



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Ingeniería  
de Muestra  
10 años



Energía eléctrica.  
Desde  
la planificación a  
la operación.



Ruben Chaer  
rchaer@fing.edu.uy  
19 de octubre de 2018  
Tacuarembó - Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Ingeniería  
de Muestra  
10 años



Energía = Potencia x Tiempo



# Estructura clásica del sector eléctrico.



**Generación**



**Transmisión**



**Distribución**



**La Demanda**

# Balance de Energía y Potencia.



**Generación**



**Transmisión**



**Distribución**

pérdidas

**La Demanda**



# Planta Fotovoltaica La Jacinta (Salto)



# Energía Eólica (Peralta)



# Hidroeléctrica Salto Grande

(1800 MW binacional)



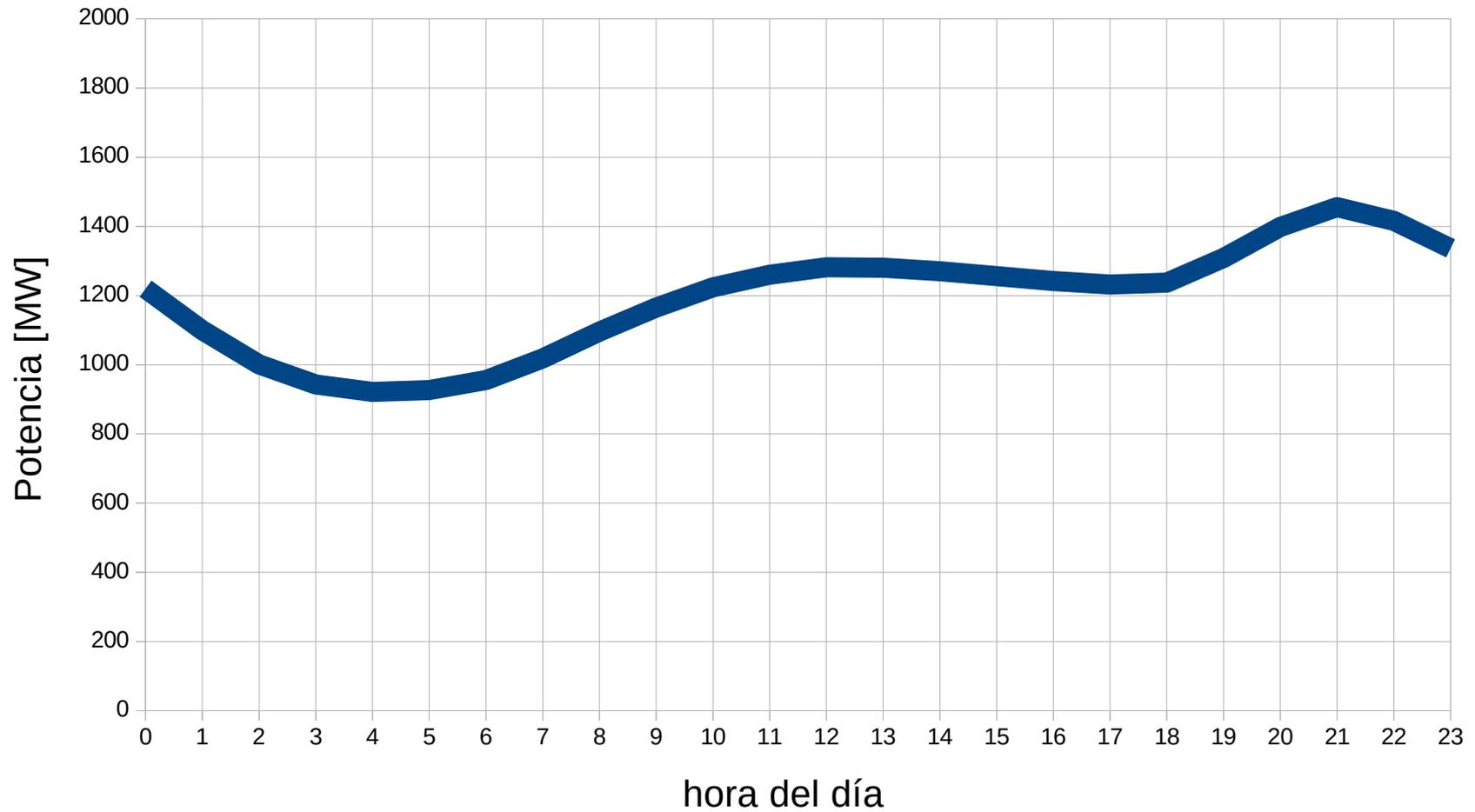
# Biomasa - (Fenirol)



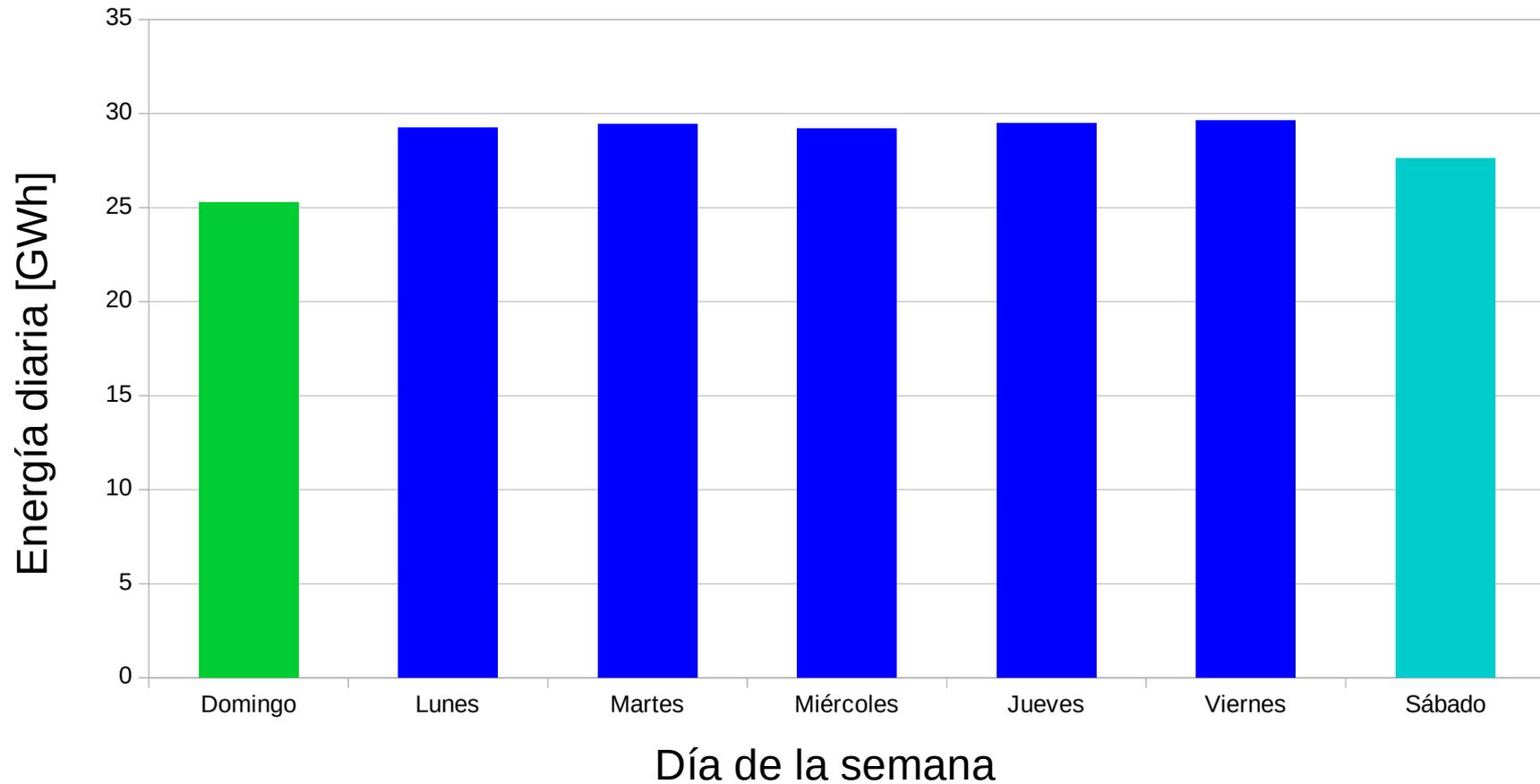
# Combustibles derivados del petróleo. (Central Batlle)



# La Demanda.



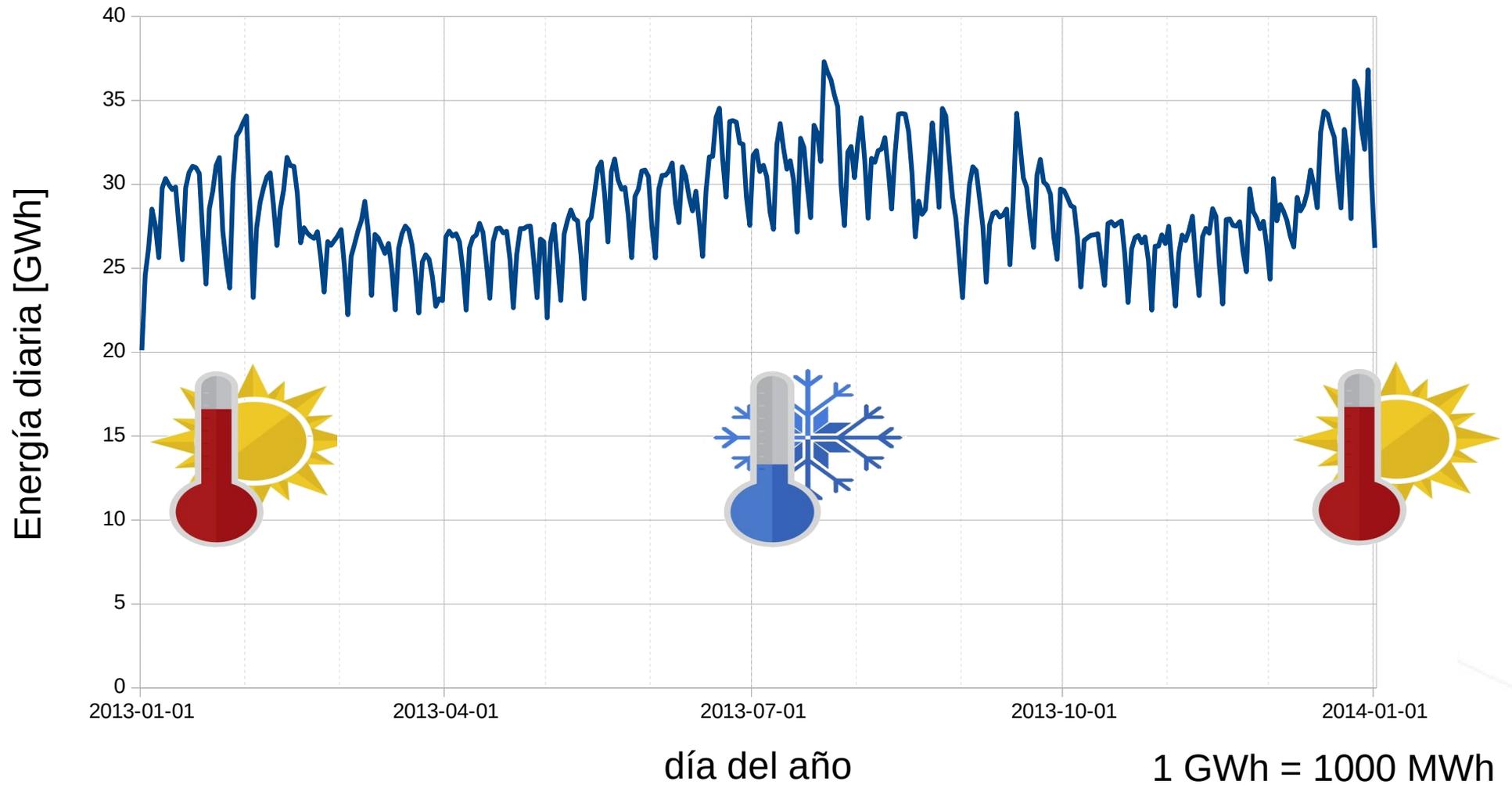
# La Demanda.



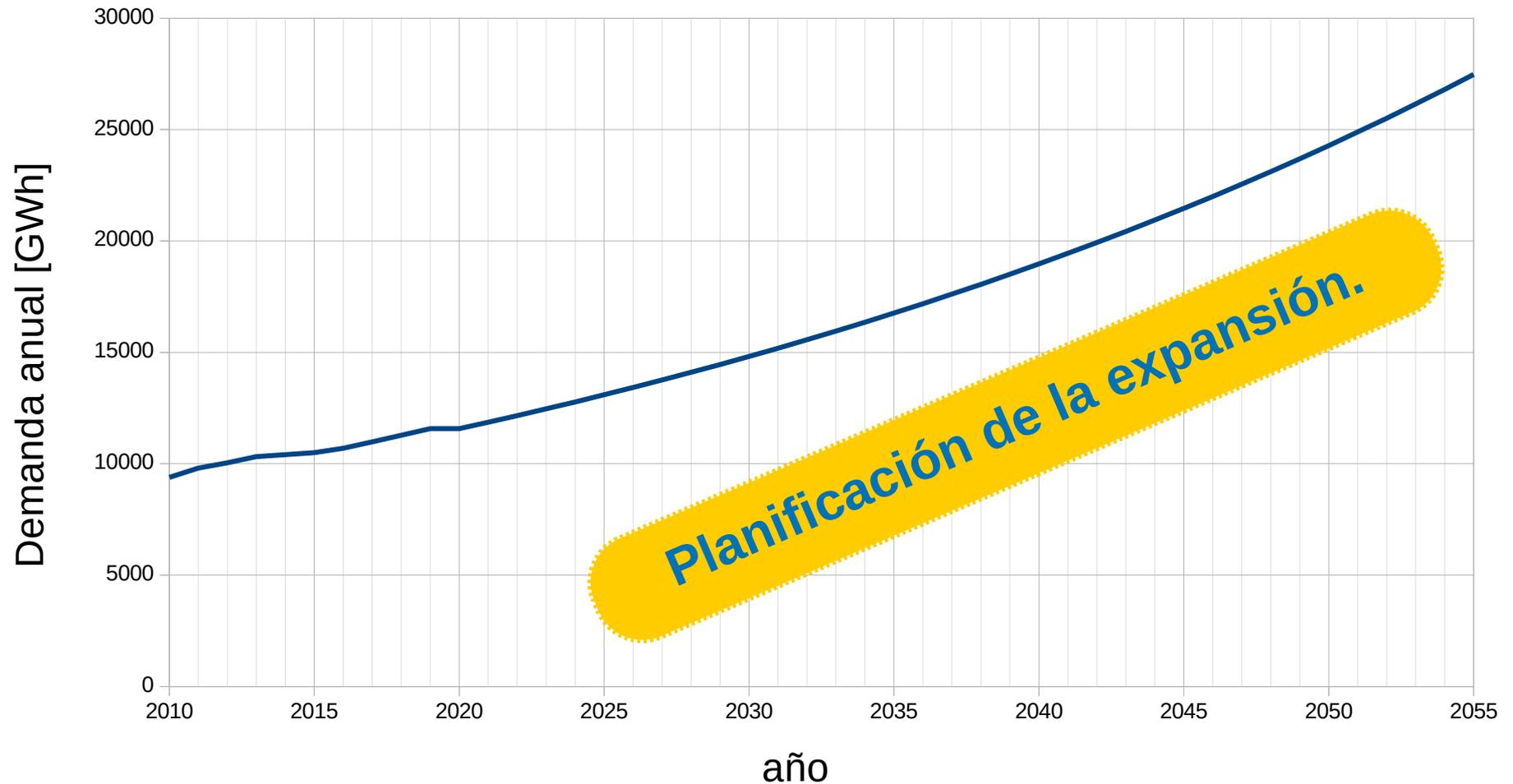
1 GWh = 1000 MWh



# La Demanda.



# La Demanda.

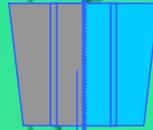


# Hidroeléctrica 1541 MW

Salto Grande  
(50% UY)

945MW

8 días



Palmar  
333MW  
22 días

Baygorria  
108MW  
3 días

Bonete  
155MW  
140 días

Futuro: En mini y micro proyectos podría agregarse 200 MW.

# El vecindario

Argentina  
x11

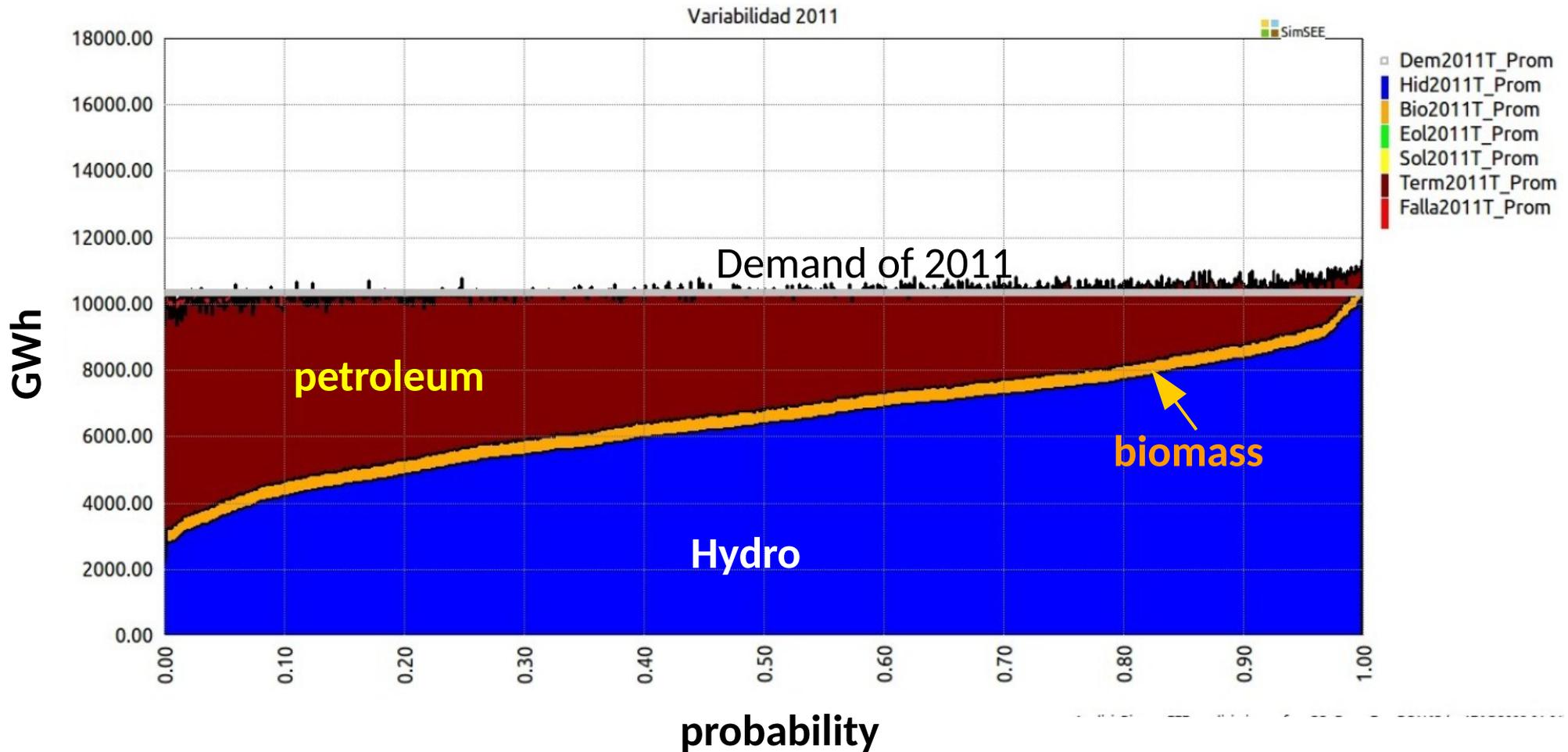


Uruguay  
x1

Brasil  
x40

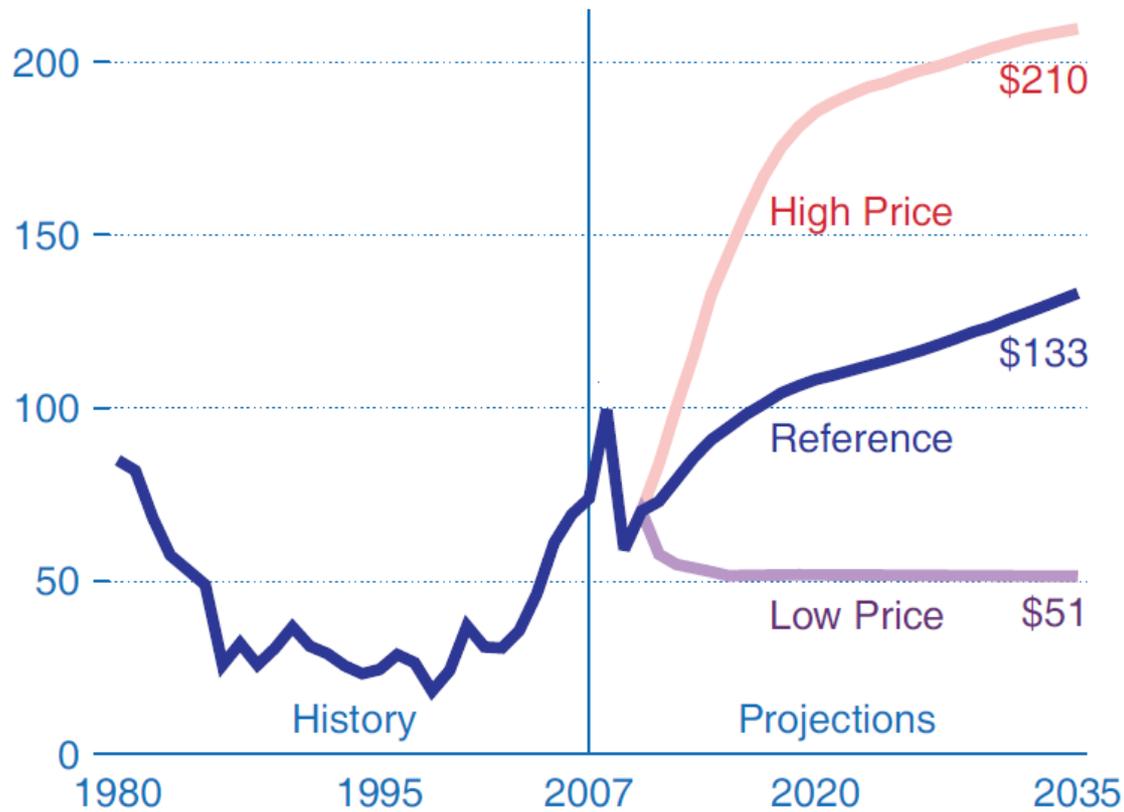


# 2011 - Riesgo Hidrológico x Pretróleo.



# Pronóstico del precio del barril del petróleo

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



U.S. Energy Information Administration / International Energy Outlook 2010

...mmm nadie sabe cuál será la evolución.

## Alternativas para expansión de la generación

	USD/MWh	USD/MWh						
	<b>CF</b>	<b>CV(*)</b>				<b>MW</b>	<b>MUSD</b>	<b>meses</b>
Turbina aeroderivativa	15	150				60	71	18
Ciclo combinado	25	100				180	355	30
Centrales a Carbón	45	80						36
Centrales Nucleares	??							??
Moto-generadores	18	120						20
Eólica	50	0				50	197	18
Solar	50	0				50	197	12
Biomasa	65	50				20	102	30
Hidroeléctrica	40	0						60

CV(\*) @petróleo a 70 USD/bbl

Costos Fijos

Costos Variables

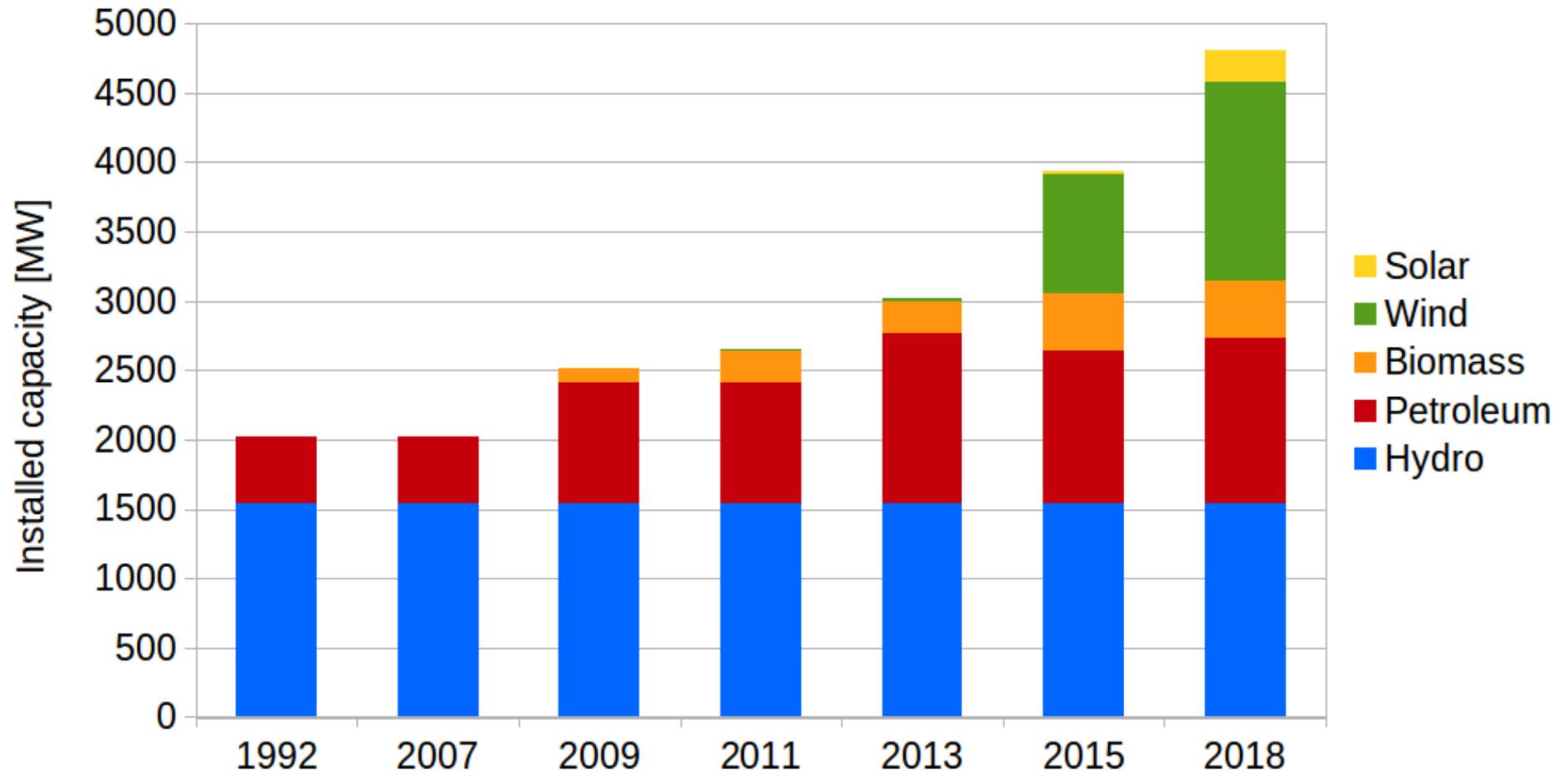
Período de construcción

**Optimización del plan de inversiones.**  
¿Qué, cuándo y cuánto?  
Hipótesis inciertas = grandes riesgos.

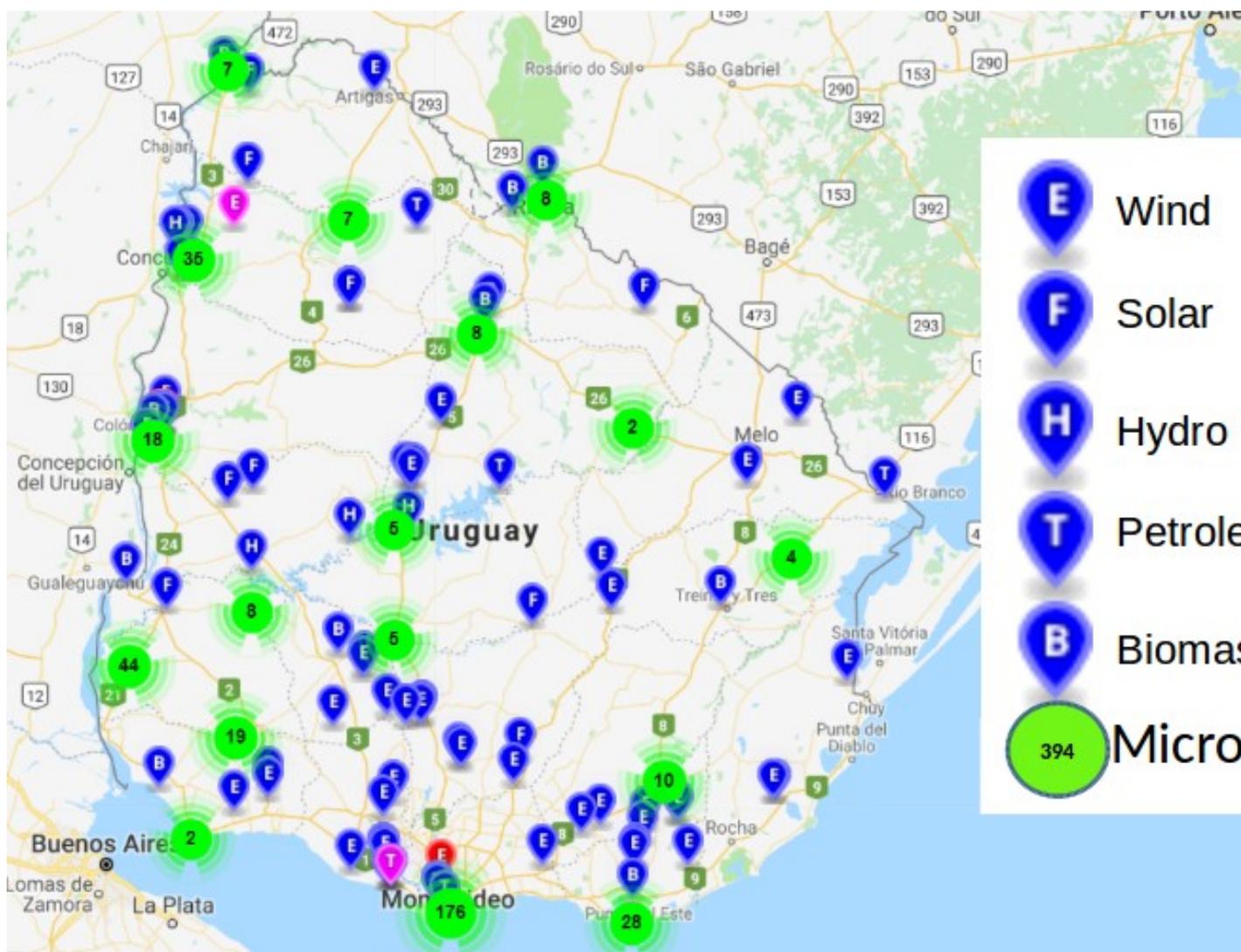
OddFace + SimSEE + Cluster



# Capacidad instalada por fuente de generación.



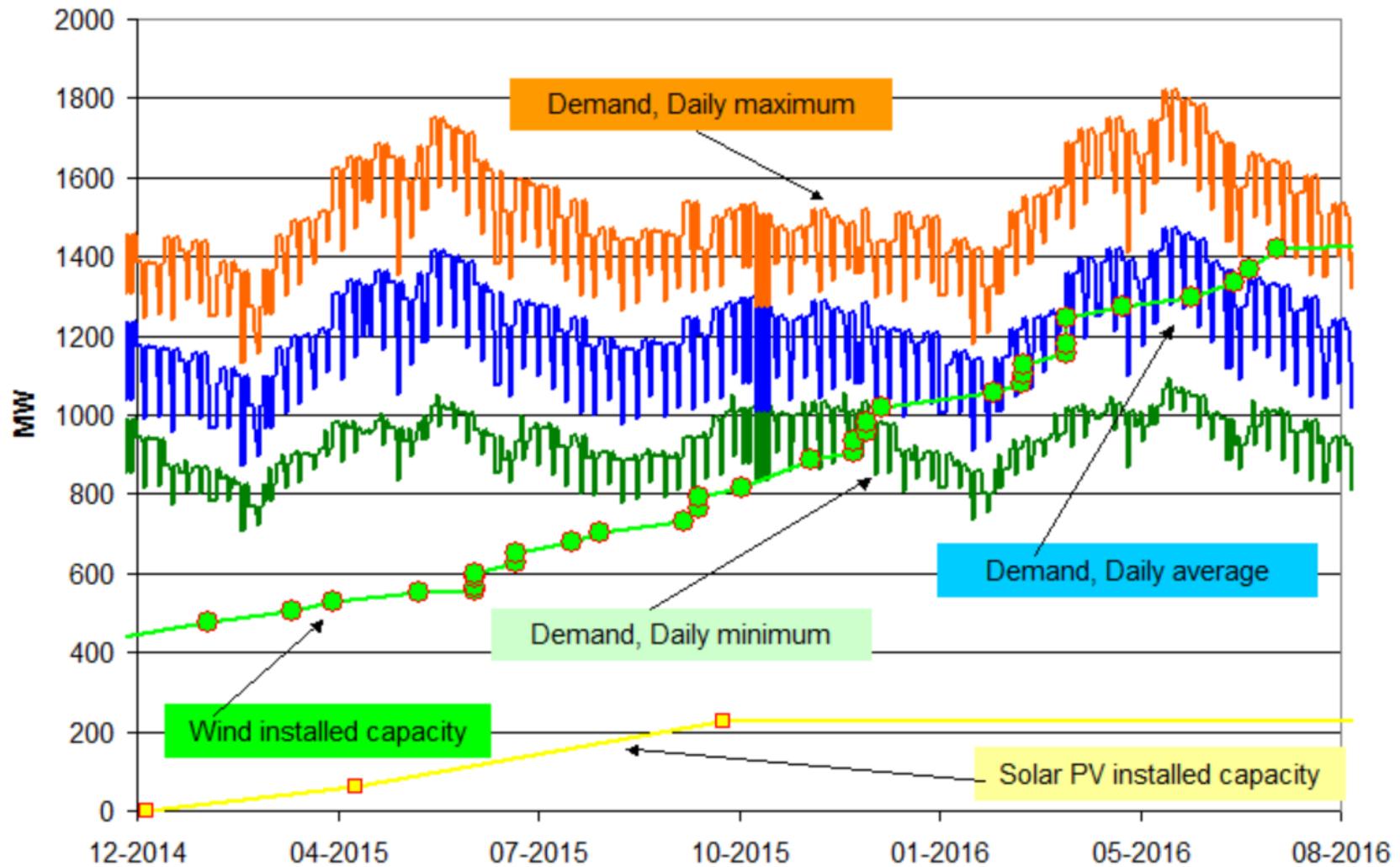
# Instalación geográficamente distribuida



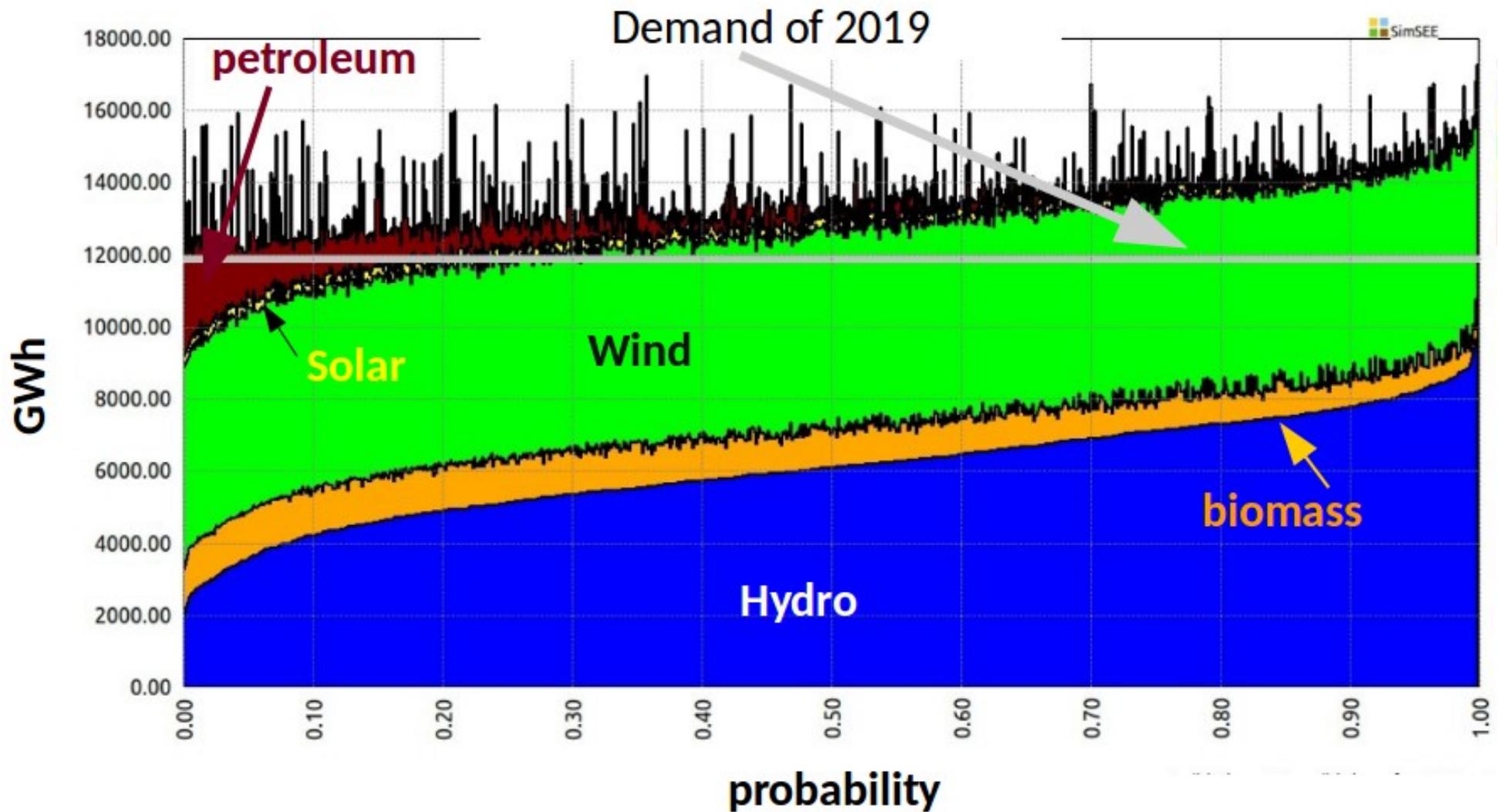
-  Wind
-  Solar
-  Hydro
-  Petroleum
-  Biomass
-  394 Micro-generation

4812 MW
1432
226
1538
1191
413
12

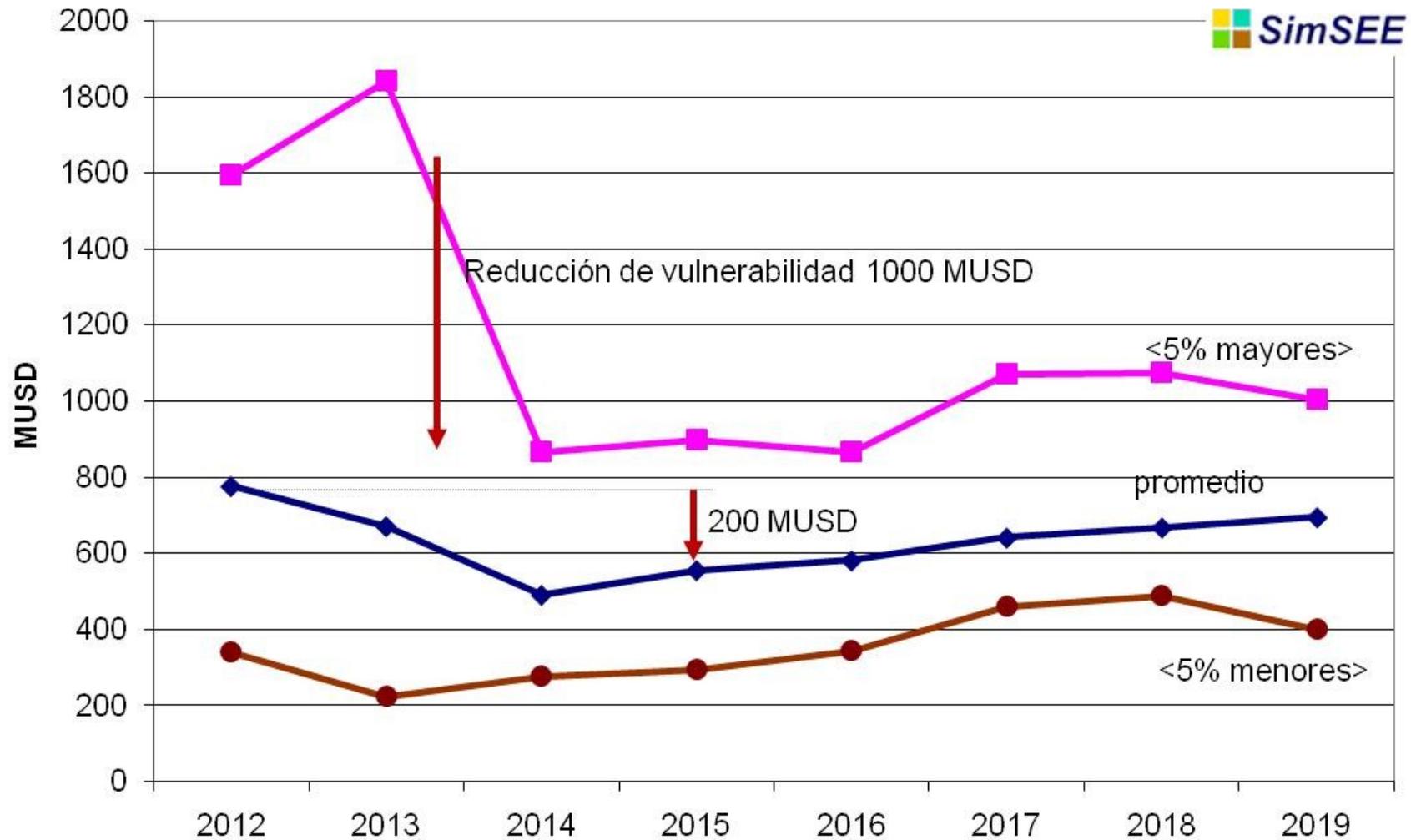
# Capacidad instalada vs. Demanda.



La figura de riesgo con la nueva matriz de generación.



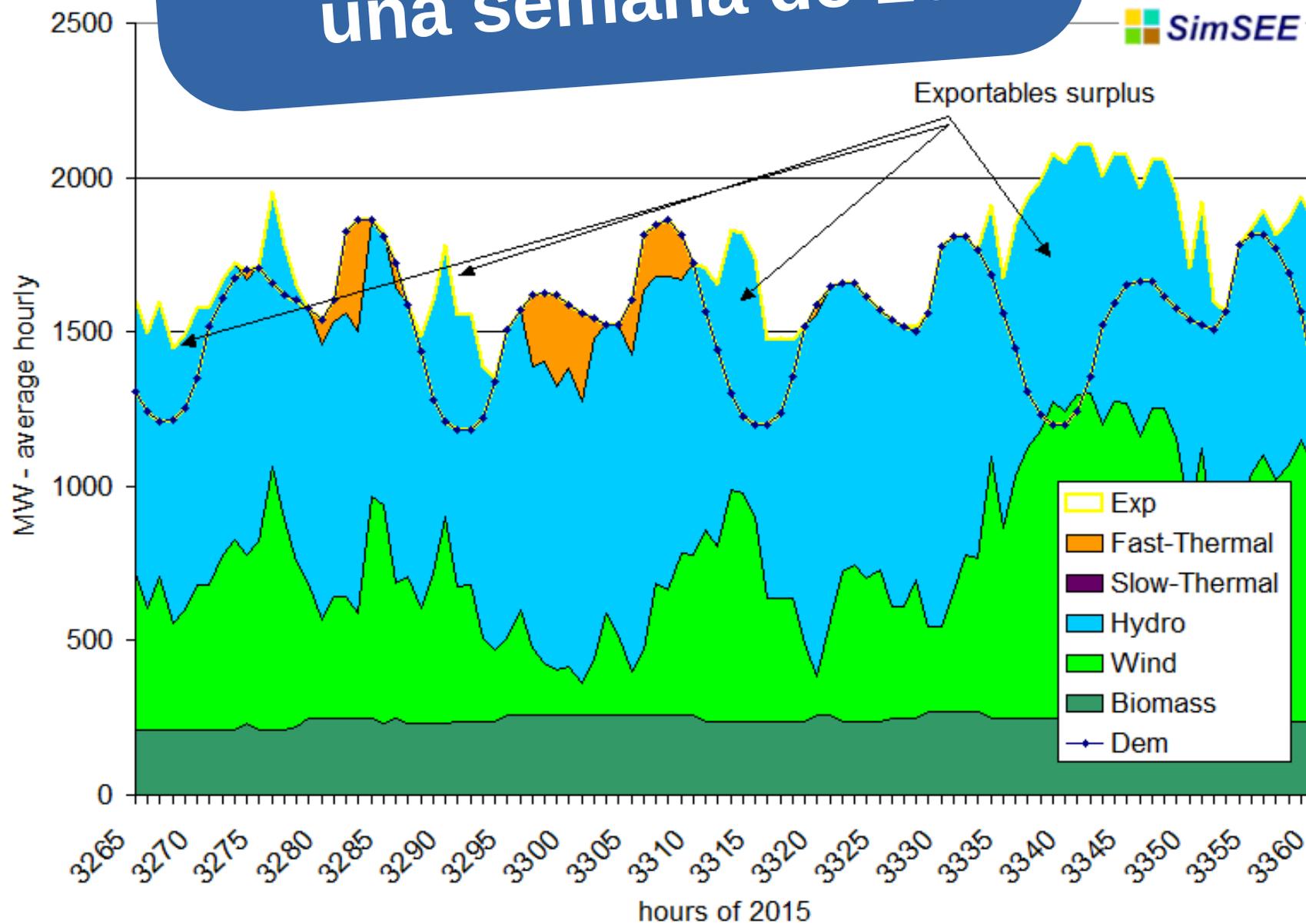
# Costo de generación anual. (dólares de 2011)



## Operación con alta integración de eólica y solar.



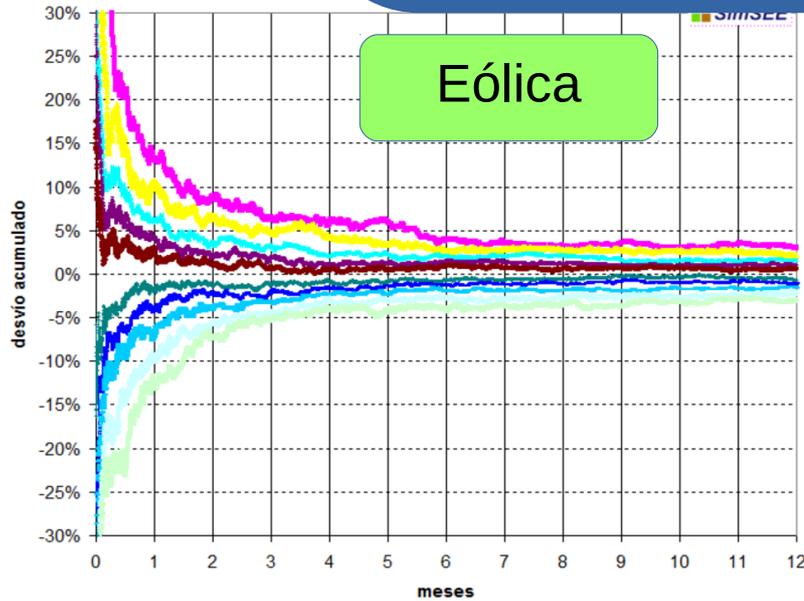
# Simulación realizada en 2011 de la operación de una semana de 2015



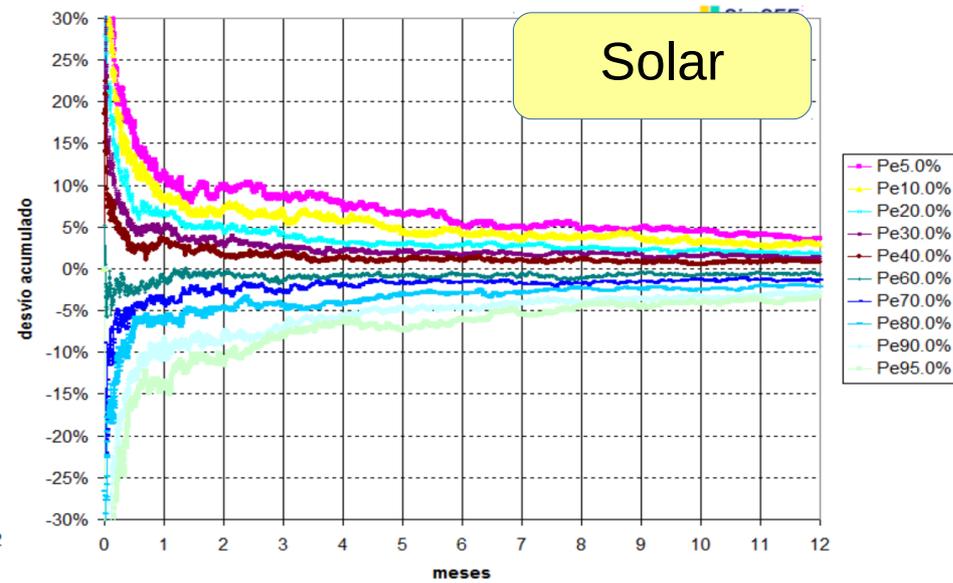
# Análisis de volatilidad.

Desvío acumulado respecto del valor esperado.

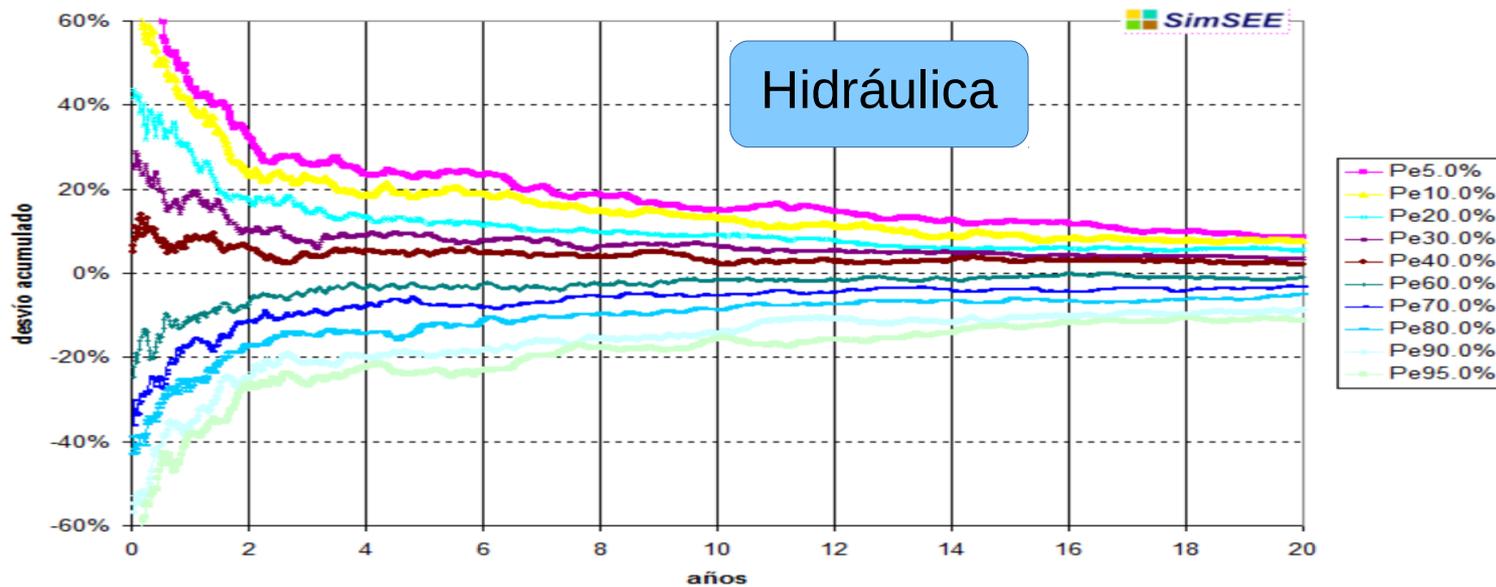
Eólica



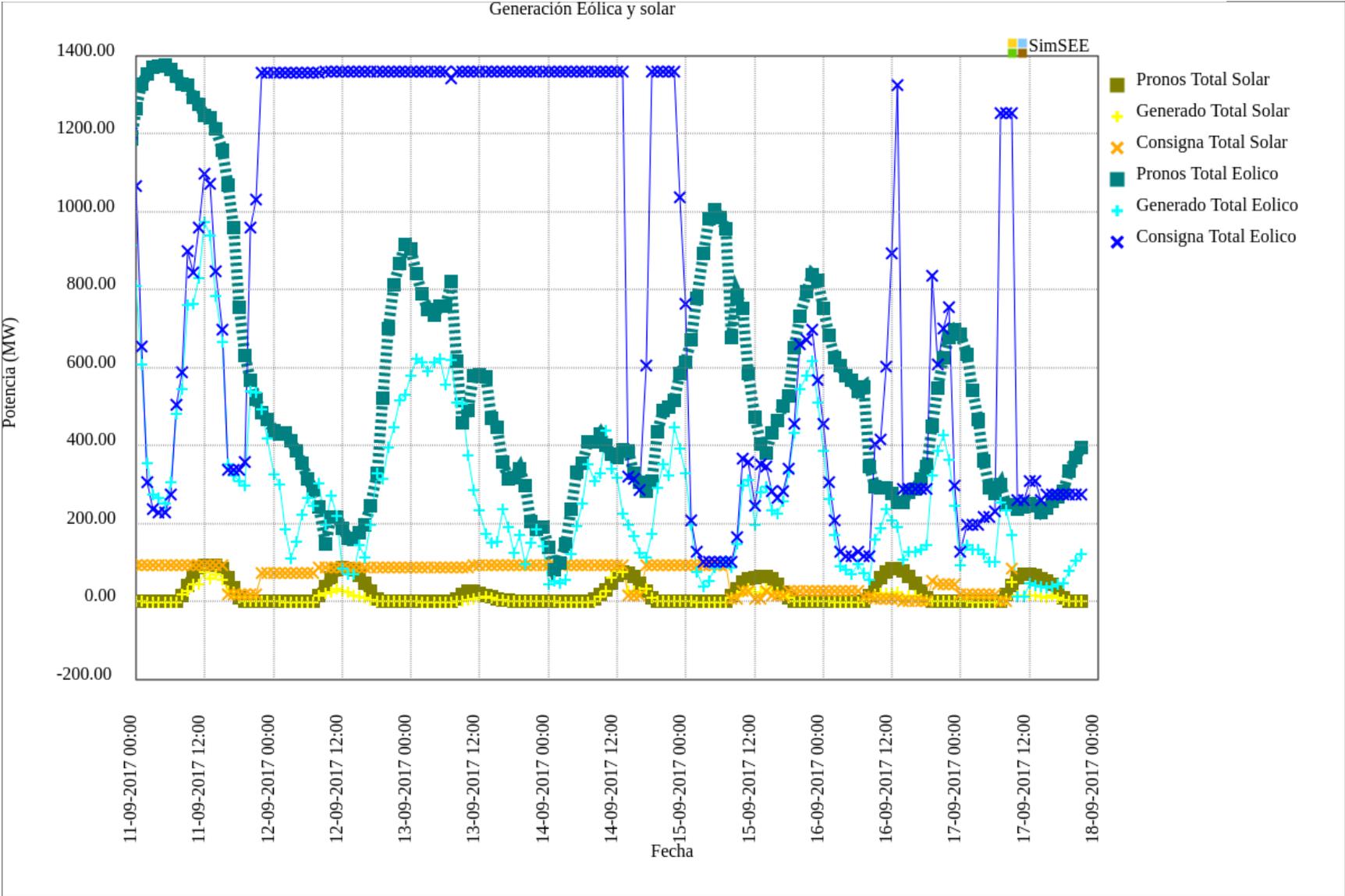
Solar

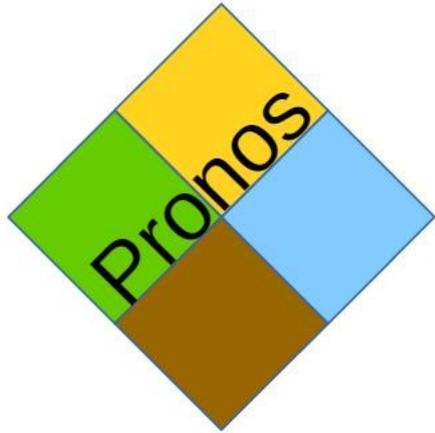


Hidráulica



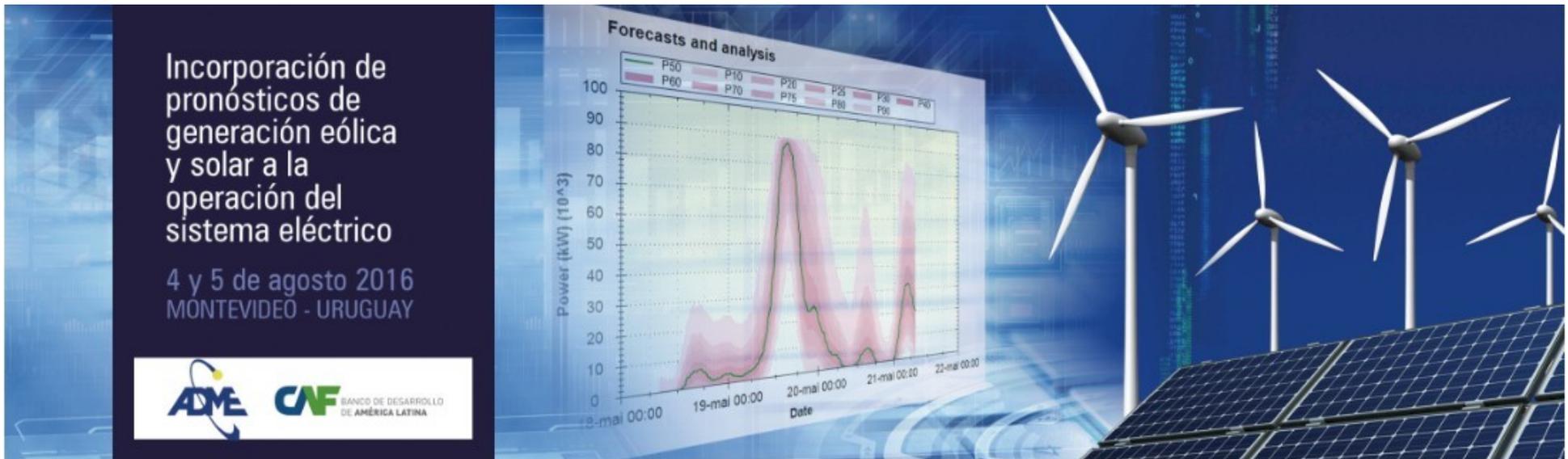
# Pronósticos y control de la generación.





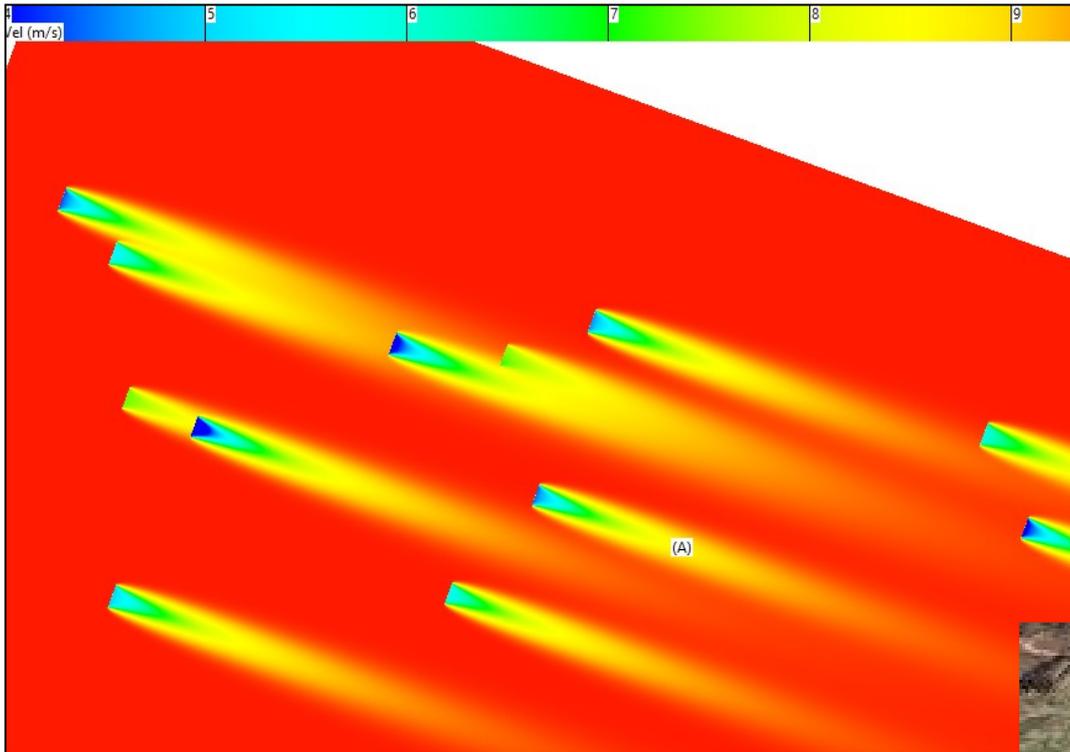
# PRONOS

Proyecto de incorporación de pronósticos a la operación óptima del sistema de generación.



<http://pronos.adme.com.uy>

# Buenos modelos de las plantas de generación.



Desarrollados por ADME y FING  
en convenio de cooperación.



The background of the slide is a reproduction of the painting 'The Starry Night' by Vincent van Gogh. It features a turbulent, swirling night sky with a prominent crescent moon and numerous bright, glowing stars. In the foreground, a dark, jagged cypress tree stands on the left, and a small town with a church spire is visible in the distance.

**Diseño 2010**

El diseño en 2010 fue de una “turbulencia manejable”



# Realidad 2016

En 2016 verificamos que la realidad era “mas suave”.

... mmm y ahora?



# Optimizar, optimizar y optimizar!



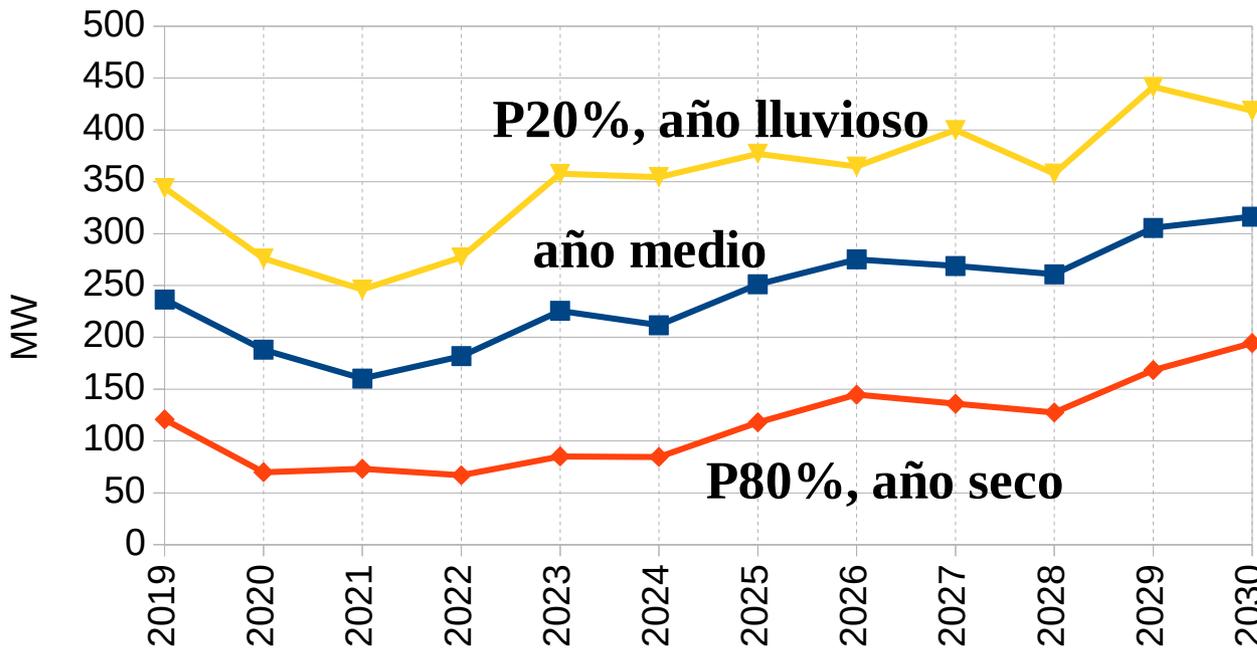
- Debemos exprimir las naranjas al máximo.
- Los pronósticos (hidráulica, solar, eólica, demanda) son esenciales para anticipar el mejor uso de cada recurso.

Las Demandas con Respuesta son la clave para filtrar las variaciones dentro de la semana.

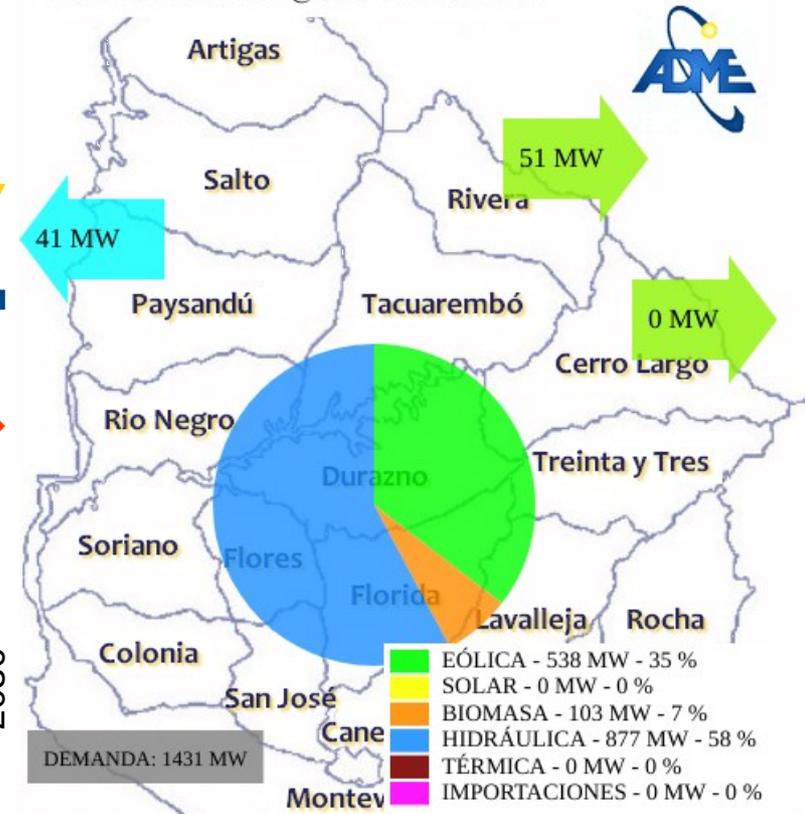


La expansión óptima genera excedentes ocasionales de energía, asociados a los años lluviosos.  
 La integración regional es la clave para poner en valor dichos excedentes.

Uruguay - excedentes de energía exportable.



Potencia instantánea. @2018-10-18 21:02:05



<http://adme.com.uy>

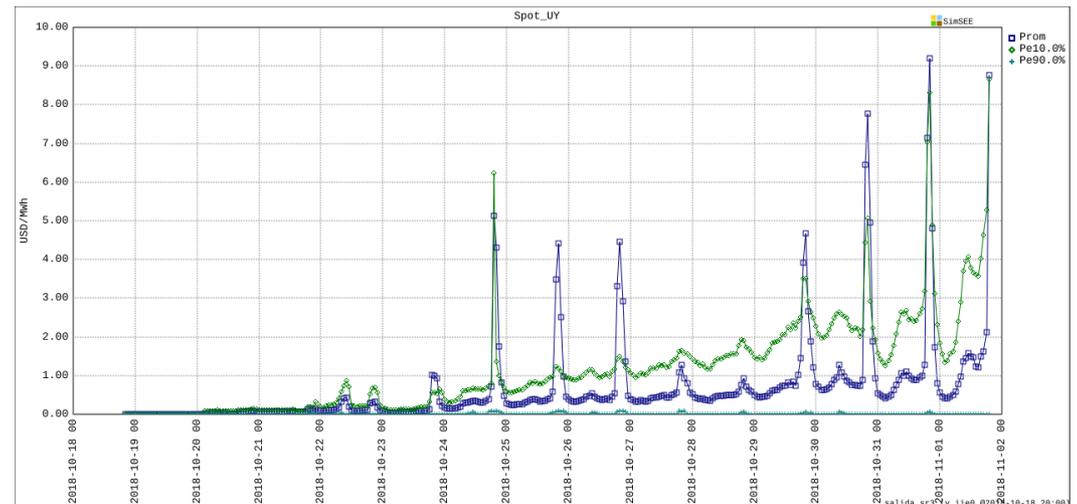
# VATES

Integra cada hora la información de tiempo real del sistema y los pronósticos de generación y demanda y genera el pronóstico de la operación óptima del sistema con detalle horario para los siguientes 14 días.

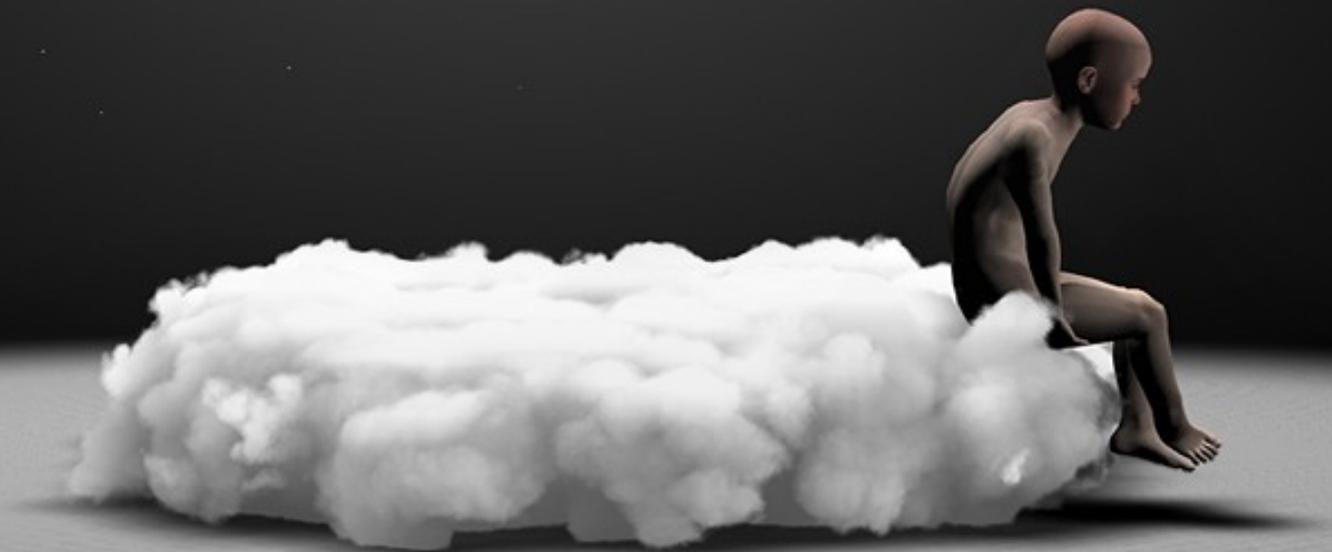


<http://vates.adme.com.uy>

- 1) Señal de precios para futuras Demandas con Respuesta.
- 2) Determinación de los bloques de energía exportables para la próxima semana, el precio mínimo a recibir y el riesgo asociado.



Hacia dónde va el mundo....



- Descarbonización.
- Electrificación de los usos.



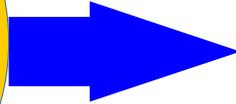
- Instalación de SOLAR - distribuida.
- Bancos de baterías.
- Autos eléctricos.
- Demanas con Respuesta.



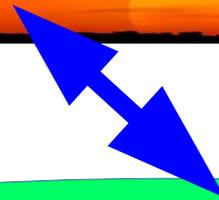
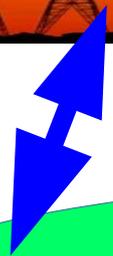
# Reestructura del sector.



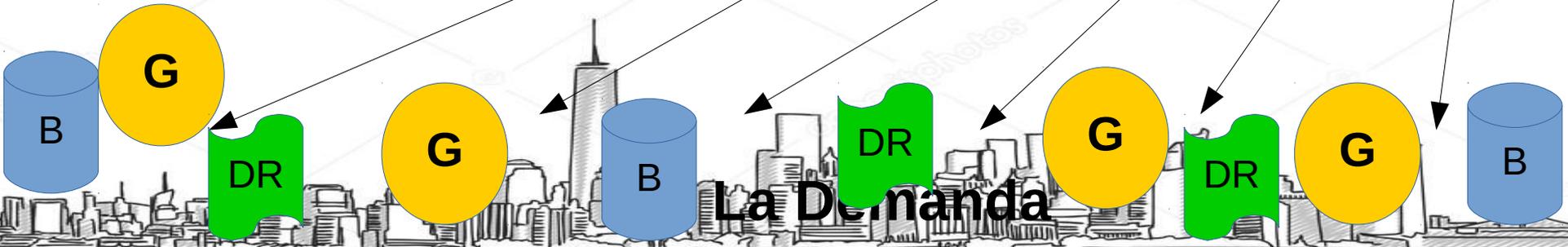
**Generación**



**Transmisión**



**Distribución**



**La Demanda**

El futuro los precisa.



# Gracias por su atención!



Debemos ser lo suficientemente ágiles para no perder el tren y lo suficientemente astutos para no subirnos al equivocado.



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Ingeniería  
de Muestra  
10 años

