

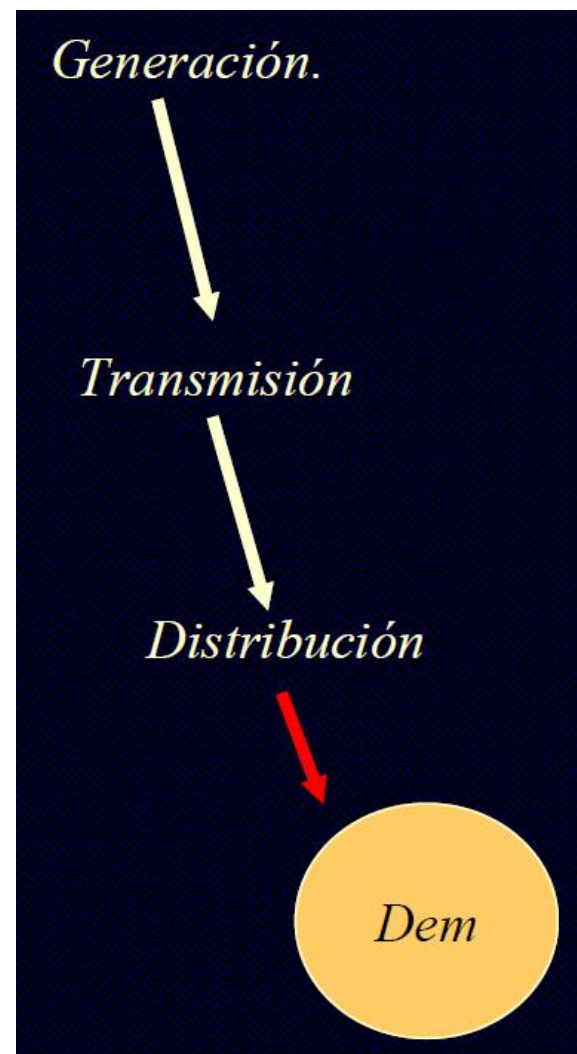
Desafíos de la Planificación de la Expansión de la Generación en Uruguay

Gonzalo Casaravilla – Febrero 2025

Planificación de la Expansión de la Generación

Objetivo:

Determinar **qué, cuánto y cuándo** instalar infraestructura de generación de energía eléctrica de tal forma de **abastecer los requerimientos** de energía y potencia de un Sistema Eléctrico, **al menor costo** posible, con suficiente **evaluación de los riesgos** y en condiciones de **calidad aceptable**.



Ejes principales de la PEG

- Hipótesis
- Recursos
- Modelar y Simular
- **Qué, cuánto y cuándo**
 - Riesgo
 - Costos de Arrepentimiento.

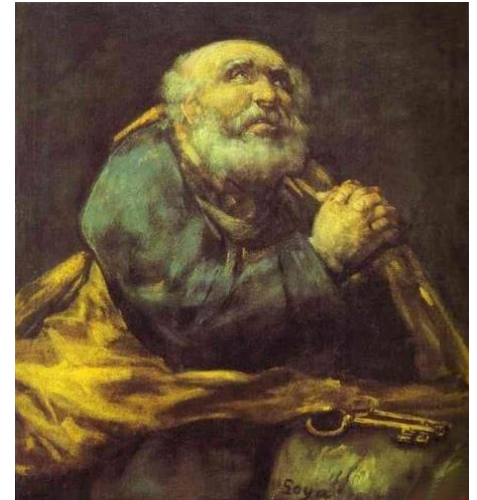
El **cómo** es **OTRA** dimensión
que no debería cambiar la **EXPANSIÓN**



Escenarios e Hipótesis

Planificar = Hipótesis y más hipótesis...

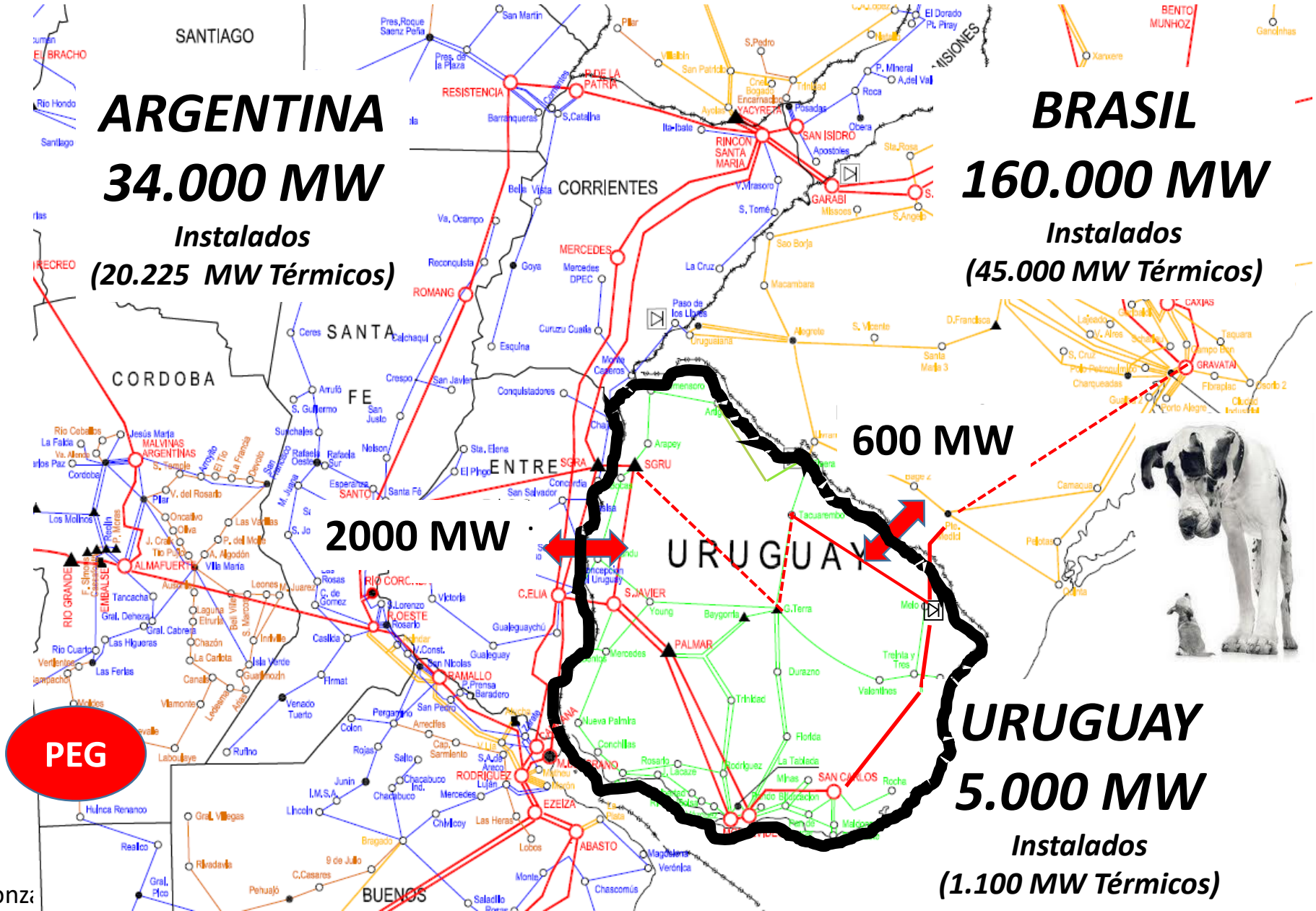
- Geopolítica de mediano y largo plazo.
- Intercambio regional de energía.
- Costo de los combustibles fósiles.
- Costos de las tecnologías.
- Crecimiento de la demanda.
- Eventos extraordinarios o poco frecuentes.
- Disrupciones tecnológicas.



PEG

...y el diario del LUNES

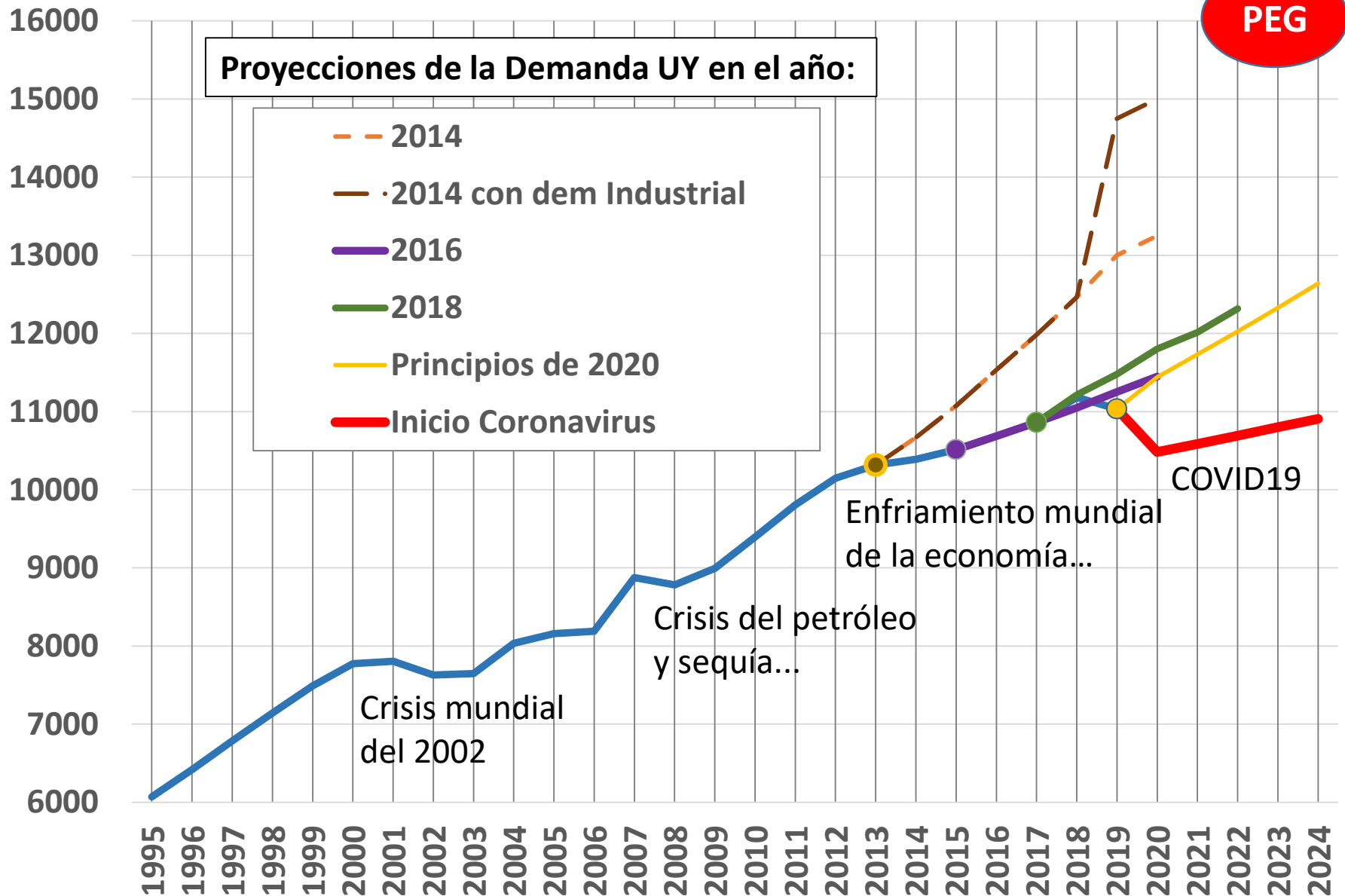
Integración vs. Riesgo y Soberanía



Horizontes de tiempo y la PEG

- Reserva Operativa (2 % de la Demanda; < 10 minutos).
 - Reserva 10 minutos (2 % de la Demanda; 10 a 20 minutos).
 - Reserva Fría (3% de la Demanda; 20 minutos).
 - Seguimiento de la Demanda Horaria (MANUAL...AGC).
 - Planificación Semanal (Pronósticos de T, recursos, Inter...).
 - Programación Estacional (seis meses)(Pronósticos climáticos).
 - Garantía de Suministro (decenas de años)(reglamentación).
 - PEG (decenas de años).
- PEG**
- AUTOMÁTICO
EN CENTRAL
- OPERADOR EN
DESPACHO
CENTRALIZADO
- ESTUDIOS DE
MEDIANO Y
LARGO PLAZO

La que *Manda* es la *Demanda*



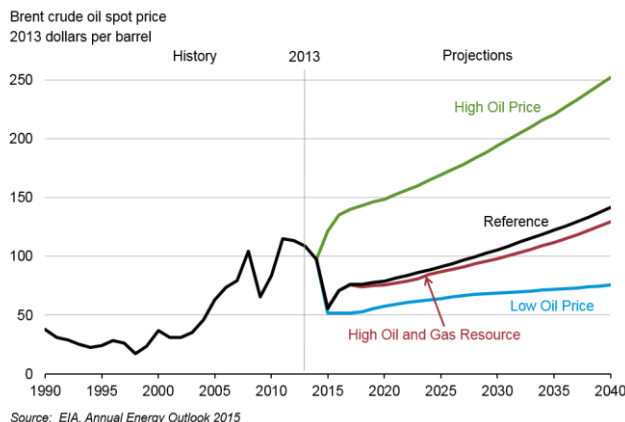
Modelado del costo de los fósiles (1)

PEG

Figure 32. World oil prices in three cases, 1980-2035 (2008 dollars per barrel)



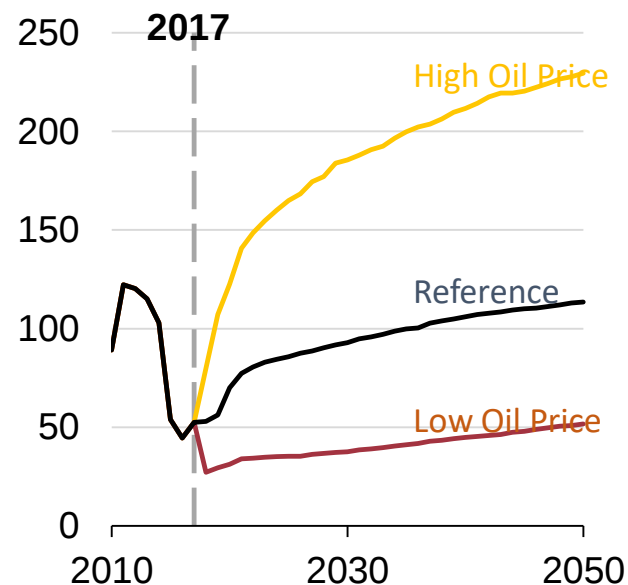
AEO2015 explores scenarios that encompass a wide range of future crude oil price paths



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2015

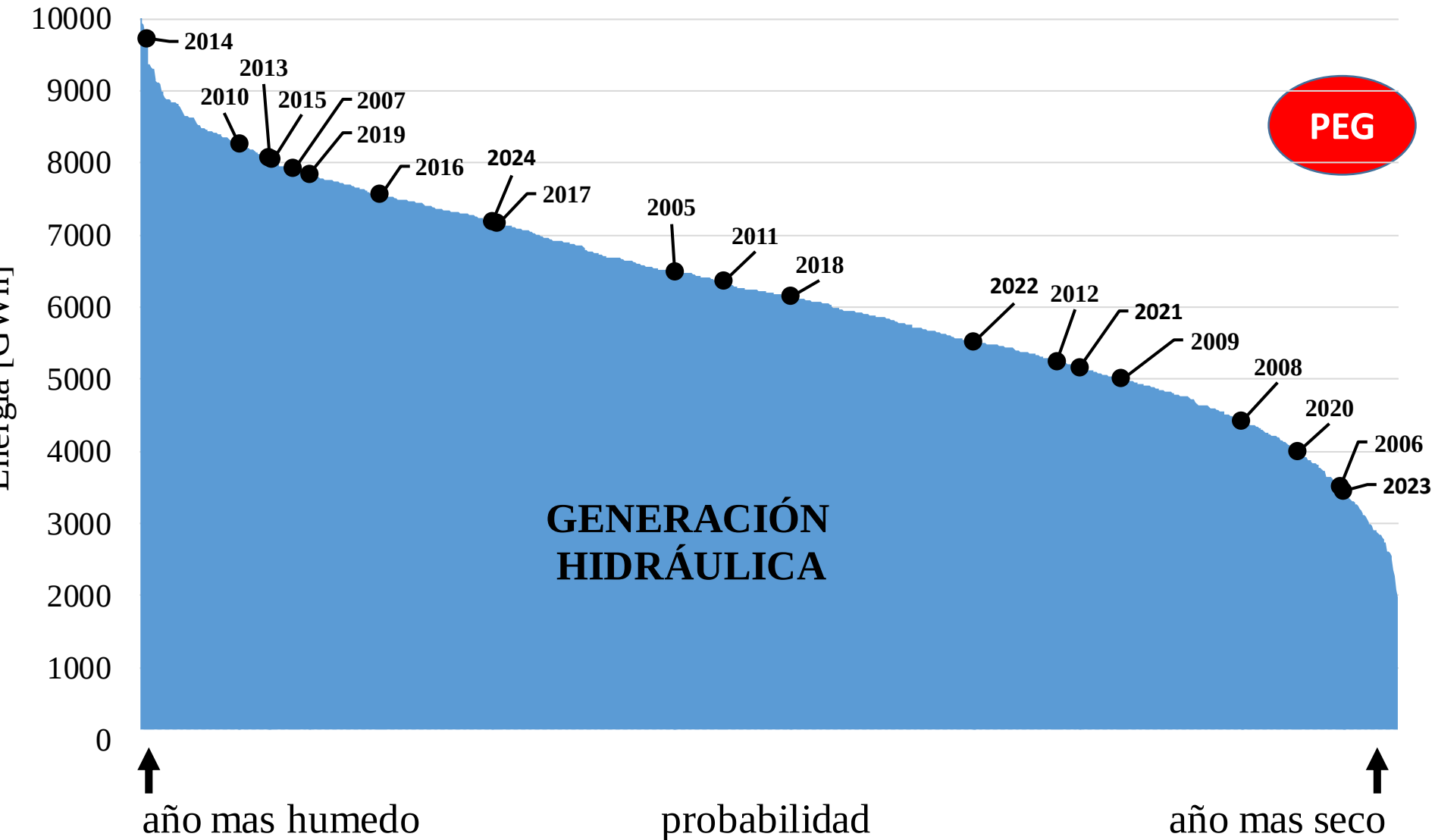


North Sea Brent oil price 2017 dollars per barrel



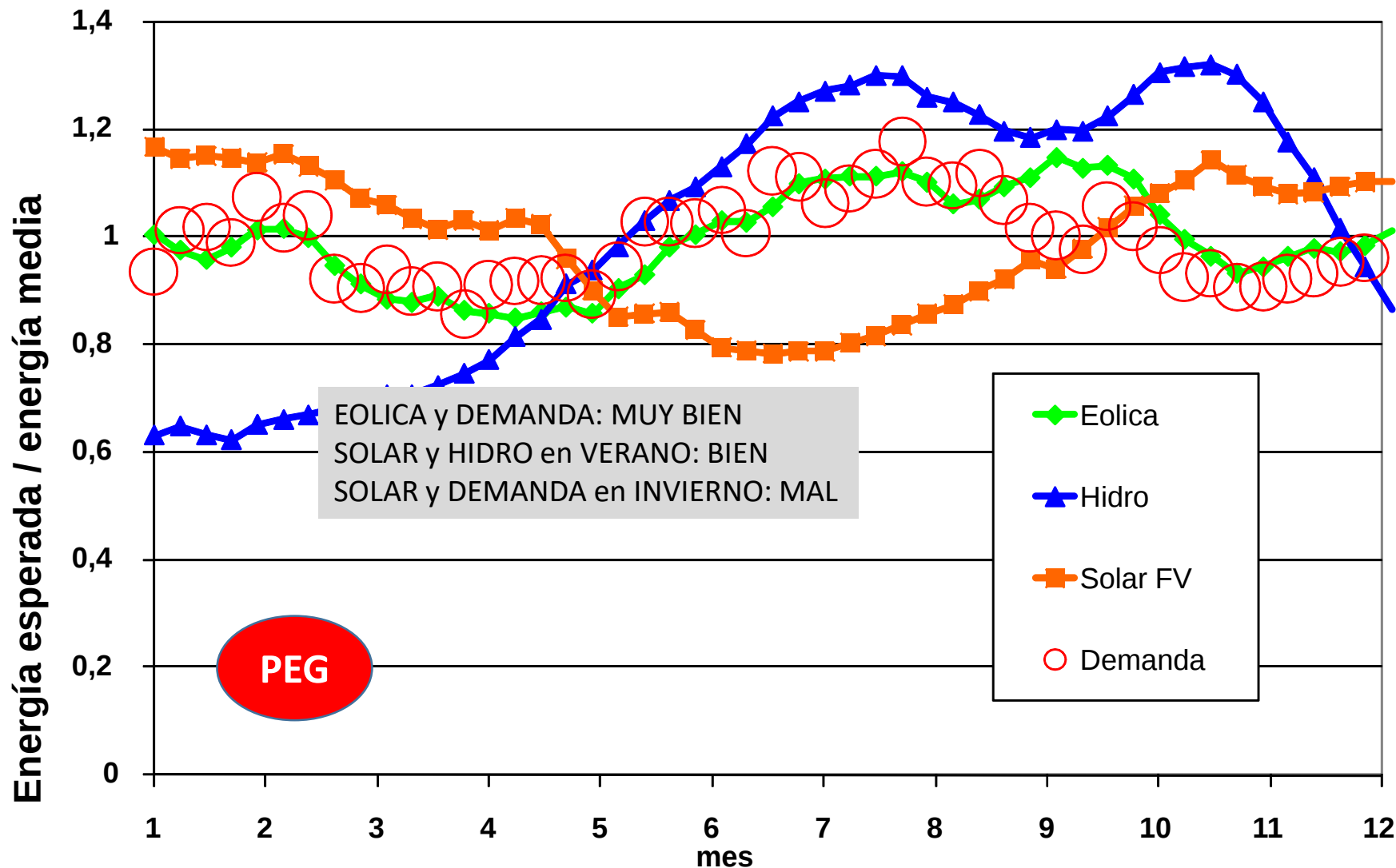
Conocimiento de los Recursos

Histórico de Generación Hidráulica de Uruguay

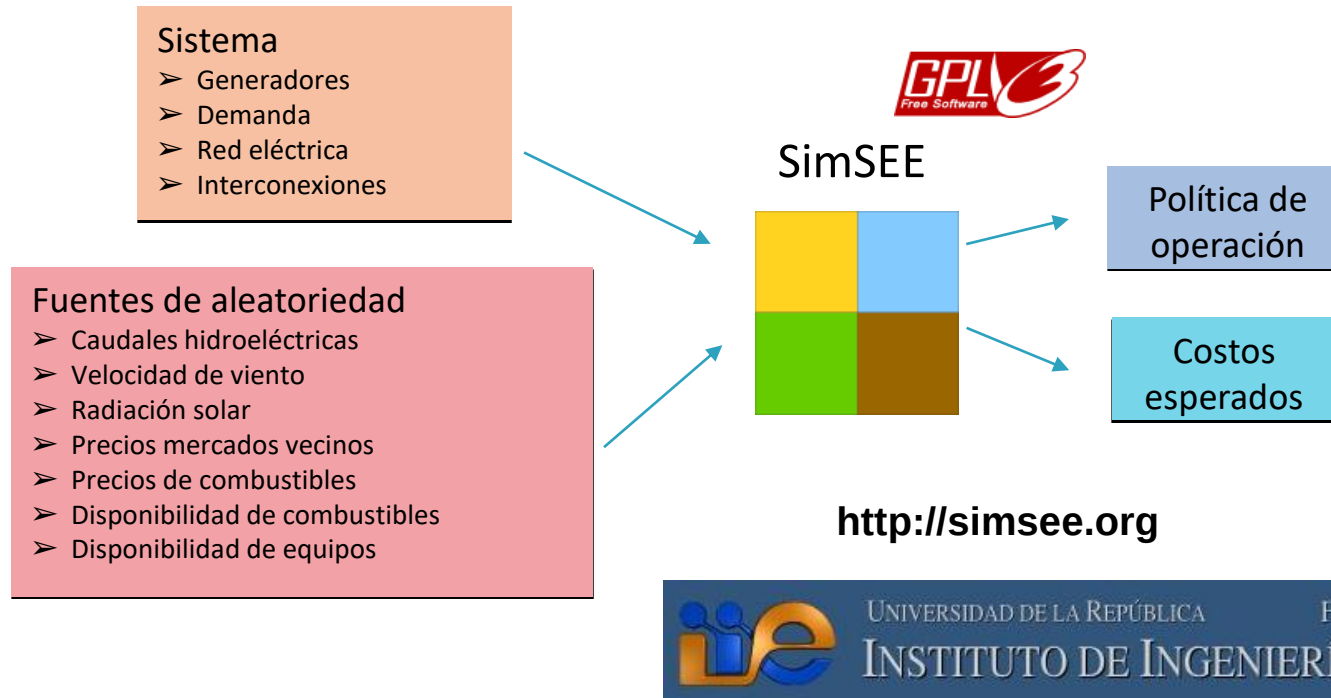


La importancia de las Correlaciones

Por ejemplo en Uruguay Demanda y recursos están muy bien correlacionados



Plataforma de Simulación de la Operación y Planificación Óptimas de Sistemas Electro-Energéticos



[SimSEE : Simulador de Sistemas de Energía Eléctrica. Proyecto PDT 47/12](#)

Gonzalo Casaravilla, Ruben Chaer, Pablo Alfaro. Technical. Report 7, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ingeniería. Instituto de Ingeniería Eléctrica, Number 7 - Dec. 2008

FUENTES ESTOCÁSTICAS : CEGHs

Demanda
 Fósil
 Imp-Exp
 Hidráulica
 Eólica
 Solar
 Niño/Niña
 Temp

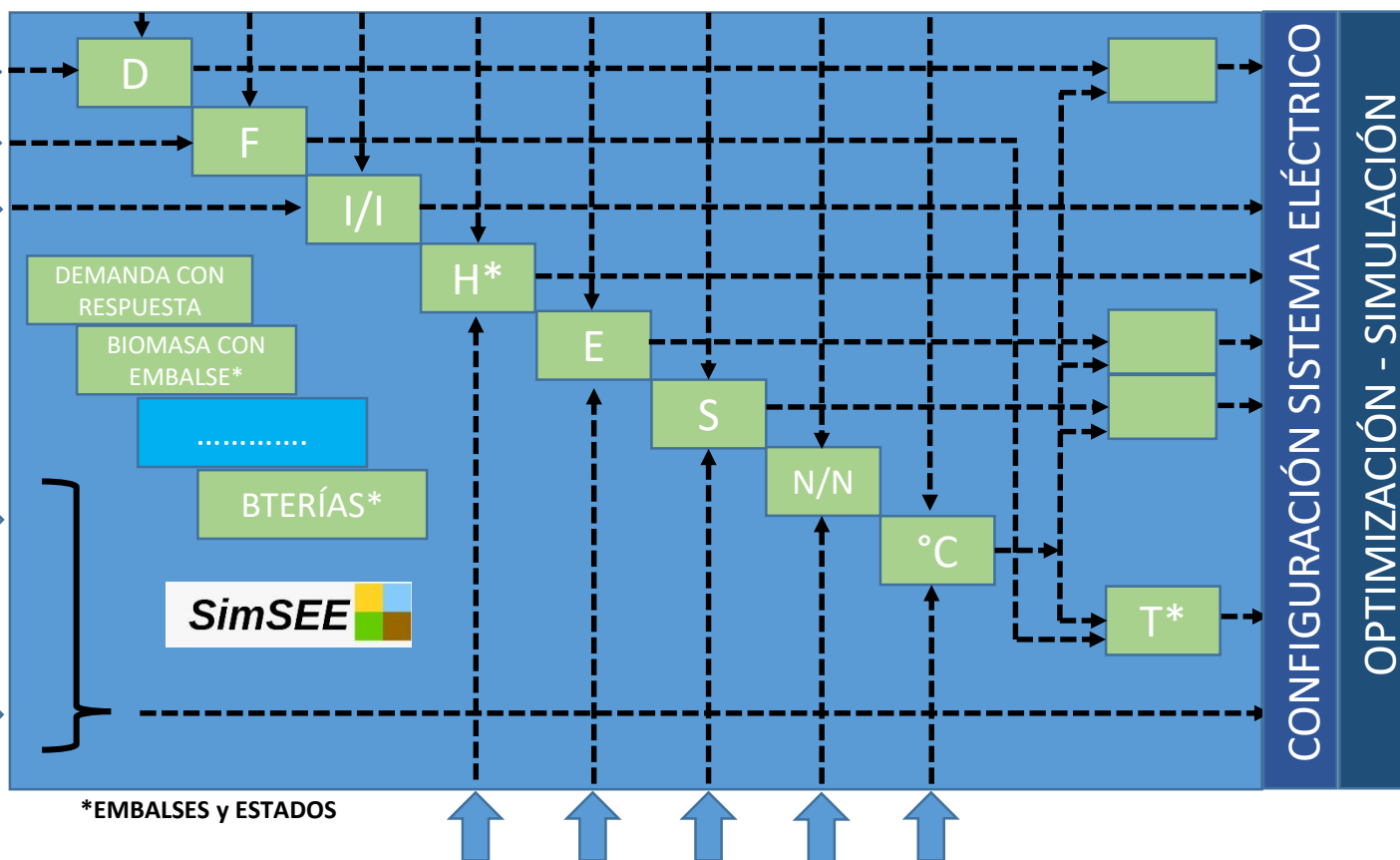
CONSERVAN LAS CORRELACIONES

T
E
N
D
E
N
C
I
A
S

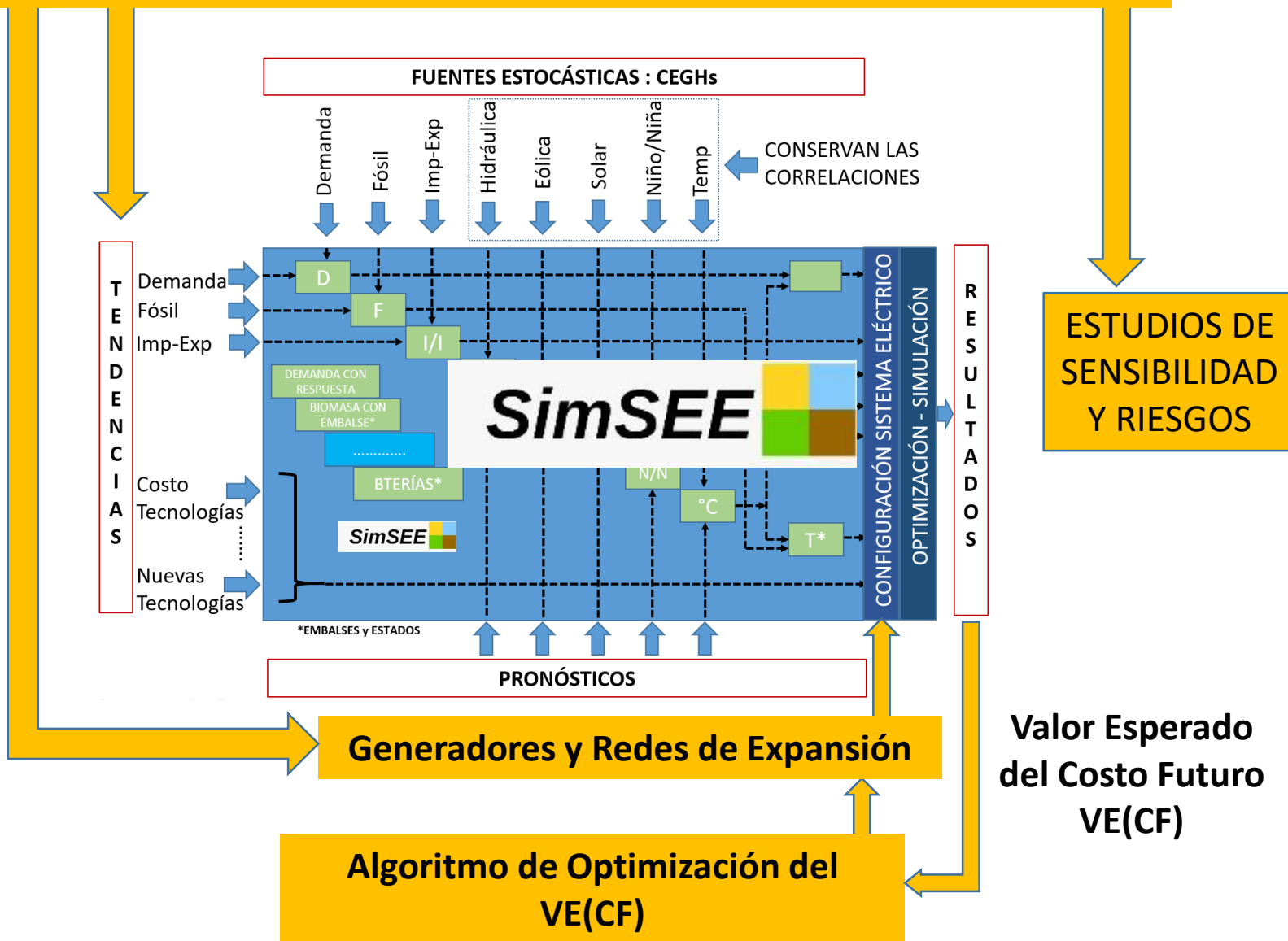
Demanda
 Fósil
 Imp-Exp

Costo
 Tecnologías

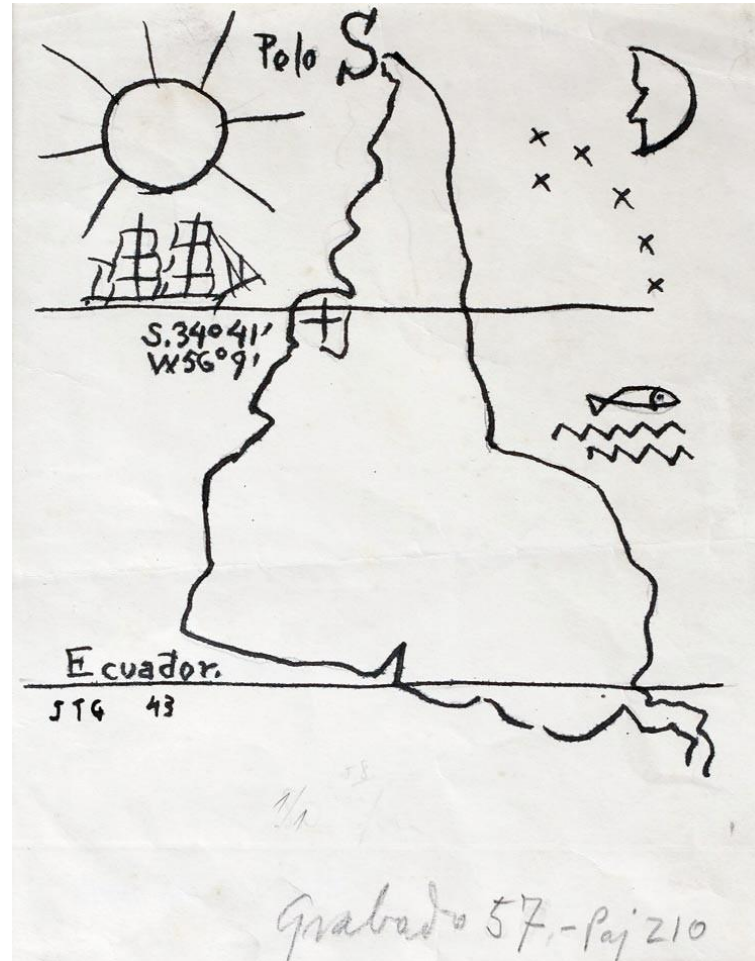
Nuevas
 Tecnologías



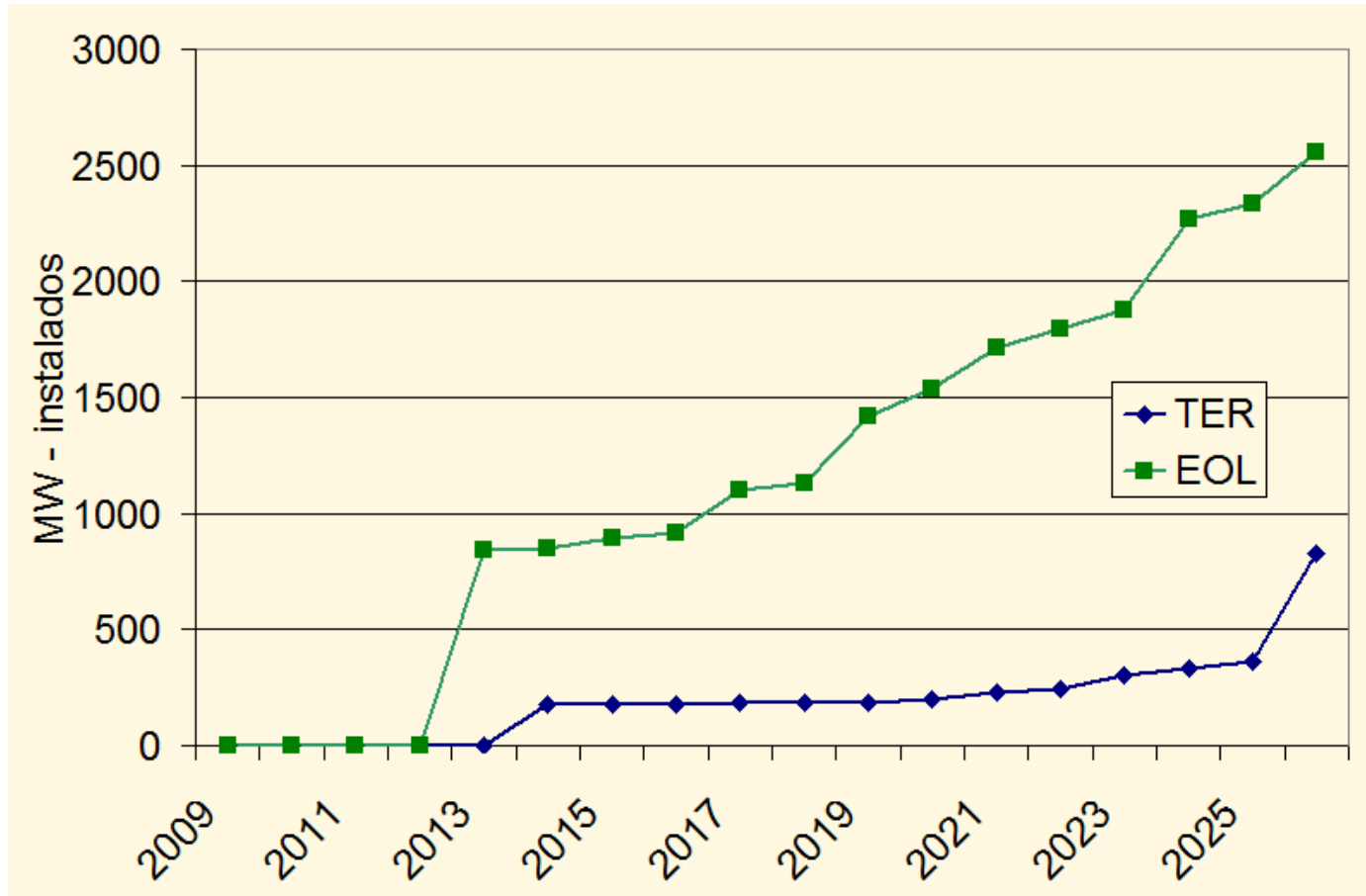
PRONÓSTICOS



Ejemplo: Caso Uruguay



Primer Plan Óptimo con Eólica a 90 USD/MWh



Optimización genética aplicada a la planificación de inversiones de generación eléctrica. EPIM'2010 - 26 y 27 Nov.2010 – Montevideo

Msc. Ing. Ruben Chaer, *Member IEEE*

Dr. Ing Gonzalo Casaravilla, *Senior Member IEEE*

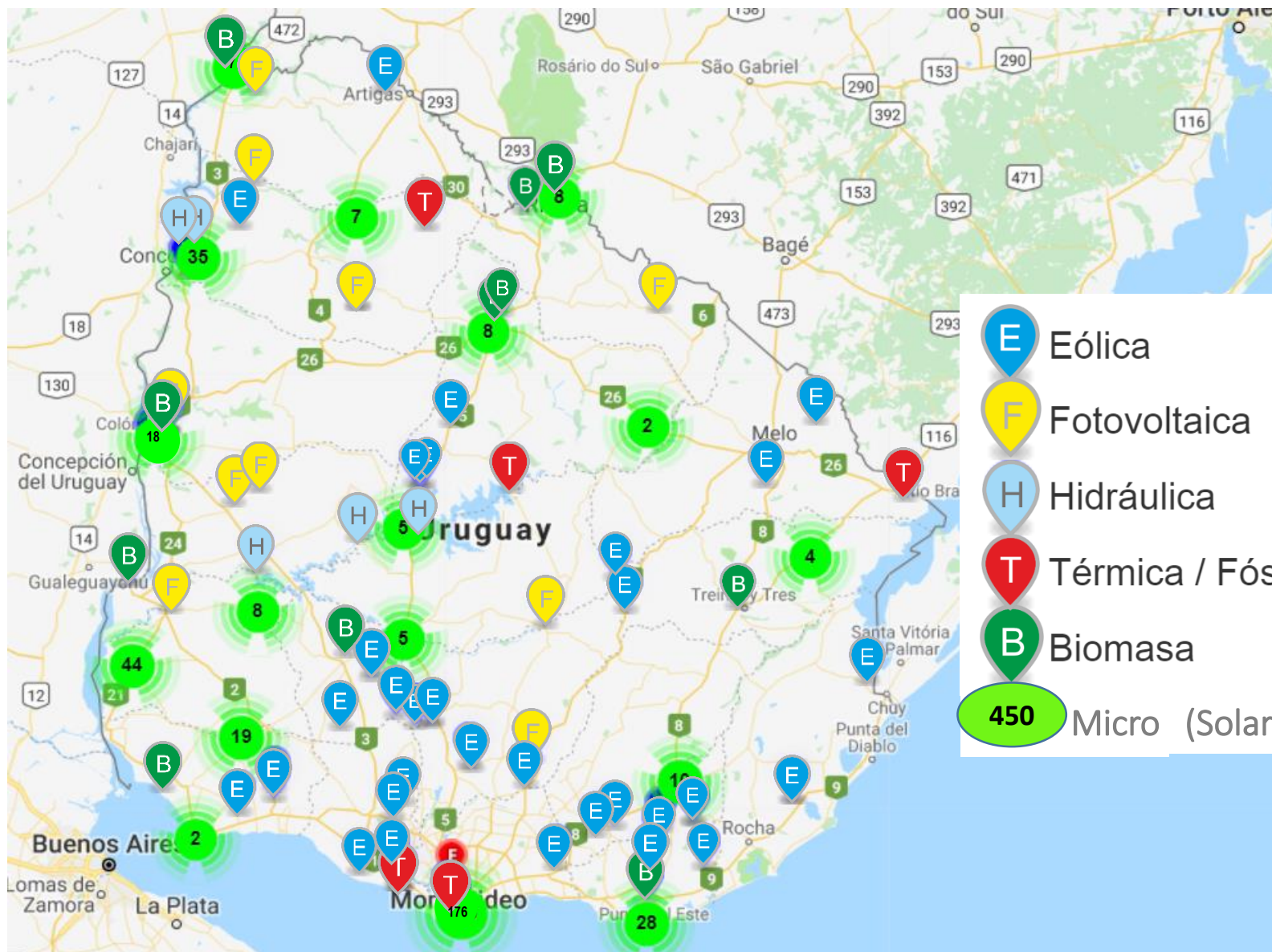
Mapa de Generación previo...



E	Eólica
F	Fotovoltaica
H	Hidráulica
T	Térmica / Fósil
B	Biomasa
0	Micro (Solar)

2027 MW
0
0
1540
487
0
0

Mapa de Generación desde 2017



**4887
MW**

- E** Eólica
- F** Fotovoltaica
- H** Hidráulica
- T** Térmica / Fósil
- B** Biomasa
- 450** Micro (Solar)

1504

230

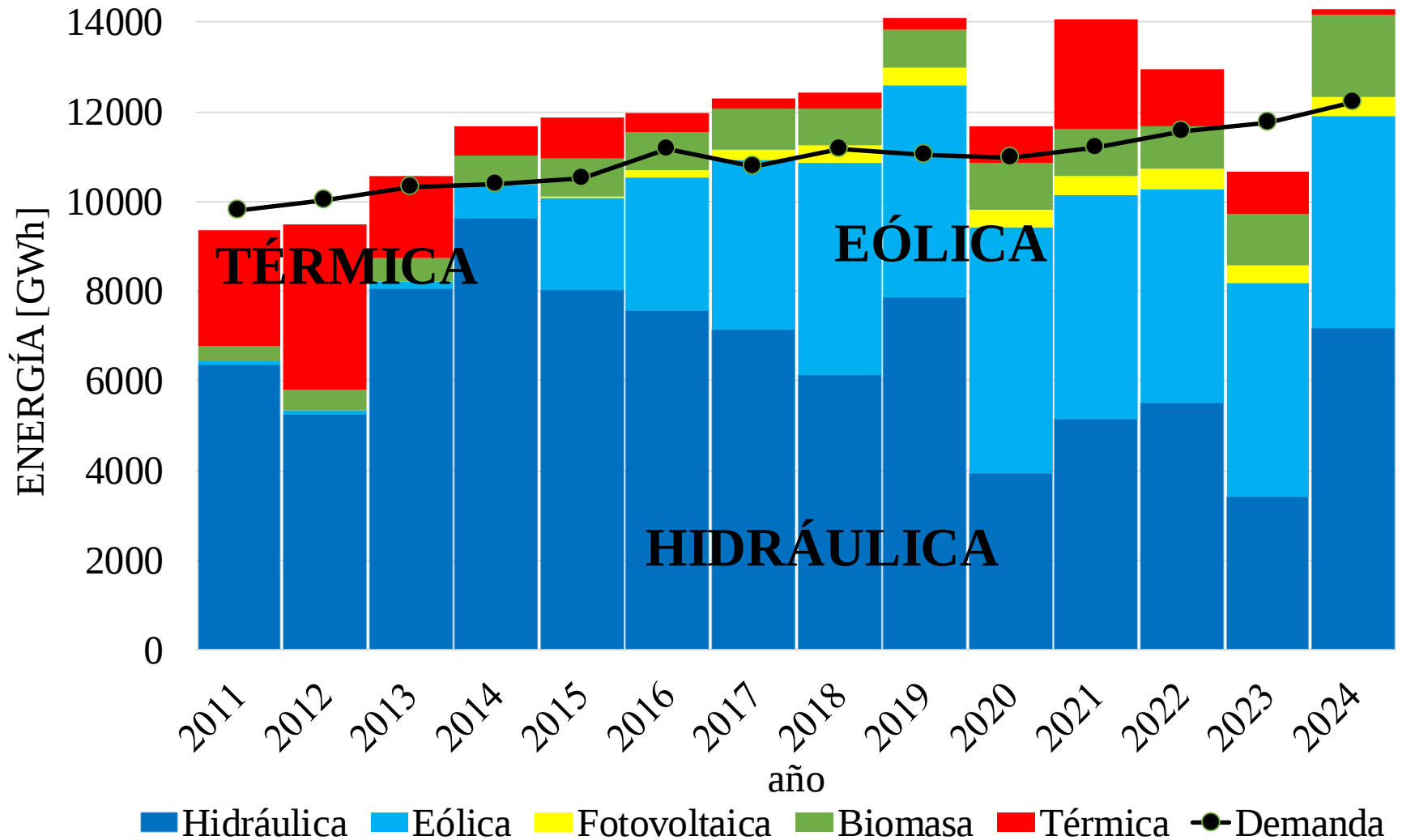
1540

1183

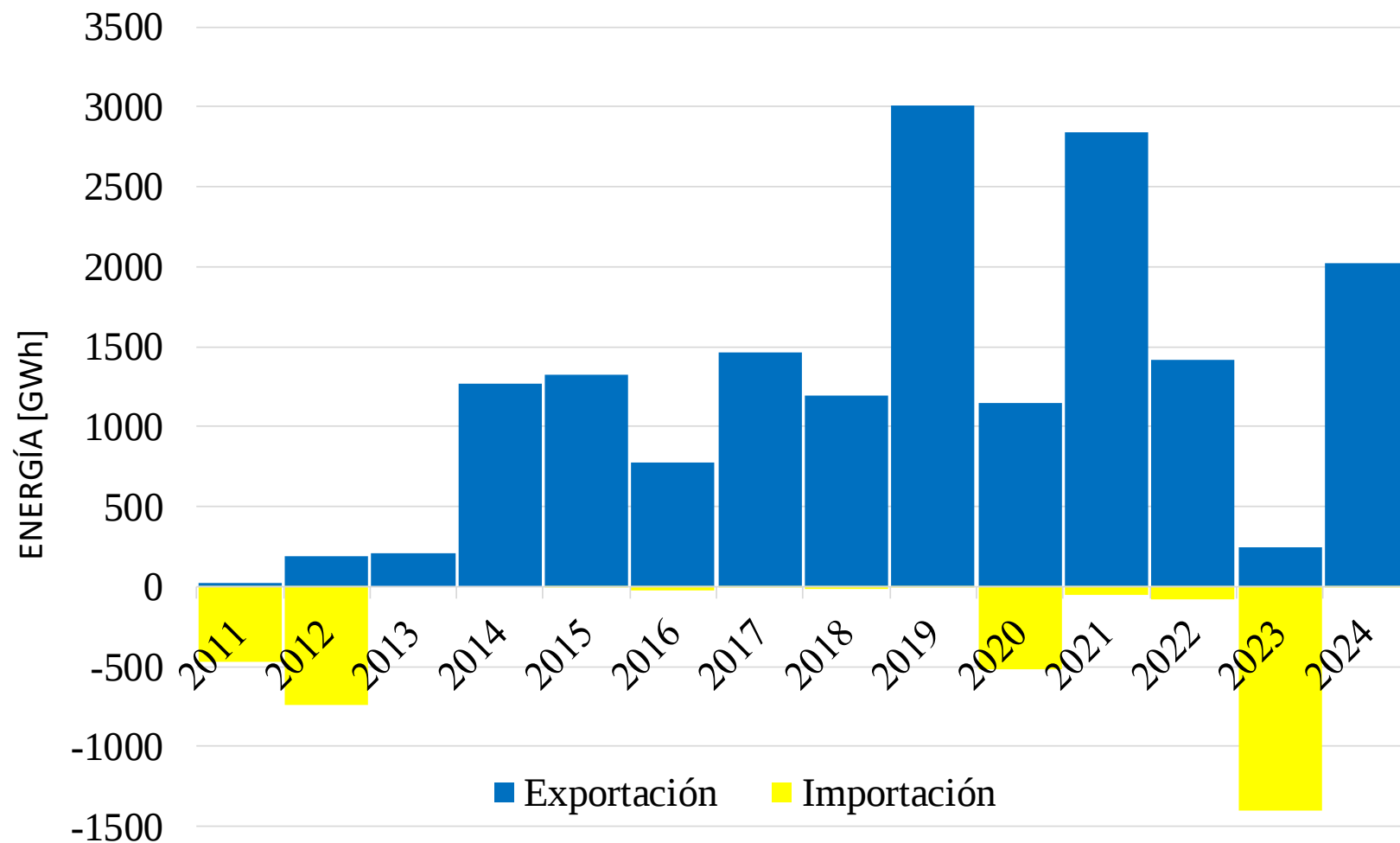
410

20

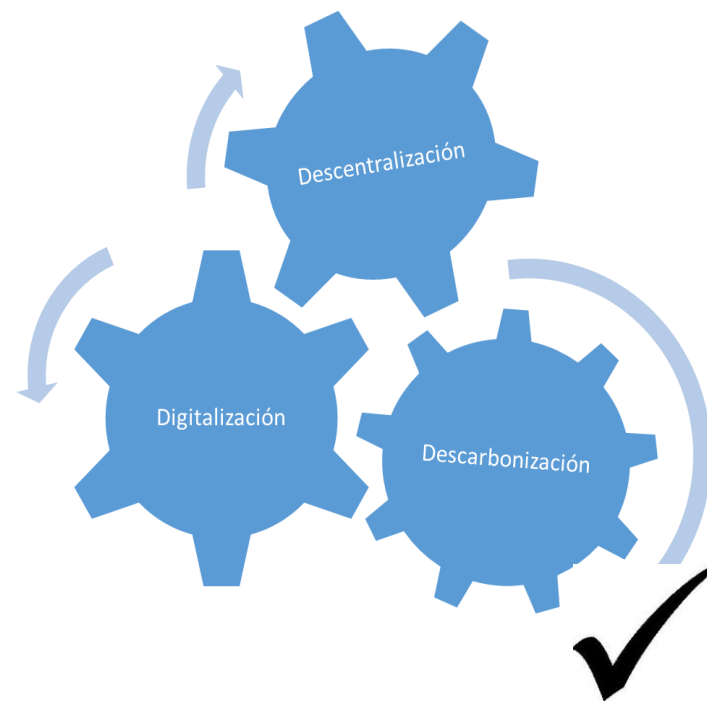
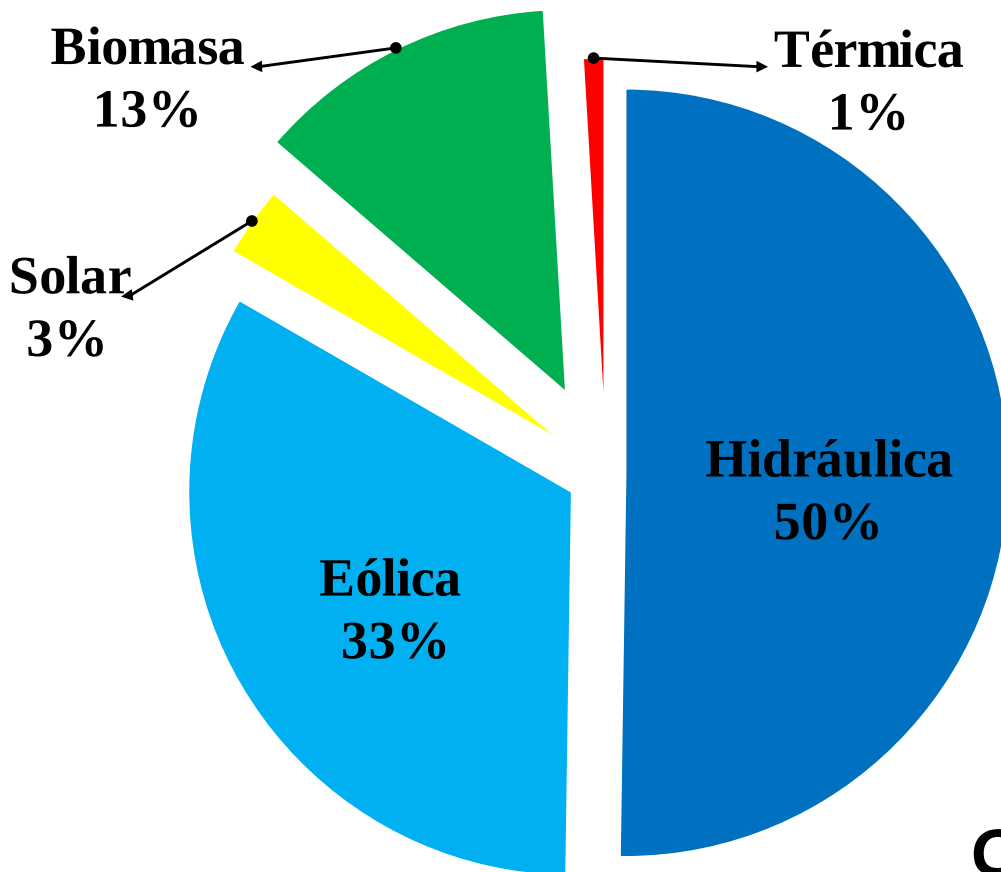
Transformación de la Generación



Comercio Regional

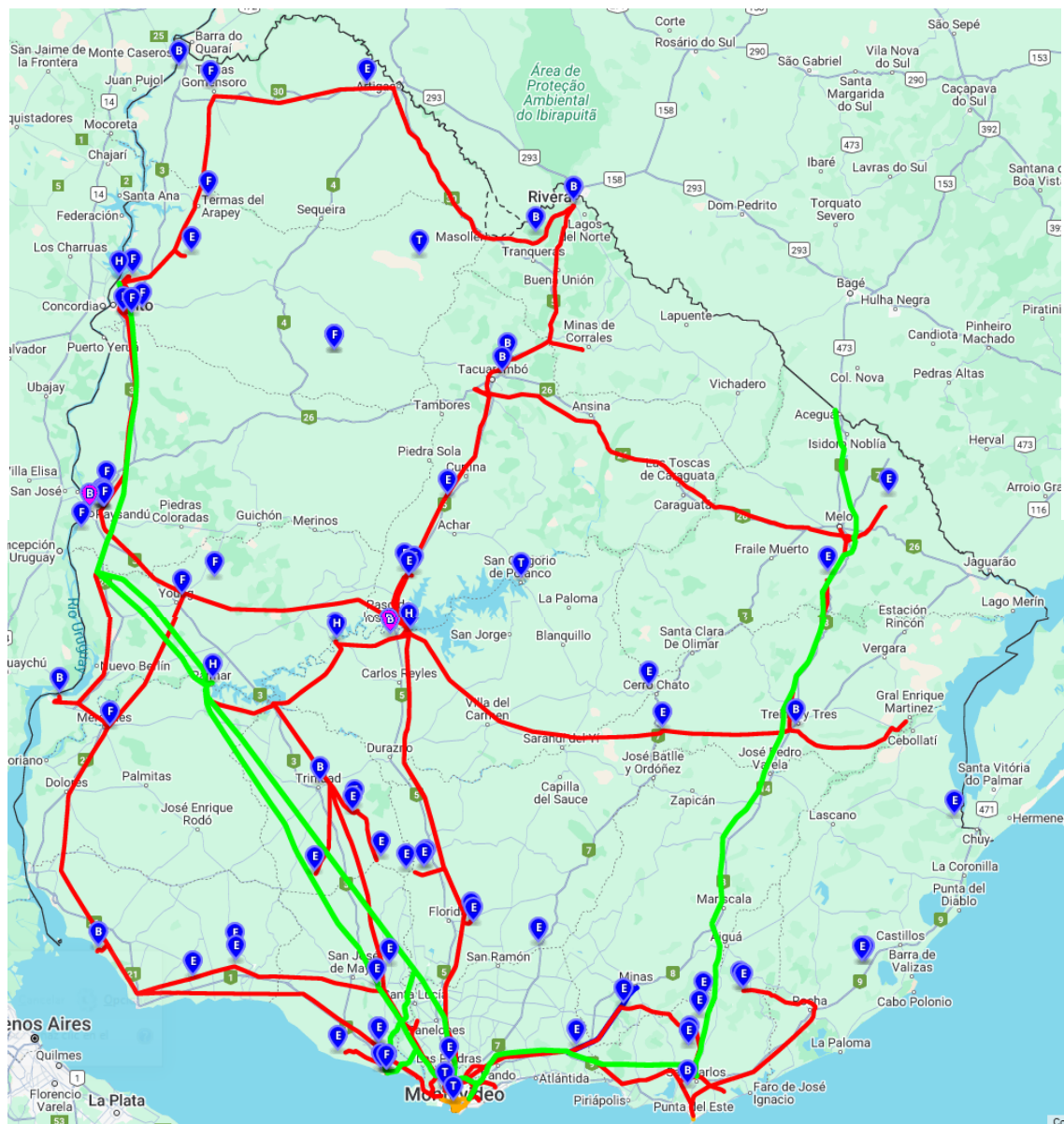


Generación 2024



99 % RENOVABLE
49 % con ERNC

Potencia Instalada - 2025



4890
MW

1505

263

1538

1124

408

52

Legenda



Eólica



Fotovoltaica



Hidráulica



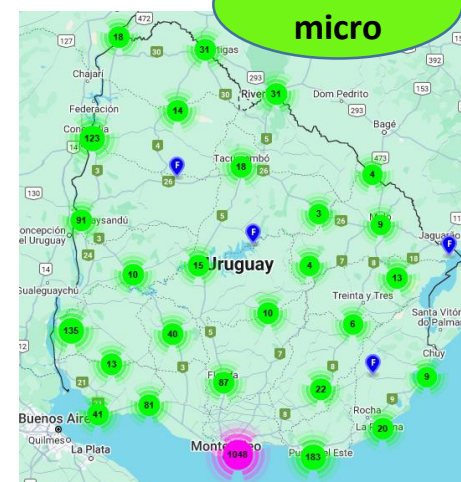
Térmica/ Fósil



Biomasa

Microgeneración

2014
micro



Despacho Nacional de Cargas

Máximos Históricos

	Fecha:	Hora:	Valor (MW):
Demanda	10/02/2025	15:25	2.365
Potencia de Gen Eólica	05/05/2023	19:12	1.448
Energía de Gen Eólica	31/08/2018		31.808
			Porcentaje:
% Potencia Part Eólica	20/01/2019	06:00	235,69%
% Energía Part Eólica	24/11/2019		107,98%



2010



2015

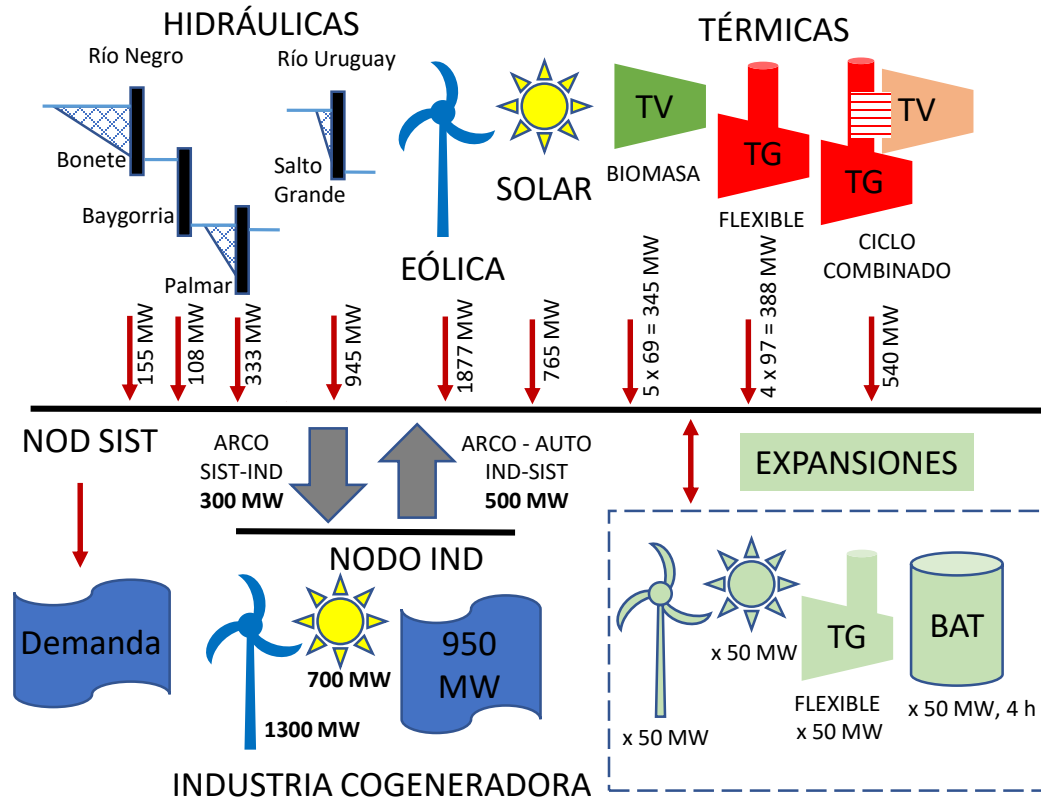


2025



¿Y A FUTURO?: EJEMPLO CON INDUSTRIA COGENERADORA

EXPANSIÓN ÓPTIMA 2027 -> 2034



DEMANDA ALTA (A)

EXP. PEG34A al 2026

- 400 Eólica
- 500 Solar

SALEN 2x97 MW de TG

BATERÍA 4 h

CAPEX: 400 USD/MWh

OPEX: 4 USD/kW/año

=>

PP = 7.6 USD/MWh-d

Eólica y Solar

PP= 40 USD/MWh-d

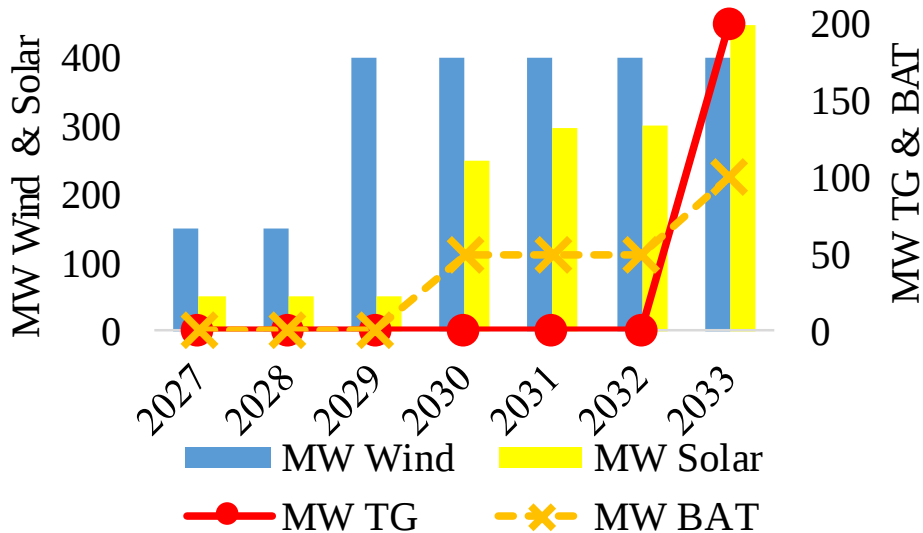
Demanda: 13.850 GWh (1.580 MW-m) in 2027 - 15.560 GWh (1.780 MW-m) in 2034.

¿Y A FUTURO?: EJEMPLO CON INDUSTRIA COGENERADORA

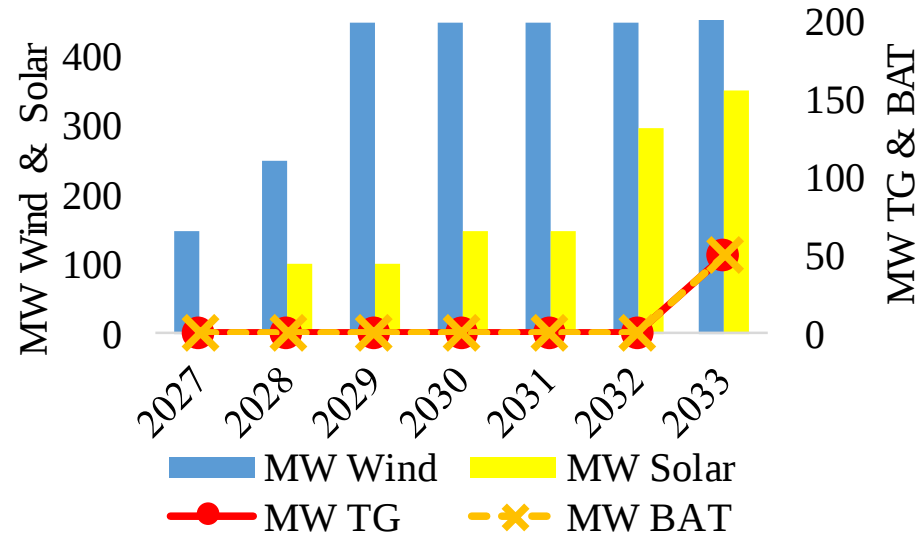
EXPANSIÓN ÓPTIMA 2027 -> 2034



SIN INDUSTRIA

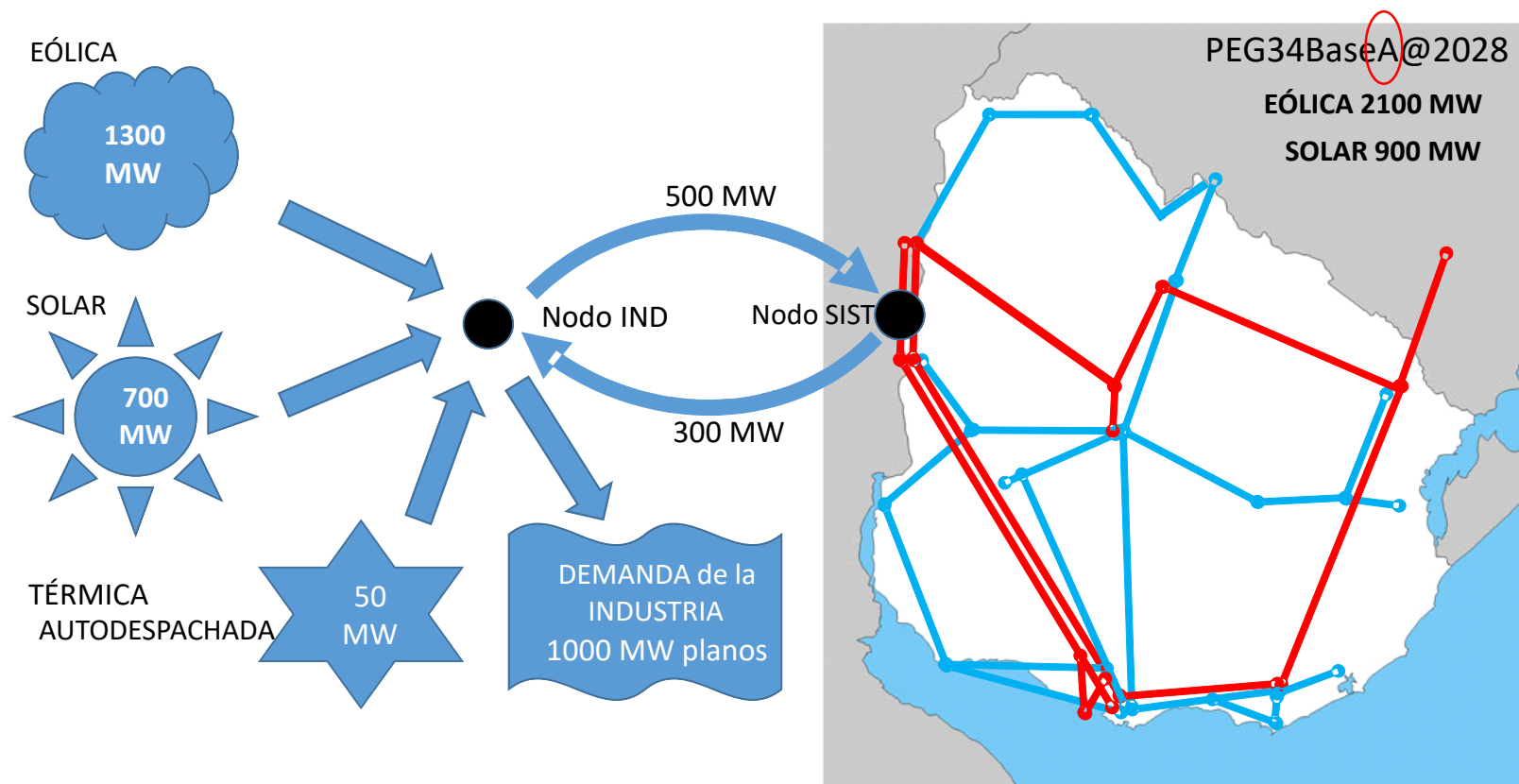


CON INDUSTRIA INTEGRADA



MUSD actualizados acumulados (2027-2046)				
INVERSIONES	CON IND	SIN IND	CON - SIN	
Eólica	547	479	68	Más Eólica
Solar	189	248	-59	Menos Solar
TG	70	102	-32	Menos TG
Baterías	44	109	-64	Menos Baterías
	851	938	-87	Menos INVERSIÓN
				-10%

ERNC de 3.000 MW a 5.000 MW (70 % +) y DEMANDA 70 % +
@2028



“Knowledge itself is power” Francis Bacon (1597)



IEEE
power&energy
magazine
for electric power professionals

Volume 11 • Number 6 • November/December 2013
www.ieee.org/power



Knowledge Is Power

IMAGINE A WORLD IN WHICH WIND ENERGY IS DISPATCHABLE, following a set point from the system operator just like other power plants. Is this a future dream that will only happen with massive storage or other breakthroughs? No, not at all—it is happening now in major parts of North America and Europe. The implementation is straightforward with the right wind forecasts for the dispatch process, and in turn this creates more market participation and higher value for forecasts in other time frames.

Efficiently
Integrating
Wind
Energy
and Wind
Forecasts



Universidad de la República - Facultad de Ingeniería
Instituto de Ingeniería Eléctrica
"Prof. Ing. Agustín Cisa"
Departamento de Potencia

GEE

Grupo Energía Eléctrica

*Planificación y Operación Óptimas
de Sistemas de Energía Eléctrica*



<https://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gee/>



<https://www.facebook.com/GEElectrica/>
<https://www.instagram.com/GEElectrica/>
<https://twitter.com/GEElectrica/>

Art. 2º. Fines de la Universidad.- La Universidad tendrá a su cargo la enseñanza pública superior en todos los planos de la cultura, la enseñanza artística, la habilitación para el ejercicio de las profesiones científicas y el ejercicio de las demás funciones que la ley le encomiende. Le incumbe asimismo, a través de todos sus órganos, en sus respectivas competencias, acrecentar, difundir y defender la cultura; impulsar y proteger la investigación científica y las actividades artísticas y contribuir al estudio de los problemas de interés general y propender a su comprensión pública; defender los valores morales y los principios de justicia, libertad, bienestar social, los derechos de la persona humana y la forma democrático-republicana de gobierno.