

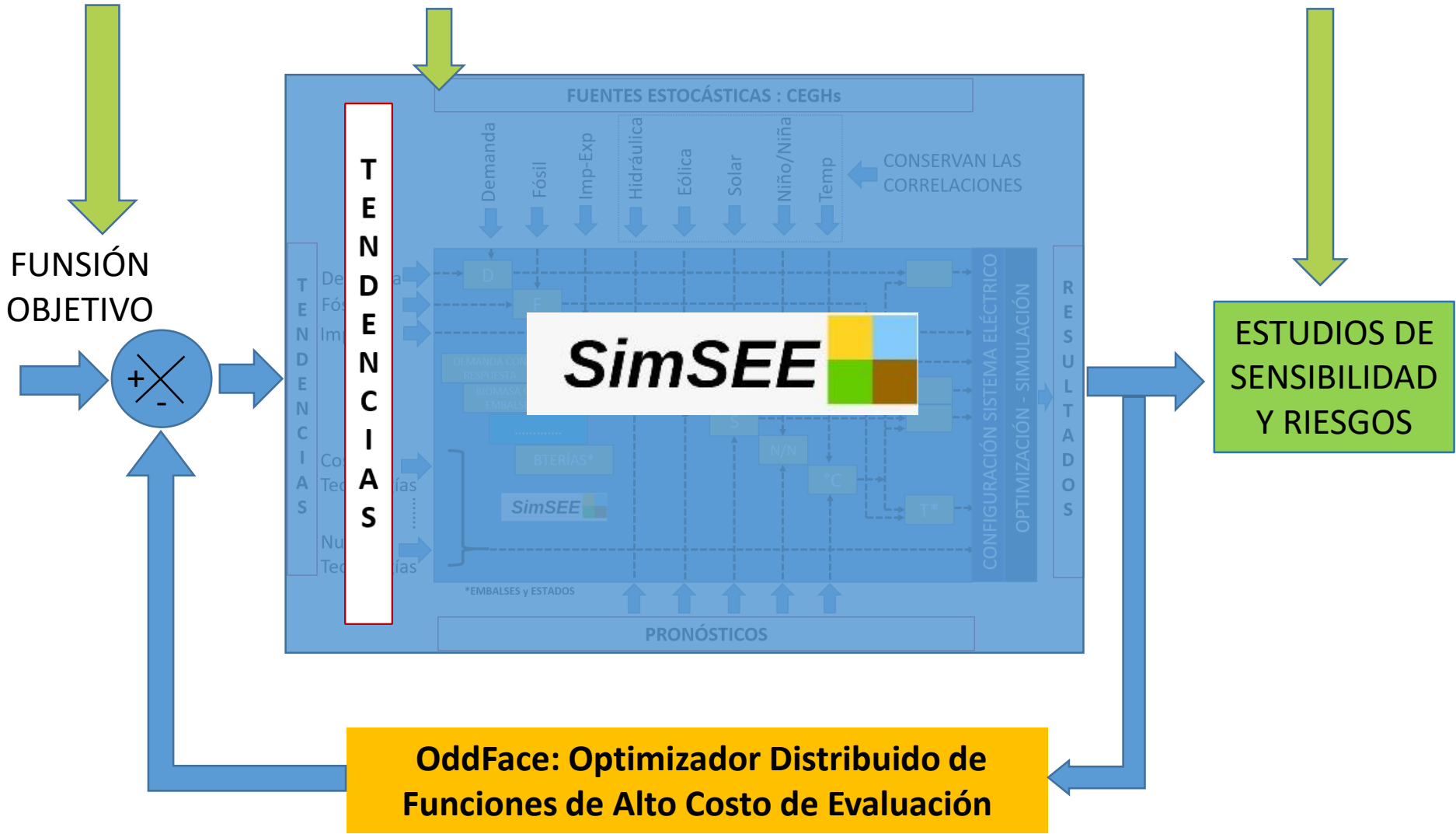
Problema de Expansión: PEG 5 y 6

Escenario UY

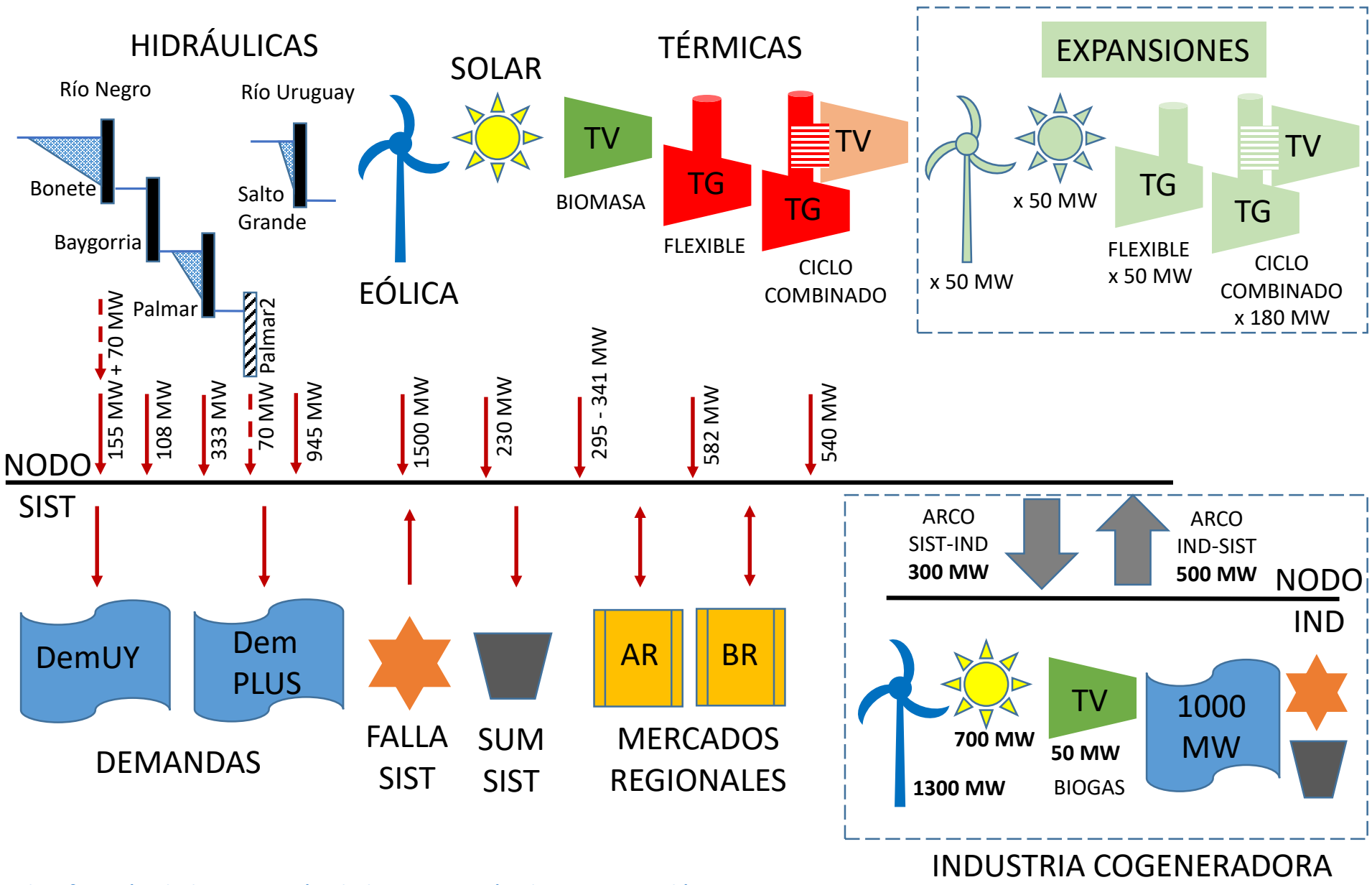
Exp. Térmica, Eólica y Solar

Demanda Baja y Alta

PEGSE



Sala SimSEE del curso PEGSE



Mapa de PEGs del Curso 2024

Tecnologías de Expansión

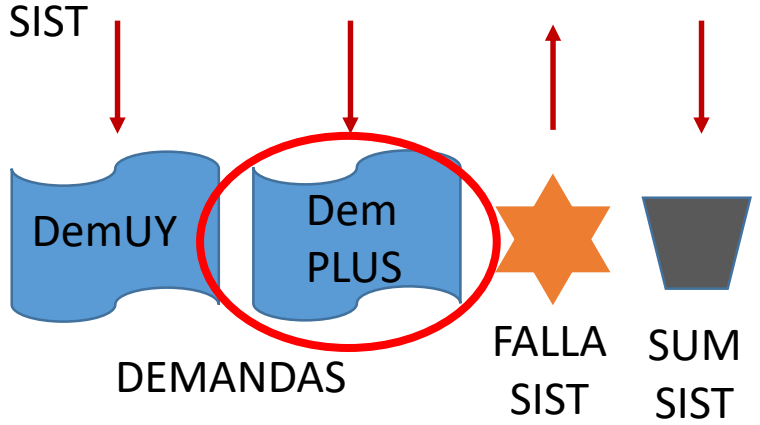
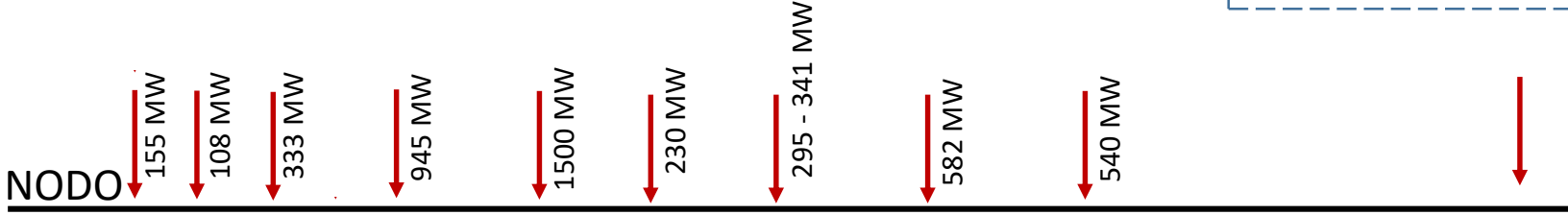
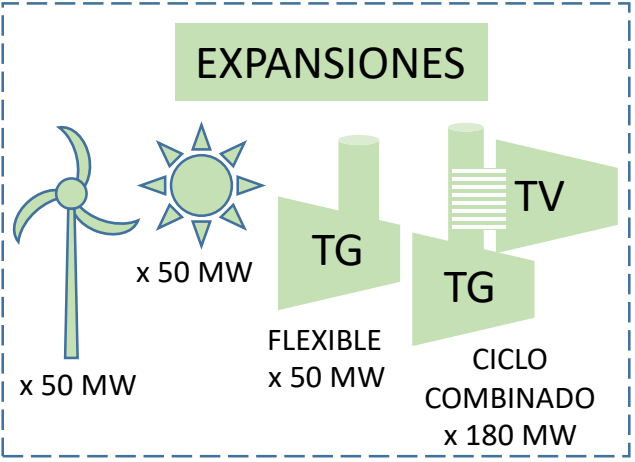
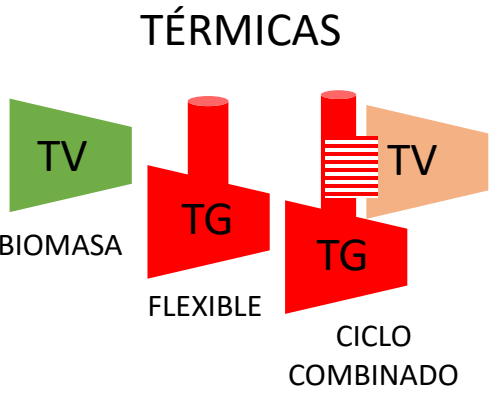
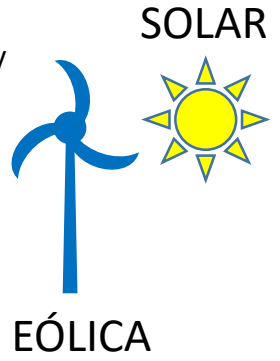
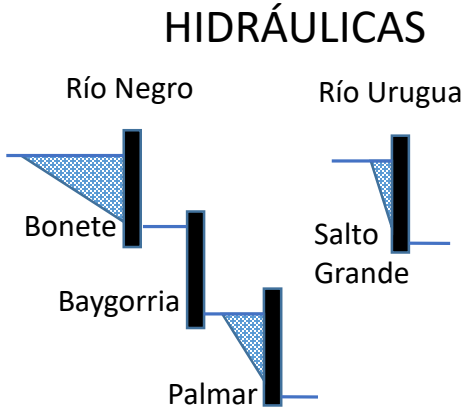
Los números (xyz) indican el NID del Problema OddFace

Escenario	S	E	T	TES	Descripción del Escenario
BaseB	EJ-8 (867)	-	-	PEG5 (872)	Hidráulica, Eólica, Solar, Térmicas y Biomásas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal, CC, TGs, Bio, UPM2, etc.). Sin la demanda Plus.
BaseA	-	-	-	PEG6 (856)	BaseB + Demanda Plus.
BaseBsinTESuy	-	-	PEG2 (873)	PEG3 (870)	BaseB sacando las Térmicas, Eólica y Solares de UY 2023. En suma solo las Hidráulicas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal).
BaseBsinTESuysinPal	-	-	PEG1 (869)	-	BaseBsinTESuy + sacando Palmar.
BaseAsinTESuy	-	-	-	PEG4 (871)	Solo las Hidráulicas de UY 2023 (SG, Bon, Bay, Pal). Con la demanda Plus.
BaseAsinESuy	-	PEG11 (866)	-	-	Hidráulicas y Térmicas de UY 2023. Con la demanda Plus.
BaseABon	-	-	-	PEG7 (857)	BaseA + ampliación de Bonete en el 2028
BaseBInd40	-	-	-	PEG8 (PEG8)	BaseB + Proyecto Industrial.
BaseAInd40	-	-	-	-	BaseA + Proyecto Industrial.
BaseA81	-	-	-	PEG9 (862)	BaseA y se sube la cota de penalización de Bonete a 81 m.
BaseAOdd	-	-	-	PEG10 (890)	BaseA con PP de Eólica y Solar de Exp en el OddFace bajando 3% por año.

*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

Nombre	--
BaseB	[Icons]
BaseA	[Icons]
BaseBsinTESuy	[Icons]
BaseBsinTESuysinPal	[Icons]
BaseAsinTESuy	[Icons]
BaseAsinESuy	[Icons]
BaseABon	[Icons]
BaseAInd	[Icons]
BaseBInd	[Icons]

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.

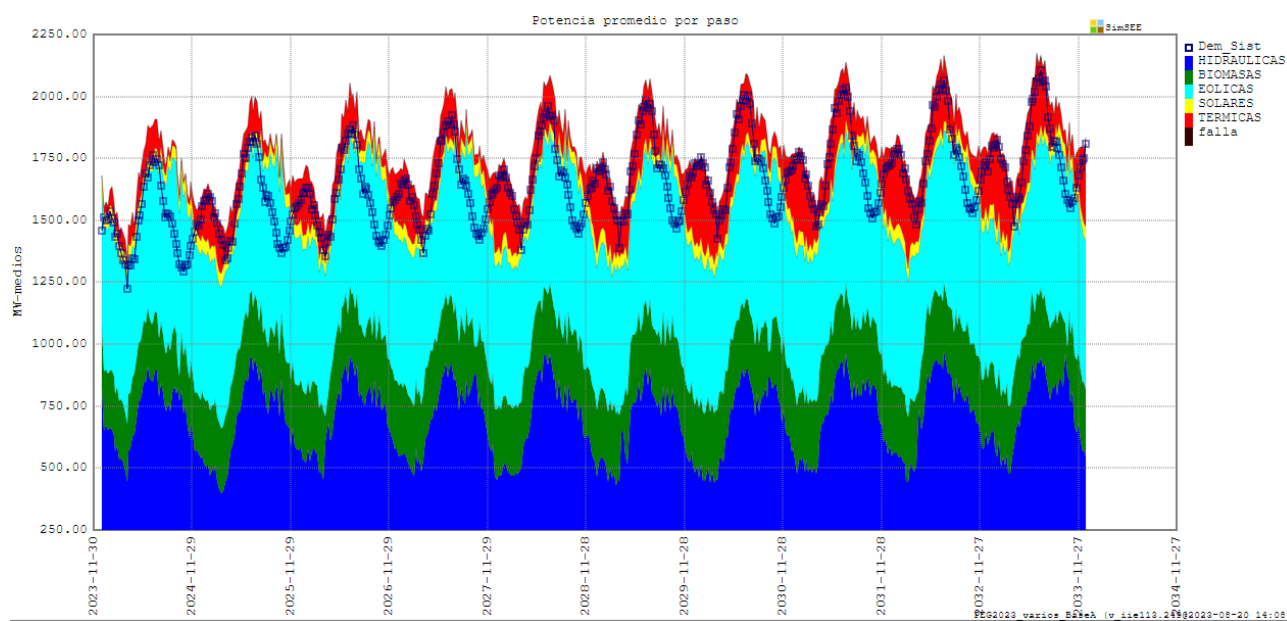
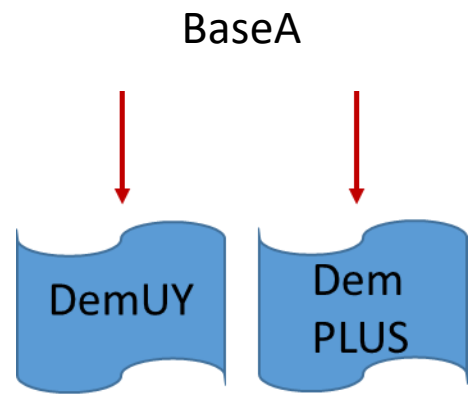
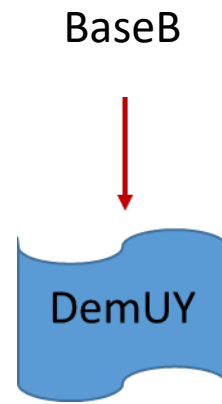
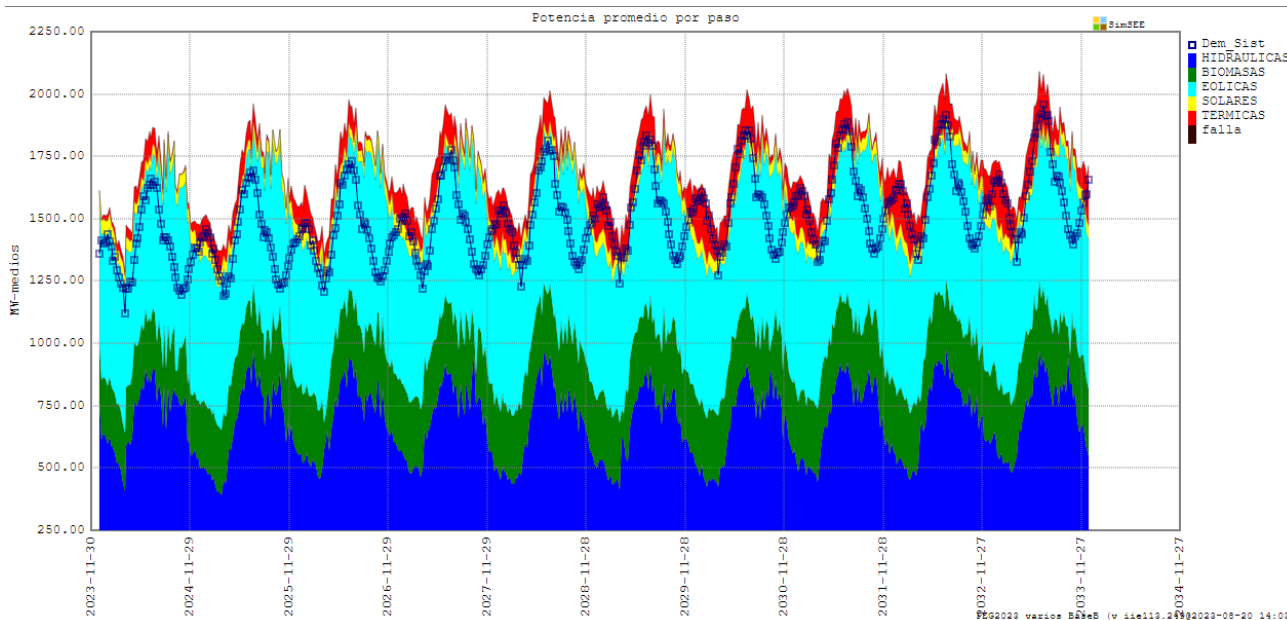
Para la PEG10 se aplica una atenuación de precios de 3% anual.

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

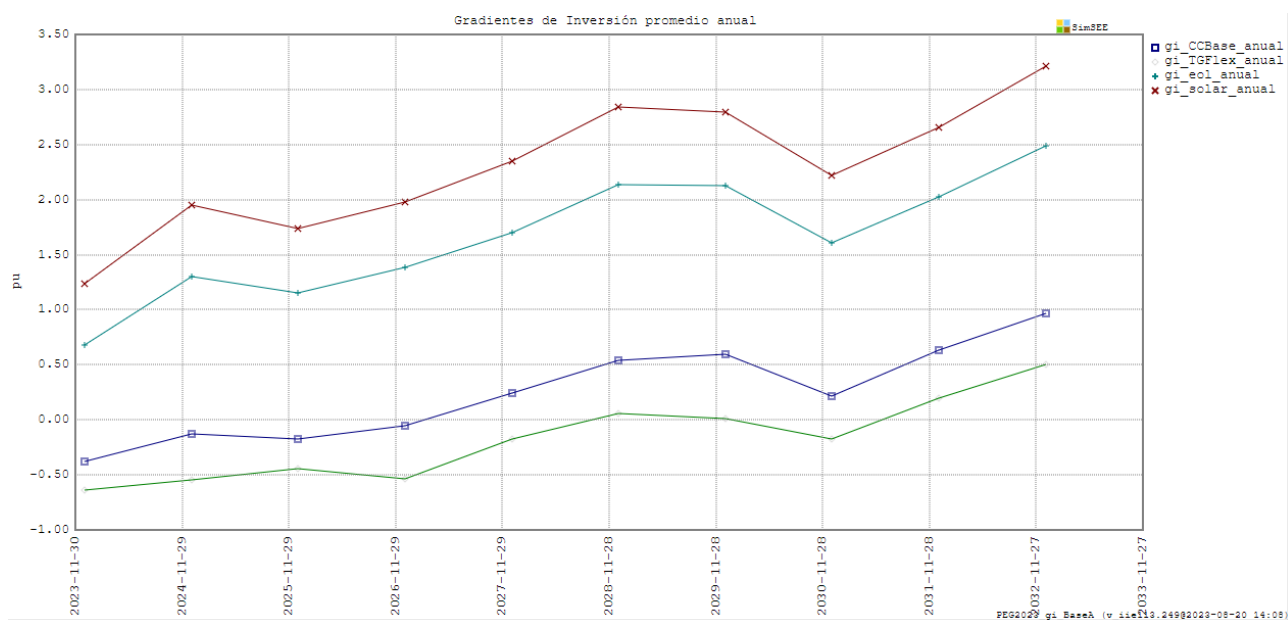
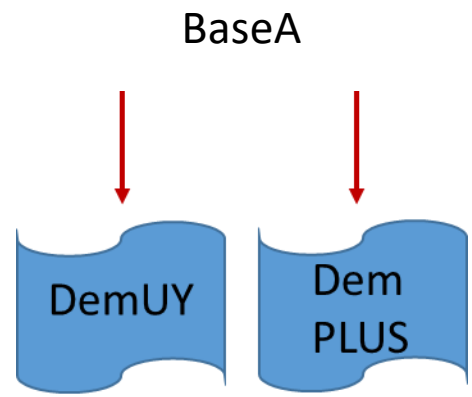
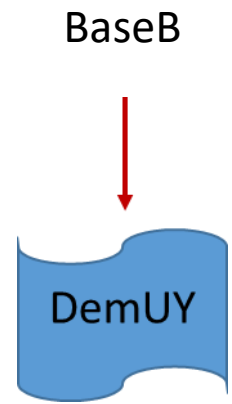
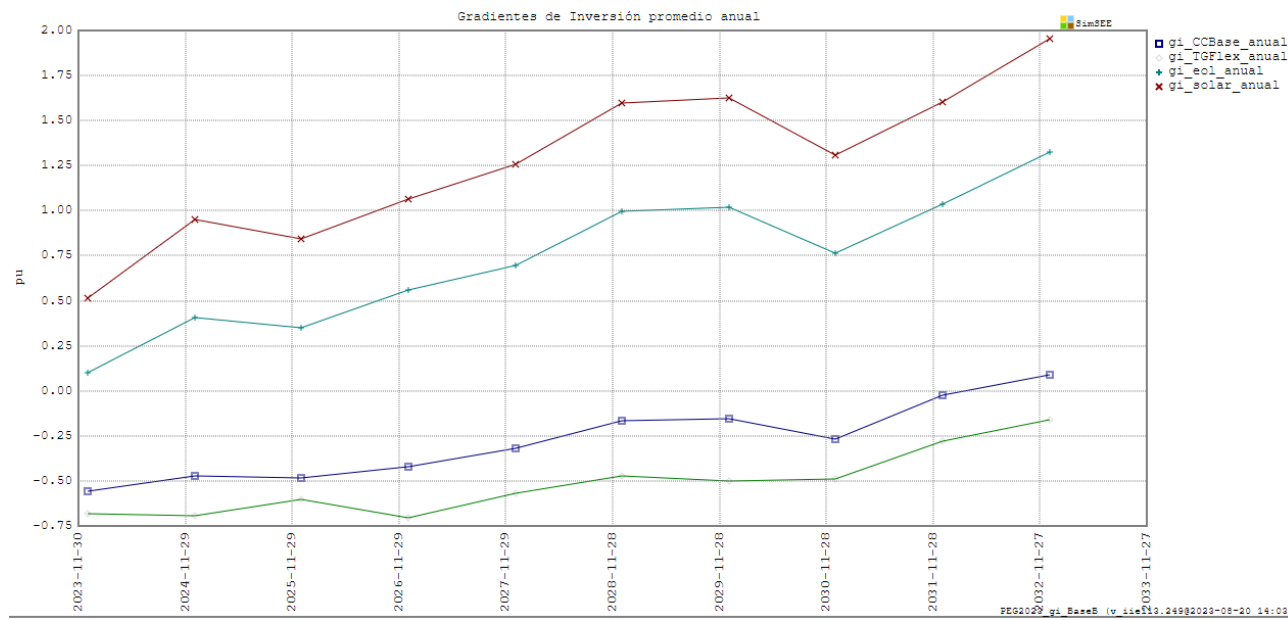
*Valores medios 2018 a 2022

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

Escenario BaseBsinTESuy c/s Pal



Gradientes de Inversión de las Térmicas



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

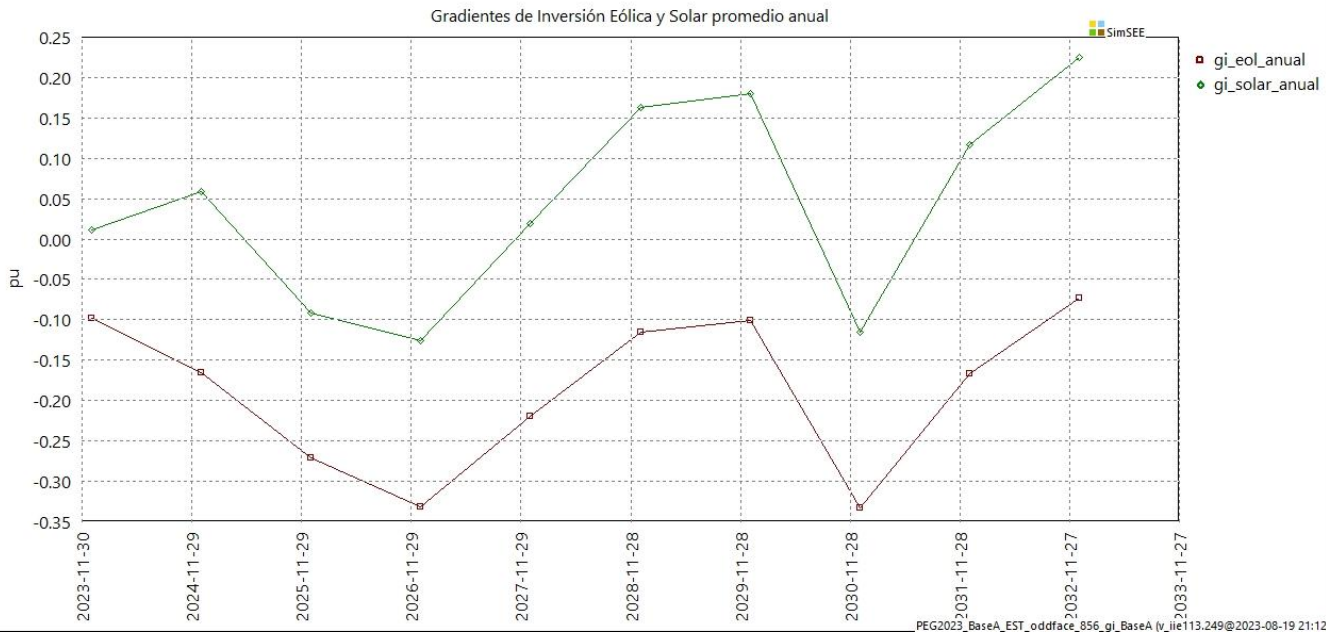
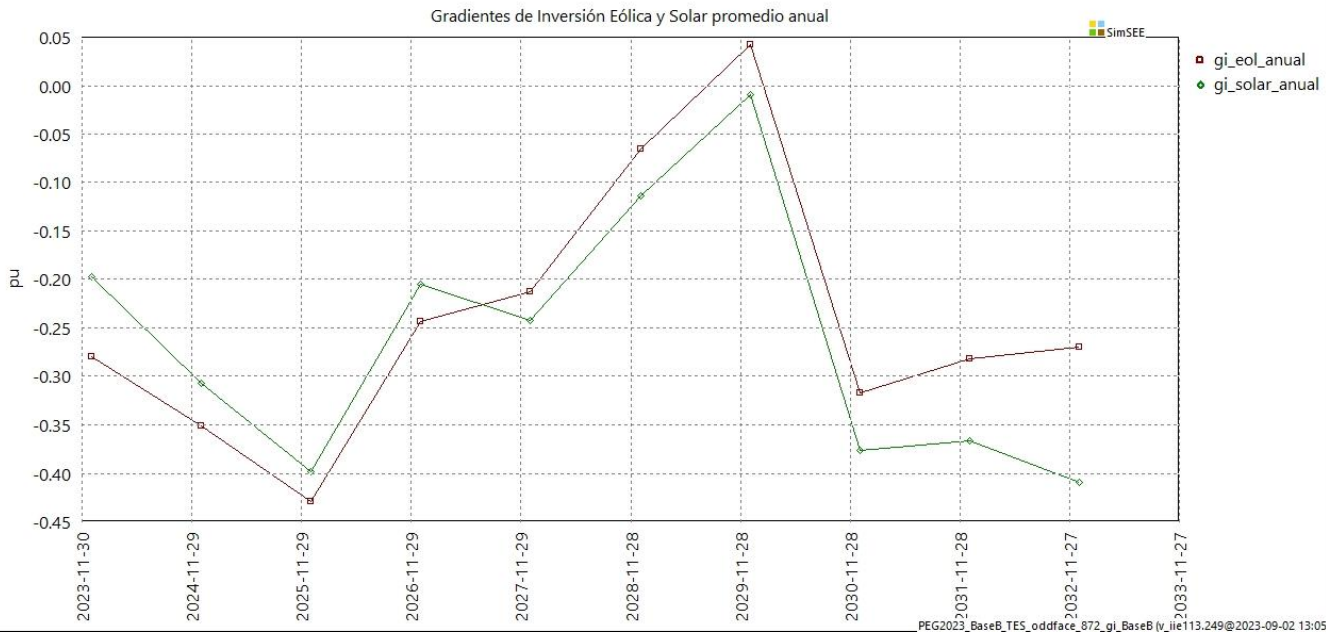
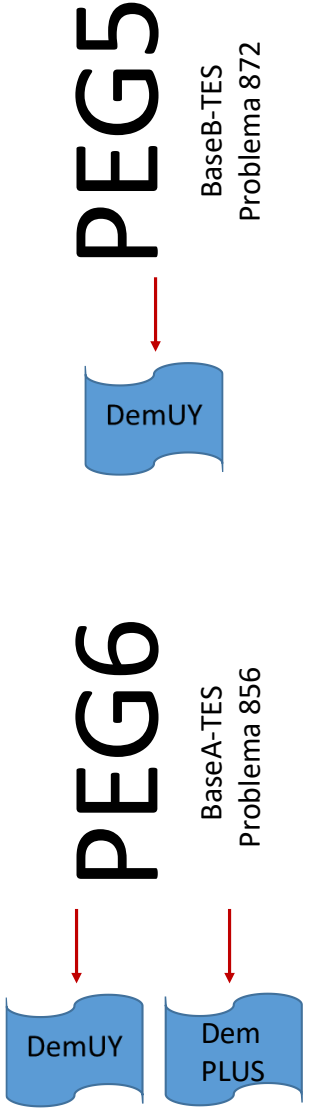


Momentos en que entran las inversiones

Guarda de Optimización

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

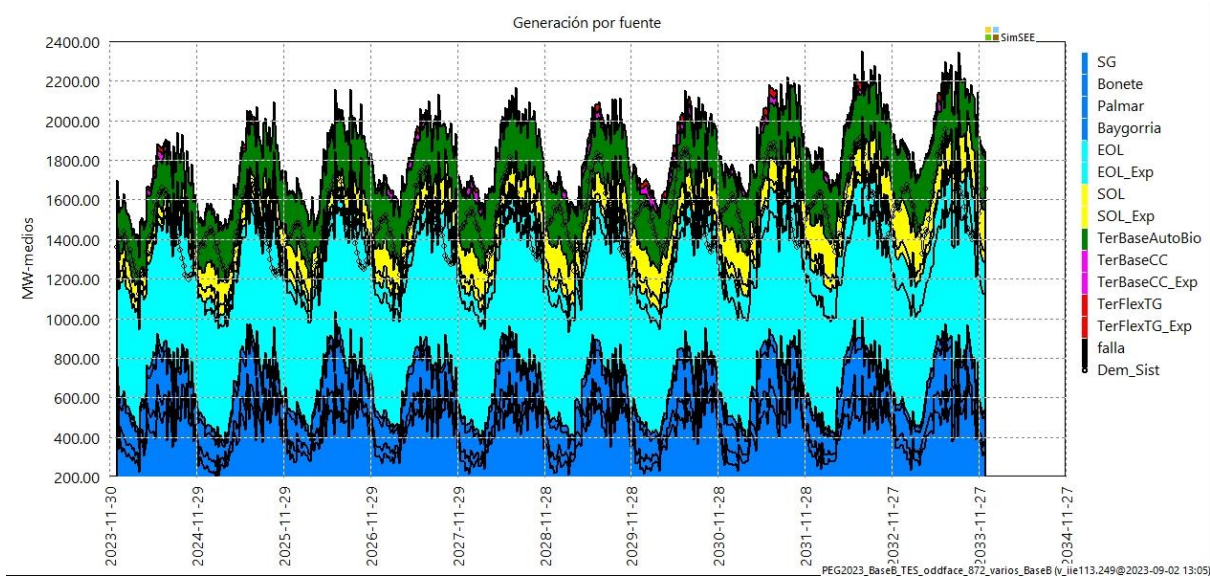
Gradientes de Inversión



Generación por fuente (1)

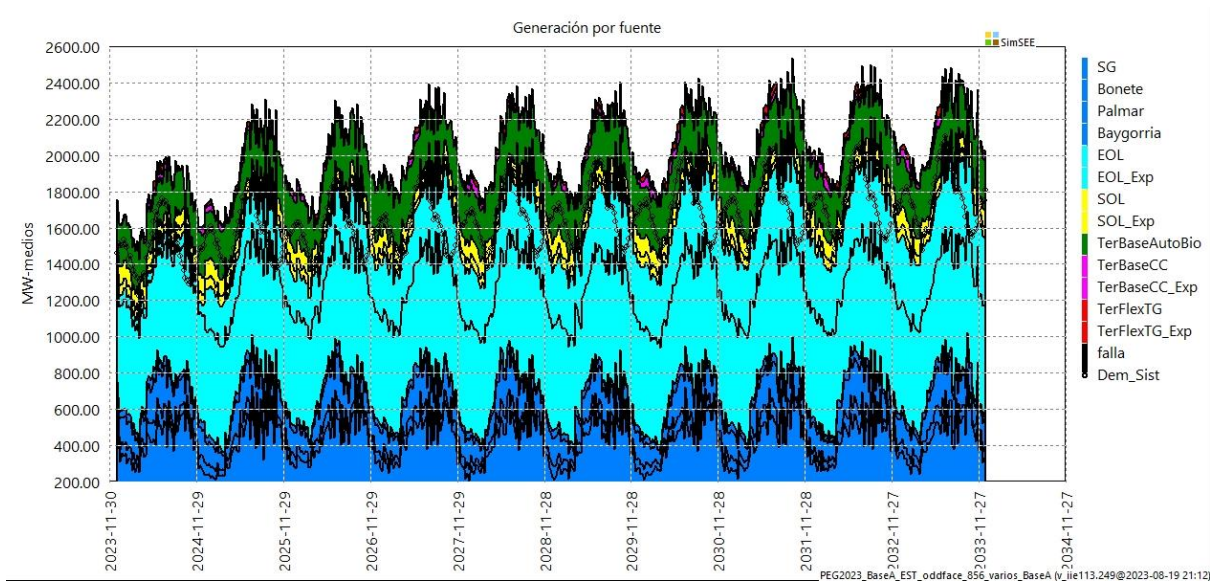
PEG5

BaseB-TES
Problema 872



PEG6

BaseA-TES
Problema 856



Expansiones Térmicas

PEG5

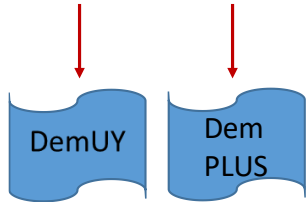
BaseB-TES
Problema 872



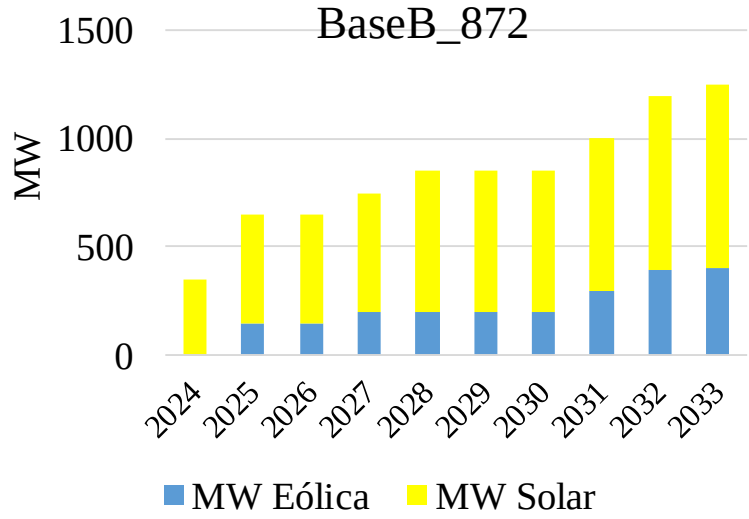
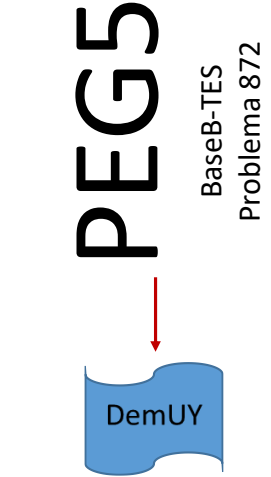
NO HAY!!!!

PEG6

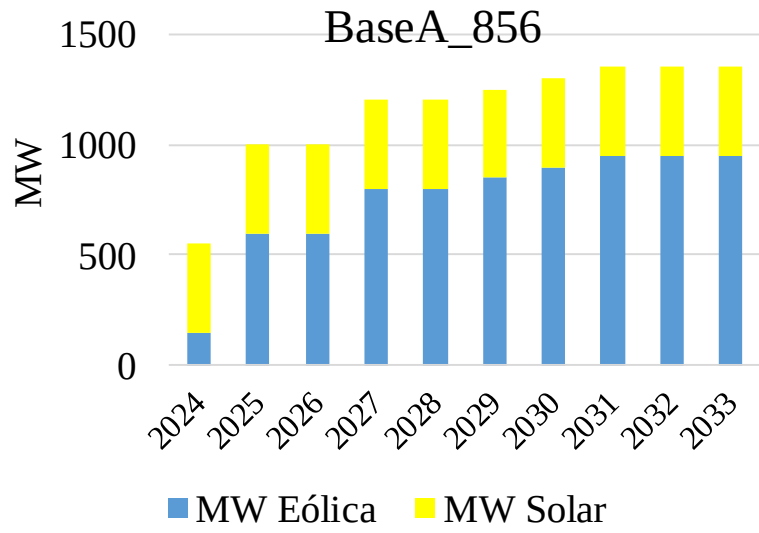
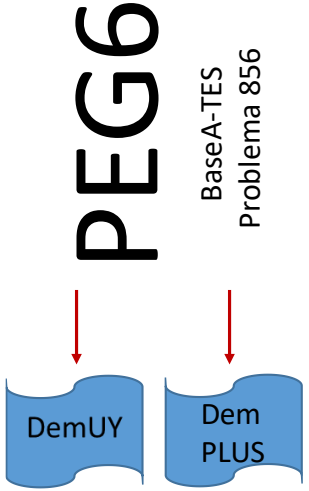
BaseA-TES
Problema 856



Expansiones de Eólica y Solar (1)

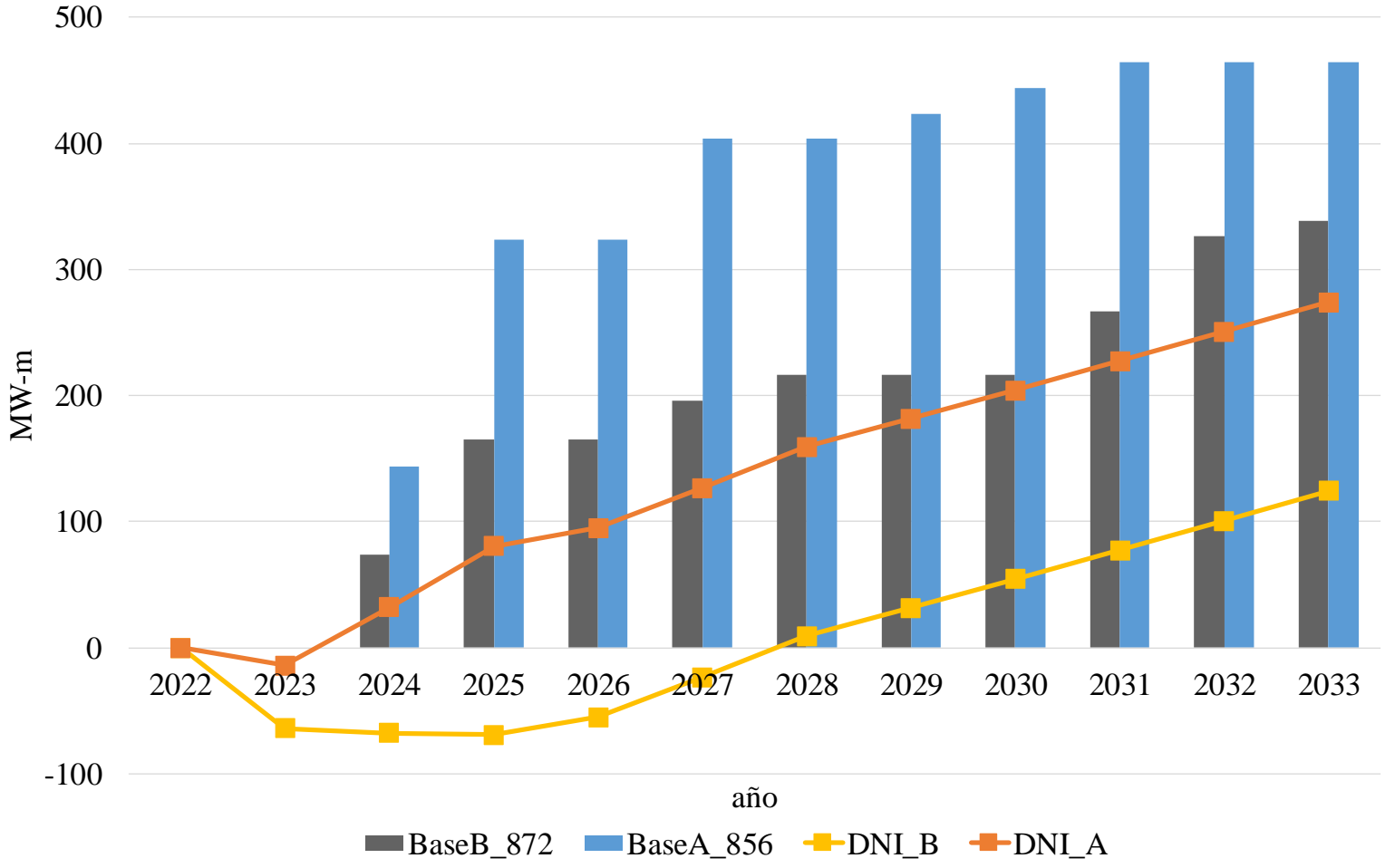
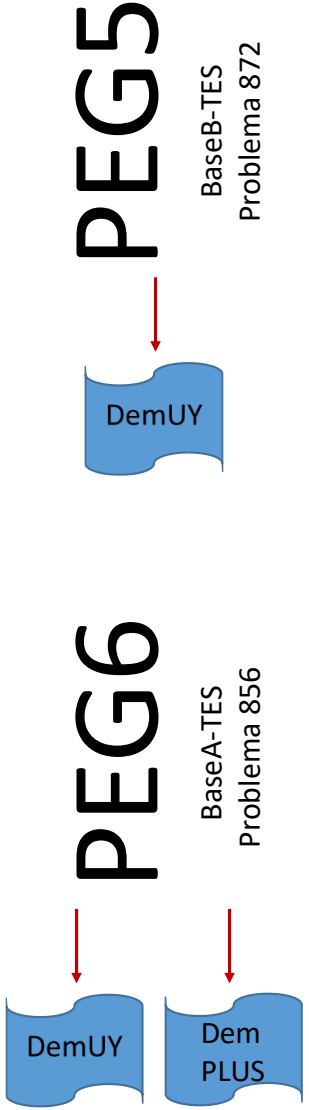


Año	MW-m Eólica	MW-m Solar	MW-m
2024	0	74	74
2025	60	105	165
2026	60	105	165
2027	80	116	196
2028	80	136	216
2029	80	137	217
2030	80	137	217
2031	120	147	267
2032	159	168	327
2033	160	178	338
Prom	102	140	243
	42%	58%	100%



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)

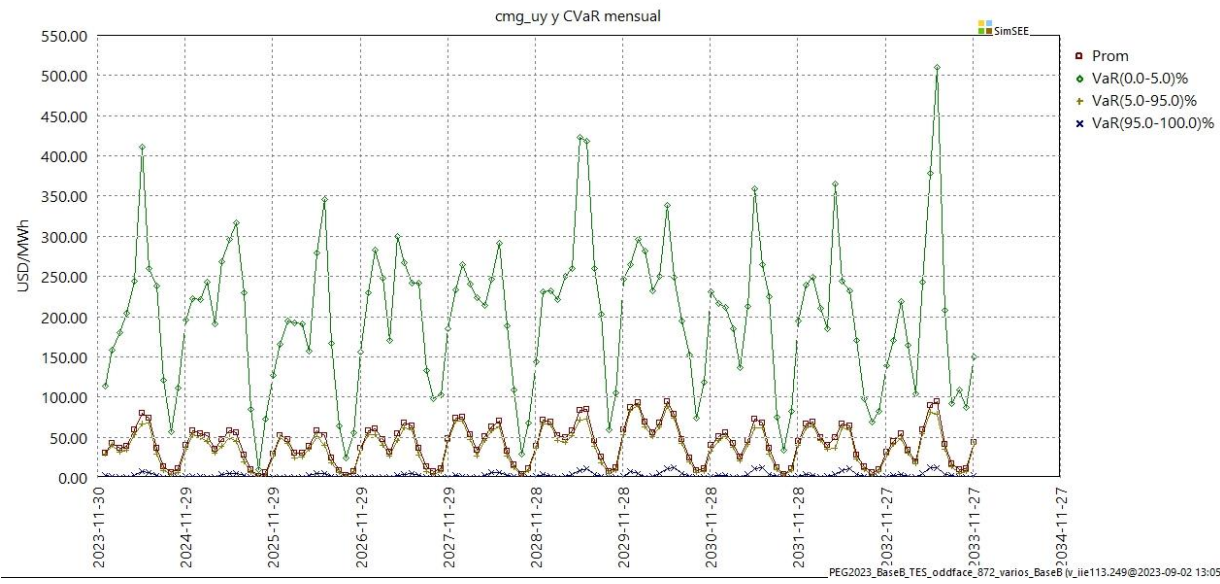


Costos Marginales medios mensuales

Eólica y Solar a 40 USD/MWh-d

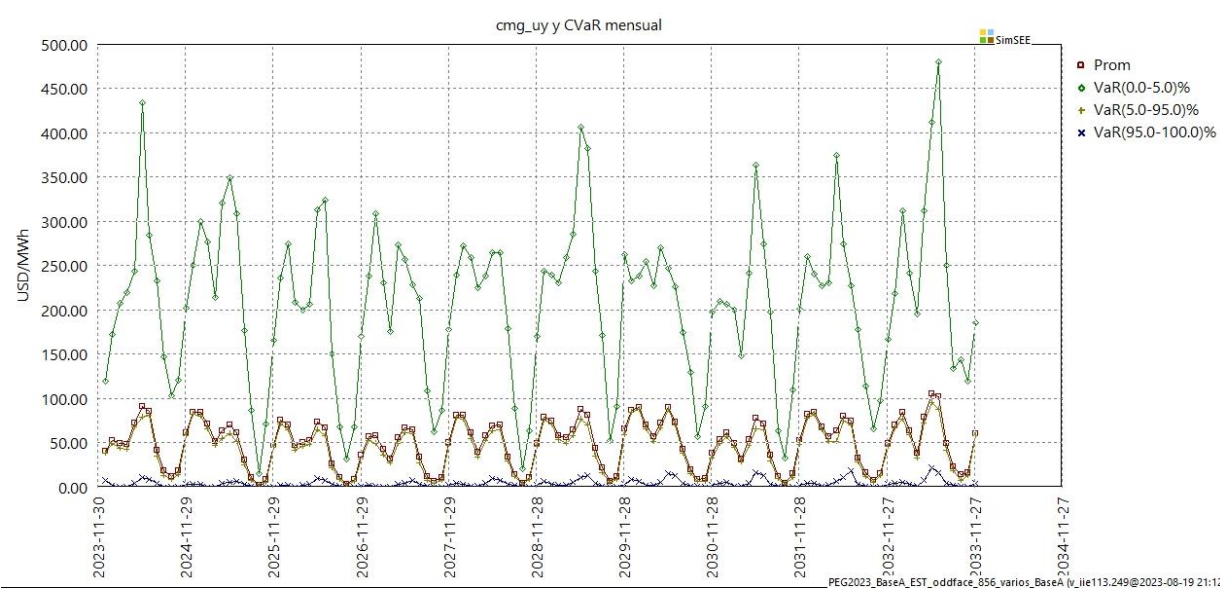
PEG5

BaseB-TES
Problema 872

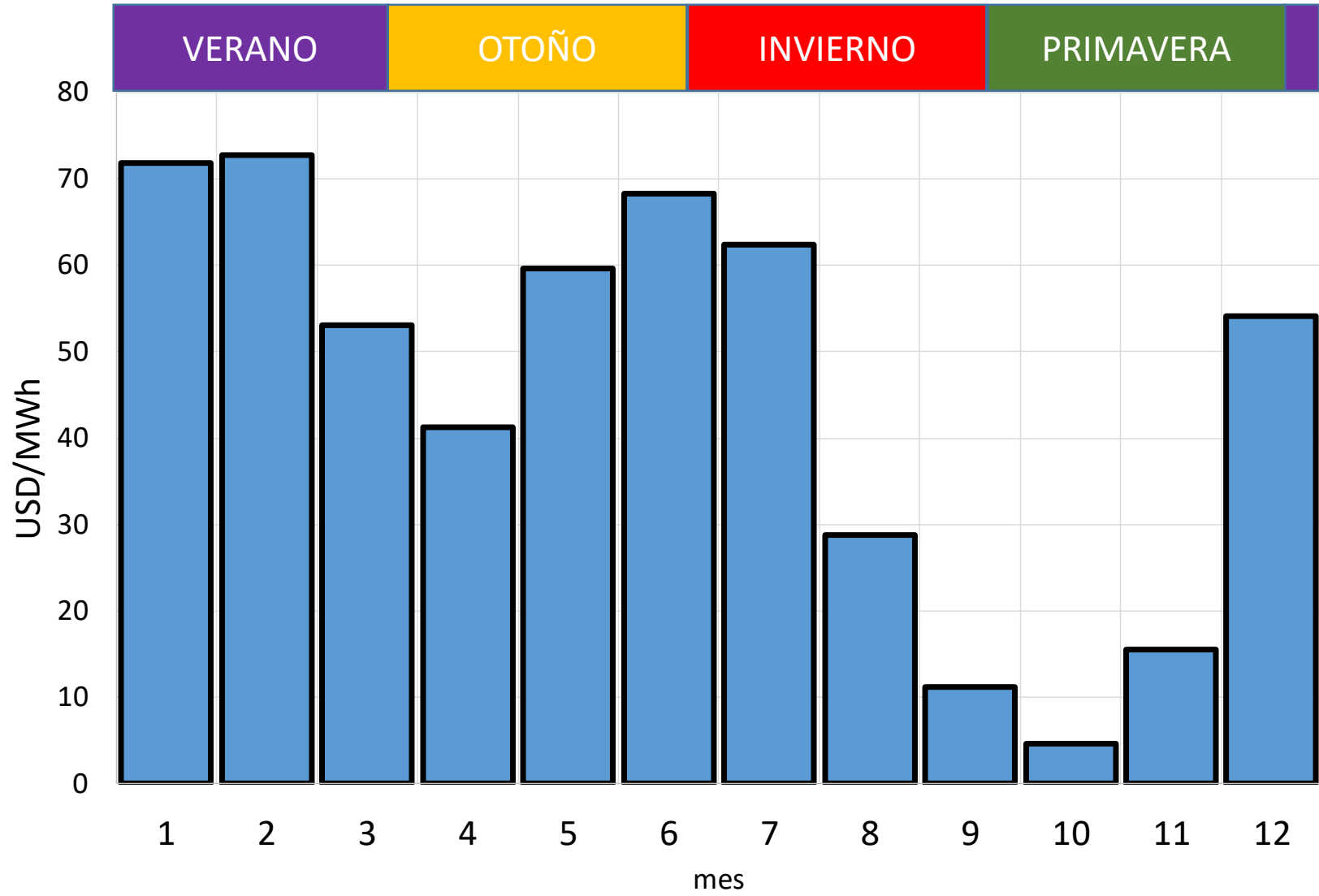


PEG6

BaseA-TES
Problema 856

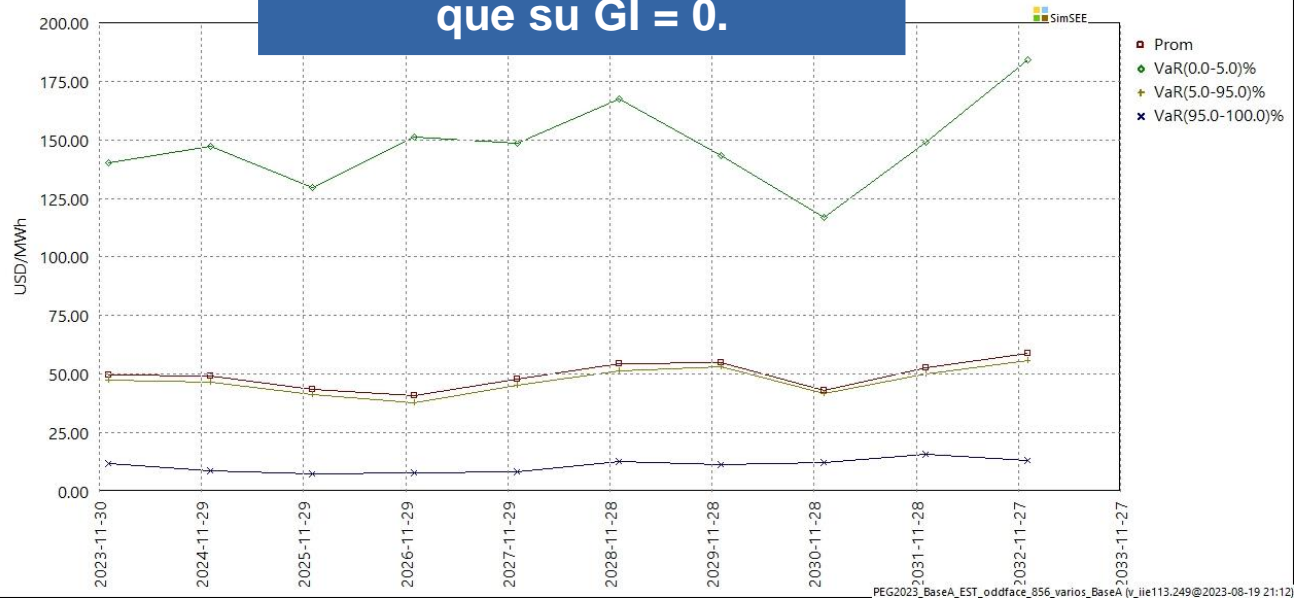
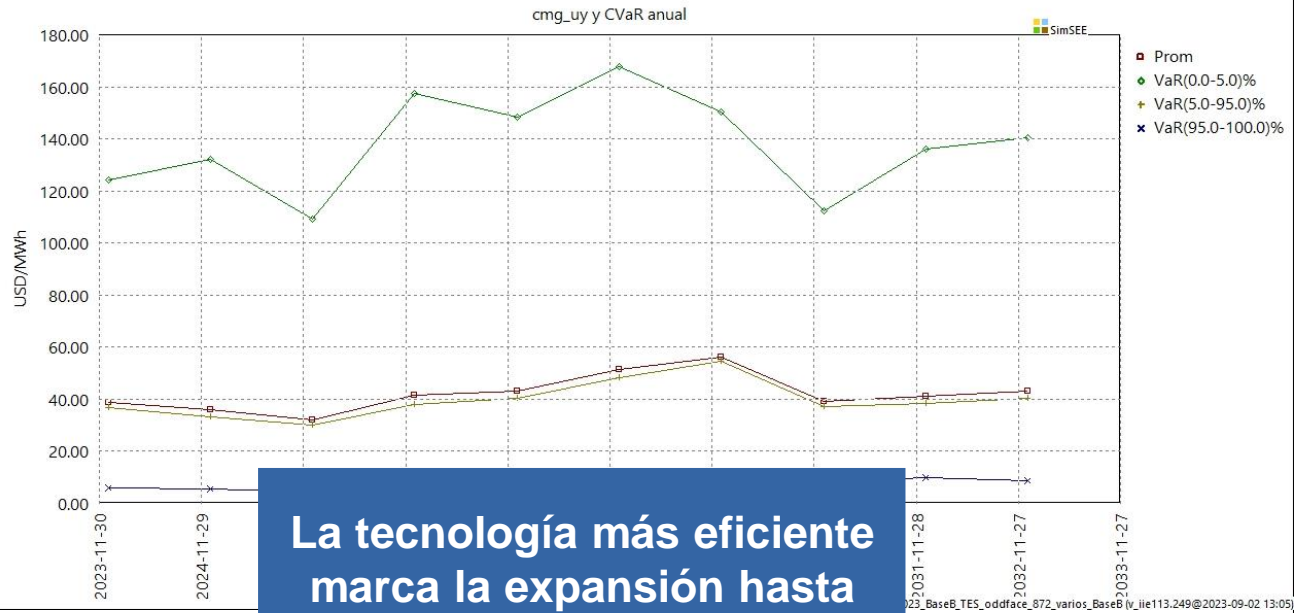
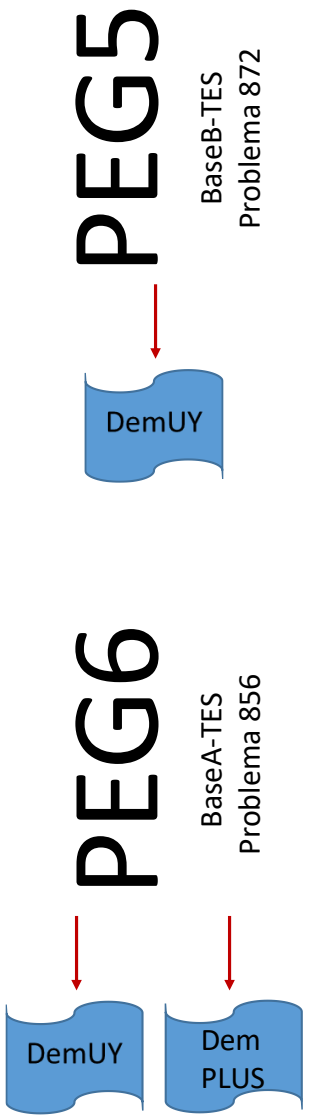


Costos Marginales medios mensuales Estacionalidad del cmg



Costos Marginales medios anuales

Eólica y Solar a 40 USD/MWh-d

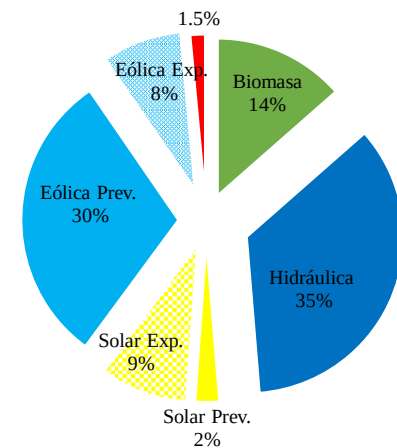
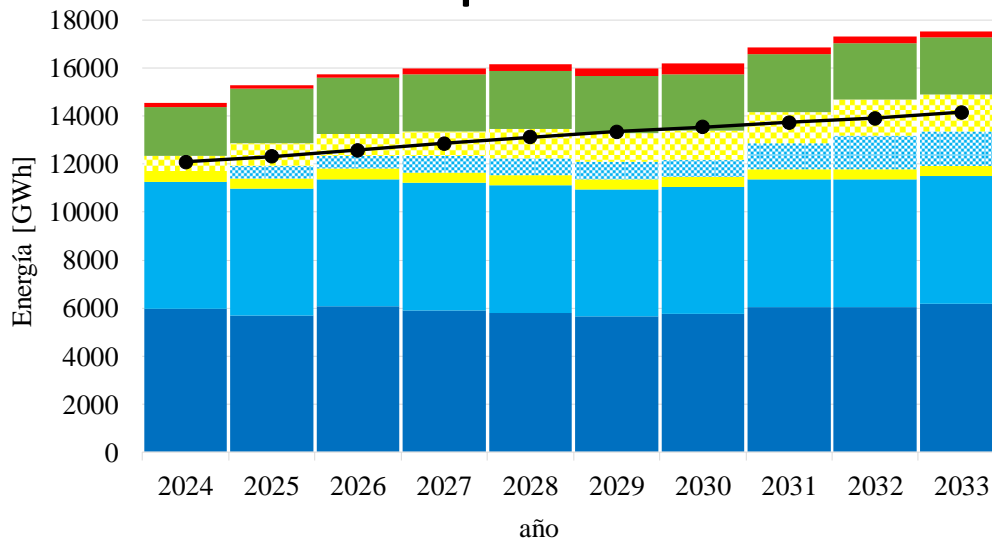


La tecnología más eficiente marca la expansión hasta que su GI = 0.

Generación por fuente anual

PEG5

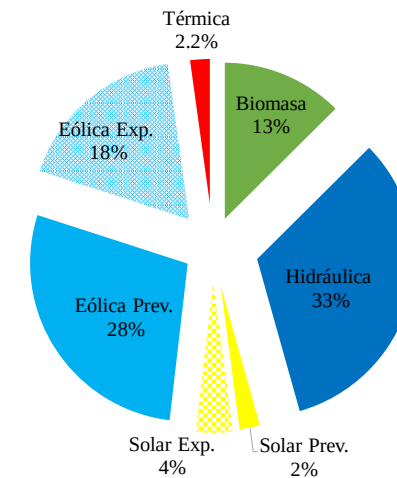
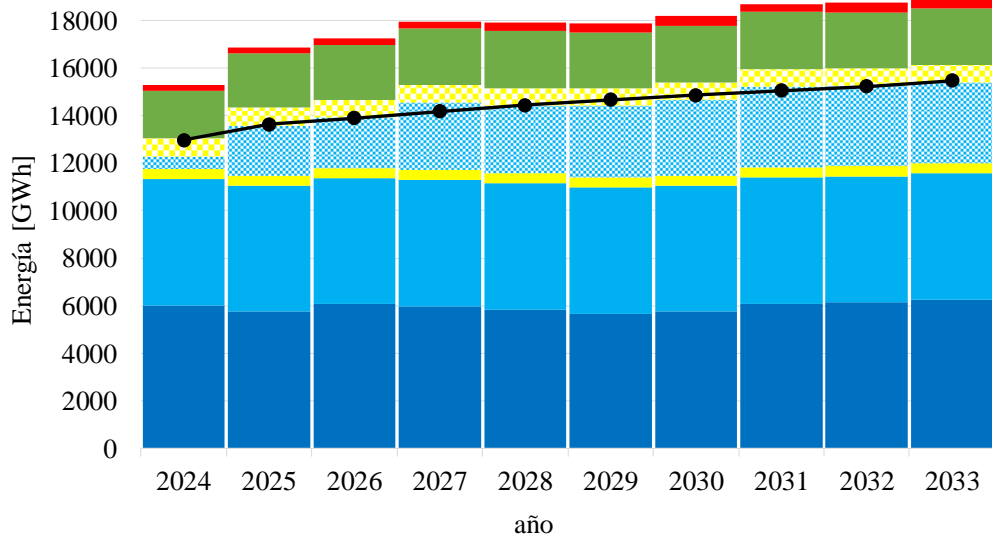
BaseB-TES
Problema 872



AÑO 2033

PEG6

BaseA-TES
Problema 856

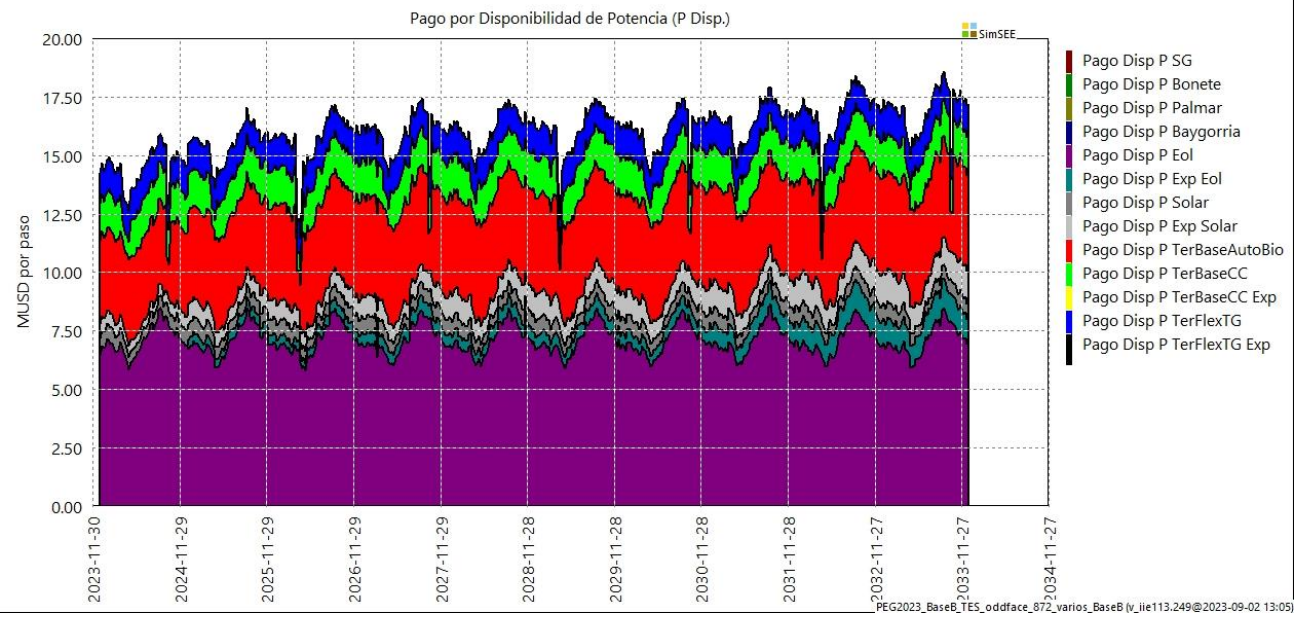


■ Hidráulica
 ■ Eólica Prev.
 ■ Solar Prev.
 ■ Eólica Exp.
 ■ Solar Exp.
 ■ Biomasa
 ■ Térmica
 ● Demanda

Pagos de PP

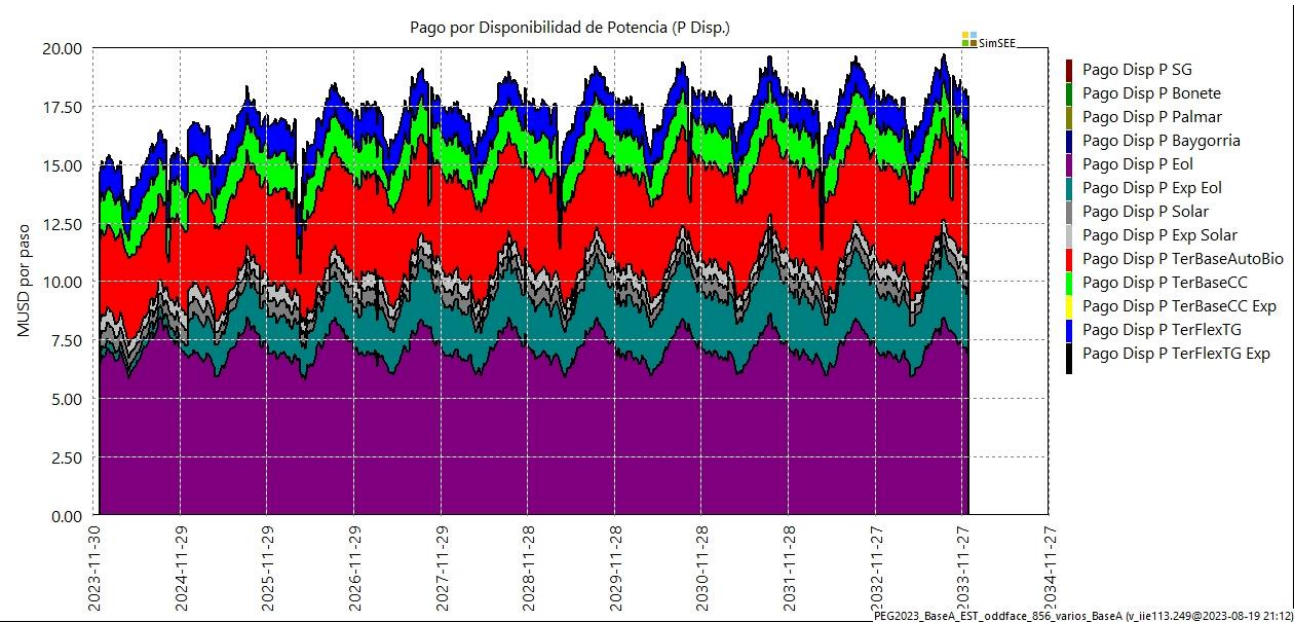
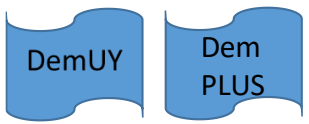
PEG5

BaseB-TES
Problema 872

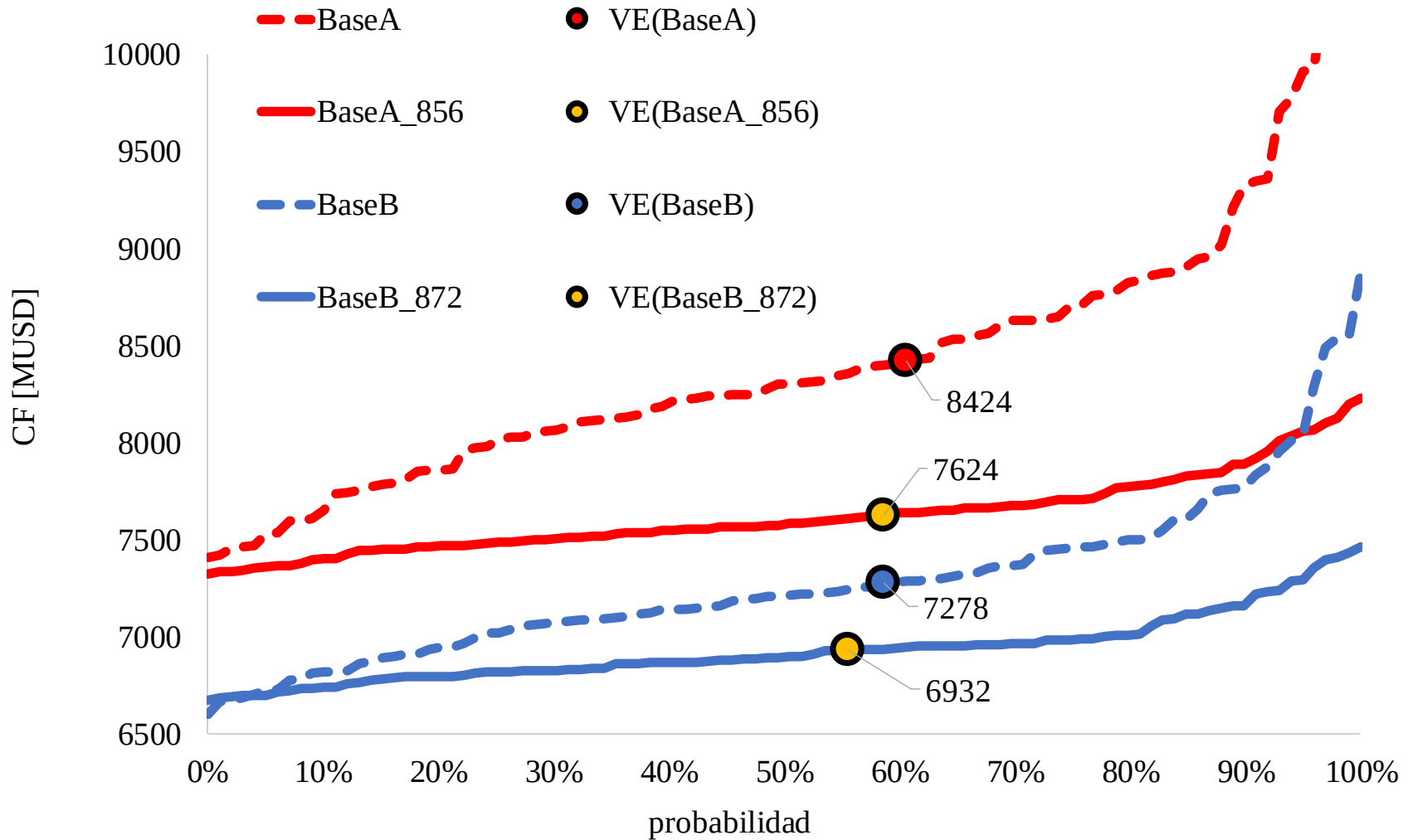


PEG6

BaseA-TES
Problema 856



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.

- LOLP¹⁷ \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.ese

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 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.

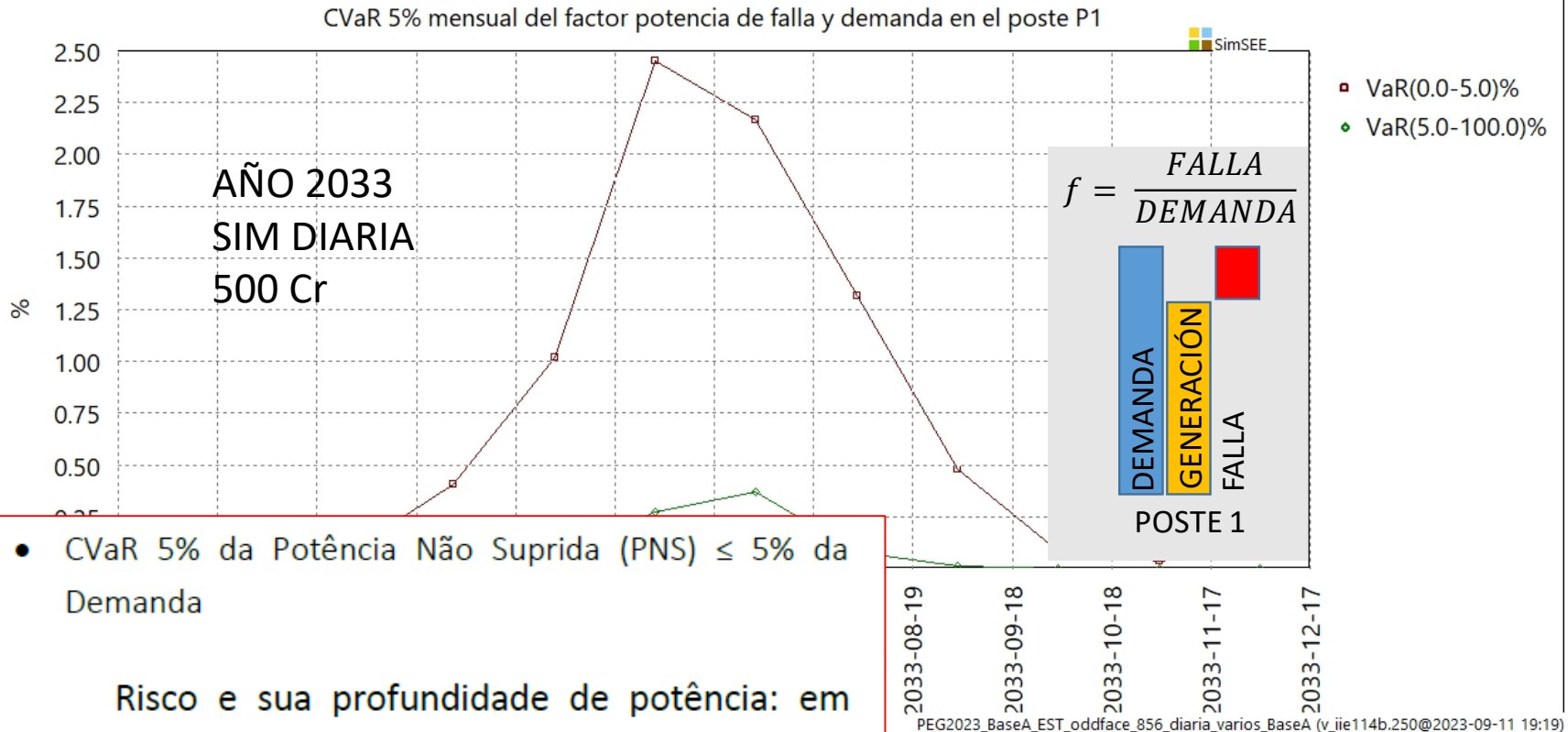
Duración del paso del tiempo [h]: 24 Pasos de optimización: 261

PEG6

BaseA-TES
Problema 856

FALLA: Criterio 1

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



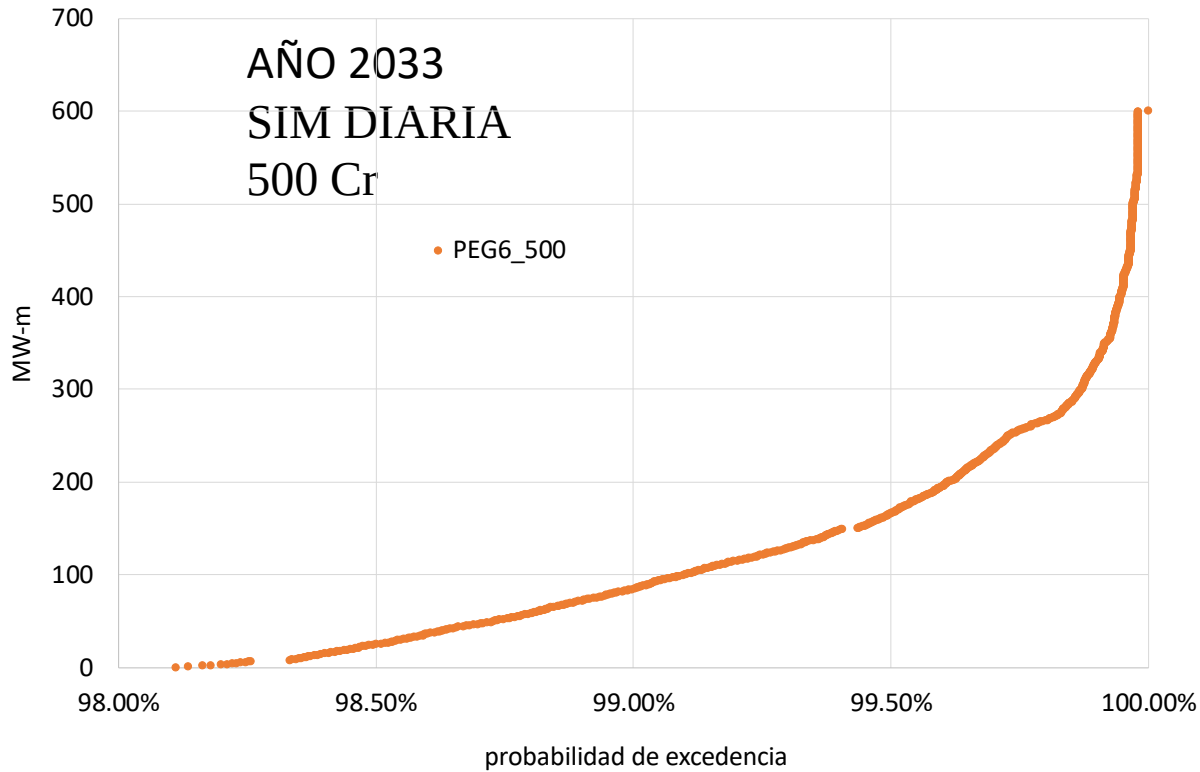
- CVaR 5% da Potência Não Suprida (PNS) \leq 5% da Demanda

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.

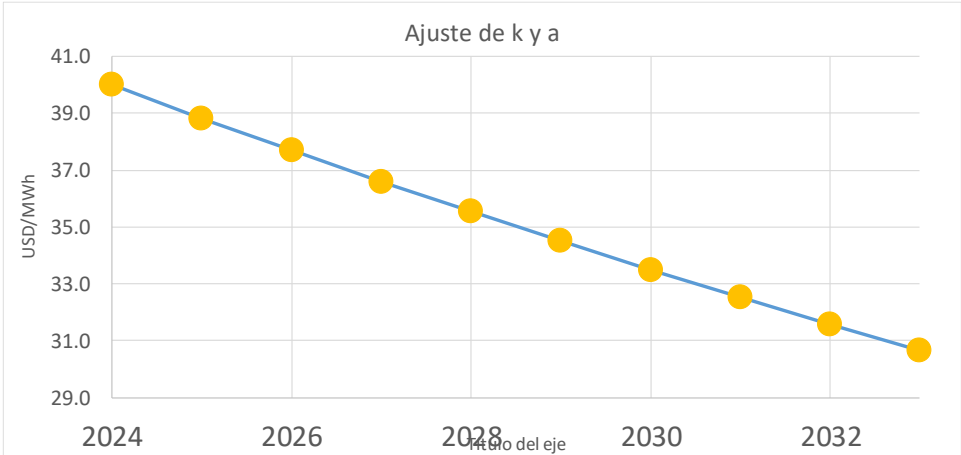
Expansión con costos de ERNC a la baja

PEG10

BaseAOdd-TES
Problema 890

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

Proporción de precios indexado [pu]	k	100%
Actualización anual	a	3%
Precio en el año cero [USD/MWh]	P_o	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	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



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 α . 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)		$1/(1+a)$	$1/(1+a)^2$		$1/(1+a)^n$

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

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

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) ²		1/(1+a) ⁿ⁻¹

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

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

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

Cálculo de USD/UI con P de 50 MW

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

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

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

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

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
Co	65.7	MUSD/UI

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
Co	38.2	MUSD/UI

- 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]	k	100%
Actualización anual	a	3%
Precio en el año cero [USD/MWh]	Po	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

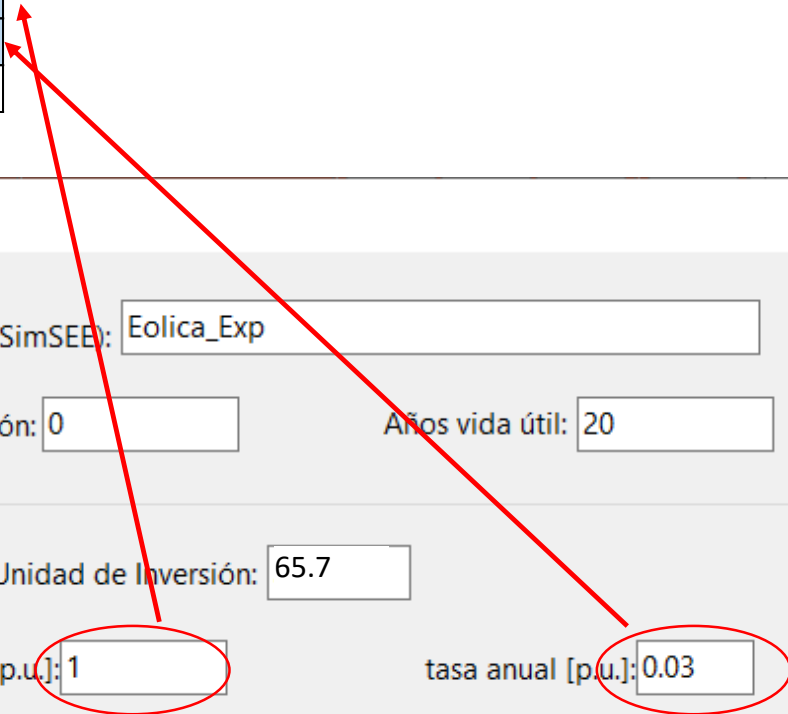
Tecnología (Actor SimSEE):

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

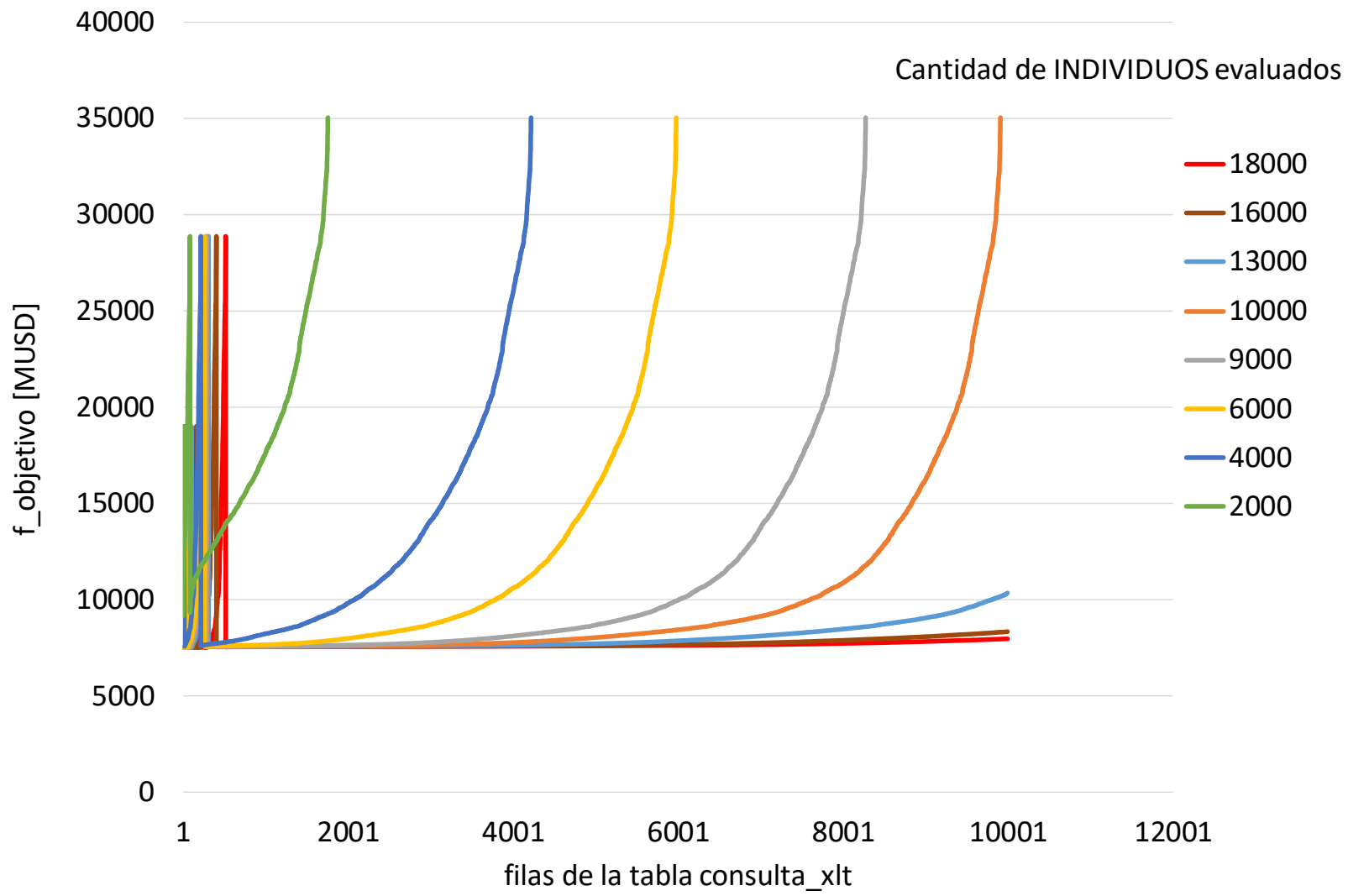
Guarda de Optimización

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

PEG10

Evolución del OddFace...(1)

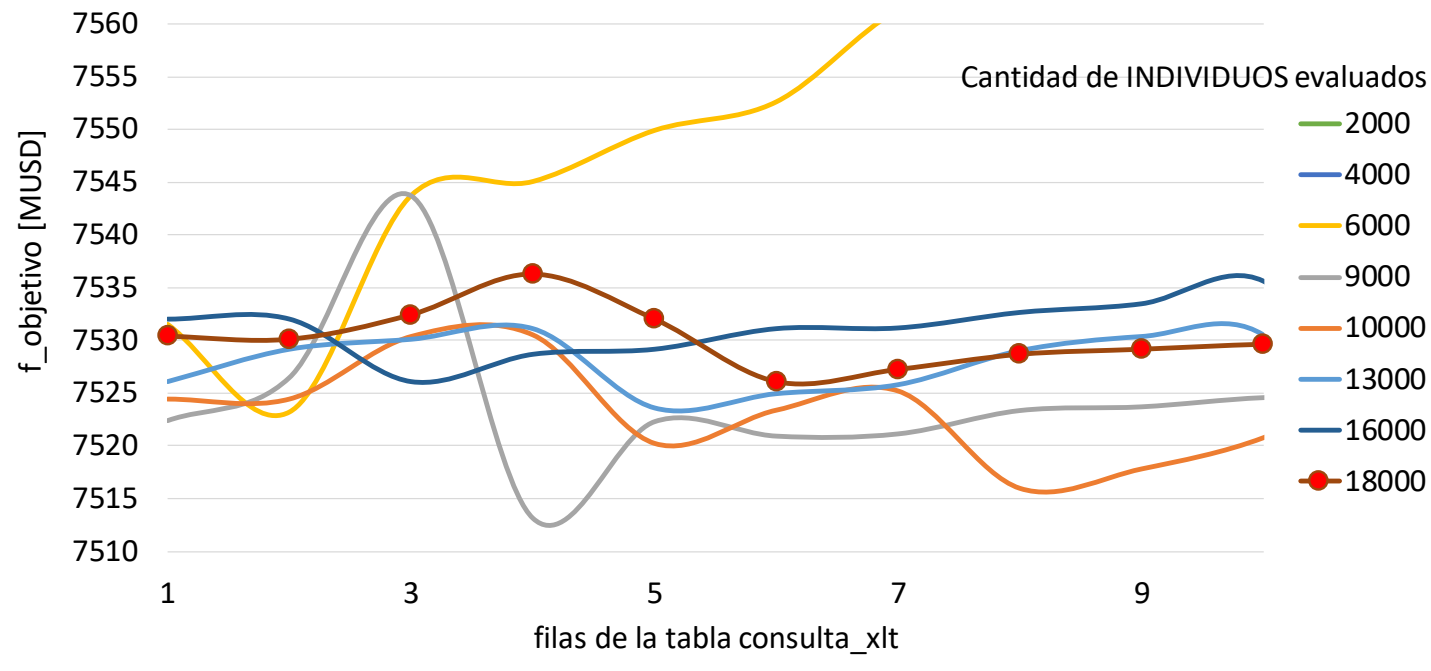
Problema 890



PEG10

Evolución del OddFace...(2)

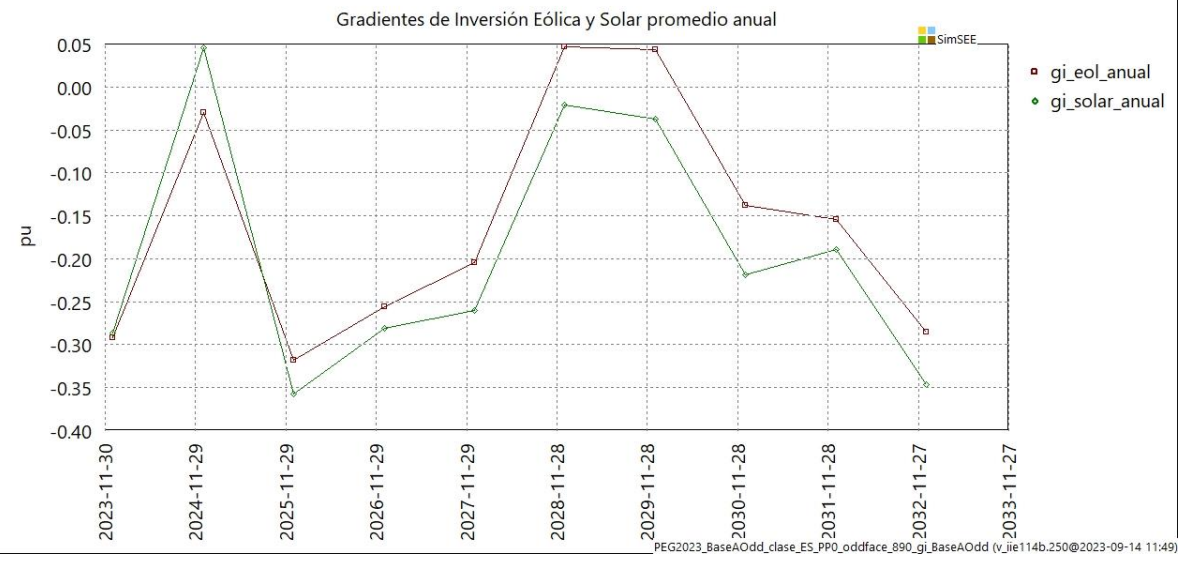
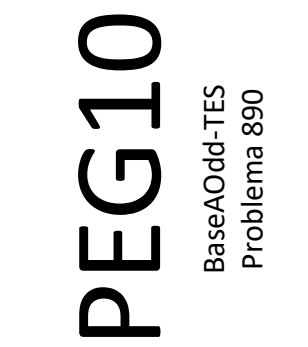
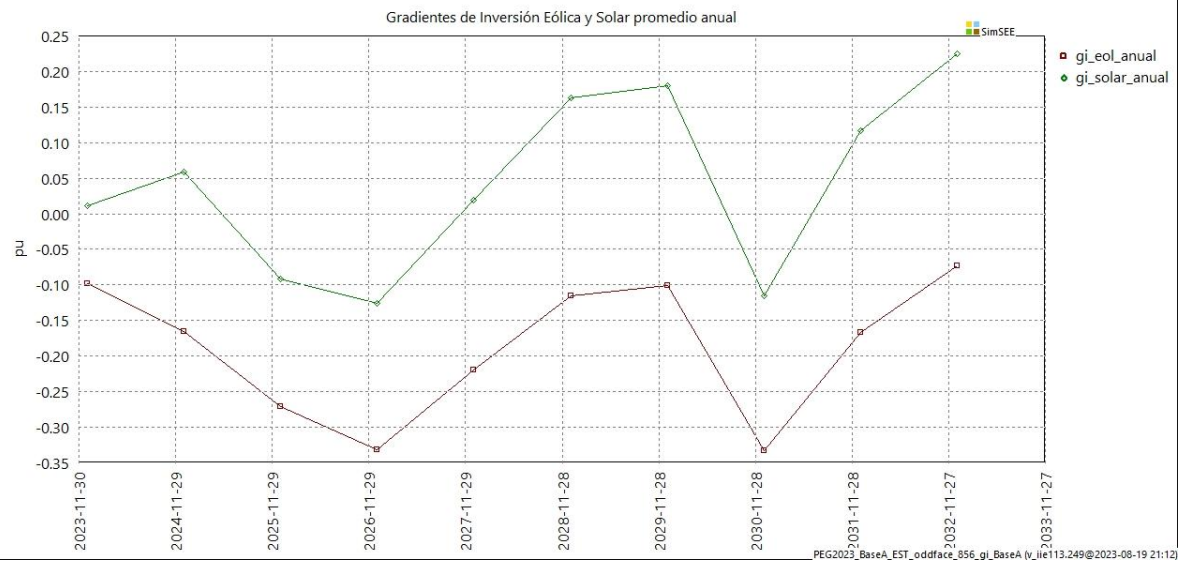
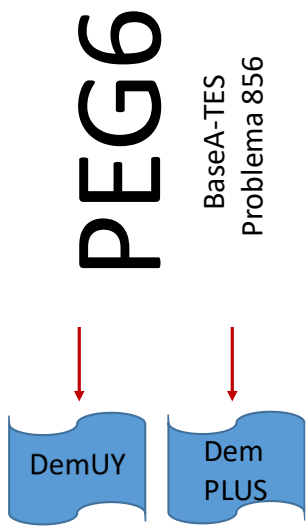
Problema 890



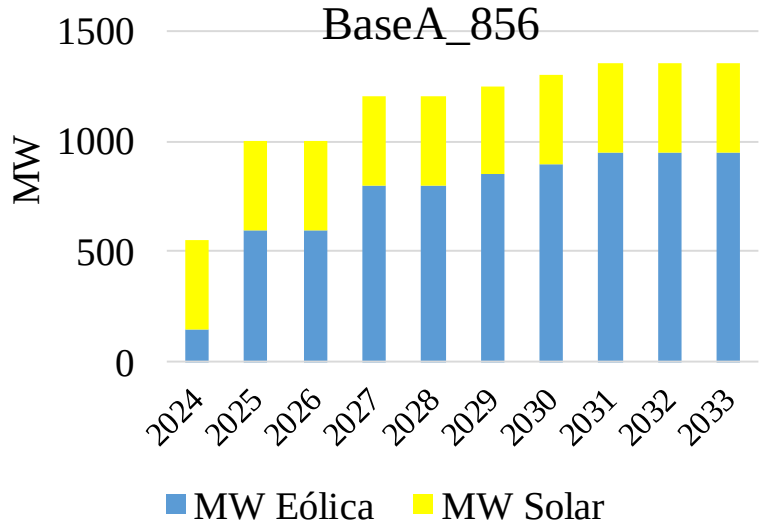
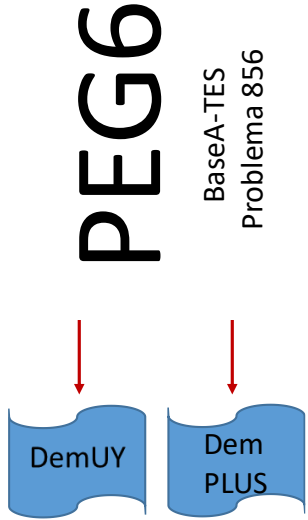
2023-09-14 11:10:41, sql: SELECT nid, adn, f_Objetivo, cnt_evaluaciones, dtc, dtu, f_MIN, f_MAX FROM ofe_individuos_890 ORDER BY cnt_evaluaciones DESC, f_Objetivo LIMIT 10000 OFFSET 0

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	\x84c5c	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	\x84c5c	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	\x84c5c	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	\x84c5c	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	\x8544c	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	\x8445c	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	0	0	0	1	0	3	1	
13969	\x84c5c	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	\x8445c	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	\x843c	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	2	1	
11045	\x84c5c	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	4	0	2	1	

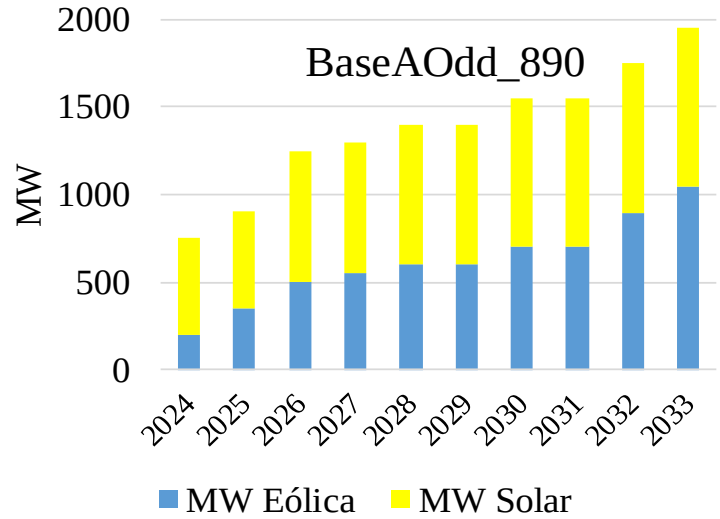
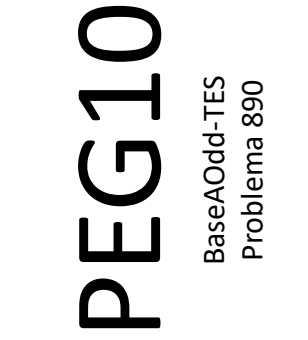
Gradientes de Inversión



Expansiones de Eólica y Solar (1)

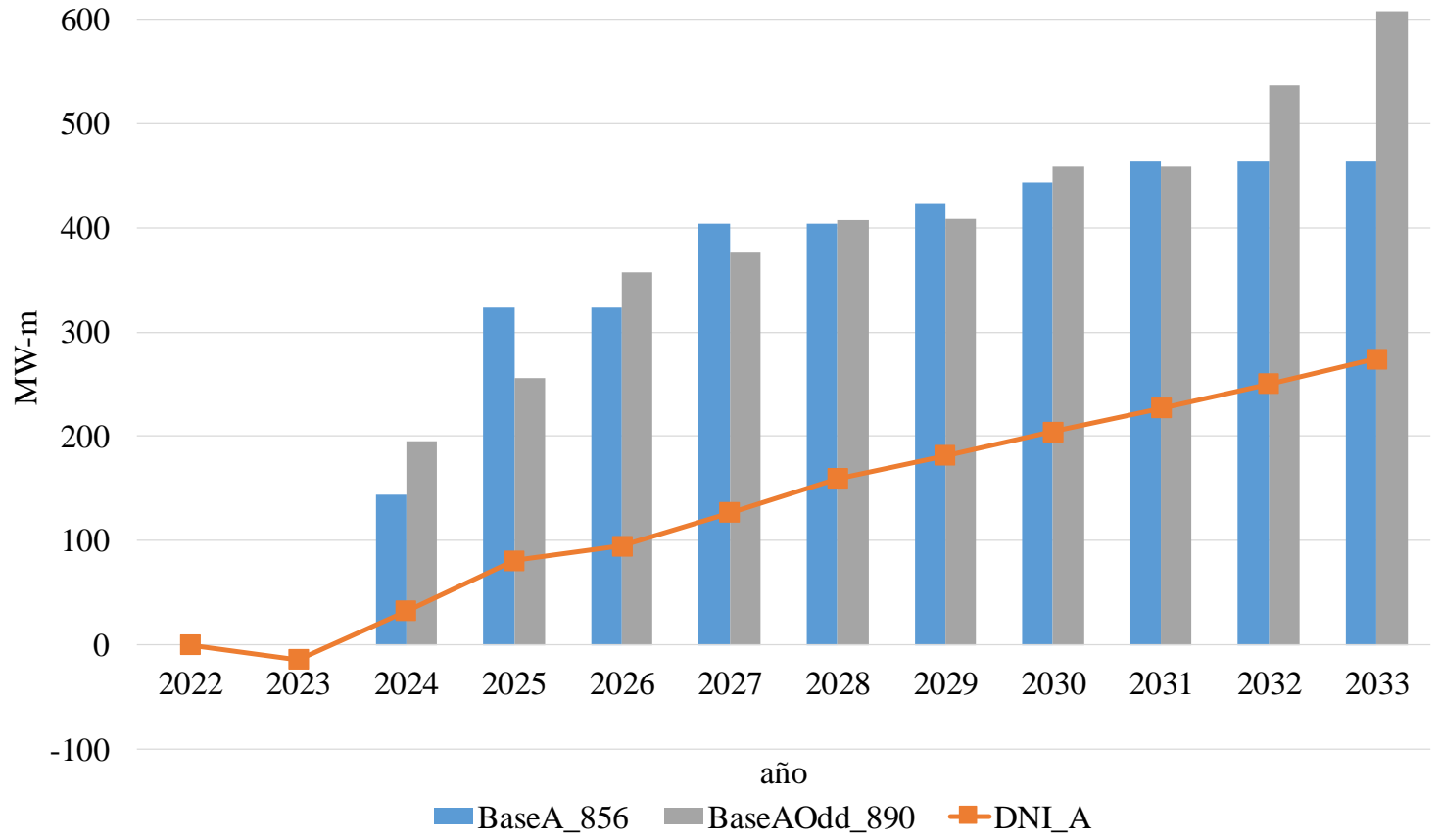
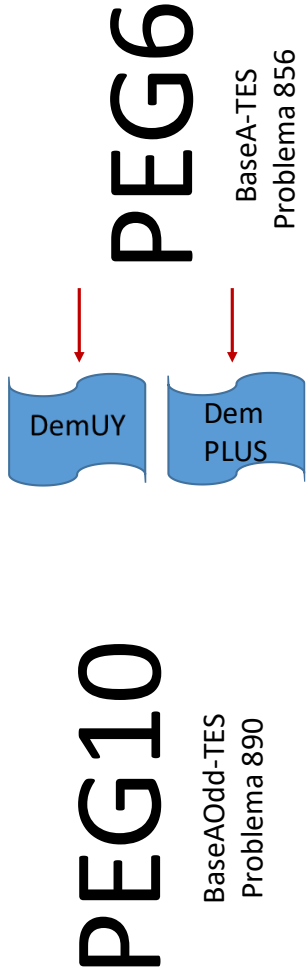


Año	MW-m Eólica	MW-m Solar	MW-m
2024	60	84	144
2025	240	84	324
2026	240	84	324
2027	320	84	404
2028	320	84	404
2029	340	84	424
2030	360	84	444
2031	380	84	464
2032	380	84	464
2033	380	84	464
Prom	340	84	424
	80%	20%	100%



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

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

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:

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

La Demanda manda, el tiempo cuesta...

