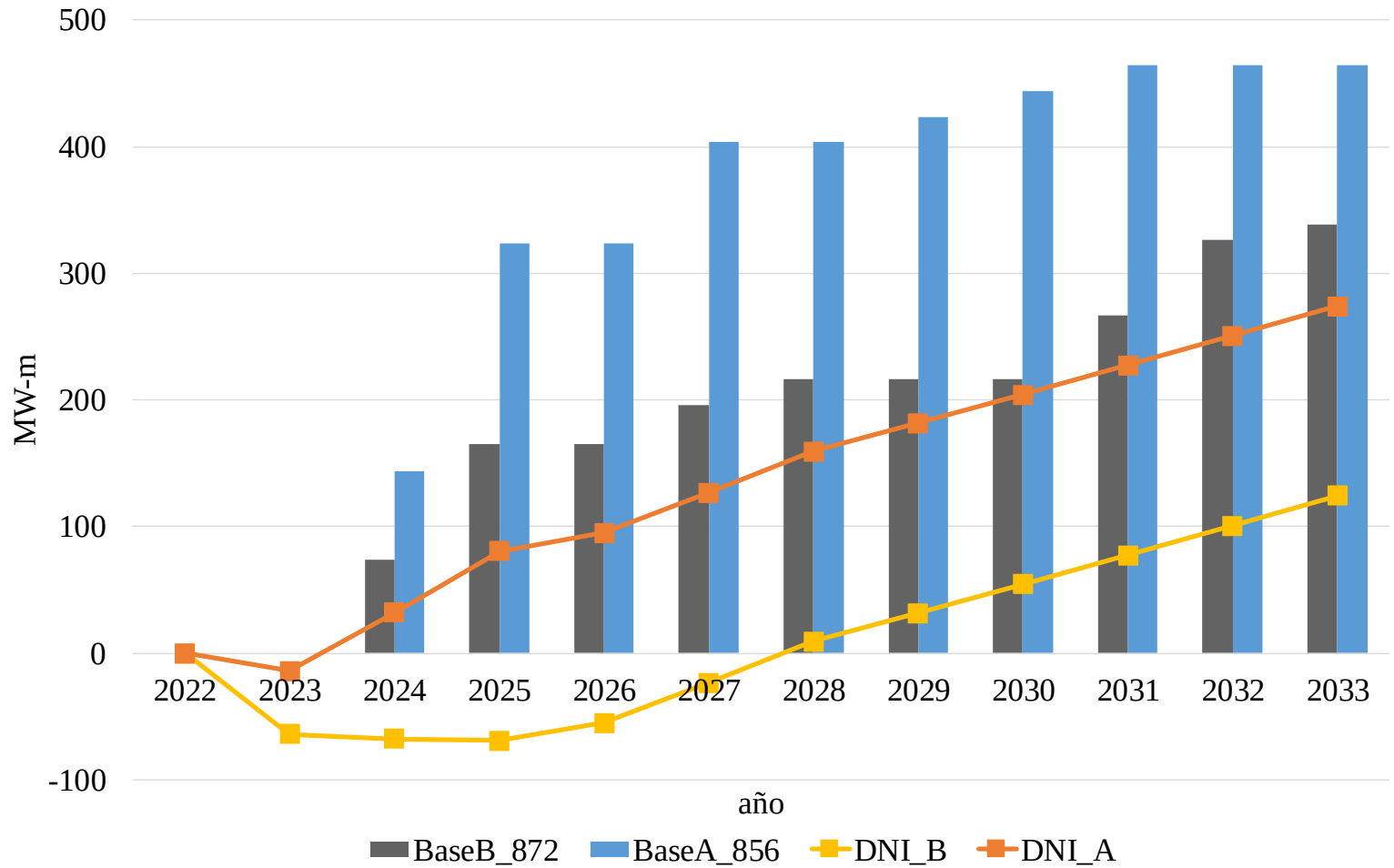
DemUY

Dem PLUS



| Año  | MW-m Eólica | MW-m Solar | MW-m |
|------|-------------|------------|------|
| 2024 | 60          | 84         | 144  |
| 2025 | 240         | 84         | 324  |
| 2026 | 240         | 84         | 324  |
| 2027 | 320         | 84         | 404  |
| 2028 | 320         | 84         | 404  |
| 2029 | 340         | 84         | 424  |
| 2030 | 360         | 84         | 444  |
| 2031 | 380         | 84         | 464  |
| 2032 | 380         | 84         | 464  |
| 2033 | 380         | 84         | 464  |
| Prom | 340         | 84         | 424  |
|      | 80%         | 20%        | 100% |

# Expansiones de Eólica y Solar (2)



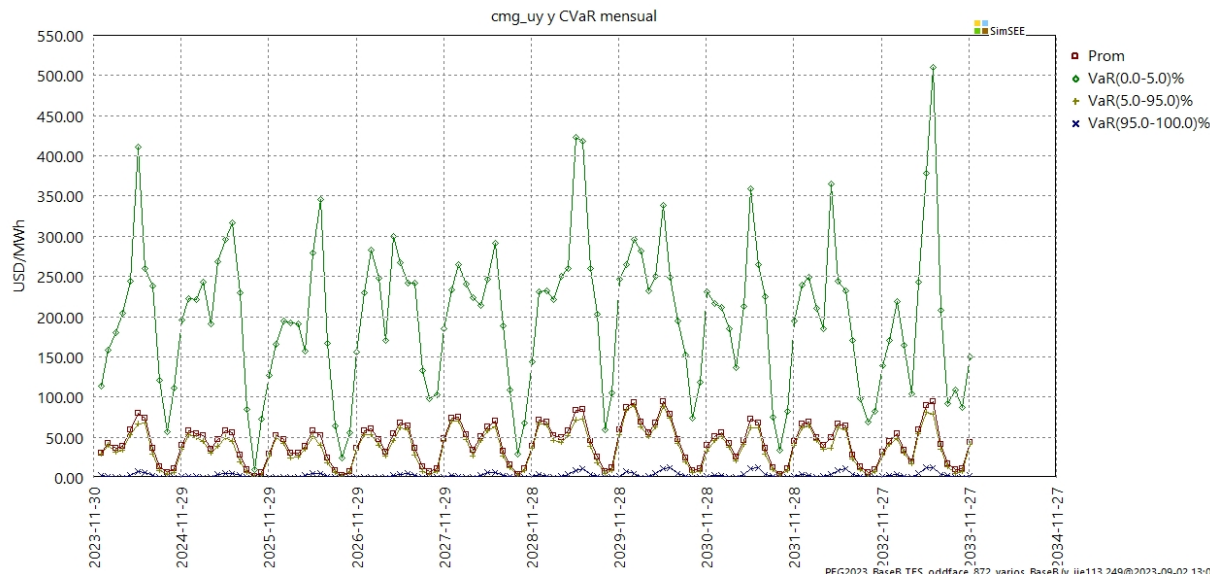
# Costos Marginales medios mensuales

## Eólica y Solar a 40 USD/MWh-d

# PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY

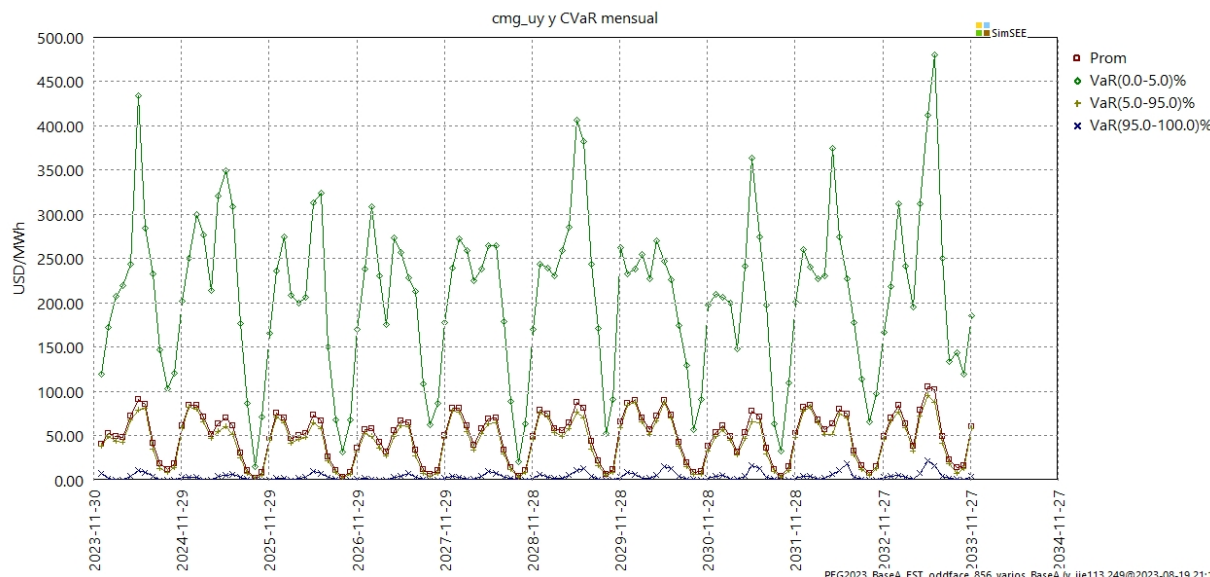


# PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

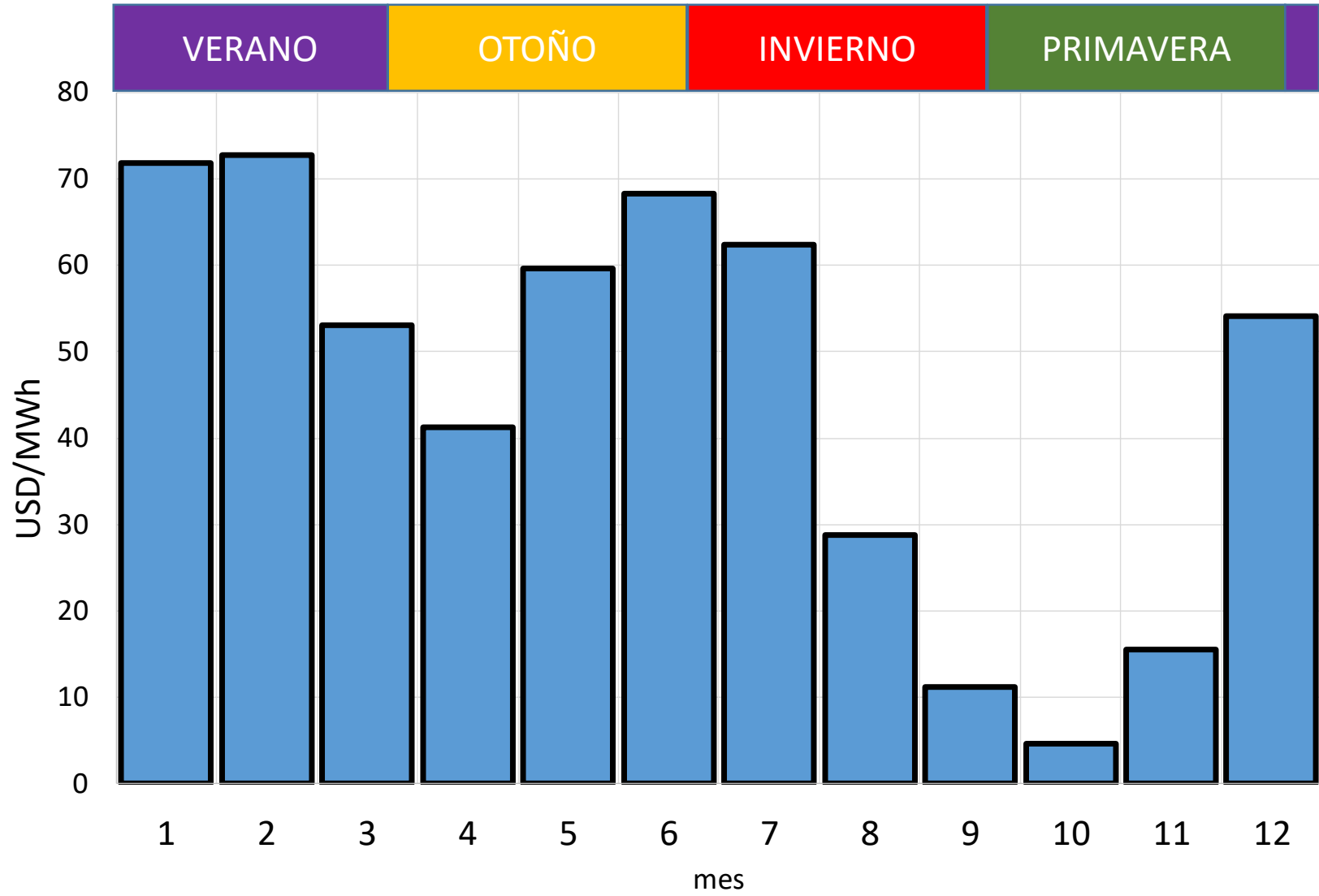
Dem PLUS





# Costos Marginales medios mensuales

## Estacionalidad del cmg



# Costos Marginales medios anuales

Eólica y Solar a 40 USD/MWh-d

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

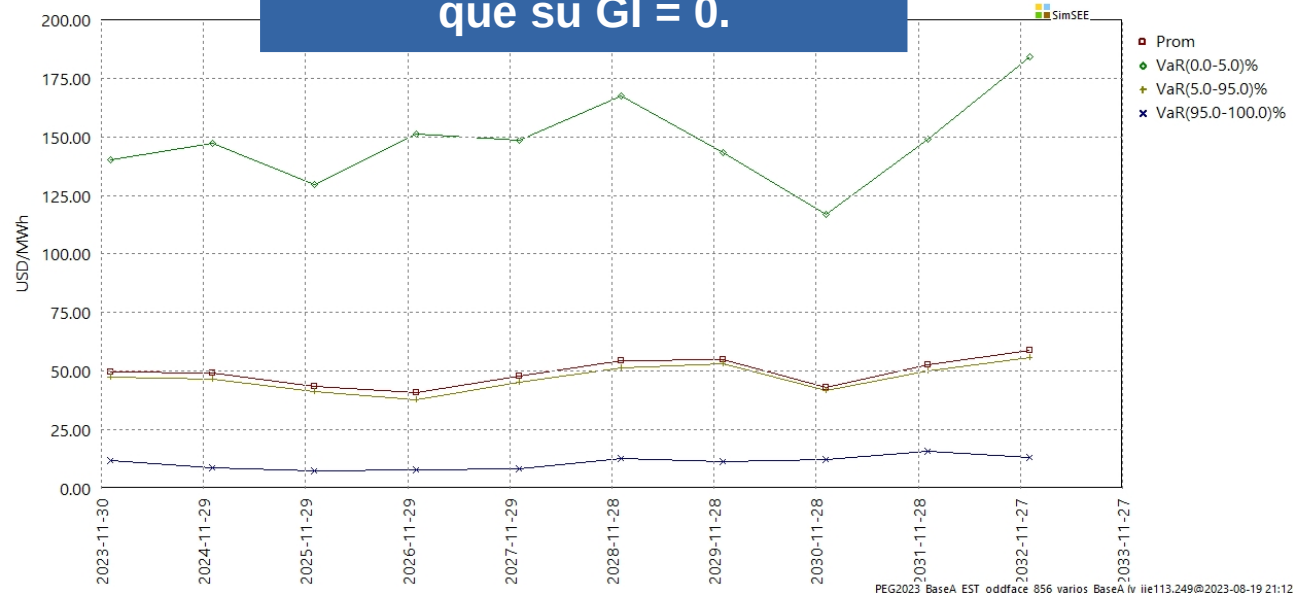
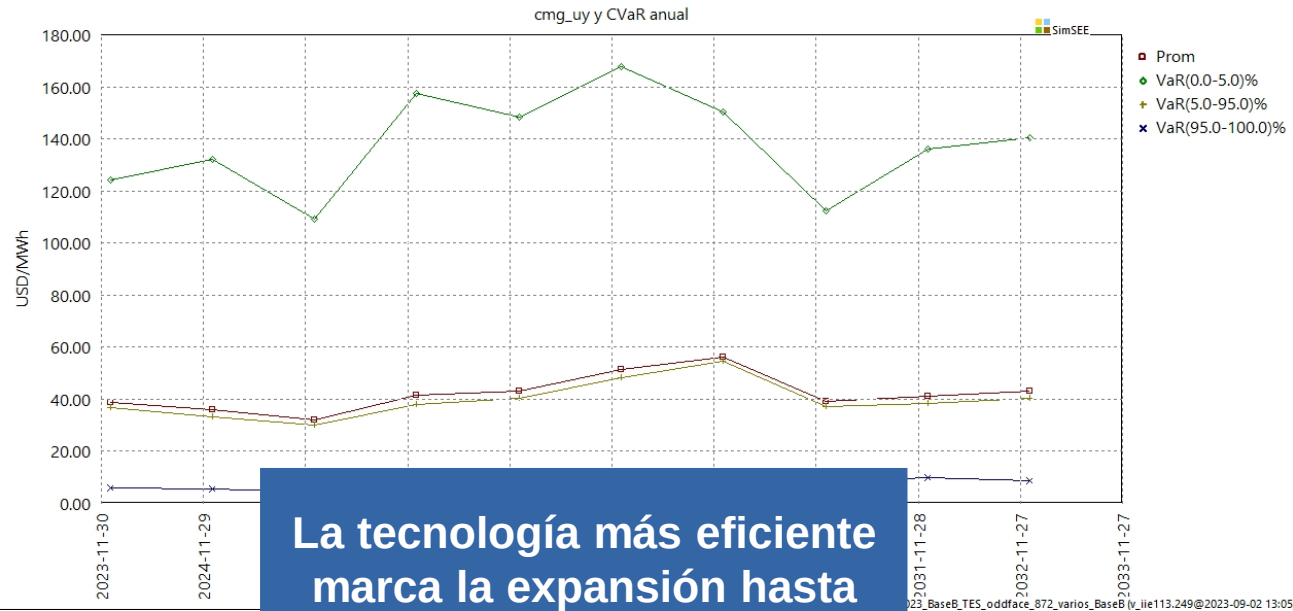
DemUY

PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

Dem PLUS



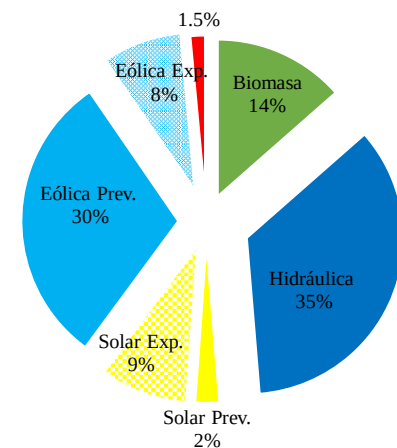
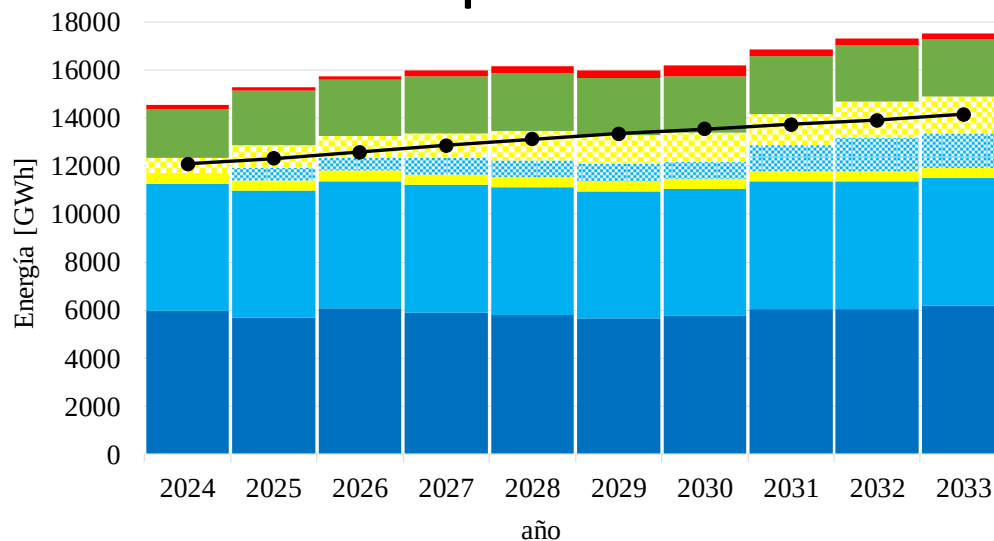
PEG2023\_BaseA\_EST\_oddface\_856\_varios\_BaseA (v\_lie113.249@2023-08-19 21:12)

# Generación por fuente anual

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY

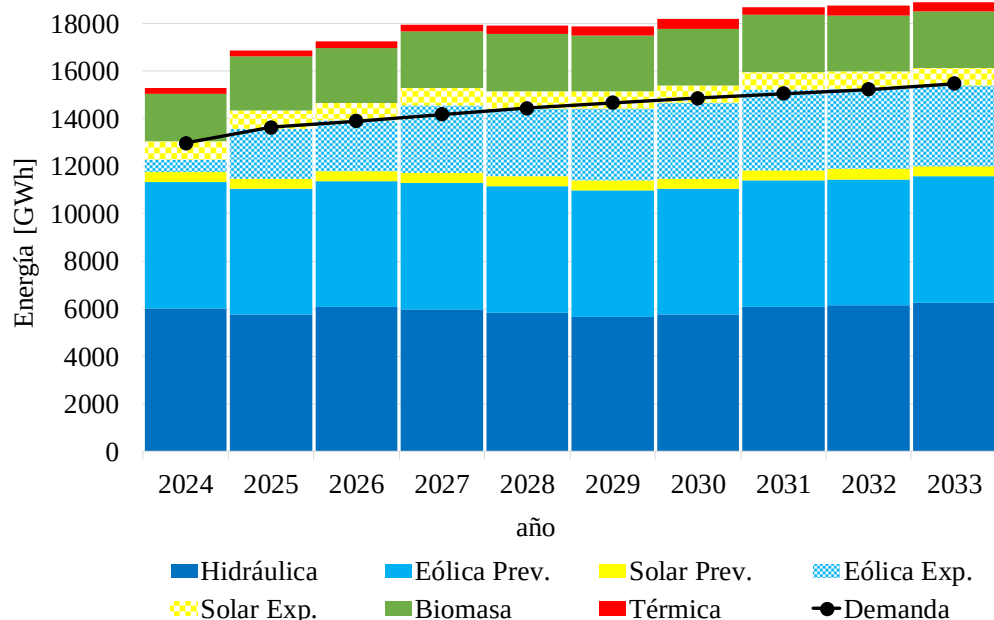


PEG6

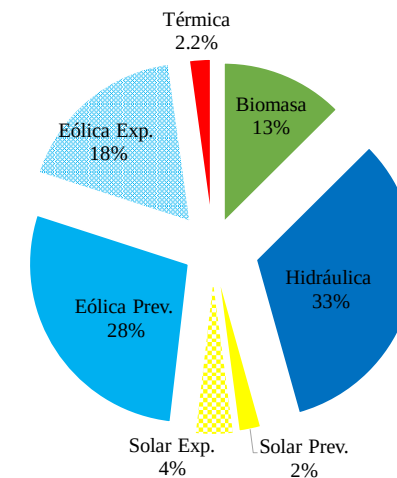
BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

Dem PLUS



AÑO 2033

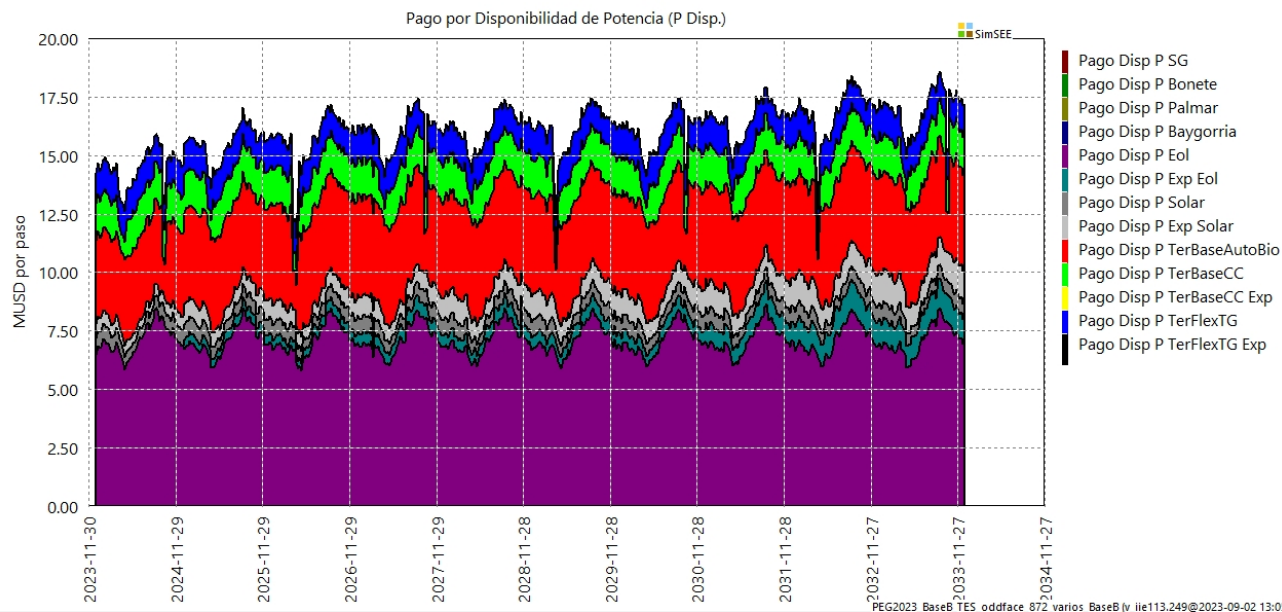


# Pagos de PP

PEG5

BaseB-TES  
Problema 872

DemUY

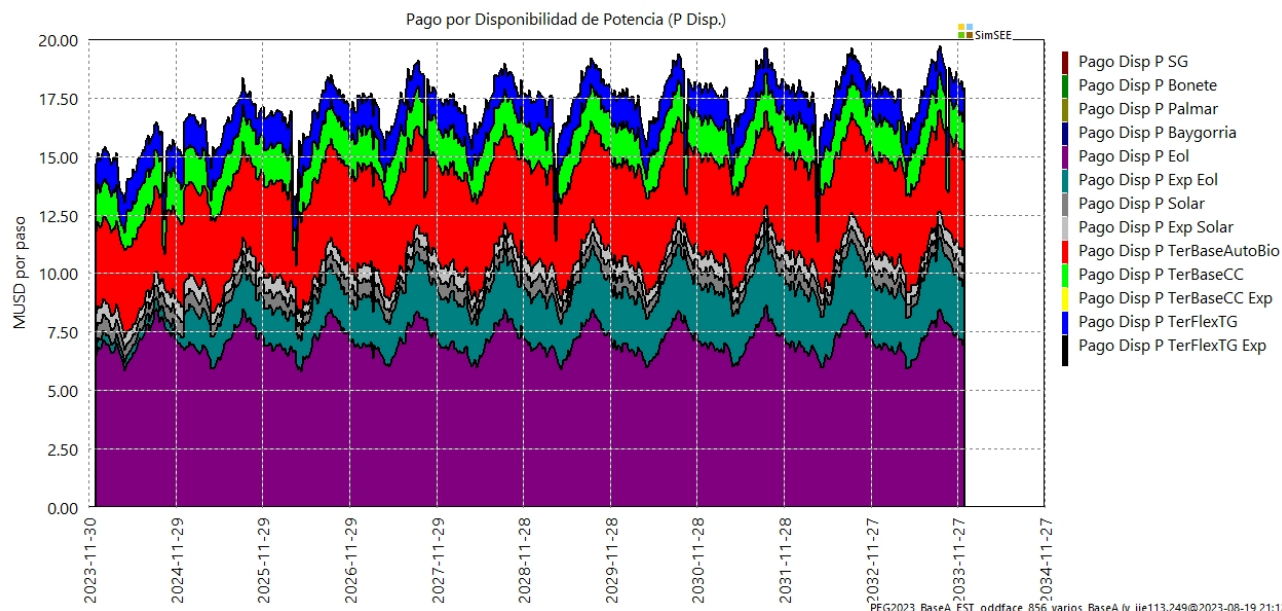


PEG6

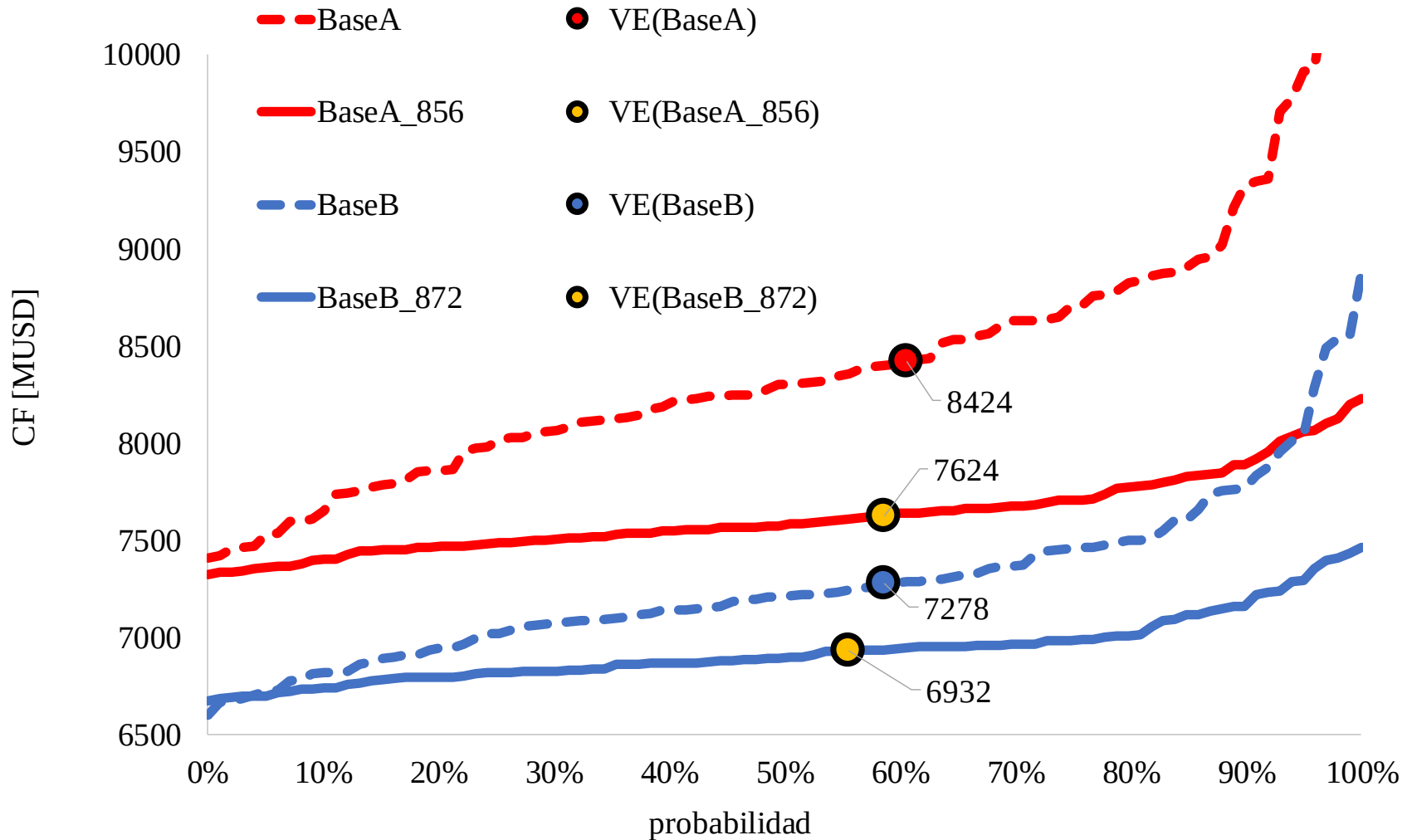
BaseA-TES  
Problema 856

DemUY

Dem PLUS



# La Demanda manda, el tiempo cuesta...



# Métricas de Falla

- CVaR 5% da Potência Não Suprida (PNS)  $\leq$  5% da Demanda

Risco e sua profundidade de potência: em base mensal, são avaliados os 5% piores cenários de atendimento à demanda máxima de potência, onde a média desses cenários não pode ser superior à 5% da demanda instantânea do SIN e de cada subsistema.

- LOLP<sup>17</sup>  $\leq$  5%

Risco de potência: em base anual, possui um limite de 5% de probabilidade de ocorrência de qualquer déficit por motivo de insuficiência de capacidade de potência, para o SIN e para cada subsistema.

=>

Hay que  
simular un  
año con paso  
diario

Editor - SimSEE - v\_jie114b.250 (GPLv3, IIE-FING) - PEG2023\_BaseA\_EST\_oddface\_856\_diaria.es

Archivo Herramientas ? Idioma

Notas Variables Globales Fuentes Actores Archivos Estados Mantenimientos Monitores SimRes3 Si

Horizonte de tiempo

Fecha de Inicio: 01/01/2033 00:00 Fecha de fin: 04/01/2038 00:00 Huso horario: -3

Optimización: 01/01/2033 00:00 Simulación: 01/01/2033 00:00 02/01/2034 00:00 Horizonte de guarda para simulación:

Paso de tiempo

Unidades del paso de tiempo

☒ Horas ☐ Minutos

Número de Postes: 4 ☒ Postes monótonos

| Poste N° | 1 | 2 | 3  | 4 |
|----------|---|---|----|---|
| Duración | 1 | 4 | 13 | 6 |

Informativo.

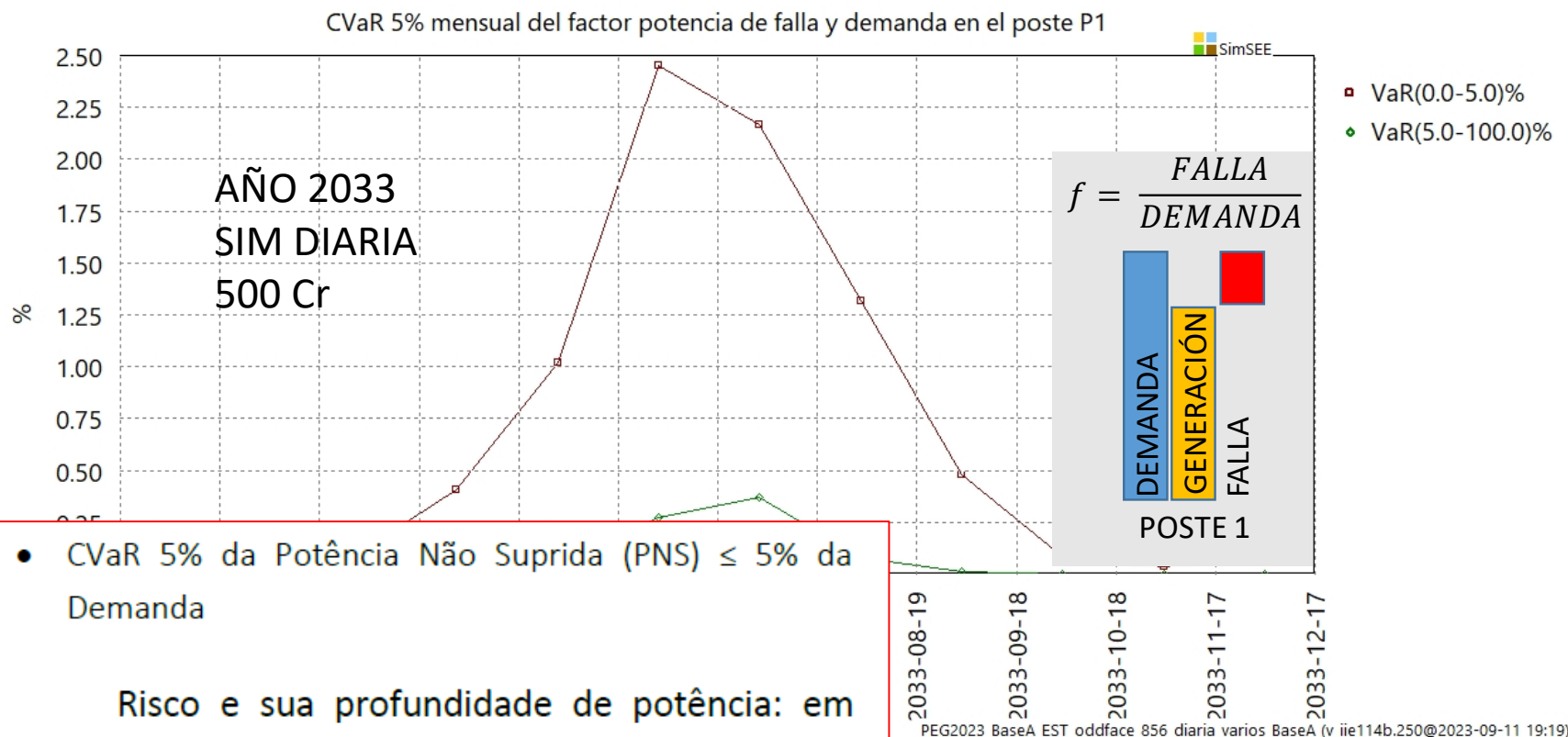
Duración del paso del tiempo [h]: 24 Pasos de optimización: 261

## PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

# FALLA: Criterio 1

CVaR 5% mensual del factor **potencia de falla / demanda en el poste P1**



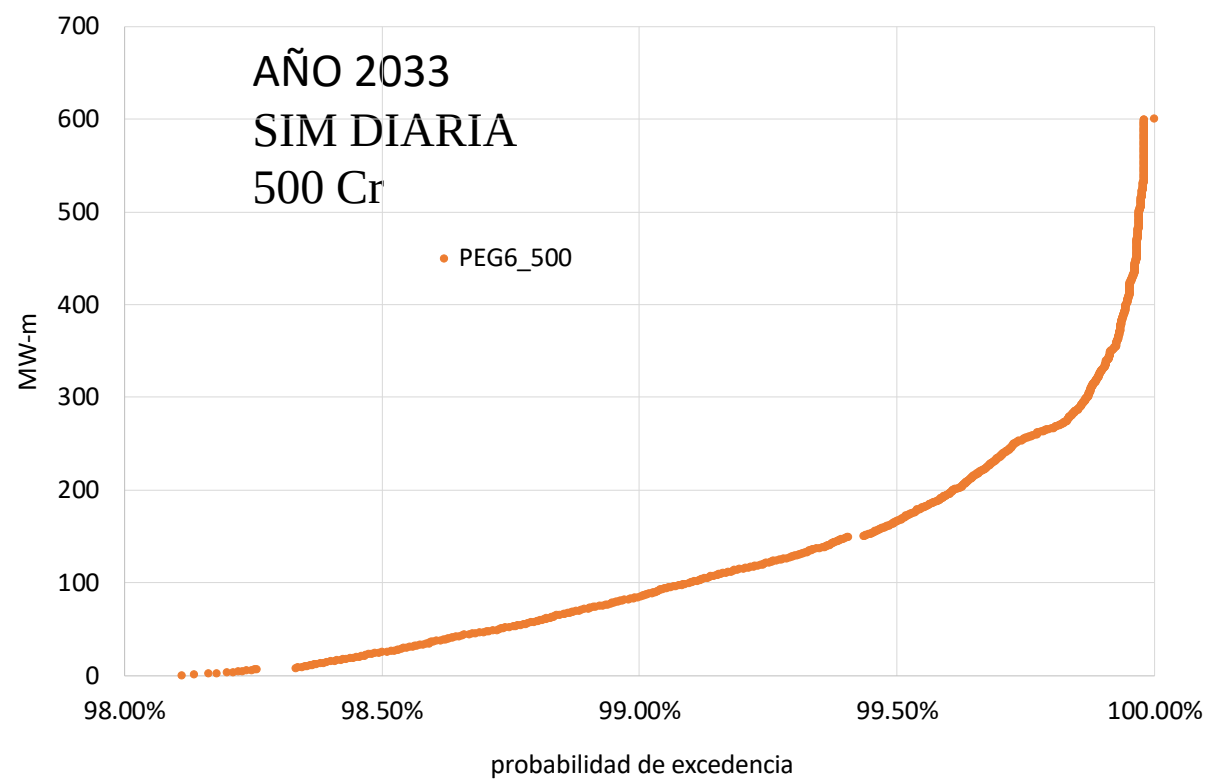
- CVaR 5% da Potência Não Suprida (PNS)  $\leq$  5% da Demanda

Risco e sua profundidade de potência: em base mensal, são avaliados os 5% piores cenários de atendimento à demanda máxima de potência, onde a média desses cenários não pode ser superior à 5% da demanda instantânea do SIN e de cada subsistema.

## PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

# FALLA: Criterio 2



Histograma de los valores de Potencia de Falla del Poste 1 de cada día de 500 Crónicas del año 2033

2 % de probabilidad de ocurrencia de Falla en el pico de la demanda diaria del año 2033

## PEG6

BaseA-TES  
Problema 856

- $LOLP^{17} \leq 5\%$

Risco de potência: em base anual, possui um limite de 5% de probabilidade de ocorrência de qualquer déficit por motivo de insuficiência de capacidade de potência, para o SIN e para cada subsistema.



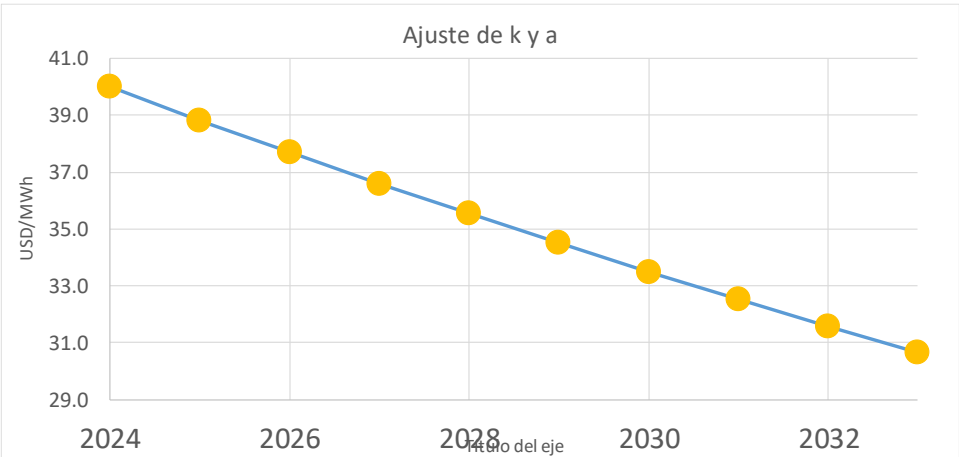
# Expansión con costos de ERNC a la baja

## PEG10

BaseAOdd-TES  
Problema 890

$$P(n) = P_o \left[ \frac{k}{(1 + a)^n} + 1 - k \right]$$

|                                     |           |      |
|-------------------------------------|-----------|------|
| Proporción de precios indexado [pu] | <b>k</b>  | 100% |
| Actualización anual                 | <b>a</b>  | 3%   |
| Precio en el año cero [USD/MWh]     | <b>Po</b> | 40   |



- Eólica y Solar (E y S)
  - PP de 40 USD/MWh-d respectivamente
    - Sin tendencia a la baja
  - \*Factores de planta de 40 y 21 % respectivamente.

Para la PEG10 se aplica una atenuación de precios de 3% anual.

| Reducción de 3% anual |             |
|-----------------------|-------------|
| año                   | USD/MWh     |
| 2024                  | <b>40.0</b> |
| 2025                  | 38.8        |
| 2026                  | 37.7        |
| 2027                  | 36.6        |
| 2028                  | 35.5        |
| 2029                  | 34.5        |
| 2030                  | 33.5        |
| 2031                  | 32.5        |
| 2032                  | 31.6        |
| 2033                  | 30.7        |



## b) Costos fijos como inversiones puntuales en OddFace-PIG.

En la sección 6.3.a se especificó una forma de considerar los costos fijos (Inversión + O&M) en los Actores de una Sala mediante el Pago por Disponibilidad. En esta sección se muestra un mecanismo alternativo, que permite representar en forma simplificada el decaimiento en el tiempo de los costos de inversión que generalmente están asociados a las mejoras en la producción de las tecnologías.

El Panel “Costo de la tecnología” (ver Fig.16) permite establecer el costo inicial de inversión por cada Unidad de Inversión (UI) de la tecnología y su evolución en el tiempo.

El parámetro “MUSD/Unidad de Inversión” debe completarse con los millones de dólares que cuesta una Unidad de Inversión de la tecnología en el instante  $t_0$ .

El parámetro “Proporción indexada [p.u.]” debe especificar qué proporción del valor especificado en el parámetro anterior está sujeto a un decaimiento en el tiempo. En el ejemplo de la Fig.16, el valor 0.88 está indicando que en este caso se considera que el 88% del monto de la inversión por unidad está sujeto a un decaimiento en el tiempo e indirectamente que el 12% restante permanece con valor constante.

El parámetro “tasa anual [p.u.]” debe contener la tasa anual con que decae la porción indexada. La ec.7 muestra cómo se calcula el costo de la Unidad de Inversión de la tecnología  $C_t$  en el instante  $t$ .

$$C_t = C_{t_0} \left[ f_v \left( \frac{1}{1+\alpha} \right)^{t-t_0} + (1-f_v) \right] \quad \text{ec.(7) indexación del costo.}$$

donde el instante  $t_0$  es el Inicio de la simulación o la fecha de Guarda de la Simulación (lo que resulte posterior). Ambos valores son los especificados en la Sala SimSEE utilizada. El valor  $C_{t_0}$  es el valor presente de los costos fijos al instante  $t_0$ . El factor  $f_v$  corresponde a la porción del costo que decae anualmente a la tasa de decaimiento  $\alpha$ . En la ec.7 tanto  $t$  como  $t_0$  están expresados en años.

# Anualidad que se equipara a un Inversión

n anualidades A a partir del año 1

| Año j           | 0  | 1         | 2           |  | n           |
|-----------------|----|-----------|-------------|--|-------------|
| Inversión       | Co |           |             |  |             |
| Anualidad       |    | A         | A           |  | A           |
| Actualizador(j) |    | $1/(1+a)$ | $1/(1+a)^2$ |  | $1/(1+a)^n$ |

$$Co = \sum_1^n \frac{A}{(1+a)^j} \Rightarrow A = \frac{Co}{\sum_1^n \frac{1}{(1+a)^j}} = \frac{Co}{q_{a,n}^1}$$

$$q_{a,n}^1 = \sum_1^n \frac{1}{(1+a)^j} = \frac{1}{(1+a)^1} + \dots + \frac{1}{(1+a)^n} = \frac{(1+a)^n - 1}{a * (1+a)^n}$$

# Anualidad que se equipara a un Inversión

n anualidades A a partir del año 0

| Año j           | 0  | 1       | 2                    |  | n-1                    |
|-----------------|----|---------|----------------------|--|------------------------|
| Inversión       | Co |         |                      |  |                        |
| Anualidad       | A  | A       | A                    |  | A                      |
| Actualizador(j) | 1  | 1/(1+a) | 1/(1+a) <sup>2</sup> |  | 1/(1+a) <sup>n-1</sup> |

$$Co = \sum_0^{n-1} \frac{A}{(1+a)^j} \Rightarrow A = \frac{Co}{\sum_0^{n-1} \frac{1}{(1+a)^j}} = \frac{Co}{q_{a,n}^0}$$

$$q_{a,n}^0 = \sum_0^{n-1} \frac{1}{(1+a)^j} = \frac{1}{(1+a)^0} + \dots + \frac{1}{(1+a)^{n-1}} = \frac{(1+a)^n - 1}{a * (1+a)^{n-1}}$$

$$q_{a,n}^0 = q_{a,n}^1 \times (1+a)$$

# Cálculo de USD/UI con P de 50 MW

$$A = \frac{Co}{\sum_{j=0}^{n-1} \frac{1}{(1+a)^j}} = \frac{Co}{q_{a,n}^0}$$

$$LCOE = \frac{A}{E}$$

| Co de la Eólica |             |                |
|-----------------|-------------|----------------|
| PP              | 40          | USD/MWh        |
| n               | 20          | pu             |
| a               | 0.1         | pu             |
| h               | 8765.82     | h              |
| fd              | 0.4         | pu             |
| P               | 50          | MW/UI          |
| E               | 175316      | MWh            |
| qan             | 9.36        | pu             |
| <b>Co</b>       | <b>65.7</b> | <b>MUSD/UI</b> |

| Co de la Solar |             |                |
|----------------|-------------|----------------|
| PP             | 40          | USD/MWh        |
| n              | 30          | pu             |
| a              | 0.1         | pu             |
| h              | 8765.82     | h              |
| fd             | 0.21        | pu             |
| P              | 50          | MW/UI          |
| E              | 92041.1     | MWh            |
| qan            | 10.37       | pu             |
| <b>Co</b>      | <b>38.2</b> | <b>MUSD/UI</b> |

$$Co = A \times q_{a,n}^0 = LCOE \times E \times q_{a,n}^0$$

$$Co = A \times q_{a,n}^0 = LCOE \times P \times 8765.82 \times f_d \times q_{a,n}^0$$

- Eólica y Solar (E y S)
  - PP de 40 USD/MWh-d respectivamente
  - \*Factores de planta de 40 y 21 % respectivamente.

Co (Eólica) = 65.7 MUSD/UI

Co (Solar) = 38.2 MUSD/UI

|                                     |           |      |
|-------------------------------------|-----------|------|
| Proporción de precios indexado [pu] | <b>k</b>  | 100% |
| Actualización anual                 | <b>a</b>  | 3%   |
| Precio en el año cero [USD/MWh]     | <b>Po</b> | 40   |

### Form\_PIG\_Tecnologia

Tecnología (Actor SimSEE):

Meses de construcción:  Años vida útil:

Costo de la tecnología

MUSD/Unidad de Inversión:

Proporción indexada [p.u.]:  tasa anual [p.u.]:

### Form\_PIG\_Tecnologia

Tecnología (Actor SimSEE):

Meses de construcción:  Años vida útil:

Costo de la tecnología

MUSD/Unidad de Inversión:

Proporción indexada [p.u.]:  tasa anual [p.u.]:

# Ventanas de la PO, Simulación y OddFace

**14 años de Optimización de la Operación (SimSEE)**

**10 años de Simulación (SimSEE)**

**Decenal de la PEG con OffFace**

Decisión y  
Construcción



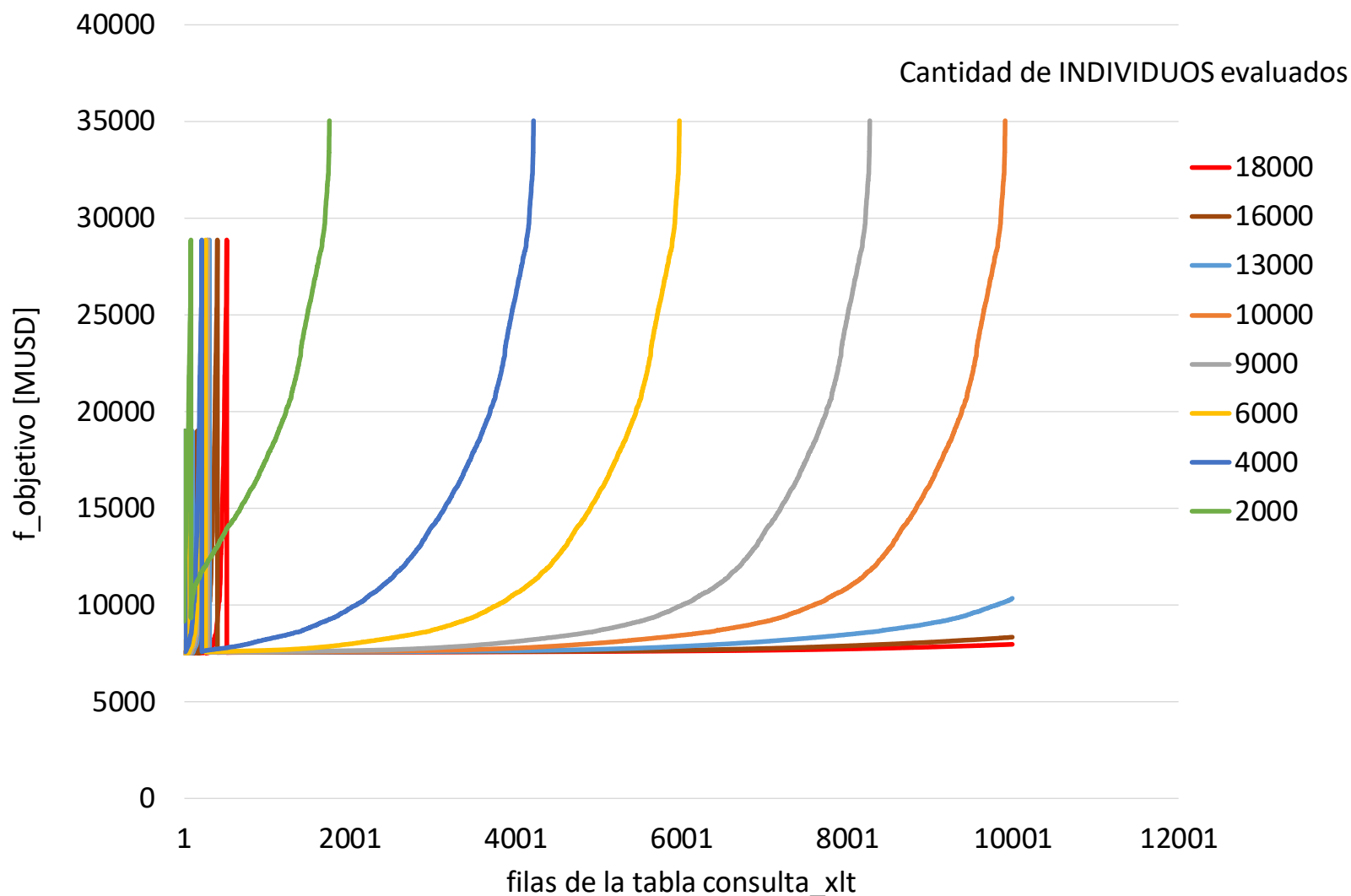
Momentos en que entran las inversiones

**Guarda de Optimización**

Con Demanda 2033..2037 cte.  
Con "Sumar Pagos en CF"

# PEG10 Evolución del OddFace...(1)

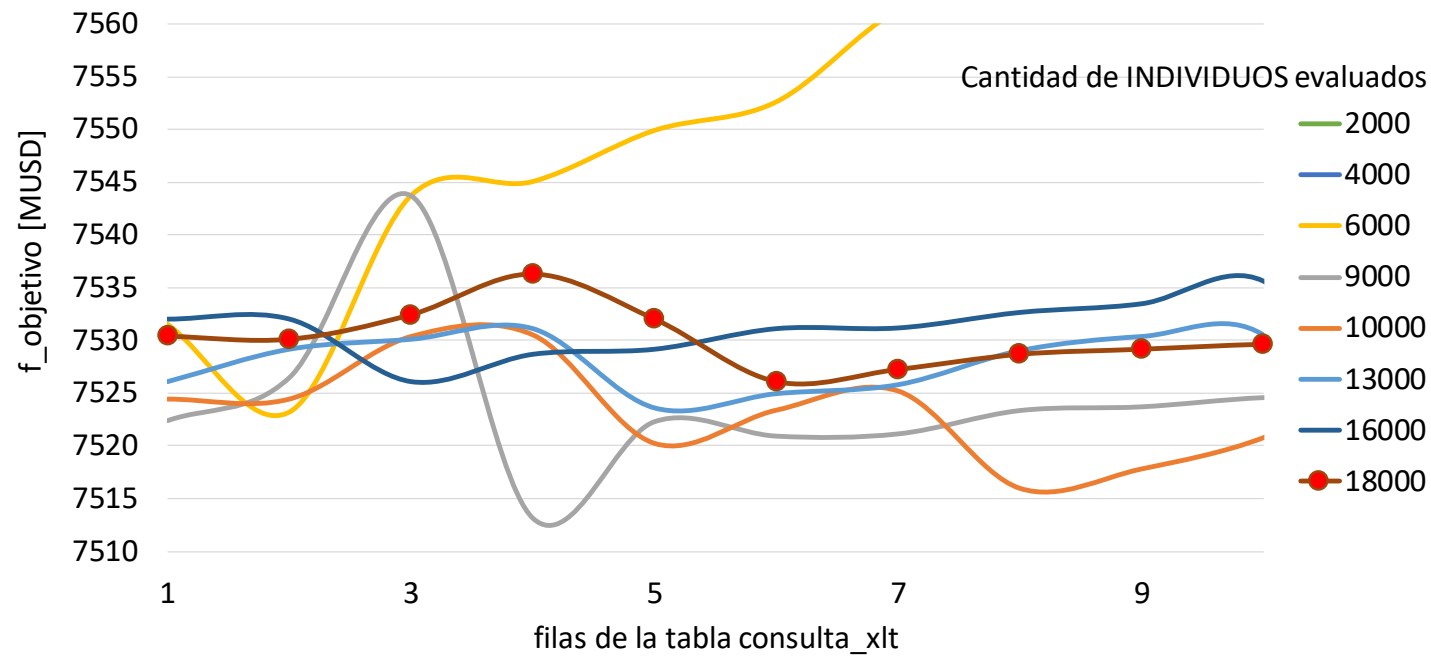
Problema 890





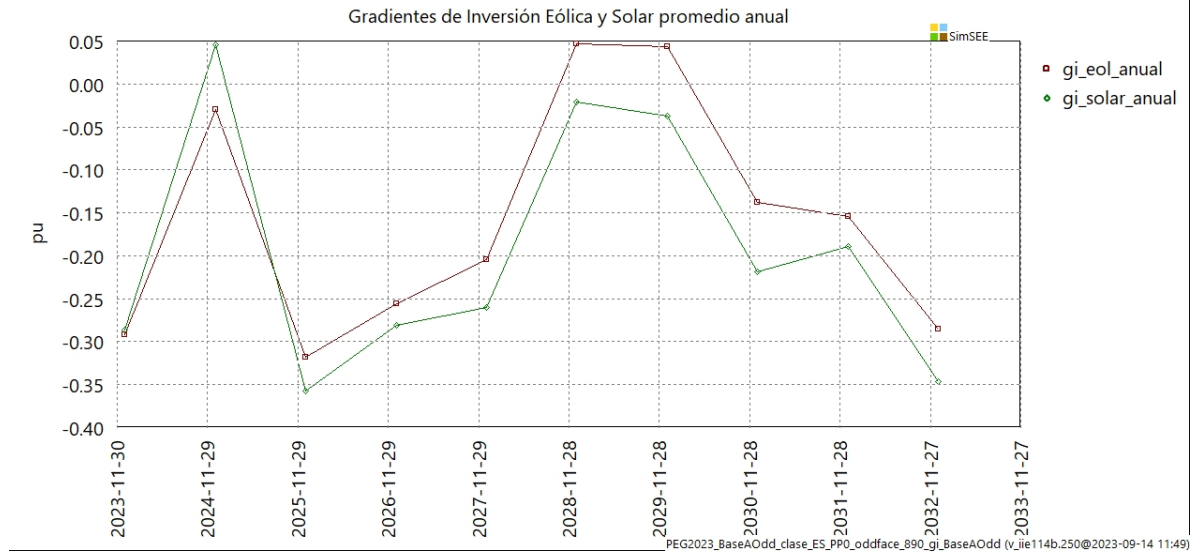
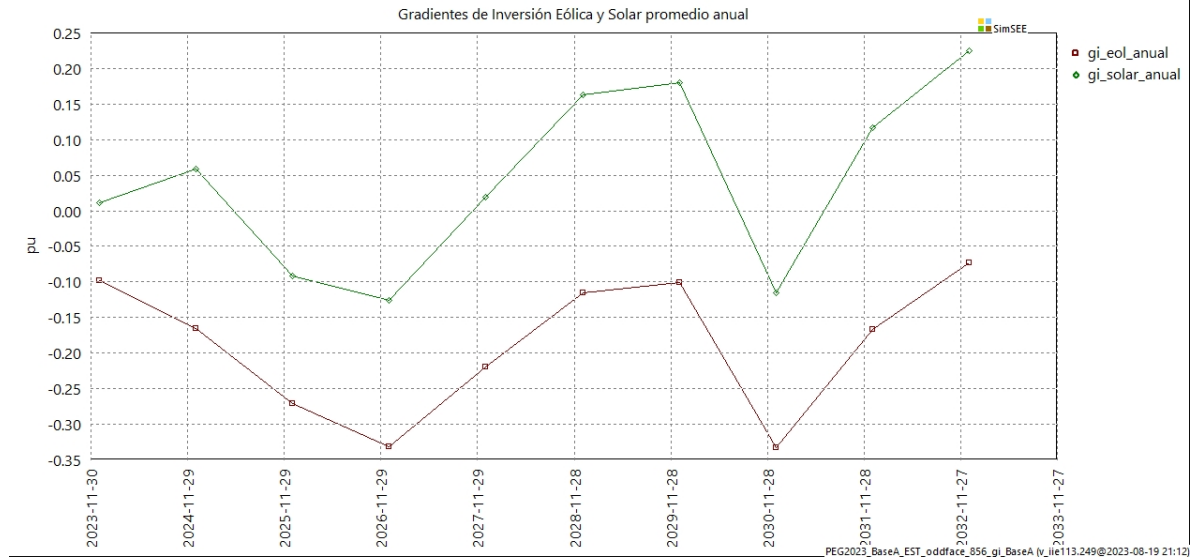
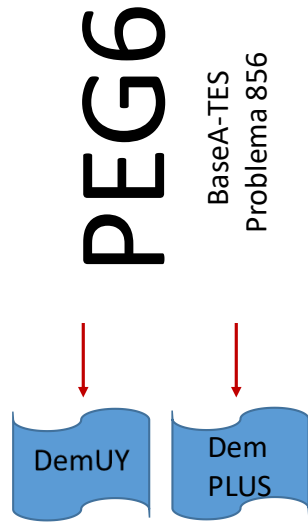
# PEG10 Evolución del OddFace...(2)

Problema 890

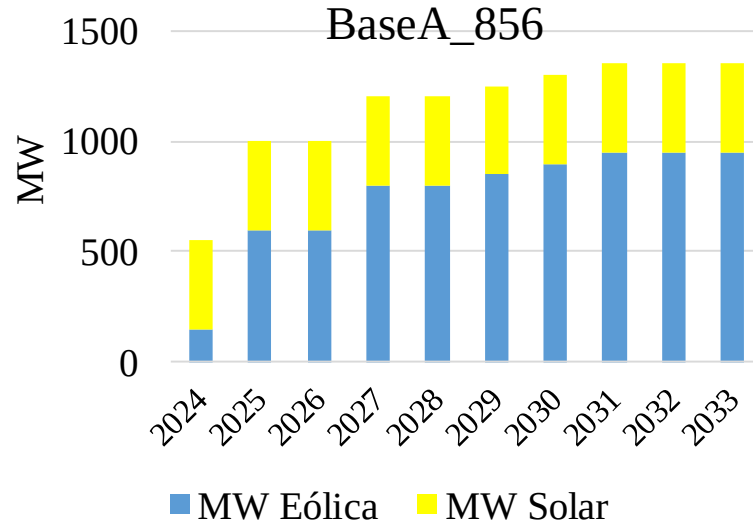
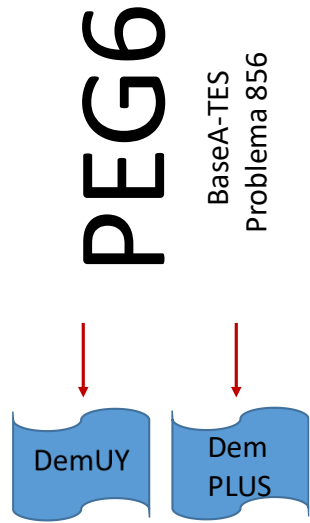


| 2023-09-14 11:10:41, sql: SELECT nid, adn, f_Objetivo, cnt_evaluaciones, dtc, dtu, f_MIN, f_MAX FROM ofe_individuos_890 ORDER BY cnt_evaluaciones DESC, f_Objetivo LIMIT 10000 OFFSET 0 |       |         |            |                  |         |         |       |       |       |     |      |              |           |       |                  |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------|------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-----|------|--------------|-----------|-------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                                                                                                                                                                                         | nid   | adn     | f_objetivo | cnt_evaluaciones | dtc     | dtu     | f_min | f_max | rango | Cr  | N    | p (% del VE) | %@95%conf | Error | f_objetivo+Error | e0_Eolica_Exp_7 | e0_Solar_Exp_7 | e1_Eolica_Exp_7 | e1_Solar_Exp_7 | e2_Eolica_Exp_7 | e2_Solar_Exp_7 | e3_Eolica_Exp_7 | e3_Solar_Exp_7 | e4_Eolica_Exp_7 | e4_Solar_Exp_7 | e5_Eolica_Exp_7 | e5_Solar_Exp_7 | e6_Eolica_Exp_7 | e6_Solar_Exp_7 | e7_Eolica_Exp_7 | e7_Solar_Exp_7 | e8_Eolica_Exp_7 | e8_Solar_Exp_7 | e9_Eolica_Exp_7 | e9_Solar_Exp_7 |
|                                                                                                                                                                                         | 10574 | \x84c50 | 7530       | 13               | 53:37.3 | 03:42.6 | 7179  | 10101 | 2921  | 100 | 1300 | 1            | 2.7%      | 78    | 7608             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 4              | 1               | 0              | 1               | 1              | 0               | 0              | 2               | 1              | 0               | 0              | 4               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 10618 | \x84c50 | 7530       | 12               | 55:26.0 | 15:53.7 | 7158  | 10081 | 2923  | 100 | 1200 | 1            | 2.8%      | 81    | 7611             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 4              | 0               | 0              | 1               | 1              | 0               | 0              | 2               | 1              | 0               | 0              | 4               | 0              | 1               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 12137 | \x84c50 | 7532       | 12               | 53:25.3 | 40:12.8 | 7172  | 10093 | 2920  | 100 | 1200 | 1            | 2.8%      | 81    | 7613             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 5              | 0               | 0              | 1               | 1              | 0               | 0              | 2               | 0              | 0               | 0              | 4               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 8202  | \x84c50 | 7536       | 12               | 23:48.4 | 41:35.5 | 7192  | 9991  | 2800  | 100 | 1200 | 1            | 2.8%      | 78    | 7614             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 5              | 0               | 0              | 1               | 3              | 0               | 0              | 2               | 0              | 0               | 0              | 4               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 5869  | \x85440 | 7532       | 11               | 56:23.4 | 49:23.6 | 7144  | 10271 | 3127  | 100 | 1100 | 1            | 2.9%      | 91    | 7623             | 5               | 9              | 1               | 0              | 3               | 4              | 1               | 2              | 1               | 2              | 0               | 1              | 2               | 2              | 0               | 0              | 2               | 1              | 2               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 7414  | \x84450 | 7526       | 10               | 54:26.1 | 58:48.6 | 7134  | 10020 | 2885  | 100 | 1000 | 1            | 3.0%      | 88    | 7614             | 4               | 11             | 1               | 0              | 3               | 5              | 0               | 1              | 1               | 2              | 2               | 0              | 2               | 0              | 0               | 0              | 1               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 13969 | \x84c50 | 7527       | 10               | 04:56.0 | 33:01.5 | 7177  | 9830  | 2654  | 100 | 1000 | 1            | 3.0%      | 81    | 7608             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 5              | 0               | 0              | 1               | 1              | 0               | 0              | 2               | 0              | 0               | 2              | 4               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 6589  | \x84450 | 7529       | 10               | 22:20.0 | 16:55.8 | 7141  | 10212 | 3071  | 100 | 1000 | 1            | 3.0%      | 93    | 7622             | 4               | 11             | 1               | 0              | 3               | 4              | 0               | 0              | 1               | 3              | 2               | 0              | 2               | 1              | 0               | 0              | 4               | 0              | 3               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 5082  | \x84c30 | 7529       | 10               | 25:17.0 | 00:21.4 | 7131  | 10040 | 2909  | 100 | 1000 | 1            | 3.0%      | 88    | 7617             | 4               | 7              | 3               | 0              | 3               | 5              | 1               | 2              | 1               | 0              | 1               | 0              | 2               | 2              | 0               | 2              | 0               | 0              | 2               | 1              |
|                                                                                                                                                                                         | 11045 | \x84c50 | 7530       | 10               | 11:53.9 | 21:19.1 | 7167  | 9946  | 2778  | 100 | 1000 | 1            | 3.0%      | 84    | 7614             | 4               | 11             | 3               | 0              | 3               | 5              | 0               | 0              | 1               | 1              | 0               | 0              | 2               | 0              | 0               | 0              | 4               | 0              | 2               | 1              |

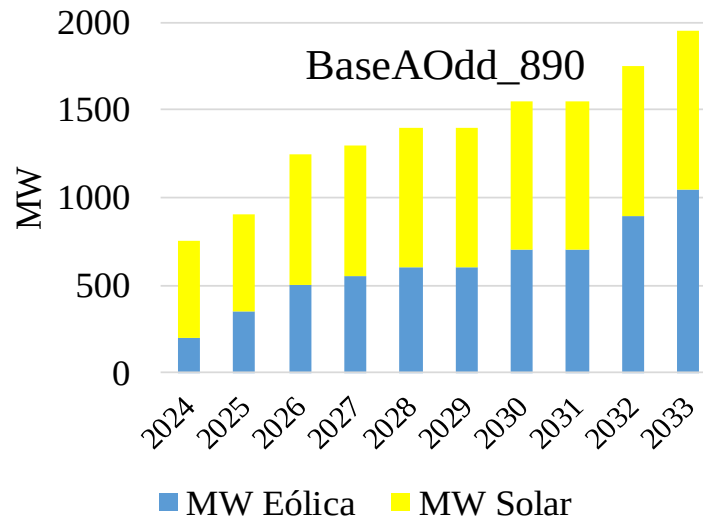
# Gradientes de Inversión



# Expansiones de Eólica y Solar (1)

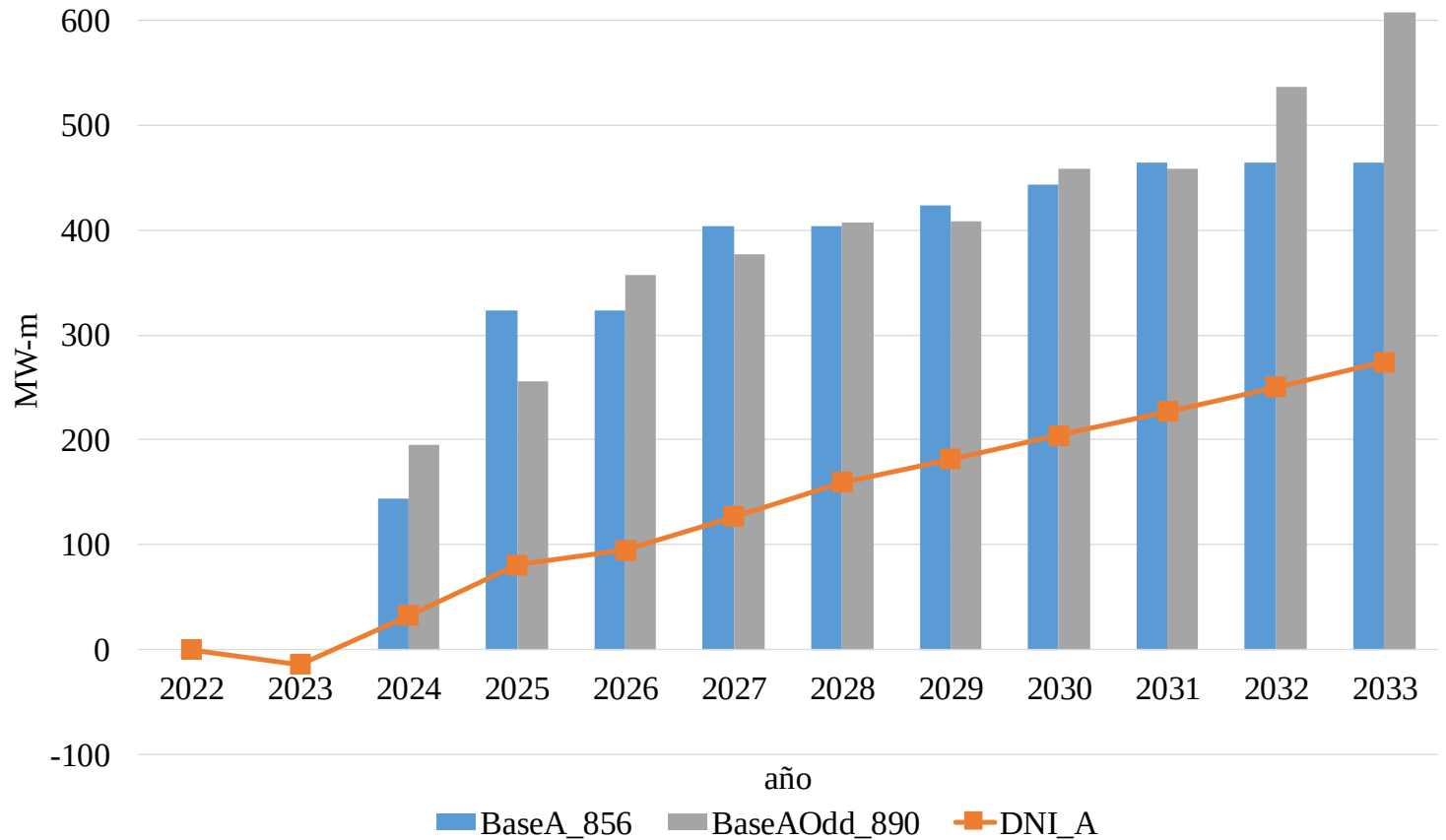
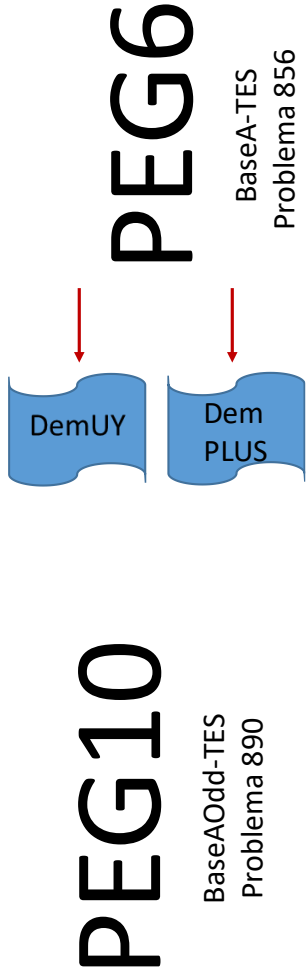


| Año  | MW-m Eólica | MW-m Solar | MW-m |
|------|-------------|------------|------|
| 2024 | 60          | 84         | 144  |
| 2025 | 240         | 84         | 324  |
| 2026 | 240         | 84         | 324  |
| 2027 | 320         | 84         | 404  |
| 2028 | 320         | 84         | 404  |
| 2029 | 340         | 84         | 424  |
| 2030 | 360         | 84         | 444  |
| 2031 | 380         | 84         | 464  |
| 2032 | 380         | 84         | 464  |
| 2033 | 380         | 84         | 464  |
| Prom | 340         | 84         | 424  |
|      | 80%         | 20%        | 100% |



| Año  | MW-m Eólica | MW-m Solar | MW-m |
|------|-------------|------------|------|
| 2024 | 80          | 116        | 196  |
| 2025 | 140         | 116        | 256  |
| 2026 | 200         | 158        | 358  |
| 2027 | 220         | 158        | 378  |
| 2028 | 240         | 168        | 407  |
| 2029 | 240         | 168        | 408  |
| 2030 | 280         | 179        | 459  |
| 2031 | 280         | 179        | 459  |
| 2032 | 358         | 179        | 537  |
| 2033 | 419         | 189        | 608  |
| Prom | 280         | 172        | 451  |
|      | 62%         | 38%        | 100% |

# Expansiones de Eólica y Solar (2)



# Archivo oddface\_pig\_inversiones.xlt

$$UI(0) \times Co(0) \times fo(0) \times fa(0)$$

$$4 \times 65.7 \times 0.87 \times 1 = 227.5$$

acumulado



|              |            |   |        |            |                |    |             |      |                          |      |                              |      |                |        |
|--------------|------------|---|--------|------------|----------------|----|-------------|------|--------------------------|------|------------------------------|------|----------------|--------|
| TecnologÃ-a: | Eolica_Exp |   |        |            |                |    |             |      |                          |      |                              |      |                |        |
|              | etapa:     | 0 | Fecha: | 01/01/2024 | deltaUnidades: | 4  | MontoporUI: | 65.7 | factorOperacionEfectiva: | 0.87 | factorActualizacionAllnicio: | 1.00 | MontoTotalInv: | 227.5  |
|              | etapa:     | 1 | Fecha: | 01/01/2025 | deltaUnidades: | 3  | MontoporUI: | 63.8 | factorOperacionEfectiva: | 0.83 | factorActualizacionAllnicio: | 0.91 | MontoTotalInv: | 372.6  |
|              | etapa:     | 2 | Fecha: | 02/01/2026 | deltaUnidades: | 3  | MontoporUI: | 61.9 | factorOperacionEfectiva: | 0.80 | factorActualizacionAllnicio: | 0.83 | MontoTotalInv: | 495.5  |
|              | etapa:     | 3 | Fecha: | 03/01/2027 | deltaUnidades: | 1  | MontoporUI: | 60.1 | factorOperacionEfectiva: | 0.76 | factorActualizacionAllnicio: | 0.75 | MontoTotalInv: | 529.9  |
|              | etapa:     | 4 | Fecha: | 04/01/2028 | deltaUnidades: | 1  | MontoporUI: | 58.4 | factorOperacionEfectiva: | 0.72 | factorActualizacionAllnicio: | 0.68 | MontoTotalInv: | 558.7  |
|              | etapa:     | 6 | Fecha: | 05/01/2030 | deltaUnidades: | 2  | MontoporUI: | 55.0 | factorOperacionEfectiva: | 0.63 | factorActualizacionAllnicio: | 0.56 | MontoTotalInv: | 597.5  |
|              | etapa:     | 8 | Fecha: | 07/01/2032 | deltaUnidades: | 4  | MontoporUI: | 51.8 | factorOperacionEfectiva: | 0.51 | factorActualizacionAllnicio: | 0.47 | MontoTotalInv: | 646.9  |
|              | etapa:     | 9 | Fecha: | 07/01/2033 | deltaUnidades: | 3  | MontoporUI: | 50.3 | factorOperacionEfectiva: | 0.44 | factorActualizacionAllnicio: | 0.42 | MontoTotalInv: | 675.3  |
| TecnologÃ-a: | Solar_Exp  |   |        |            |                |    |             |      |                          |      |                              |      |                |        |
|              | etapa:     | 0 | Fecha: | 01/01/2024 | deltaUnidades: | 11 | MontoporUI: | 38.2 | factorOperacionEfectiva: | 0.78 | factorActualizacionAllnicio: | 1.00 | MontoTotalInv: | 1003.8 |
|              | etapa:     | 2 | Fecha: | 02/01/2026 | deltaUnidades: | 4  | MontoporUI: | 36.0 | factorOperacionEfectiva: | 0.72 | factorActualizacionAllnicio: | 0.83 | MontoTotalInv: | 1089.8 |
|              | etapa:     | 4 | Fecha: | 04/01/2028 | deltaUnidades: | 1  | MontoporUI: | 33.9 | factorOperacionEfectiva: | 0.65 | factorActualizacionAllnicio: | 0.68 | MontoTotalInv: | 1104.9 |
|              | etapa:     | 6 | Fecha: | 05/01/2030 | deltaUnidades: | 1  | MontoporUI: | 32.0 | factorOperacionEfectiva: | 0.57 | factorActualizacionAllnicio: | 0.56 | MontoTotalInv: | 1115.1 |
|              | etapa:     | 9 | Fecha: | 07/01/2033 | deltaUnidades: | 1  | MontoporUI: | 29.3 | factorOperacionEfectiva: | 0.40 | factorActualizacionAllnicio: | 0.42 | MontoTotalInv: | 1120.1 |



j



UI(j)



Co(j)



fo(j)



fa(j)=1/(1+a)^j

Monto a sumar en el CFVE = 1120.1 MUSD

# Factor $f_o$ de participación de las Inversiones en el CFVE

|                             |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Tasa a [pu]                 | 0.1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| j                           | 0   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17  | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24  | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   |
| Actualizador 1/(1+a)^j [pu] | 1   | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.1 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |

| Años Optimización h |      |      | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |      |      |      |     |      |      |
|---------------------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Años Inversión i    |      |      | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Años n (20)         | fo   | suma |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Inv. Total          | 1.00 | 9.36 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.2 | 0.18 | 0.16 |
| Iversiones 0        | 0.87 | 8.10 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.29 |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 1        | 0.83 | 7.81 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 2        | 0.80 | 7.50 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 3        | 0.76 | 7.14 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 4        | 0.72 | 6.76 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 5        | 0.68 | 6.33 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 6        | 0.63 | 5.87 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 7        | 0.57 | 5.36 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 8        | 0.51 | 4.79 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Iversiones 9        | 0.45 | 4.17 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |

$f_o(i, h, n)$

$$f_o(i, h, n) = \frac{\sum_0^{h-i} \frac{1}{(1+a)^j}}{\sum_0^{n-1} \frac{1}{(1+a)^j}} q_{a,n}^0$$

| Años Optimización h |      |       | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Años Inversión i    |      |       | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Años n (30)         | fo   | suma  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Inv. Total          | 1.00 | 10.37 | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.1 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| Iversiones 0        | 0.78 | 8.10  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.29 |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 1        | 0.75 | 7.81  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 2        | 0.72 | 7.50  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.35 |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 3        | 0.69 | 7.14  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 | 0.39 |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 4        | 0.65 | 6.76  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 | 0.42 |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 5        | 0.61 | 6.33  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.47 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 6        | 0.57 | 5.87  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.51 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 7        | 0.52 | 5.36  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 | 0.56 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 8        | 0.46 | 4.79  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| Iversiones 9        | 0.40 | 4.17  | 1 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |

Ejemplo:

$$f_0(2.14.20) = \frac{\sum_0^{12} \frac{1}{(1+a)^j}}{1} = 0.80$$

Ejemplo:

$$f_o(2, 14, 20) = \frac{\sum_0^{12} \frac{1}{(1+a)^j}}{\sum_0^{19} \frac{1}{(1+a)^j}} = 0.80$$

# La Demanda manda, el tiempo cuesta...

