



Financiamiento de proyectos de energías renovables

14.08.2019 // Stephan Franz // WEB

BÜRO_F
FUTURE POWER MARKETS

Socios del proyecto:



Lo hacemos posible.

Con el apoyo de:



develoPPP.de



Soportado a través de:



ELCON: Energía limpia a través de la cooperación y la innovación: un proyecto de develoPPP

- Consorcio compuesto por **empresas en el rubro de la consultoría y la prestación de servicios en el sector de las energías renovables** y del medio ambiente.
- La alianza tiene el objetivo de **transmitir las experiencias y tecnologías** alemanas al mercado argentino de tecnologías ambientales y energías renovables.
- Este proyecto es parte del programa **develoPPP.de** que está co-financiado por el **Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo alemán**.
- El co-financiamiento es dirigido por **Sequa**, una organización que opera a nivel mundial y realiza proyectos y programas de desarrollo internacionales, trabajando en conjunto con el sector privado alemán.
- El consorcio coopera estrechamente con **varias entidades educativas argentinas**, desde centros de formación profesional a instituciones de educación superior.



develoPPP.de



BÜRO_F: Experto en nuevas tendencias en los mercados eléctricos



Partners & Customers



- Büro F es una empresa de **consultoría especializada en energías renovables** y mercados de energía distribuida.
- Elaboramos **informes de mercado sobre tecnologías y modelos de negocio** en el sector energético.
- Basándonos en nuestra amplia red de contactos en Europa y América Latina, le ponemos en contacto con **innovadores de energías renovables**.
- Büro F fue fundada por Stephan Franz en 2014 y forma parte de **una red de consultores** en temas de energía en Berlín.

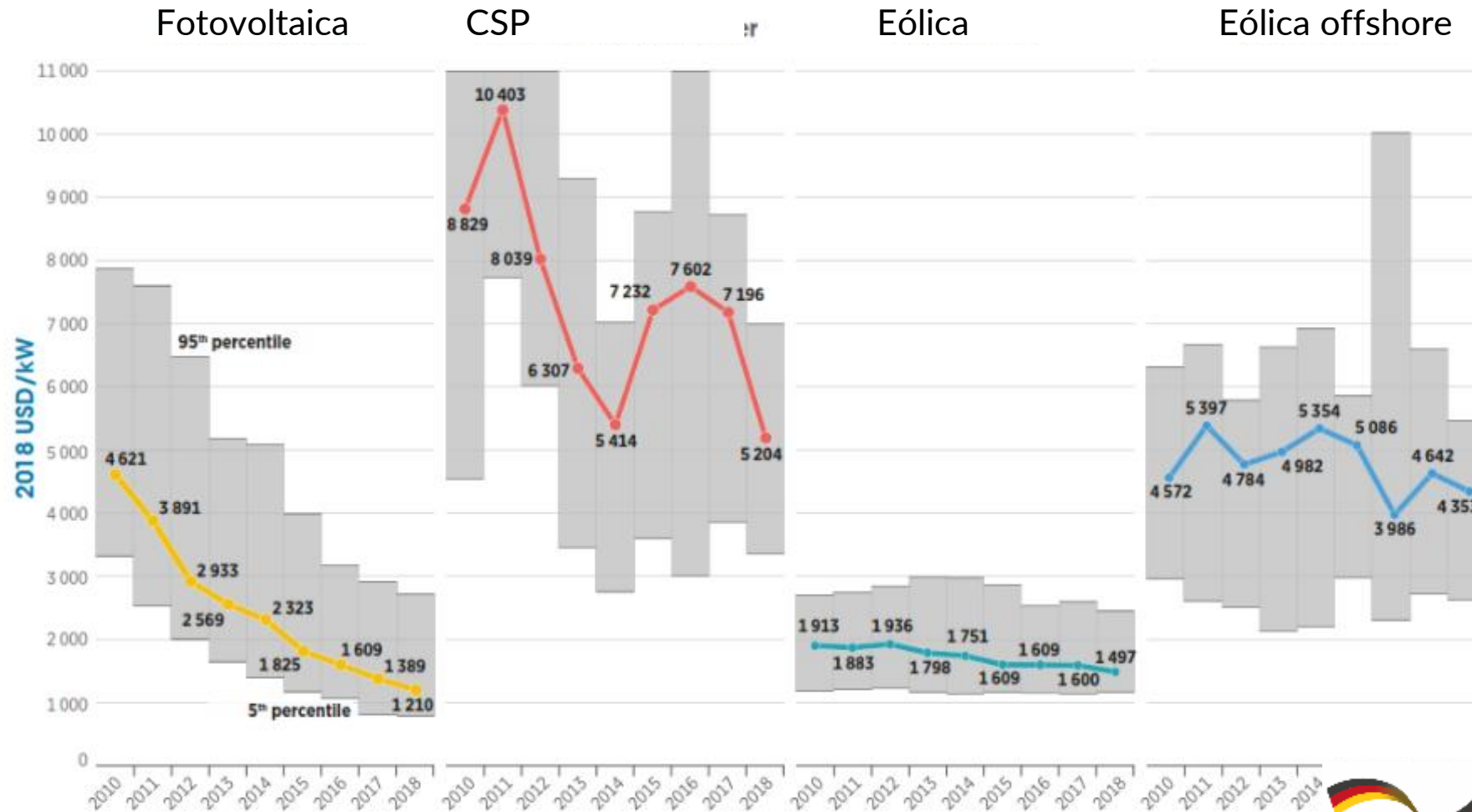


Agenda

1. Porque las energías renovables?
2. Tecnologías de energías renovables
3. Financiación de energías renovables
4. Casos de Estudio de Proyectos ER
5. Evaluación de riesgos de proyectos
6. Discusión

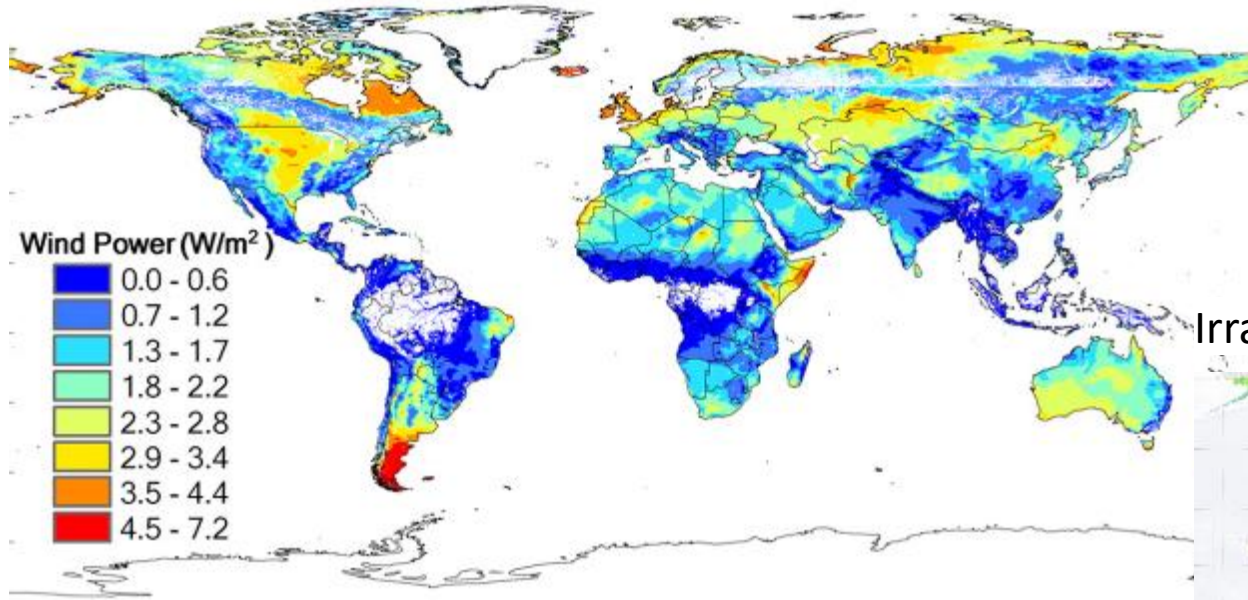
1: Las ER son cada vez más baratos

Global weighted average total installed costs and project percentile ranges for CSP, solar PV, onshore and offshore wind, 2010–2018 (USD/kW)

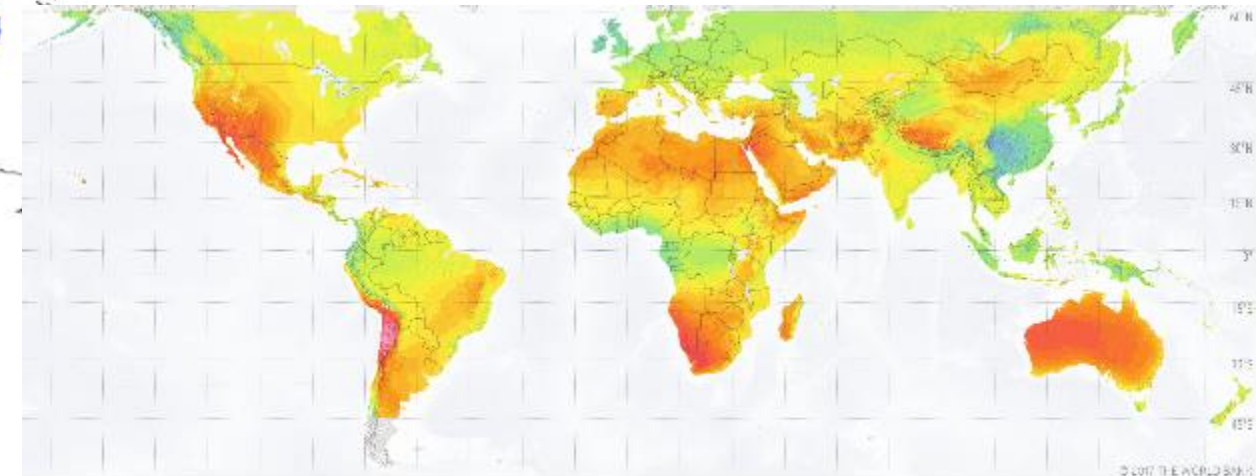


2: Argentina tiene una ventaja comparativa

Potencial eólico onshore (W/m^2)

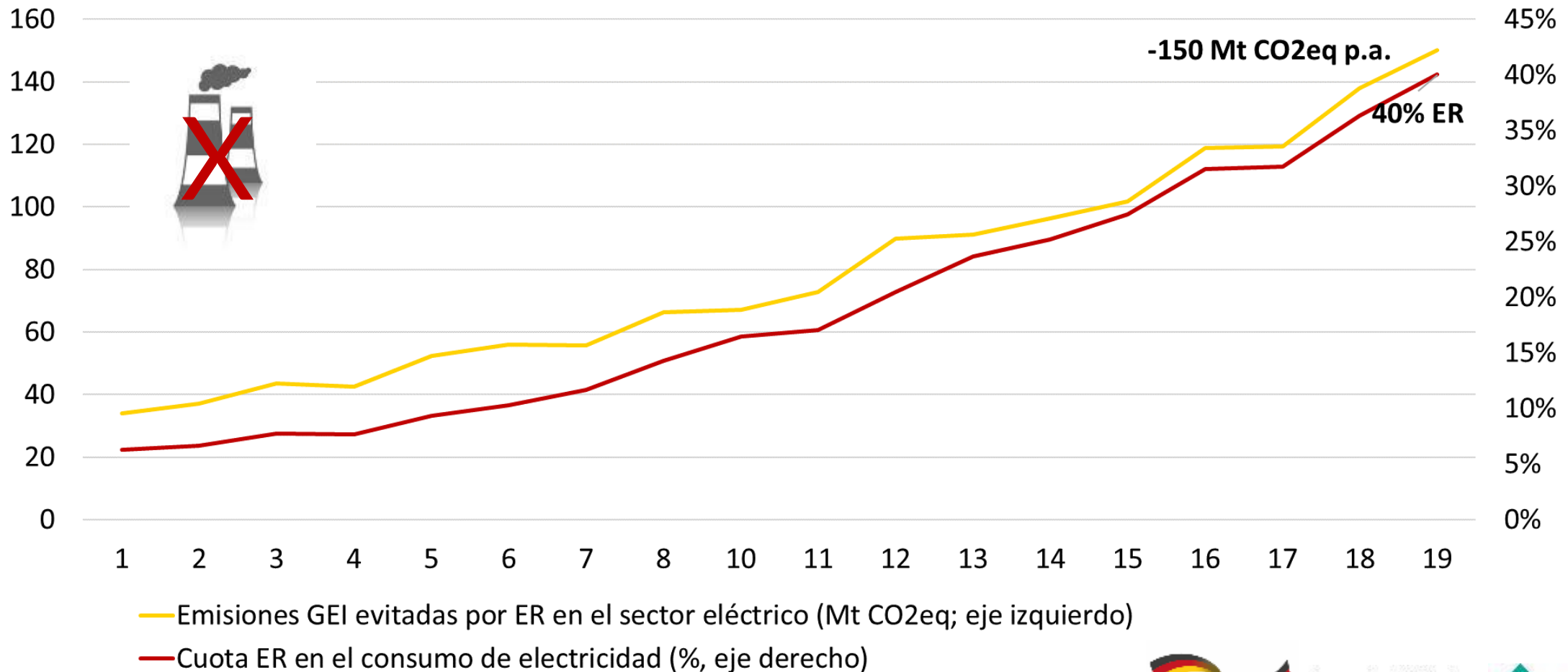


Irradiación Solar (kWh/m^2)



3: Las ER bajan las emisiones de efecto invernadero

Alemania: Cuota de energías renovables (ER) en el consumo de electricidad y mitigación de emisiones efecto invernadero (GEI en Mt CO₂eq) p.a. relacionada



Fuentes: Büro_F 2018, en base de BMWi 2018, UBA 2018, FISE 2018; imagen: Fotolia

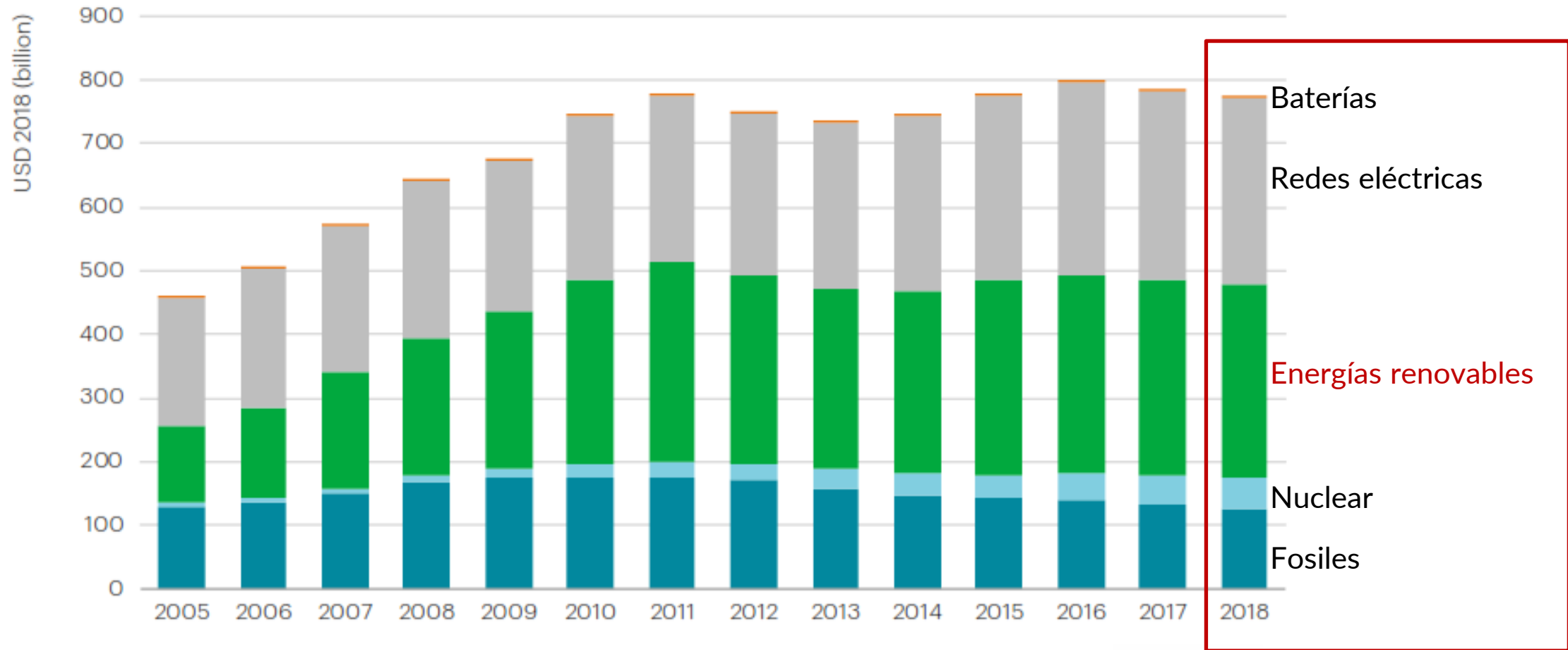


develoPPP.de



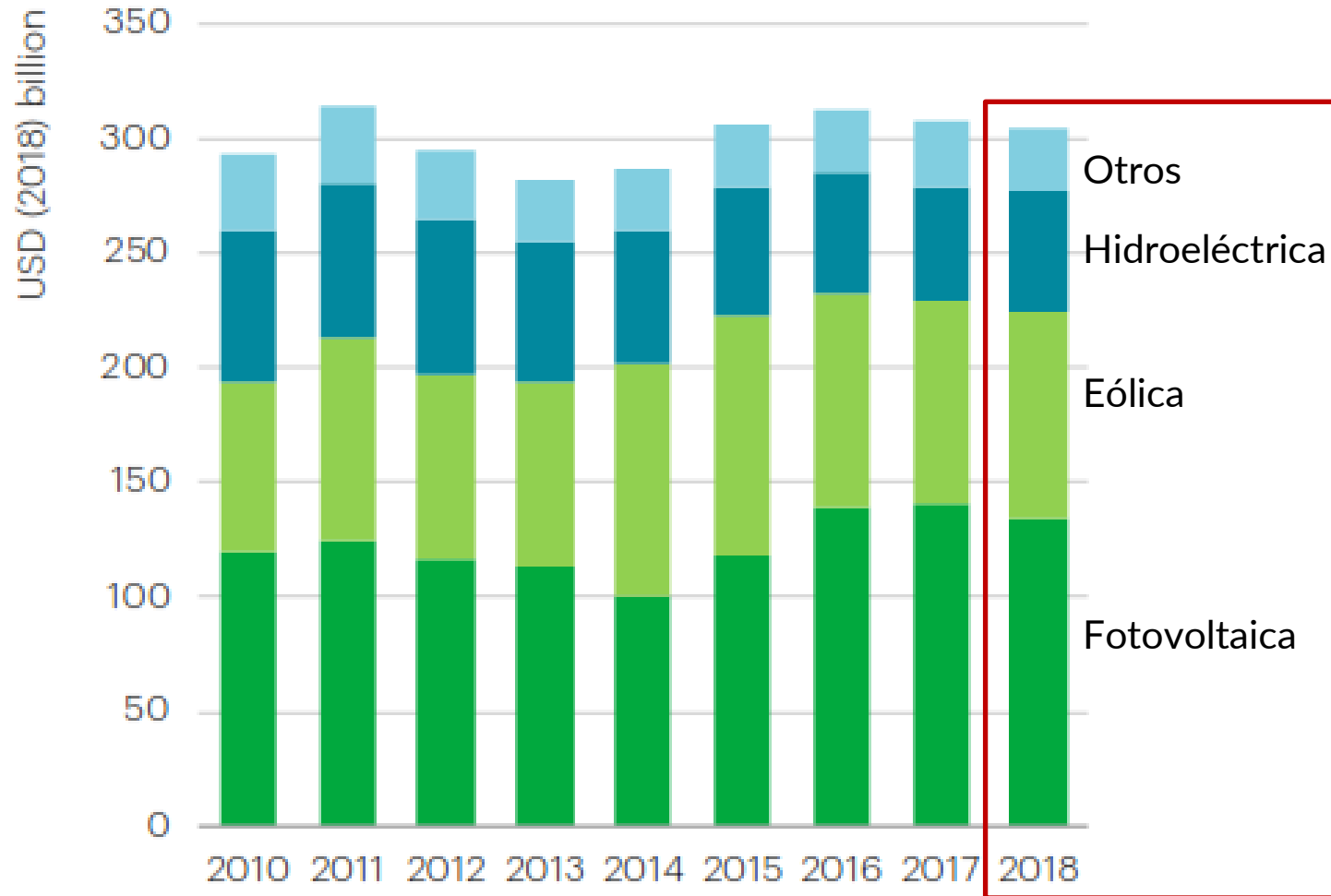
4: Las ER son cada vez más importante en el sector eléctrico

La inversión mundial en el sector eléctrico por tecnología (mil millones de USD 2018)



La mayoría de las inversiones en ER va a plantas de generación fotovoltaica y eólica

Inversiones en energías renovables para la generación eléctrica por tecnología (mil millones de USD 2018)

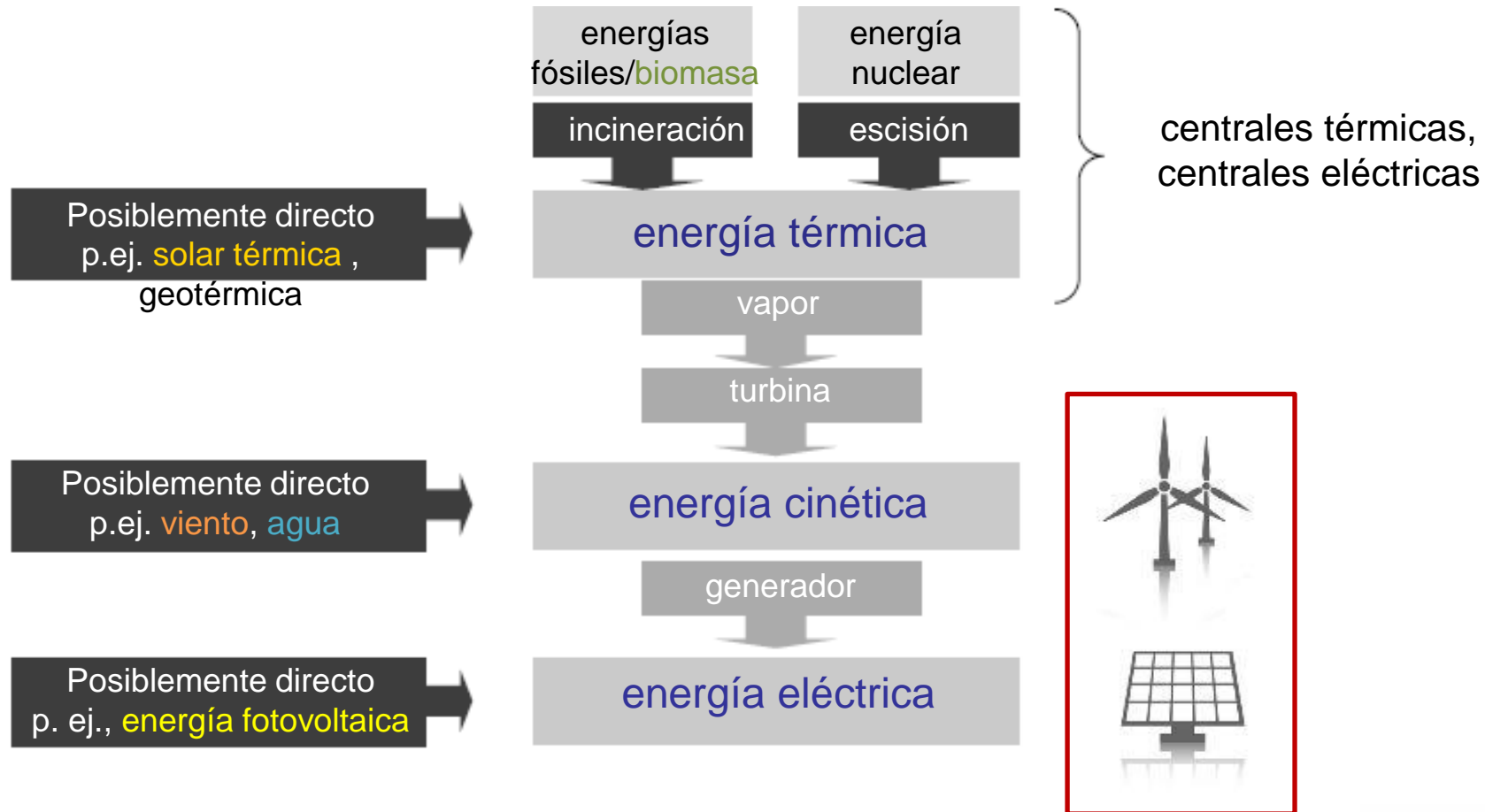


Agenda

1. Porque las energías renovables?
- 2. Tecnologías de energías renovables**
 1. Factor de planta
 2. Energía eólica
 3. Energía fotovoltaica
 4. Baterías solares y almacenamiento
 5. Digitalización
3. Financiación de proyectos de energías renovables
4. Casos de Estudio de Proyectos ER
5. Evaluación de riesgos de proyectos
6. Discusión

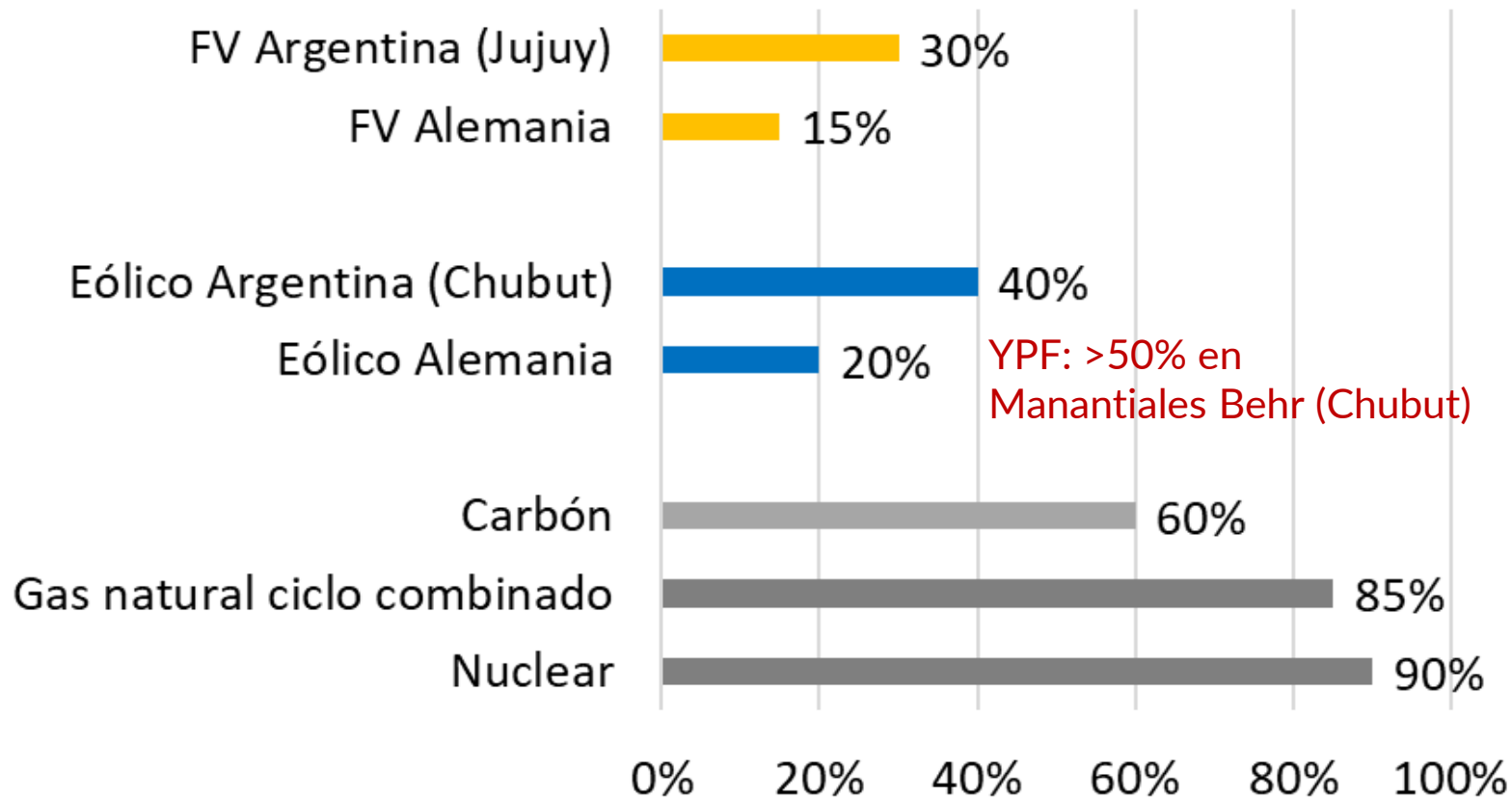
Existen varias tecnologías para la generación eléctrica

Tecnologías para la generación de electricidad



El factor de planta difiere, o sea el rendimiento de energía (MWh) por capacidad de generación eléctrica (MW)

Típicos factores de planta de diferentes tecnologías



La relación entre la electricidad real generada y la cantidad que se generaría si la planta funcionara a plena capacidad durante un año es el factor de capacidad.

El factor de planta es la base para poder traducir el costo de inversión total (\$ por MW) en un costo unitario (\$/MWh)

Formula para calcular el factor de planta

$$\frac{\text{Energía producida en un año por la planta}}{(365 \text{ days}) \times (24 \text{ hours/day}) \times (209.3 \text{ MW})} = 0.477 = 47.7\%$$

875,000 MW·h

Potencia nominal de la planta

Factor de planta (ejemplo de un parque eólico en Dinamarca)

Proyecto de YPF en Manantiales Behr (Chubut)

100 MW capacidad
Factor de planta 50%

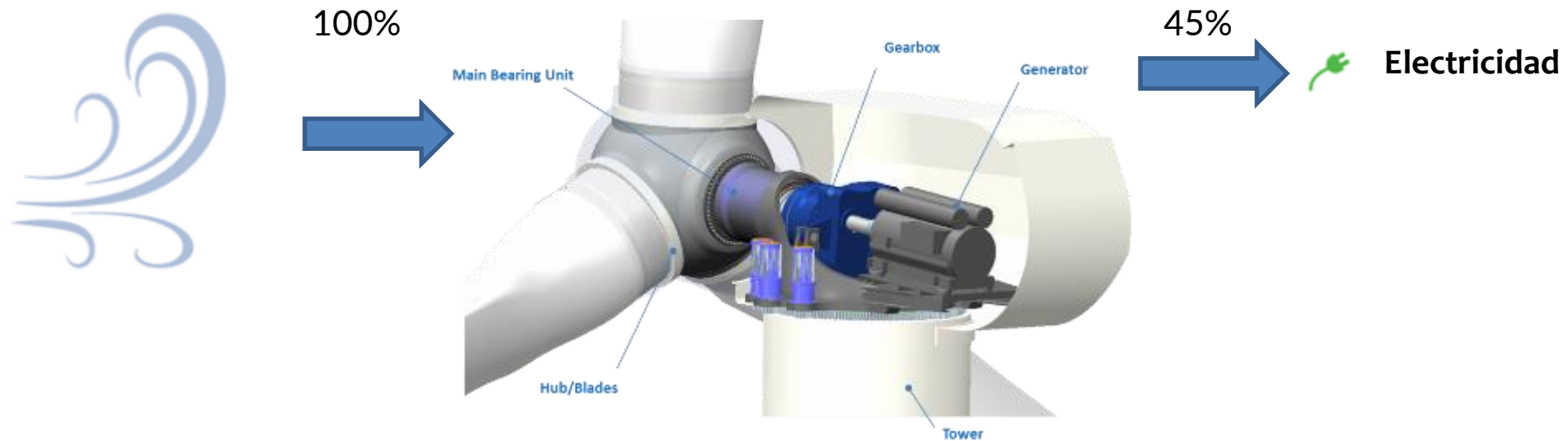
Generación de energía eléctrica por año?

Consumo típico de un hogar: 3.000 kWh/año

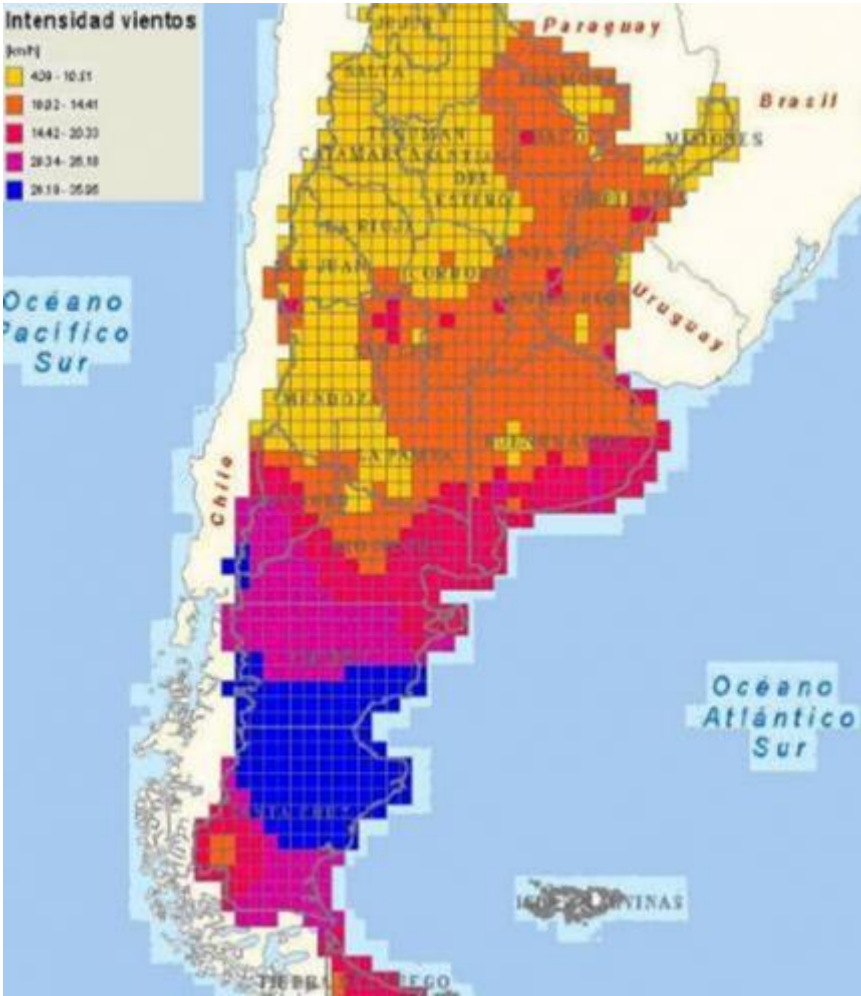
Cuántos hogares pueden ser suministrados?



Hablamos un poco más de la eólica



Intensidad de viento (km/h)



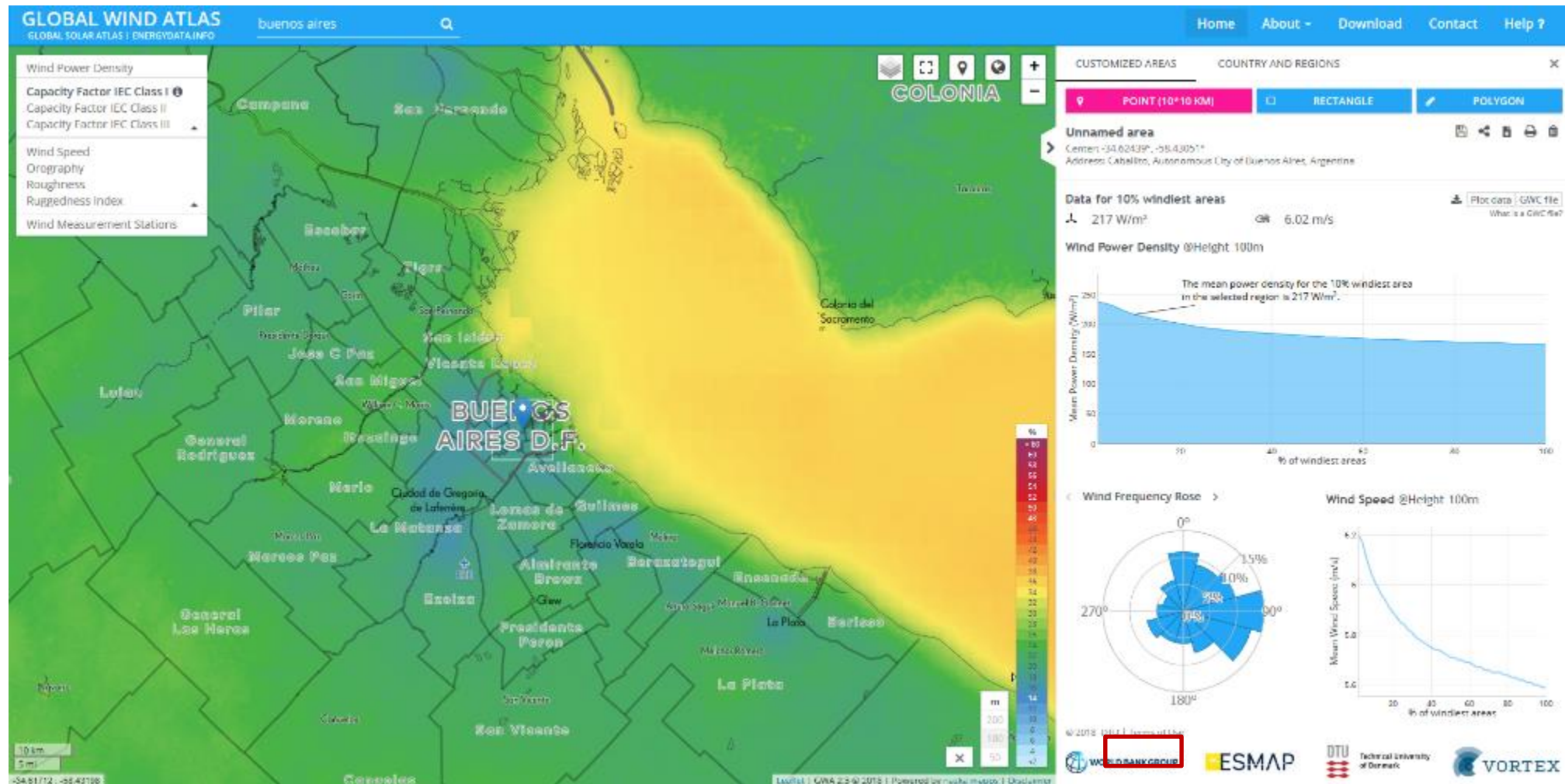
Fuente: Ecyt-Ar
<https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Archivo:Mapaeolicoargentino.jpg>



develoPPP.de



Primera aproximación al potencial eólico y el factor de planta de un sitio



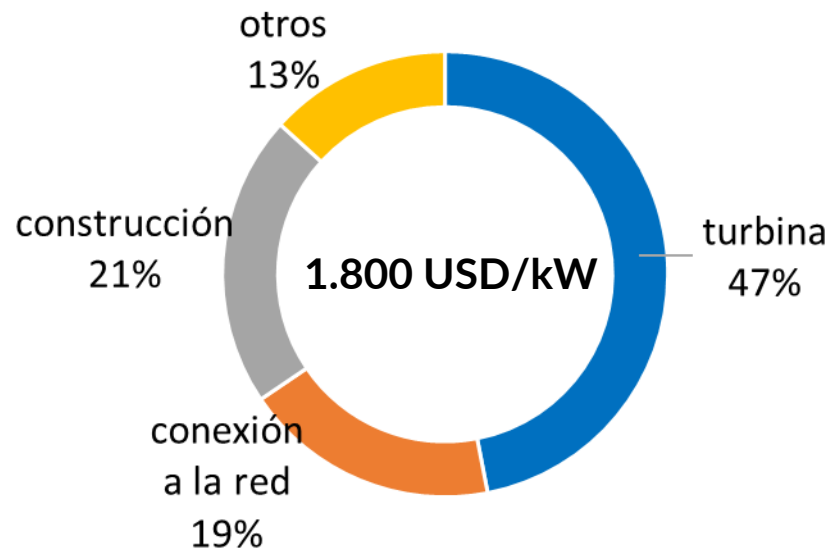
Primera aproximación: fp 18% en Buenos Aires.

mediciones en el sitio específico requerido antes de la instalación del parque eólico

Global Wind Atlas

<https://globalwindatlas.info/>

CAPEX de una planta eólica



Costo de la turbina: rotores, torre y transformador;

Construcción: incluye los costos de construcción para la preparación del terreno y la cimentación de las torres;

Conexión a la red: transformadores y subestaciones, así como la conexión a la red local de distribución o transmisión;

Otros gastos de capital: la construcción de edificios, sistemas de control, gastos de consultoría de proyectos, etc.

2018: costo de turbinas **790-900 USD/kW**

Costo total de instalación(incluyendo la turbina): **1.820 USD/kW** in Brasil y en Alemania, pero 1.640 USD/kW en Australia...

Los 20 fallos de los 30.000 turbinas en Alemania durante el año 2018 (que se hicieron públicos)

Datum	Ort/Windpark	Bundesland	Störfall
12. Okt. 2018	Langenthal	HS	Fuga de aceite
26. Sep. 2018	Schlüsselfeld / LK Bamberg	BY	Tormenta dobla ala
30. Aug. 2018	Meppen (Haren)	NS	El aerogenerador se quema (defecto técnico)
28. Aug. 2018	Angersbach	HS	Daños por tormentas en el campo eólico y en la estación transformadora
12. Aug. 2018	Krackow	MV	El aerogenerador se quema (defecto técnico)
18. Juli 2018	Neresheim/Weilermerkingen	BW	Rotor destrozado después del impacto de un rayo
27. Juni 2018	Gebenbach	BY	El rayo deja un agujero en el rotor
26. Juni 2018	Trendelburg, b. Kassel	HS	El aerogenerador se quema (defecto técnico)
26. Juni 2018	Osterrade/Dithmarschen	SH	El aerogenerador se quema
10. Juni 2018	Gransee/Zabelsdorf	BB	El aerogenerador se quema después del impacto de un rayo
23. Mai 2018	Standenbühl / Breunigweil	RLP	El aerogenerador se quema después del impacto de un rayo
10. Mai 2018	Bergholz/Löcknitz	MV	El aerogenerador se quema después del impacto de un rayo
11. Apr. 2018	Frohburg	SN	El aerogenerador se quema después del impacto de un rayo
17. März 2018	Fahrdorf	SH	La pala del rotor está doblada
8. März 2018	Borchen	NRW	Las palas del rotor se separan y se distribuyen a lo largo de 500 m
27. Jan. 2018	Ganschendorf	MV	Incendiado
20. Jan. 2018	Pömbesen	NRW	Rotor de palas roto
8. Jan. 2018	Wildpoldsried	BY	La pala del rotor está doblada
3. Jan. 2018	Minden	NRW	El aerogenerador está doblado
3. Jan. 2018	Nienburg / Volksdorf	NS	El aerogenerador está doblado

Fuente: ONG Vernunftkraft, "Havarien an Windkraftanlagen in Deutschland"



develoPPP.de



Fases y proceso de desarrollo de proyectos de ER



Hablamos de la fotovoltaica



Fuente: Pixabay

100%



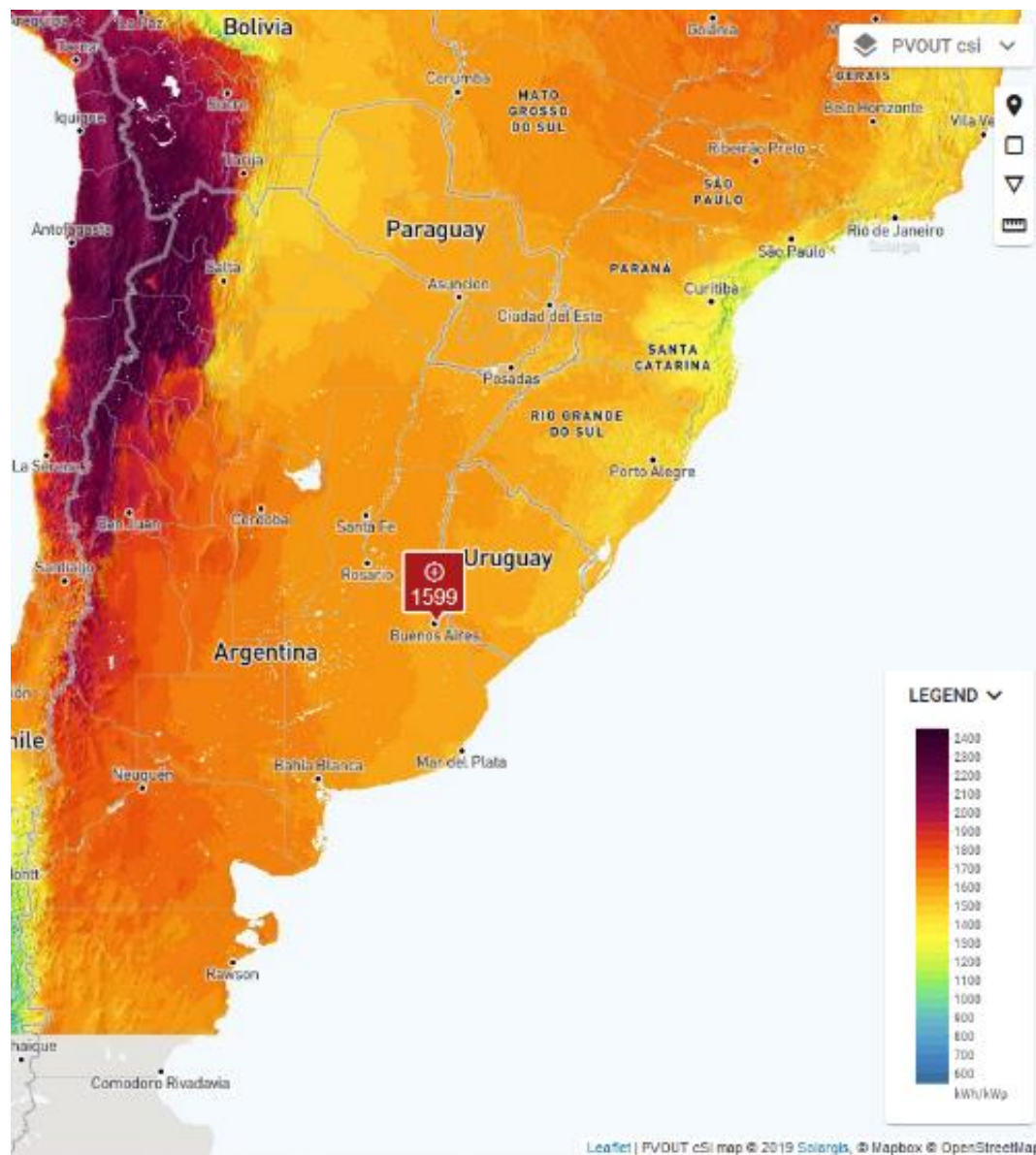
Fuente: BSW Solar

20%



Electricidad

La irradiación solar es un factor esencial para el rendimiento de una planta fotovoltaica



Search: Enter name or geographical coordinates

Provincia de Buenos Aires

Save as project

Provincia de Buenos Aires, Argentina
34°38'00", -58°21'34"

MAP DATA	PROJECT DATA
ELE	10 m
✓ PVOUT csl	1599 kWh/kWp
GHI	1748 kWh/m ²
DNI	1944 kWh/m ²
DIF	572 kWh/m ²
D2G	0.33
GTI opta	1969 kWh/m ²
OPTA	30 / 0 °
TEMP	17.5 °C
CDD	674 degree days
HDD	876 degree days
POPUL	10358 inh./km ²
LANDC	Urban areas
SLO	2 °

Buenos Aires: 1.600 kWh/kWp

Solargis

<https://apps.solargis.com/prospect/map>



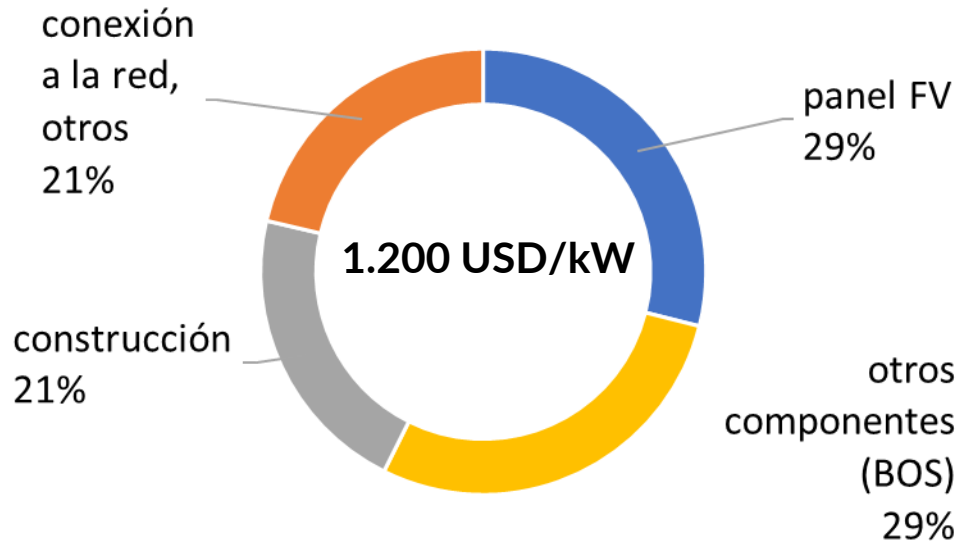
develoPPP.de



Socio del sector privado alemán

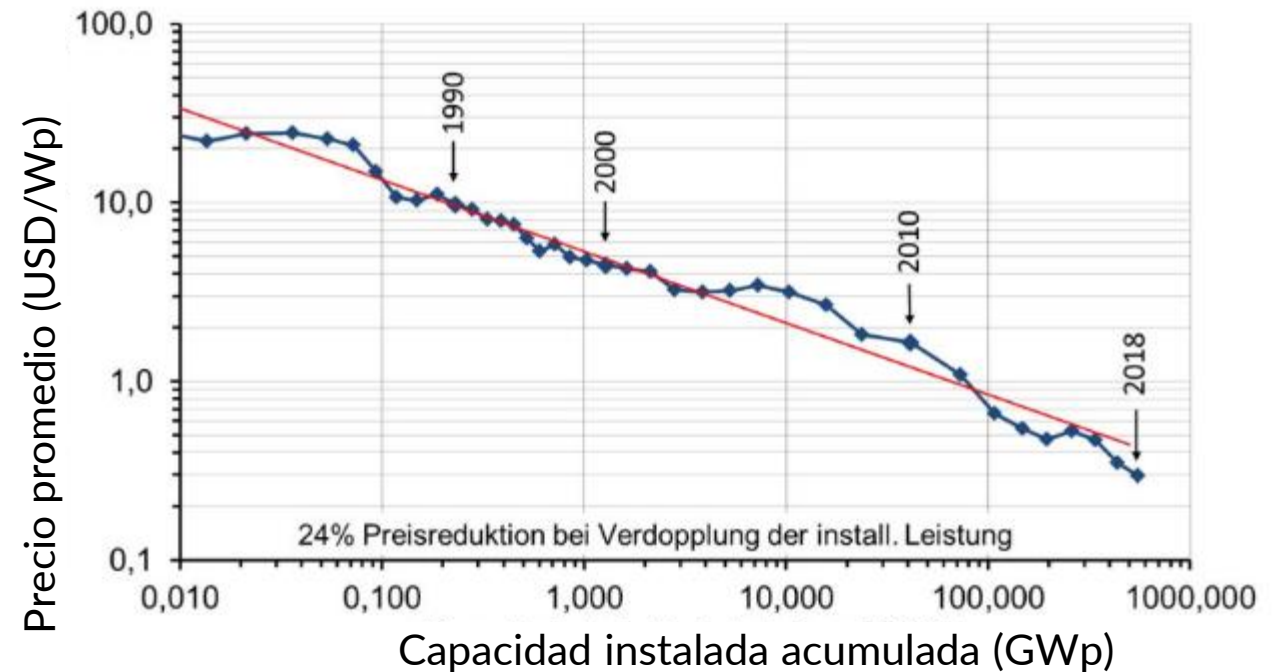
CAPEX de una planta fotovoltaica

Sistema FV de escala industrial



Curva de aprendizaje de paneles FV:

-24% con cada duplicación de la capacidad instalada acumulada




2018: costo de paneles fotovoltaicos **300-400 USD/kW**

Costo total de instalación de granjas FV (incluyendo los componentes): **1.210 USD/kW** promedio mundial ponderado

Paneles policristalinos son los paneles estándar

	Paneles de silicio monocristalino	Paneles de silicio policristalino	Paneles de película fina (p. ej. CIGS o CdTe)
Eficiencia (bajo condiciones de prueba estándar)	16 – 20 %	15 – 18 %	8 – 12 %
Efecto de poca luz o alta temperatura	Pérdidas de eficiencia	Pérdidas de eficiencia	Pocas pérdidas de eficiencia
Precios	0,40 €/Wp	0,35 €/Wp	0,30 €/Wp
Duración de la vida	Alta (mas que 20 años)	Alta (mas que 20 años)	Medio (hasta 20 años)
Fabricantes	Hanwha Q Cells, Jinko, Trina, JA Solar, Canadian	Hanwha Q Cells, Jinko, Trina, JA Solar, Canadian	First Solar, Avancis, Hanergy


Fuente: Büro_F 2018

Bloomberg
NEW ENERGY FINANCE

„Tier-1 PV module manufacturers“



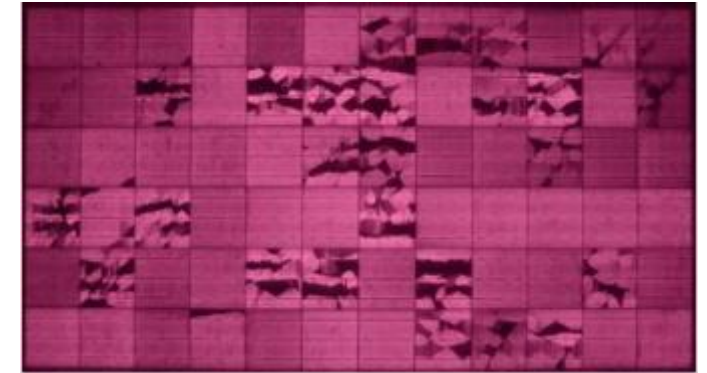
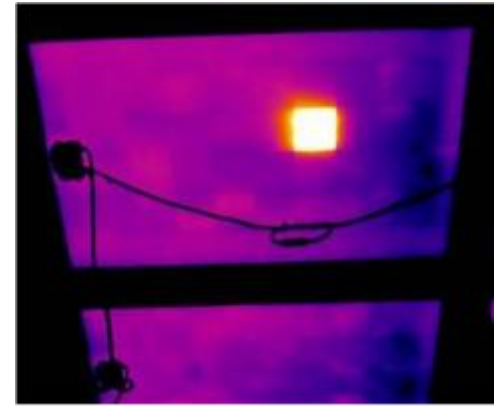
develoPPP.de



Punto clave: la calidad de los paneles fotovoltaicos

Problemas frecuentes a nivel del panel FV

1. Puntos calientes como resultado de sombra parcial (**Hotspots**)
2. Degradación inducida por el potencial (**PID**) – degradación asociada con tecnología de células de contacto trasero y paneles de capa fina
3. **Degradación** inducida por la luz (LID)
4. **Mala laminación**
5. Fisuras y microfisuras
6. Mala soldadura
7. Cajas de conexión defectuosas
8. Errores en la instalación



Imágenes: PI Berlin, https://www.pi-berlin.com/es/empresa/pi-berlin_es.html

Inversores – Corriente directa (DC) a corriente alterna (AC)

	Micro-inversores	Inversores de cadenas	Inversores centrales
Características	<ul style="list-style-type: none"> - Conectado directamente al módulo solar individual - Hace posible el monitoreo a nivel de módulo - Ventajas si hay módulos sombreados o dañados - Usualmente costos más altos por kilovatio 	<ul style="list-style-type: none"> - Para plantas de pequeño o medio tamaño - Distintos MPP-Trackings (para optimización) para cada cadena (de varios módulos) - Monitoreo solo al nivel de cadena 	<ul style="list-style-type: none"> - Para plantas grandes de varios megavatios - Usualmente costos más bajos por kilovatio
Fabricantes	Enphase, AEconversion, SMA, ABB, ...	SMA, Kostal, Fronius, Kaco, Solarmax, Siemens, Delta, Sungrow, Solaredge, Victron, Zeversolar, ...	SMA, ABB, Siemens, Fronius, Power One, Delta, Sungrow, Victron, Schneider Electric, ...

Diferencias de calidad de los inversores

Eficiencia, longevidad y funciones adicionales

1. Eficiencias de mas de 95 % (sin transformadores)
2. Vida de más de 10 años
(plantas FV deben funcionar mas que 20 años)
3. Cuantas más funciones adicionales, mejor?

⇒ depende de la aplicación!

Sistemas de montaje – Seguridad para los paneles

	Sistemas fijas	Sistemas de seguimiento	Sobre superficies de agua
Características	<ul style="list-style-type: none"> - Para plantas grandes sobre terreno - costos más bajos por kilovatio - usualmente de acero 	<ul style="list-style-type: none"> - Para regiones con mucha radiación solar directa - seguimiento uniaxial o biaxial - costos más altas pero hasta un 20 % más de rendimiento energético 	<ul style="list-style-type: none"> - Sobre lagos y embalses - más rendimiento energético por el enfriamiento de paneles - Todavía raro
Fabricantes	Schletter, Zimmermann PV Stahlbau, K2 Systems, MP Tec, Mounting Systems, Ideematec, Renusol, S:Flex, ...	DEGERenergie, NEXTracker, Exosun, Ideematec,...	Ciel et Terre, NRG Island, APEX Energy, ...

Seguridad durante tormentas y caídas de nieve

El sistema correcto también depende de la ubicación geográfica

1. Certificados para carga de viento

- Windgeschwindigkeit 22,1 m/s = Windzone 1
- Windgeschwindigkeit 25,0 m/s = Windzone 2
- Windgeschwindigkeit 27,5 m/s = Windzone 3
- Windgeschwindigkeit 30,0 m/s = Windzone 4

2. Certificados para carga de nieve

- 0,65 kN/m² = Schneelastzone 1
- 0,81 kN/m² = Schneelastzone 1a
- 0,85 kN/m² = Schneelastzone 2
- 1,06 kN/m² = Schneelastzone 2a
- 1,10 kN/m² = Schneelastzone 3

Otro punto clave: el diseño y la instalación del parque.

P.ej. una sombra parcial de un panel significa **-10% de rendimiento de toda la cadena**

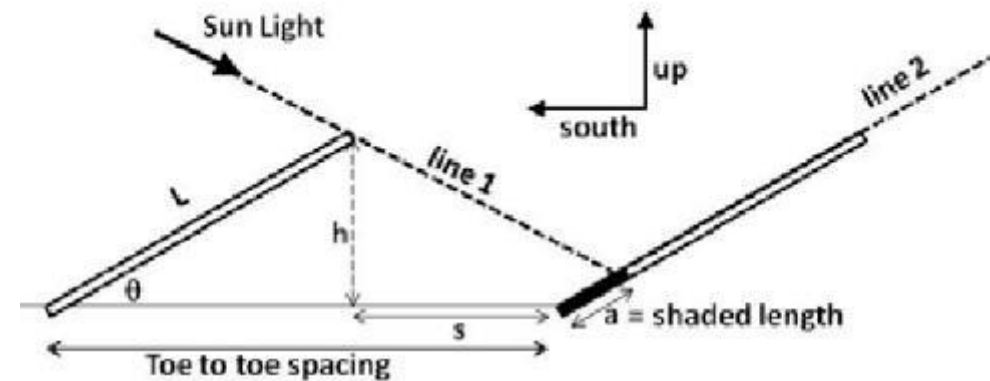


Imagen: <http://www.dgs-berlin.de/de/engineering/angebotphotovoltaik.html>

Fuente y imagen: A.D. Cronin, https://www.researchgate.net/figure/PV-systems-with-shade-from-one-row-on-another-Top-Modules-from-system-S1-at-the-TEP_fig2_224186834

Como se puede evitar estos problemas?

Antes de la compra

Anunciar una inspección de los componentes por un laboratorio de pruebas certificado

-> te llegan mejores paneles y componentes

1. Pruebas a largo plazo en la cámara climática
2. Pruebas de carga mecánica
3. Auditorías de producción y de la instalación
4. Control de certificados

Durante de la operación

1. Encargar otra empresa que la constructora de la operación del sistema
2. Controles visuales
3. Monitoreo automatizado (p.ej. a nivel de strings o de paneles)
4. Medir características eléctricas
5. Termografía
6. Electroluminiscencia
7. Flash-Tests



Resumen

**La calidad de los componentes y de la instalación
determine el rendimiento
a lo largo de los >20 años de operación**

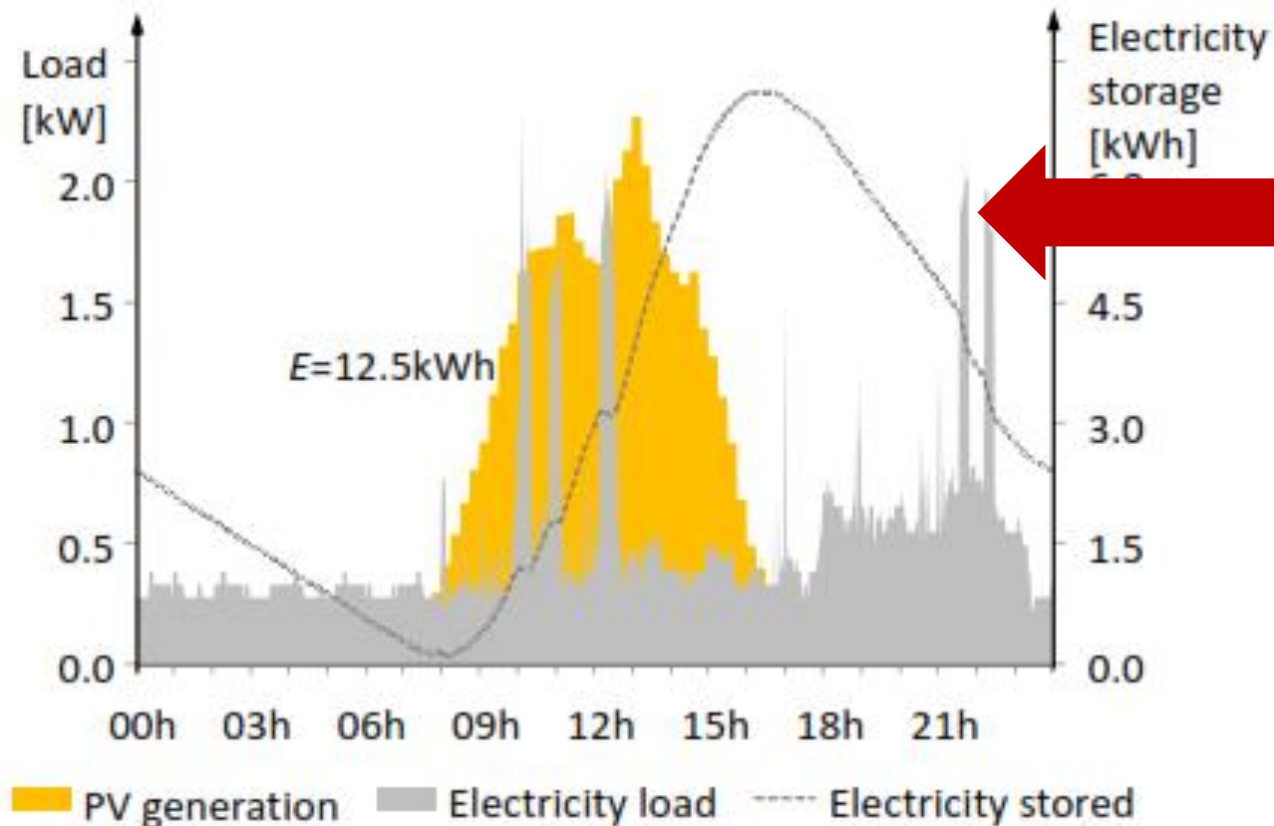
Hablamos de las baterías solares



Foto: Solarwatt

Sistemas de almacenamiento ajustan generación fluctuante de energías renovables con el consumo

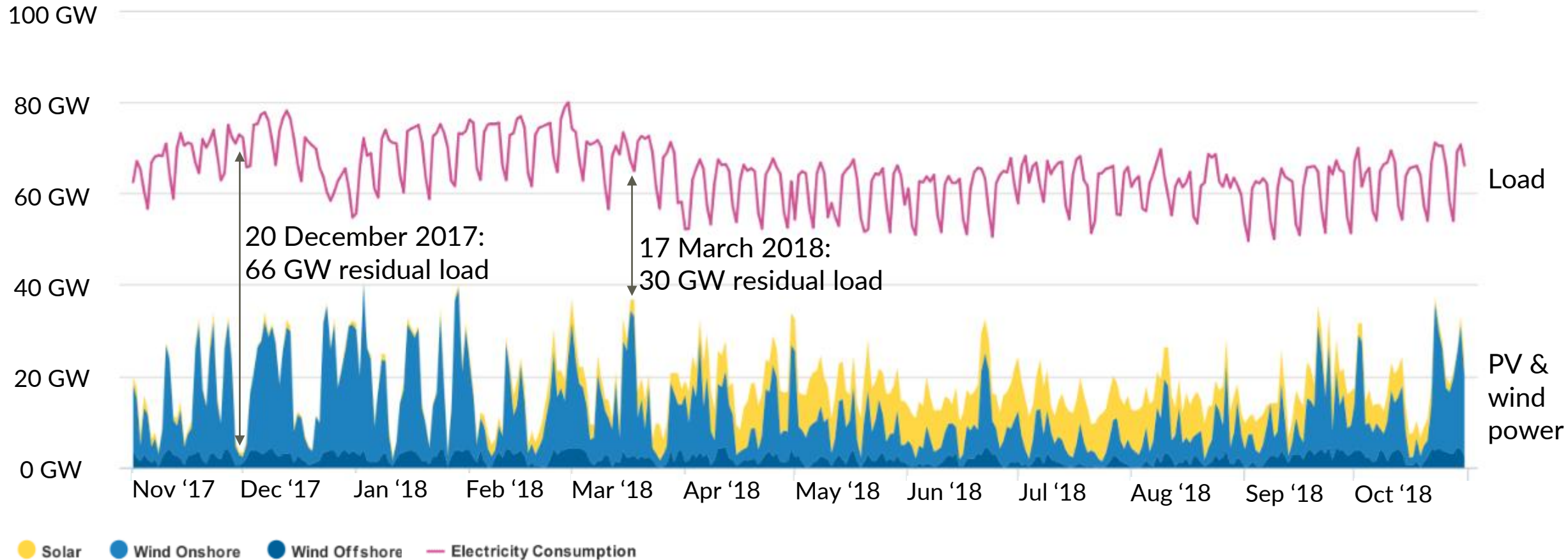
Simulación de demanda, generación, y almacenamiento para un hogar residencial en Alemania



Storage: el "eslabón perdido" de la transición energética!!

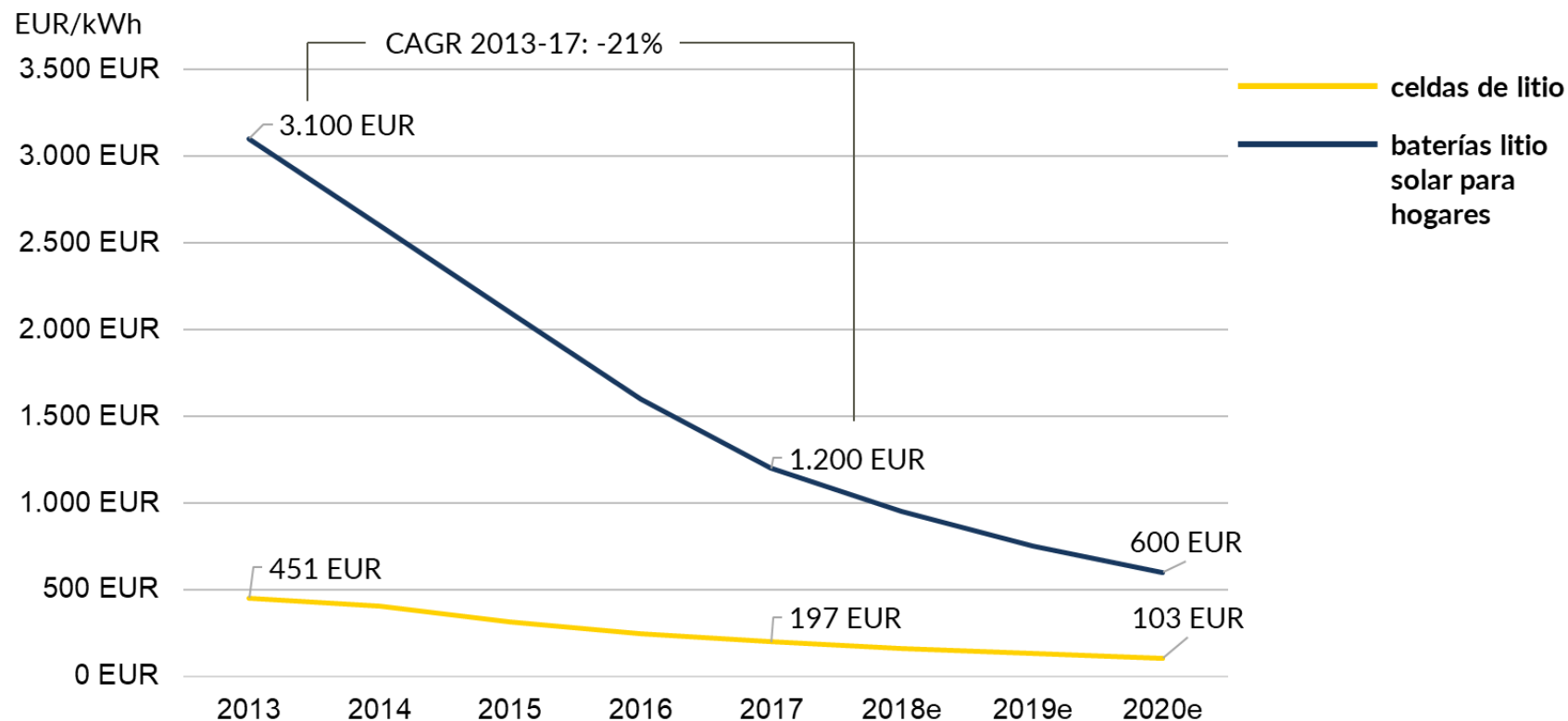
Matching renewable generation with the load is the greatest challenge

Wind and photovoltaic power generation and electricity consumption in Germany (Nov 2017 – Oct 2018)



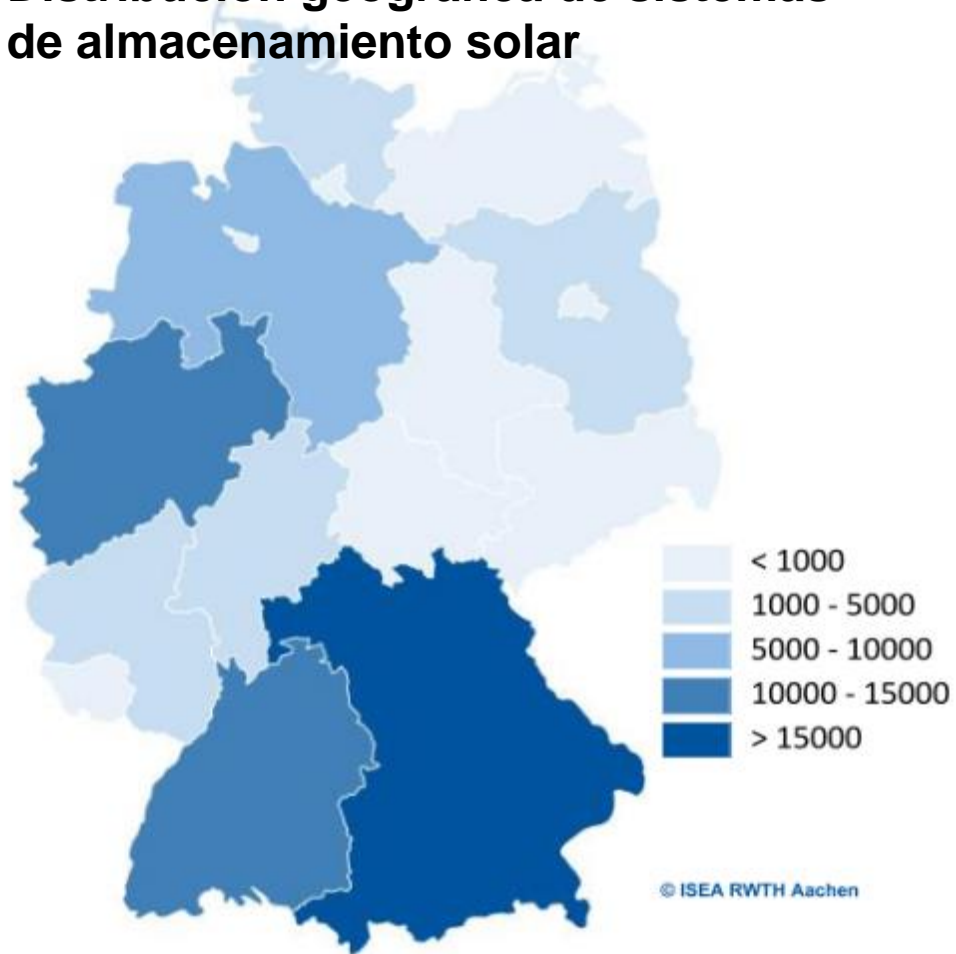
Los precios de baterías de litio bajan por unos 20% p.a.

Precios de baterías de litio (EUR/kWh capacidad de energía almacenable)



Baterías solares son muy de moda en Alemania, cada segunda planta FV nueva ya viene con batería

Distribución geográfica de sistemas de almacenamiento solar



Source: FZ Jülich 2018

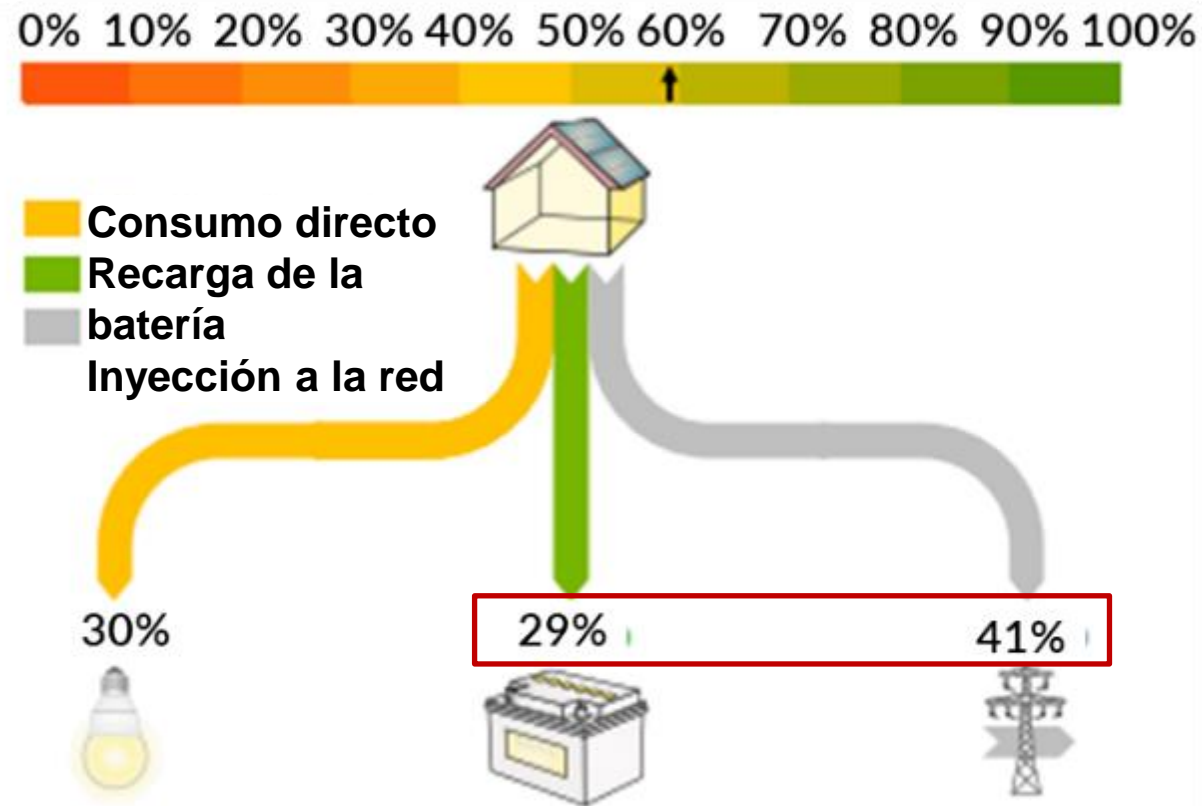
2018: ~100,000 sistemas de almacenamiento solar instalados



Foto: Solarwatt

Sistemas de baterías bajan la inyección de energía a la red

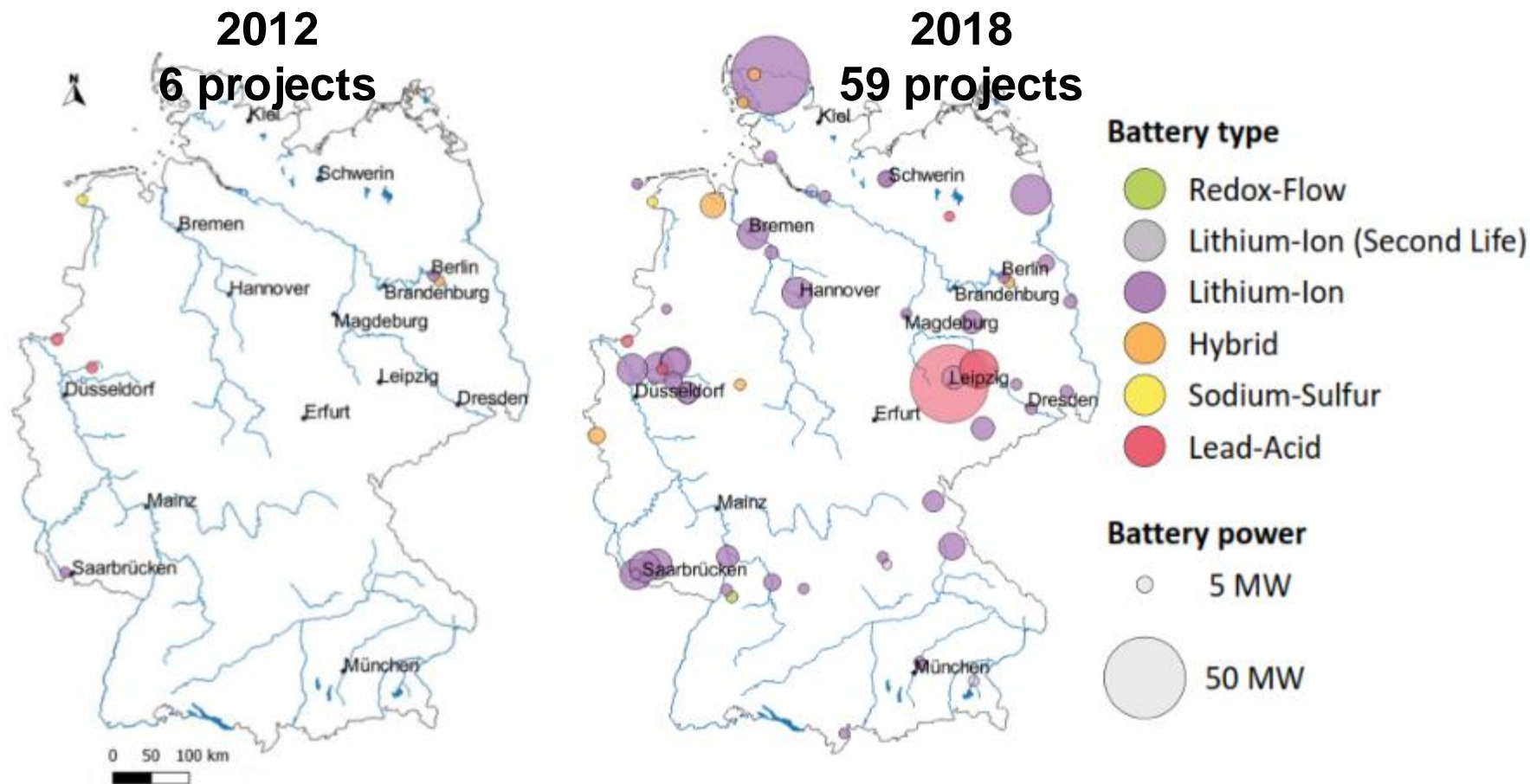
Autoconsumo FV con batería



- 30% direct consumption
 - 29% charging of the battery system,
 - 41% grid feed-in
- > self-consumption share 59%
- annual power demand: 4.000 kWh
 - PV capacity 4 kWp
 - usable storage capacity 4 kWh

Proyectos de baterías de gran escala >1 MW están en auge, mayormente para control de frecuencia (mercados de ajuste)

Locaciones de proyectos de almacenamiento con baterías



Beside primary control, more business models for lithium batteries are evolving

Business models for storage applications

Specific operation site	Site independent
Power supplier	<ul style="list-style-type: none">▪ provision of balancing power▪ trading on day ahead- and intraday markets▪ integration into virtual power plants and balancing groups, e.g. for regional electricity rates / provision of residual load for prosumers
Power consumer	
Prosumer	
Grid operators	
<ul style="list-style-type: none">▪ improvements balancing group▪ compensation for fluctuating power output	
<ul style="list-style-type: none">▪ improvements of security of supply▪ voltage quality▪ peak load management▪ reduction of network charges▪ load shedding▪ reactive power	
<ul style="list-style-type: none">▪ increase of PV self-consumption share	
<ul style="list-style-type: none">▪ better utilization of existing grid infrastructure / peak shaving▪ black start services▪ congestion management▪ reduction of redispatch services	

In Germany, a 2 MW large-scale battery system costs around 600-900 EUR/kW

First tender offers in a 2018 tender process for a 2 MW battery storage project in Germany (7 bids in total)

	Minimum	Average	Maximum
Usable net storage capacity (MWh)	1.9	2.2	2.7
CAPEX in EUR/MW	602,116	815,501	950,000
OPEX in EUR/y without marketing of PRC	14,500	24,060	32,000
Yield PRC (EUR/y)	158,000	179,575	200,000

- Most of the large-scale storage plants >1 MW capacity aim at participating in the markets for primary control reserve.
- The current boom may lead to a cannibalization effect where the increasing numbers of market participants with a rather identical offer result in an over-supply situation and hence falling prices.
- Appliances for commercial and industrial customers are becoming a more and more important segment, but profitability is unclear.
- Peak shaving for distribution grid operators is still in pilot phase.

Sistemas de litio son bastante nuevos - normativas para aseguramiento de calidad están en proceso

Documentos iniciales

1. Guía de seguridad (Sicherheitsleitfaden, 2014)
 - 41 objetivos de protección, así como requisitos de seguridad para sistemas residenciales
2. Guía de la eficiencia (Effizienzleitfaden, 2017)
 - Pérdidas de la batería
 - Pérdidas del inversor
 - Pérdidas del sistema de gestión de energía
 - Consumo de energía del sistema total
3. Funciones adicionales (ejemplos)
 1. Construcción de una red eléctrica separada
 2. Alimentación ininterrumpida
 3. Integración de de otros componentes



Normas importantes para la conexión y operación de baterías en redes de distribución

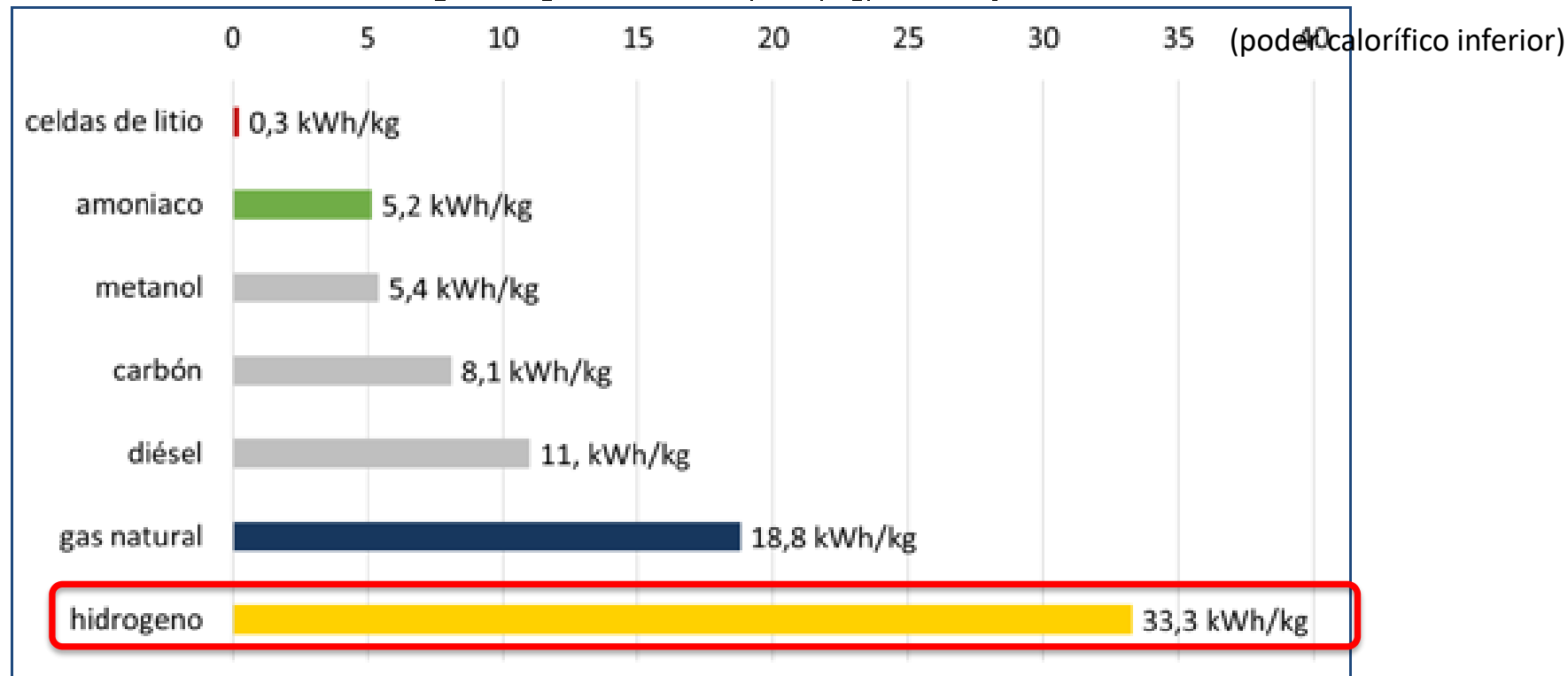
Norma	Descripción
VDE-AR-N 4105	Plantas de generación en la red de baja tensión - Requisitos técnicos mínimos para la conexión y el funcionamiento paralelo de las plantas de generación en la red de baja tensión. (última versión: 2011 – actualmente en revisión para incluir sistemas de almacenamiento explícitamente)
DIN V VDE V 0124-100	El estándar DIN sirve como prueba de los requisitos eléctricos para las unidades generadoras según VDE-AR-N 4105 (2013)
VDE-AR-N 4400	Metrología de electricidad (Metering Code) - estándar general para la adquisición y transmisión de datos de medición (2011)
VDE-AR-N 4101	Requisitos para estaciones de medidores en sistemas eléctricos en la red de baja tensión. Especificaciones para medidores inteligentes (última versión: 2015)
VDE-AR-E-2510-2	Requisitos de seguridad para baterías y sistemas de batería. Define cómo deben instalarse, operarse, desmontarse y desecharse. (última versión: 2001)
VDE-AR-N 4100	Las reglas técnicas de conexión de consumidores de electricidad, sistemas de almacenamiento en redes de baja tensión. Norma en preparación.
IEC 61427	Este estándar internacional describe cómo se deben operar los sistemas de almacenamiento conectado a la red eléctrica para que posibles interferencias en la cual no afecten el funcionamiento y la seguridad del sistema.
IEC 61427-1	La parte 1 del estándar está dedicada al almacenamiento <i>sin</i> conexión a la red pública
IEC 61427-2	La parte 2 del estándar está dedicada al almacenamiento <i>con</i> conexión a la red pública

Fuente: VDE 2016, p. 9.

Algunas Ventajas del Hidrógeno Verde:

- Características físicas: Alto valor calorífico gravimétrico (3 veces más que el diésel)
- Reduce a 0 las emisiones de GEI

Ilustración 3 Densidades energéticas gravimétricas (kWh/kg) en comparación

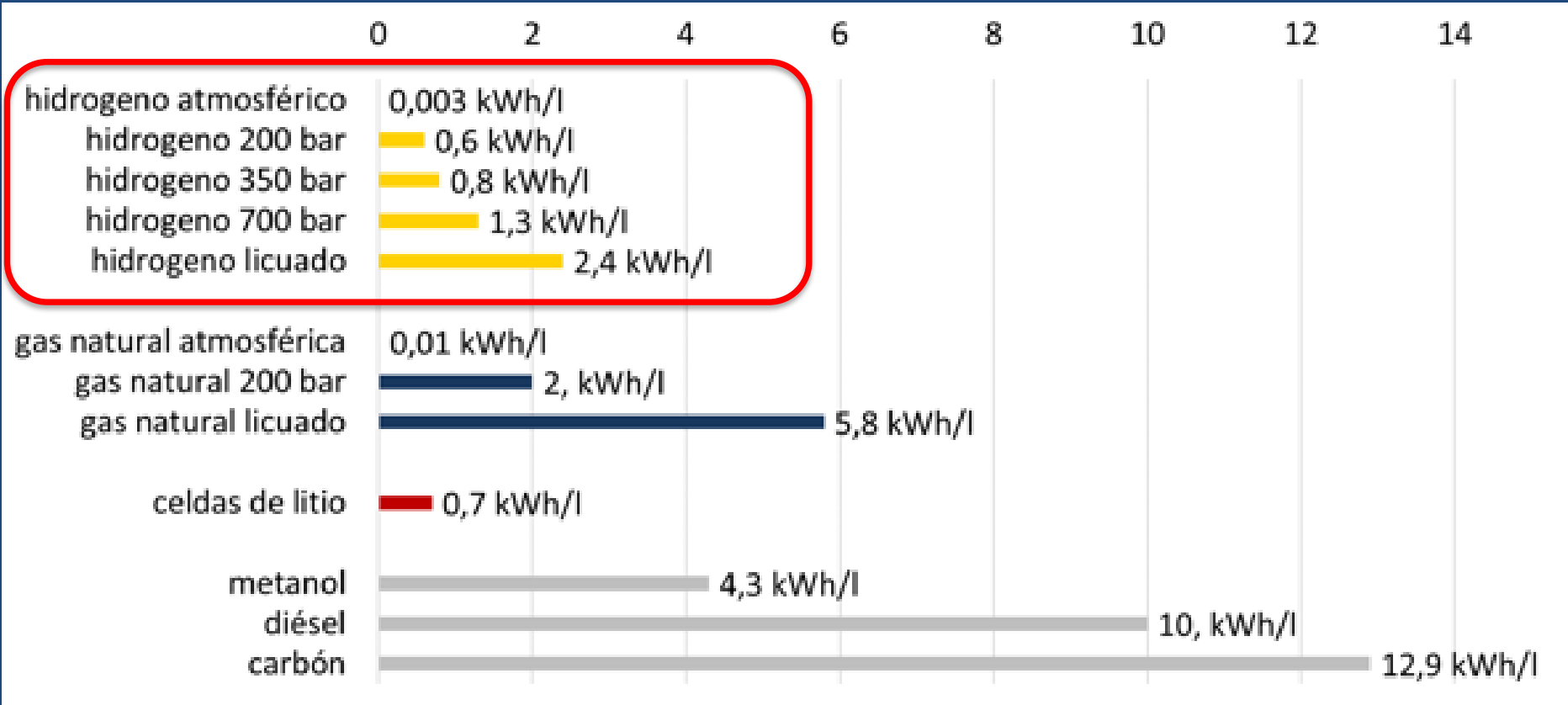


Fuentes: Lehmann 2014, p. 75; Fraunhofer ISI, 2015 p. 11.

Algunas Desventajas del hidrógeno verde:

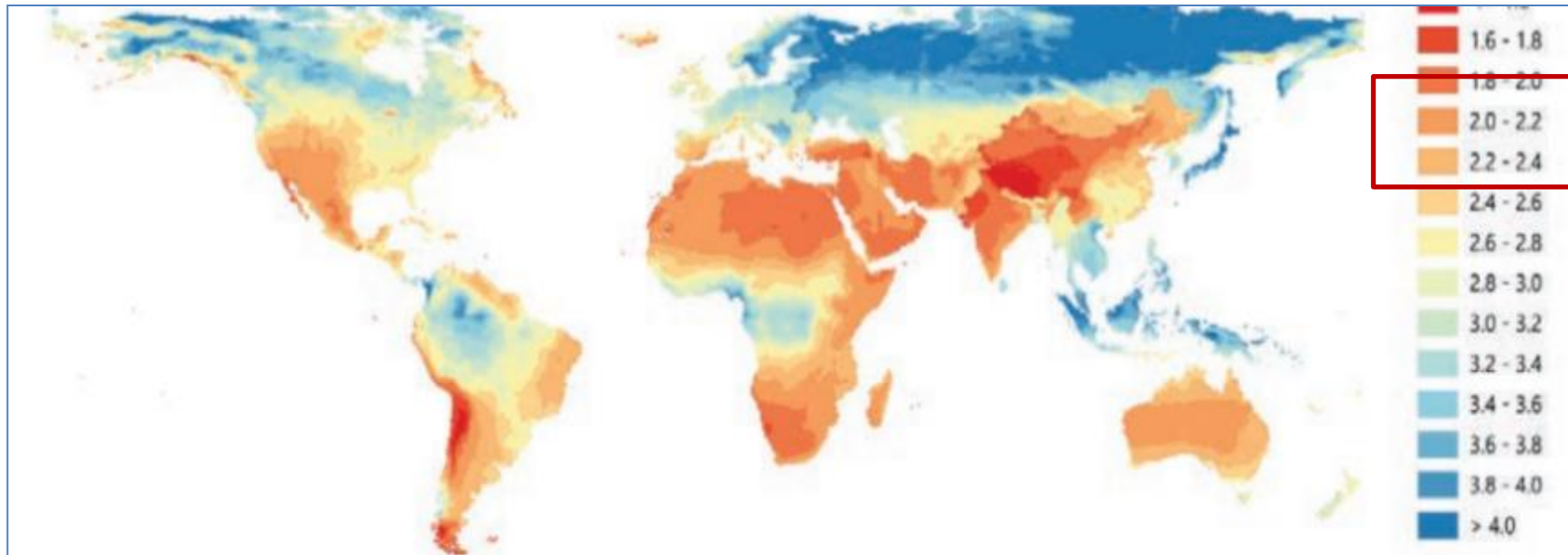
- Bajo valor calorífico volumétrico
- Aún existe una brecha de precios con combustibles fósiles

Ilustración 4 Densidades energéticas volumétricas (kWh/l) en comparación (poder calorífico inferior)



Fuente: Lehmann 2014, p. 75; Fraunhofer ISI, 2015 p. 11.

Costos de hidrógeno producido en plantas híbridas de energía solar fotovoltaica y eólica a largo plazo



Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. Electrolyser CAPEX = USD 450/kW_{el}, efficiency (LHV) = 74%; solar PV CAPEX and onshore wind CAPEX = between USD 400–1 000/kW and USD 900–2 500/kW depending on the region; discount rate = 8%.

Source: IEA analysis based on wind data from Rife et al. (2014), NCAR Global Climate Four-Dimensional Data Assimilation (CFDDA) Hourly 40 km Reanalysis and solar data from renewables.ninja (2019).

Contexto: Ventaja comparativa

Reciente estudio de la IEA calculó costo de producción de H₂ a condiciones óptimas más bajo alcanzable de 2.1 USD/kg basado en simulaciones de planta híbrida FV-eólica en Taltal:

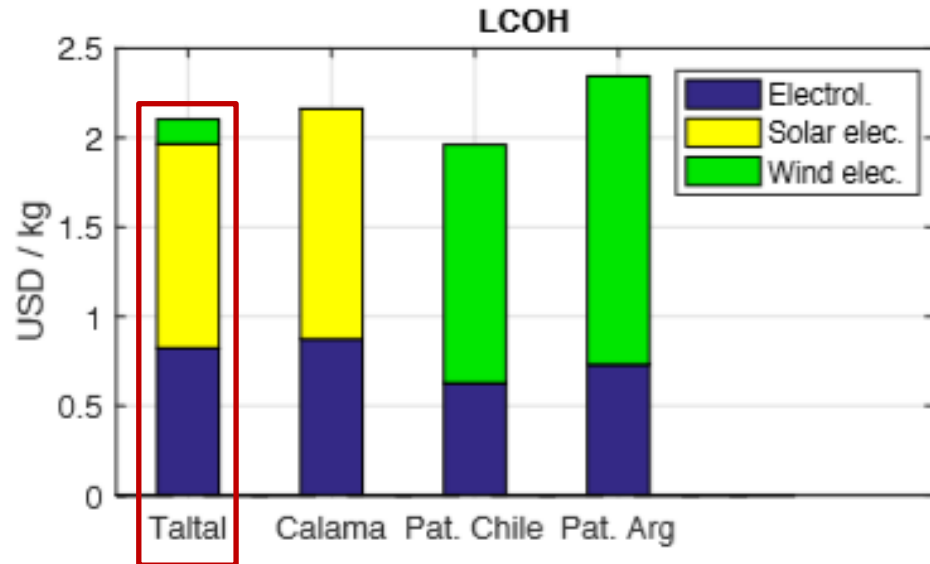


Fig. 9: Optimal LCOH for hybrid H₂ plants in our four locations. Each for the considered unit.

Fuente: IEA (2019).

	Taltal	Calama	Pat. Chile	Pat. Arg.
Capacity factor solar (%)	33.9	32.9	15.1	22.5
Capacity factor wind (%)	43.8	35.6	51.8	52.7
LCOE solar (USD/MWh)	25.9	26.7	58.4	48.4
LCOE wind (USD/MWh)	35.8	44.1	28	33.8
Capacity solar a _s [*]	1.21	1.27	0	0
Capacity wind a _w [*]	0.082	0	1.19	1.18
Hybrid load CF [*] (%)	44.3	41.4	61.5	62.2
curt [*] (%)	0.58	1.3	0.35	0.18
hybridisation cost reduction (%)	0.21	0	0	0
LCOH [*] (USD/kg)	2.1	2.16	1.96	2.35

Table 6: Summary of optimal parameters for hybrid H₂ plants

Otra tendencia importante: la digitalización

Digitalization technologies manage the new complexity of the energy system

Areas of application in the digitalization of the energy industry

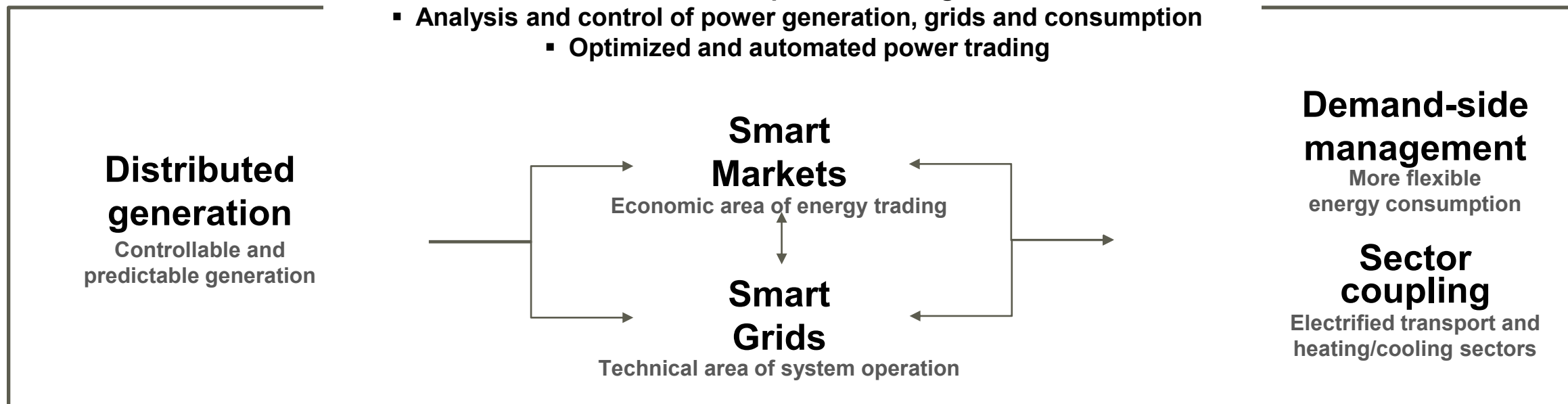
Generation

Matching generation & consumption

Consumption

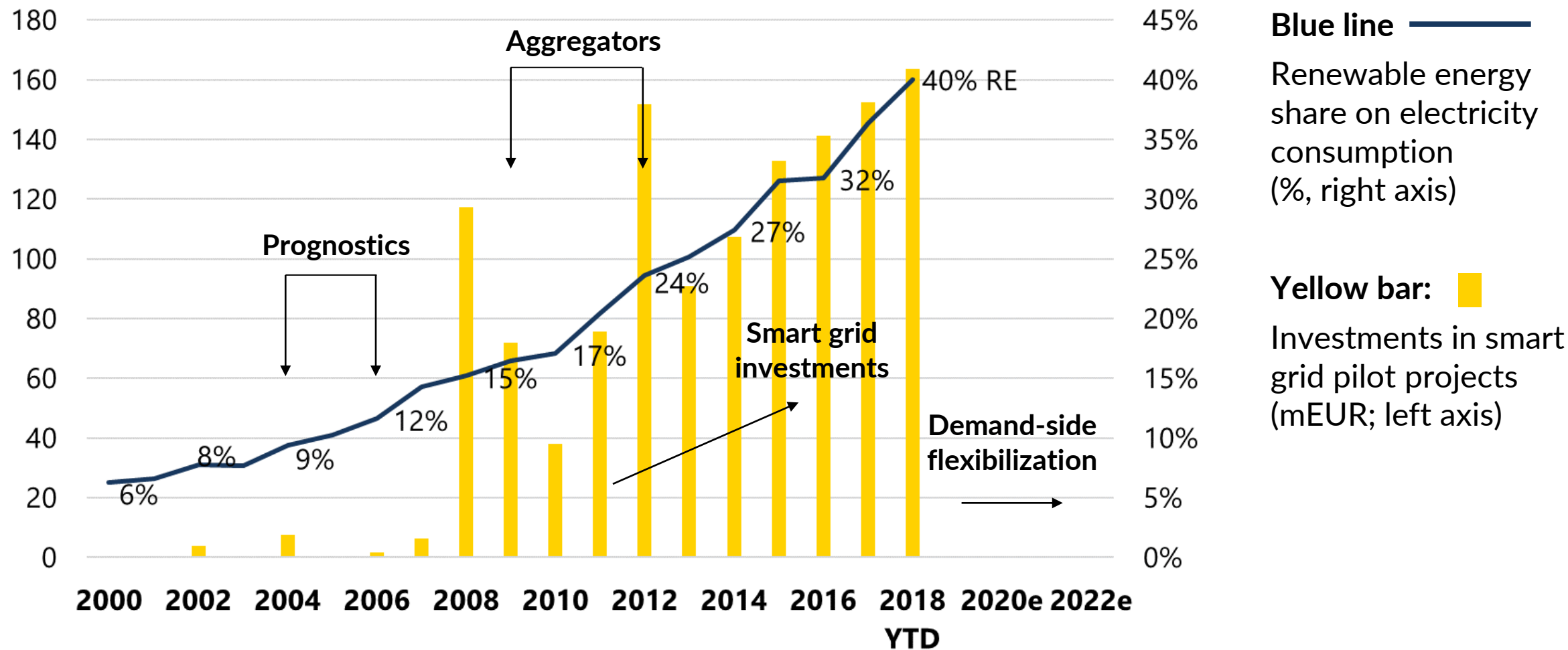
Digitization of the energy system

- Connection of the different components through communication links
 - Analysis and control of power generation, grids and consumption
 - Optimized and automated power trading



Digital processes are pivotal for integrating increasing shares of renewable energies into the power system

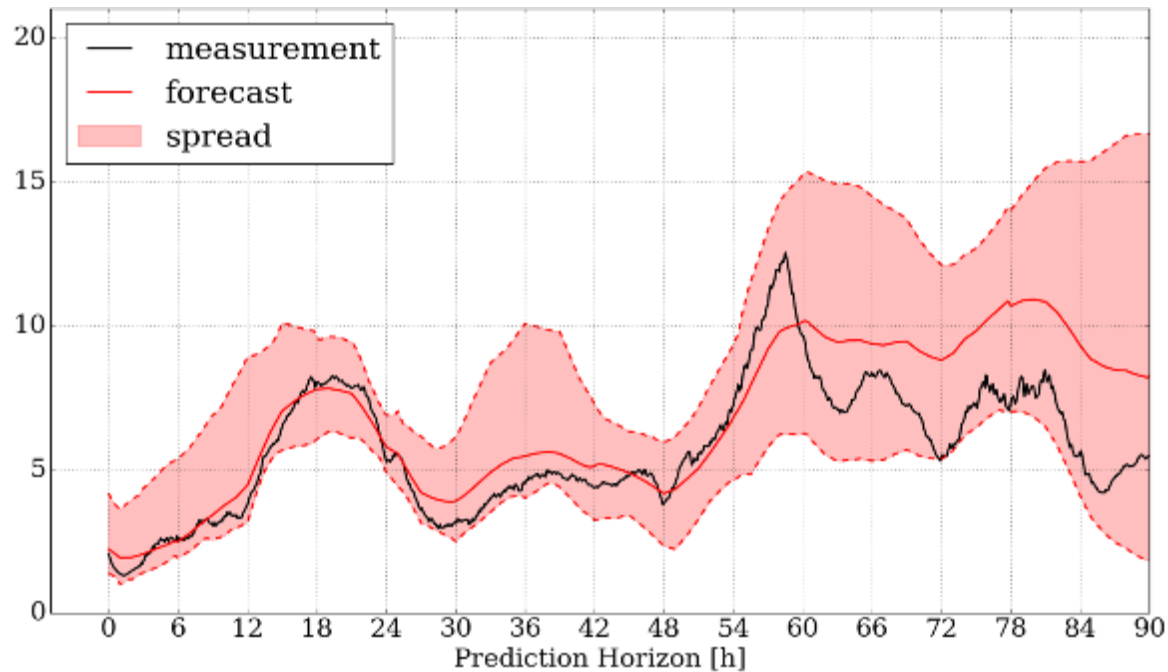
The deployment of renewable energies in the power sector in Germany and the role of digital solutions



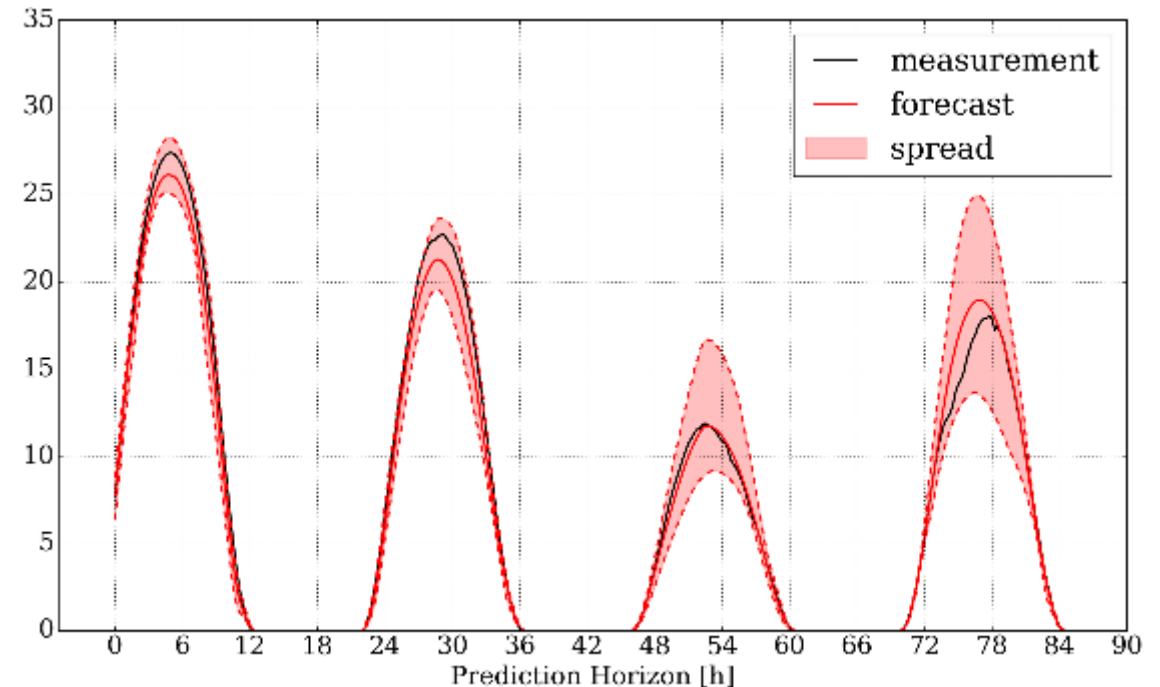
Sources: Büro_F 2018, basado en BMWi 2018, UBA 2018, FISE 2018, JRC, 2017

Accuracy of wind power forecasts is between 96-98%, PV reaching 93-95%

Wind power prediction



PV power prediction



German TSO 50 Hertz (eastern Germany)

>50% intermittent renewable energies

Combined forecast with weighted internal experience

3 daily updates; ¼ hour short-term updates

6 suppliers of wind power forecasts

Accuracy of forecasts: 2-4% root mean square error (2016)

5 suppliers of solar power forecasts

Accuracy: 5-7% RMSE

Data from different sources and data processing convert meteorological data to energy yield forecasts

Forecasting: required data

- **Meteorological data** from different providers of numerical weather prediction models, e.g. from National Meteorological Centers
- Actual capacity and **production data** from intermittent renewable energy plants
- **Information from the grid operator** and the plant operator on **maintenance activities** or other reasons for possible curtailments.

Data analysis

- Prediction based on calibration between **meteorological data and energy generation data** using artificial intelligence methodologies (statistical approach).
- **Horizontal spatial refinement** of meteorological data based on vertical wind profiles to predict wind speed at the cube height of individual plants (physical approach).
- **Flexible weighting of different meteorological data** according to their accuracy to predict different events (such as high winds, high pressure situations or morning fog).

Agenda

1. Porque las energías renovables?
2. Tecnologías de energías renovables
- 3. Financiación de proyectos de energías renovables**
4. Casos de Estudio de Proyectos ER
5. Evaluación de riesgos de proyectos
6. Discusión

Paso 1: Costo nivelado de la generación de energía eléctrica (LCOE)

CAPEX

+Costo de capital

OPEX

Duración del proyecto

Radiación Solar/

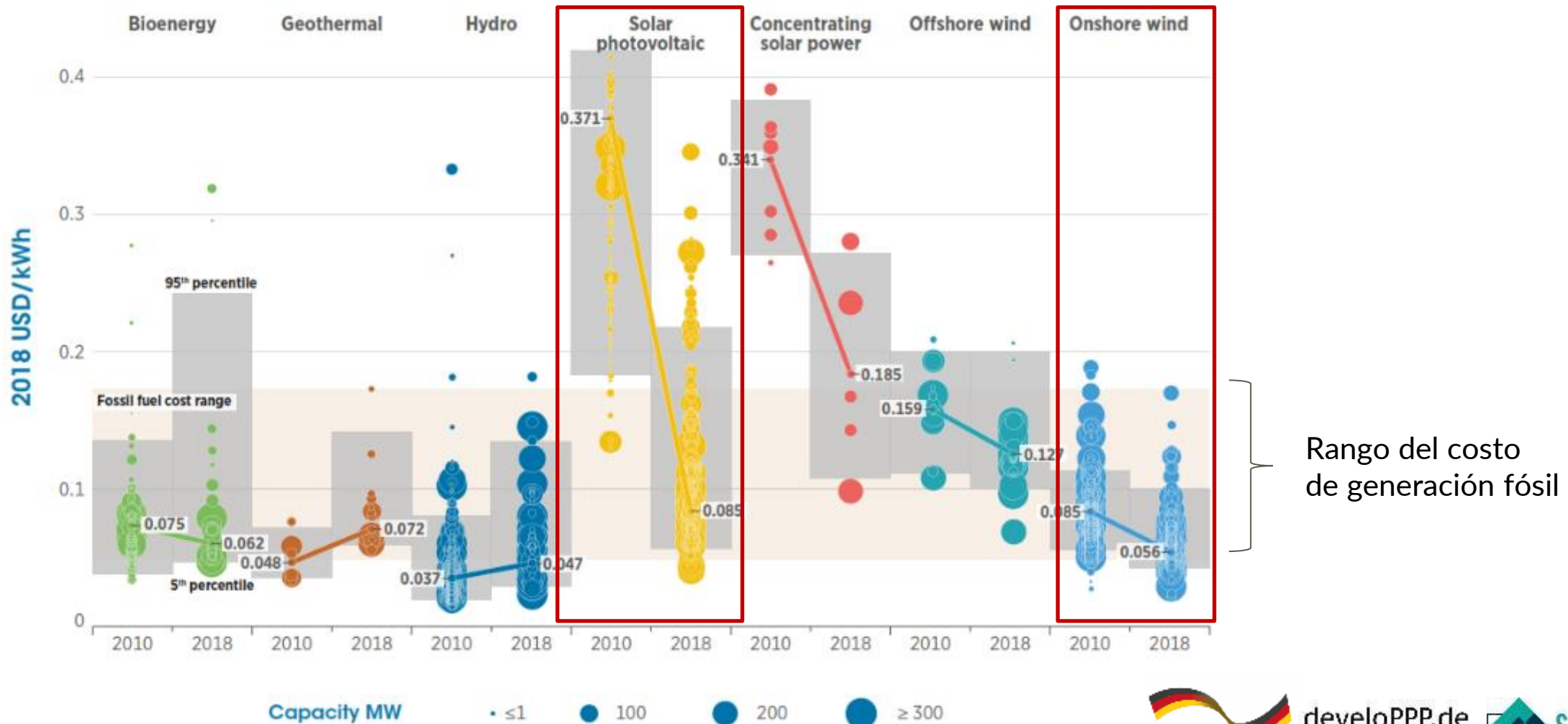
Rendimiento eólico

$$LCOE = \frac{CAPEX + VAN \text{ del OPEX}}{\text{total producción de energía}}$$

Simplificado

El LCOE permite comparar el costo de generación eléctrica proveniente de diferentes fuentes

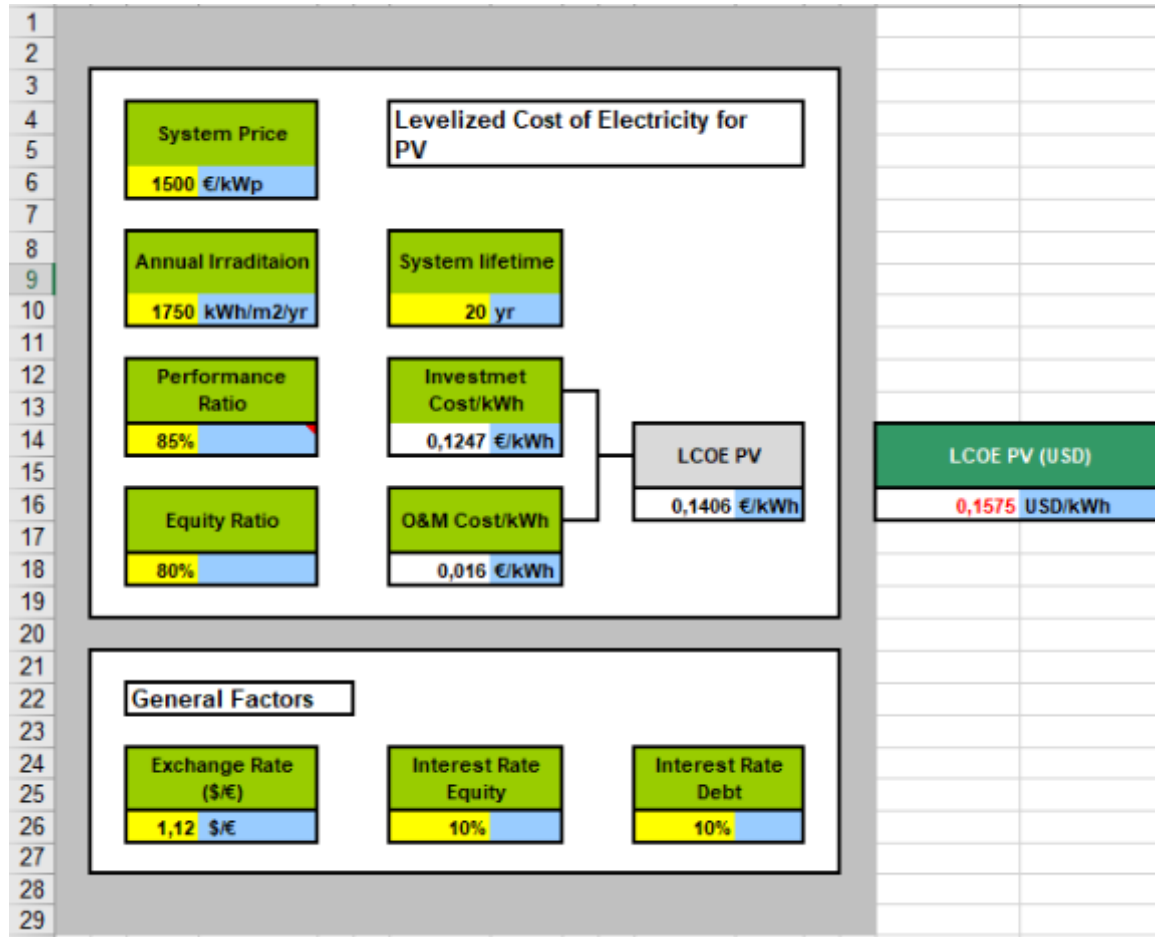
Global LCOE of utility-scale renewable power generation technologies, 2010–2018 (USD/kWh)



Como calcular la generación eléctrica esperada de un proyecto ER – y los costos asociados

	Eólica	Fotovoltaica
CAPEX USD/kW	1.800	1.200
Costo del capital	??	??
OPEX	1,5%	1%
Duración del proyecto	20 años	20 años
Rendimiento (Buenos Aires)	175 W/m ²	1.600 kWh/kWp/y 1.750 kWh/m ² /y (GHI)
Factor de planta	20% (Buenos Aires) 50% (Chubut)	20-30%

Calculadora LCOE para proyectos FV



...y como generar ingresos en el mercado eléctrico?

Modelos de negocio

Directos:

- venta de energía por contratos de abastecimiento
 - > **financiabilidad de la parte contratante?**
- venta de energía en los mercados spot
 - > **desarrollo de los precios en el mercado spot?**

Indirectos:

- ahorros en la compra externa de energía
 - > **desarrollo de las tarifas eléctricas?**
 - > **financiabilidad de la parte contratante?**

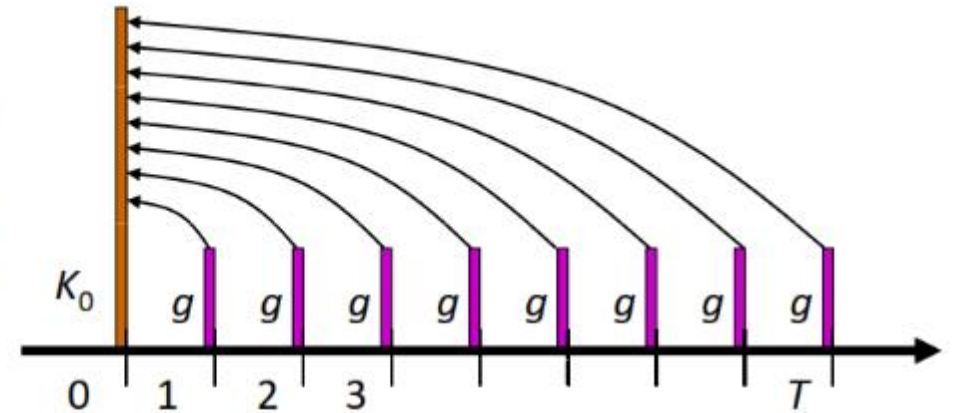
Para poder calcular la tasa interna de retorno, hay que incluir el flujo de caja a lo largo de la duración del proyecto

Valor actual neto (net present value)

Valor presente de pagos ingresos periodicos

El **VAN** integra la inversión inicial en un proyecto, así como los ingresos y costos esperados a lo largo del tiempo, y los transforma en una serie de dinero en efectivo ajustados por el valor del dinero y el riesgo en el tiempo.

K_0 = Present value
 g = Periodical payment
 i = Interest rate
 $q = (1+i)$ Interest factor
 T = Number of periods

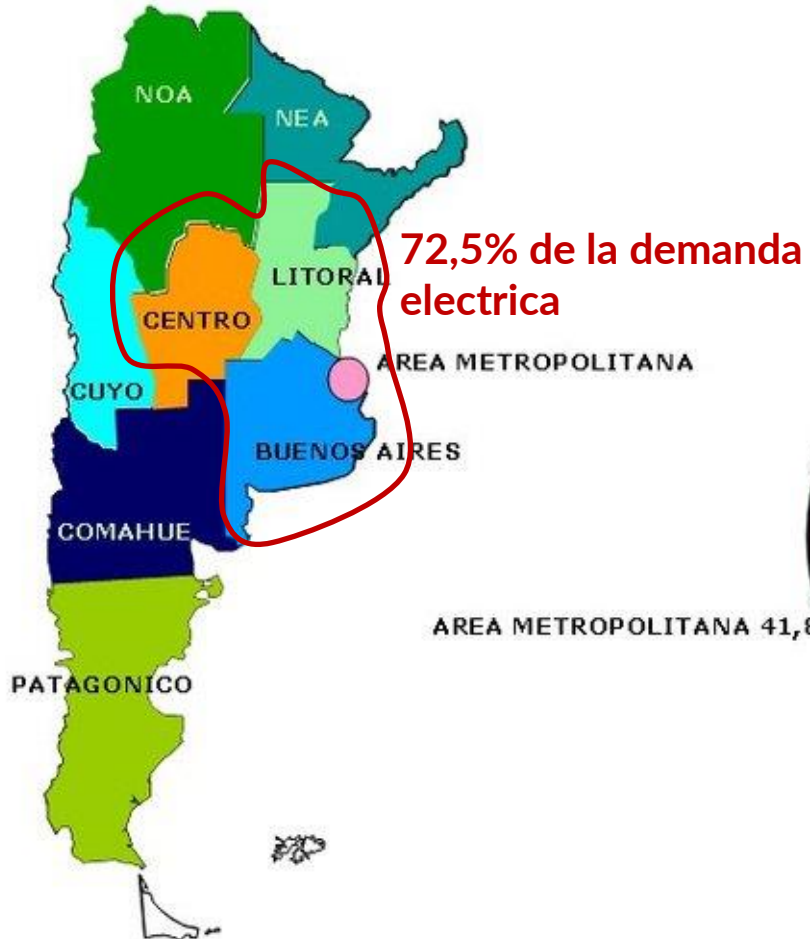


Value at the end of period 0

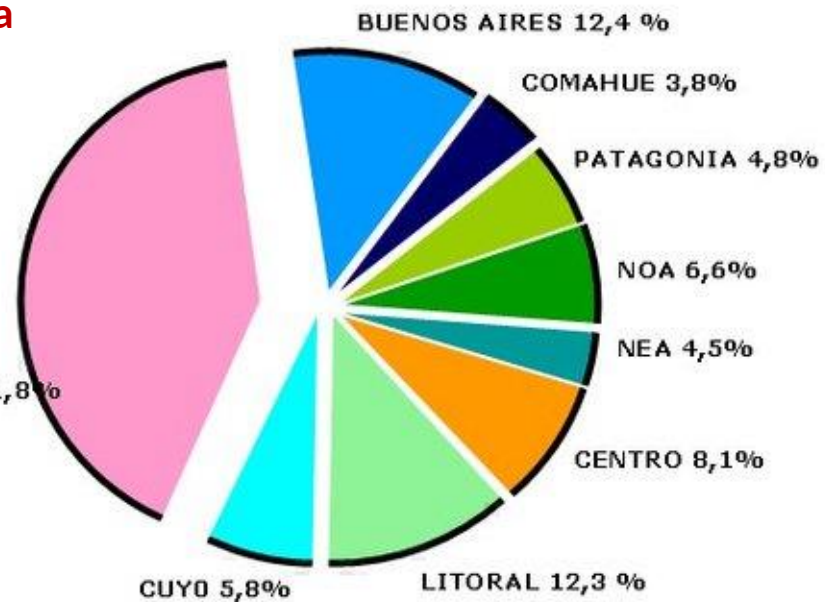
$$K_0 = g \cdot \left(1 + \frac{1}{q} + \frac{1}{q^2} + \dots + \frac{1}{q^T} \right) = g \cdot \frac{q^T - 1}{q - 1} \cdot \frac{1}{q^T} = g \cdot \frac{1 - q^{-T}}{q - 1}$$

Para evitar congestiones en las redes de transmisión, mejor instalar con cercanía a los centros de carga eléctrica

Distribución de la demanda eléctrica por provincia



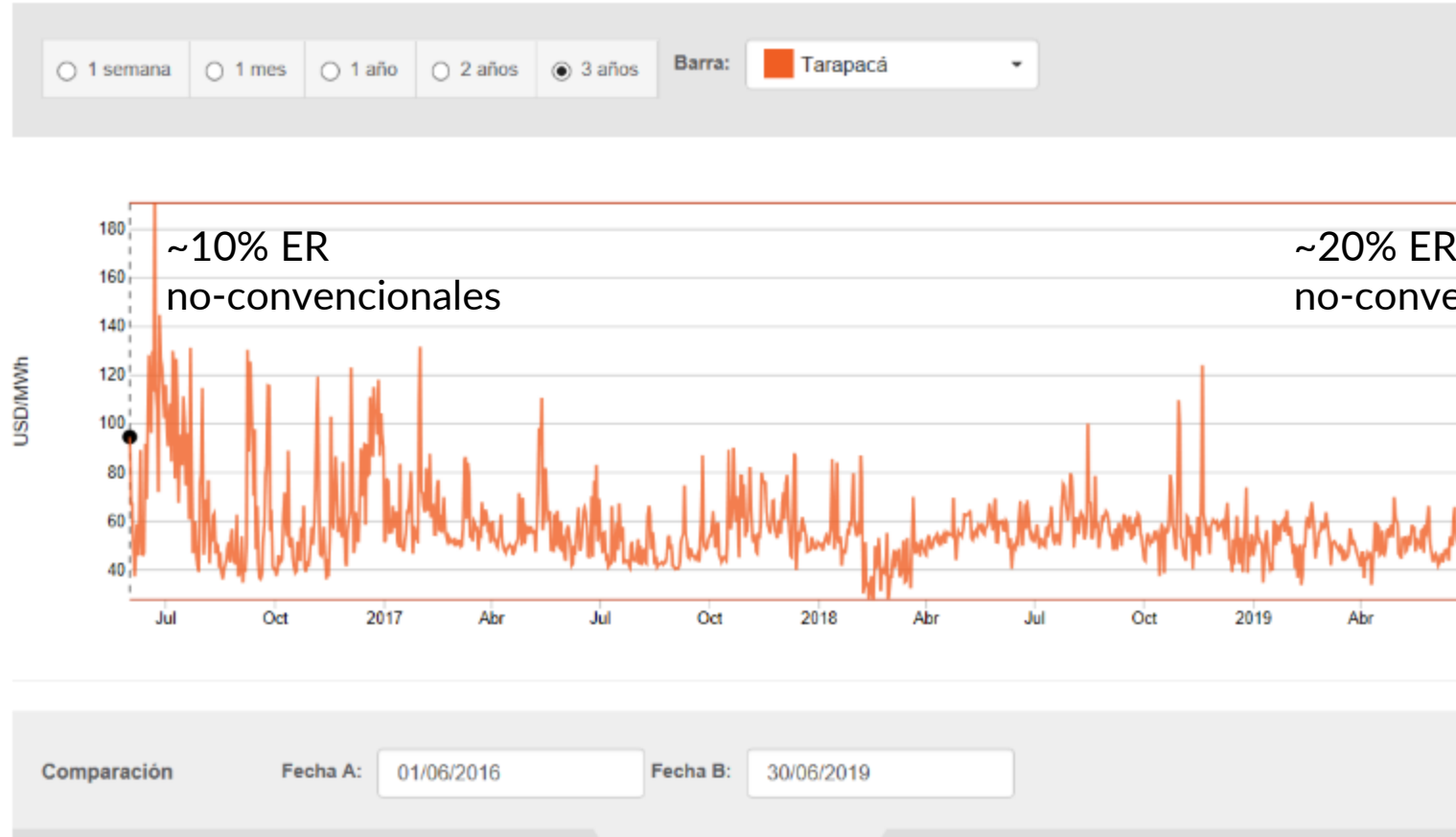
72,5% de la demanda eléctrica



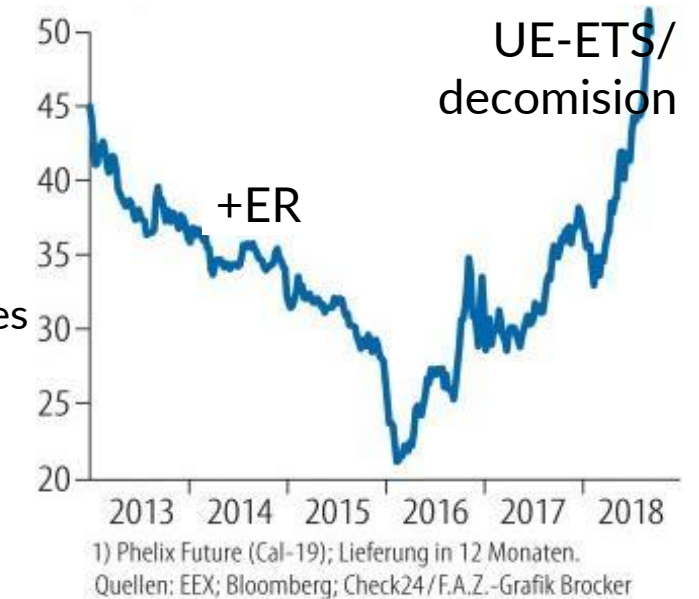
Fuente: Secretaría de Energía

Venta en el mercado spot: el impacto de las energías renovables a los mercados mayorista es grave

Chile: Costo marginal promedio diario por barra 2016-2019 (Tarapacá, USD/MWh)

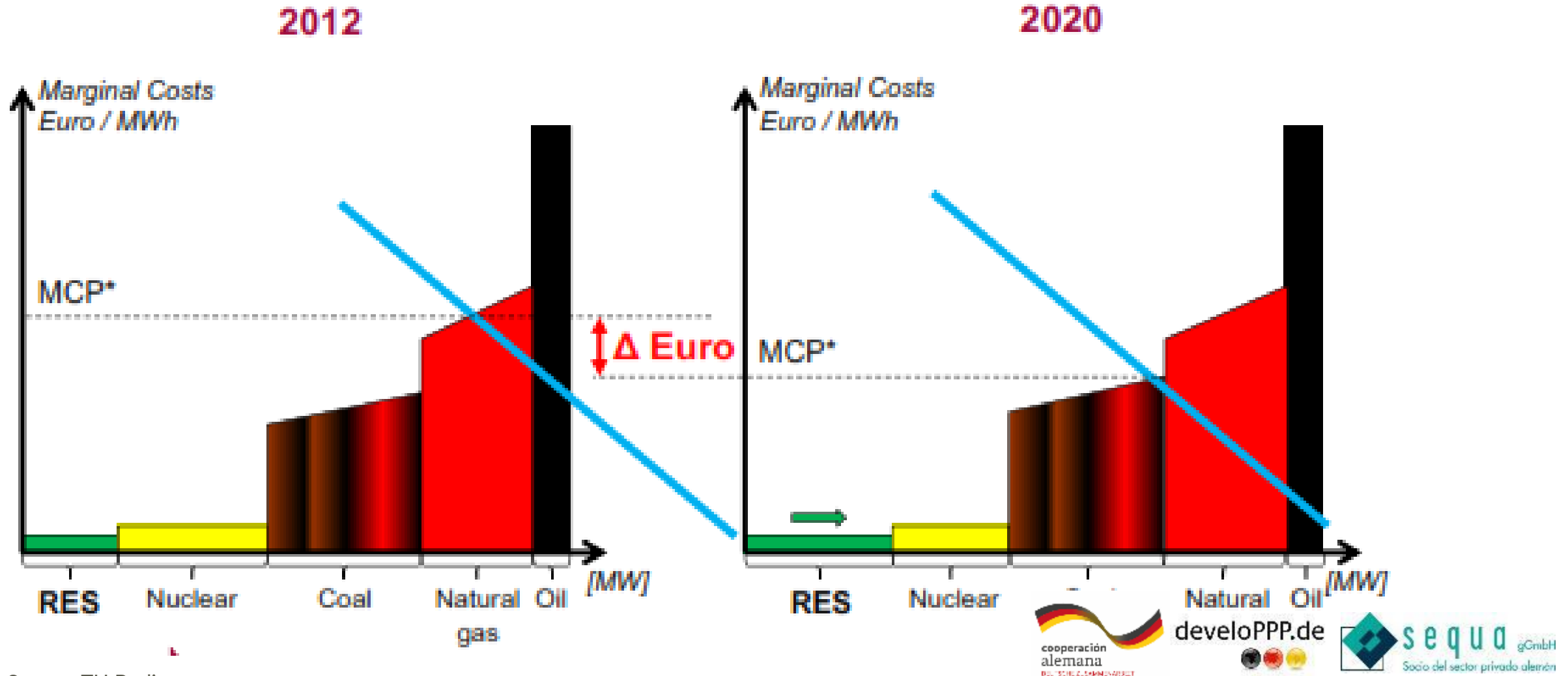


Alemania: Precio mayorista €/MWh



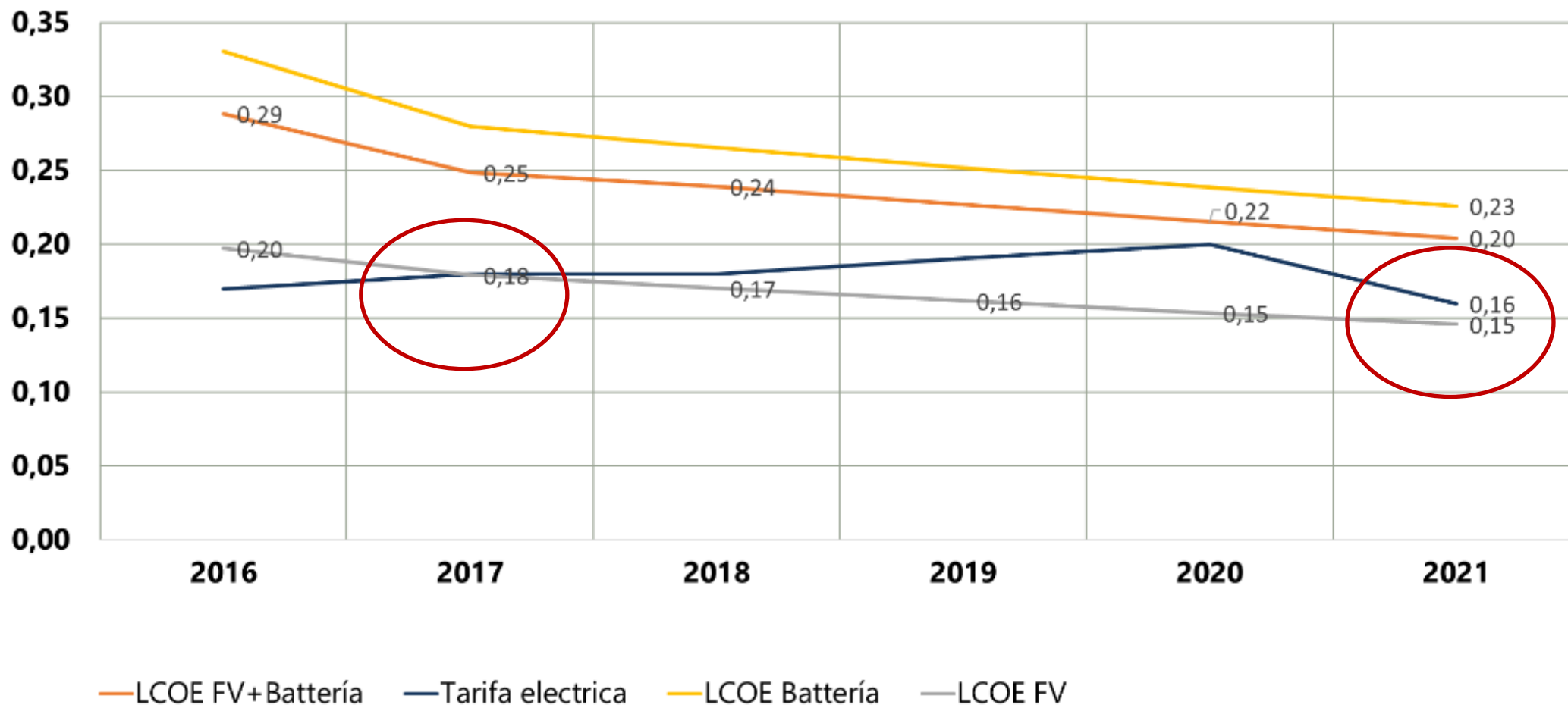
Los bajos costos marginales de las energías renovables lideran a una bajada de costos (y el aumento de competitividad en el sector eléctrico)

Orden de merito



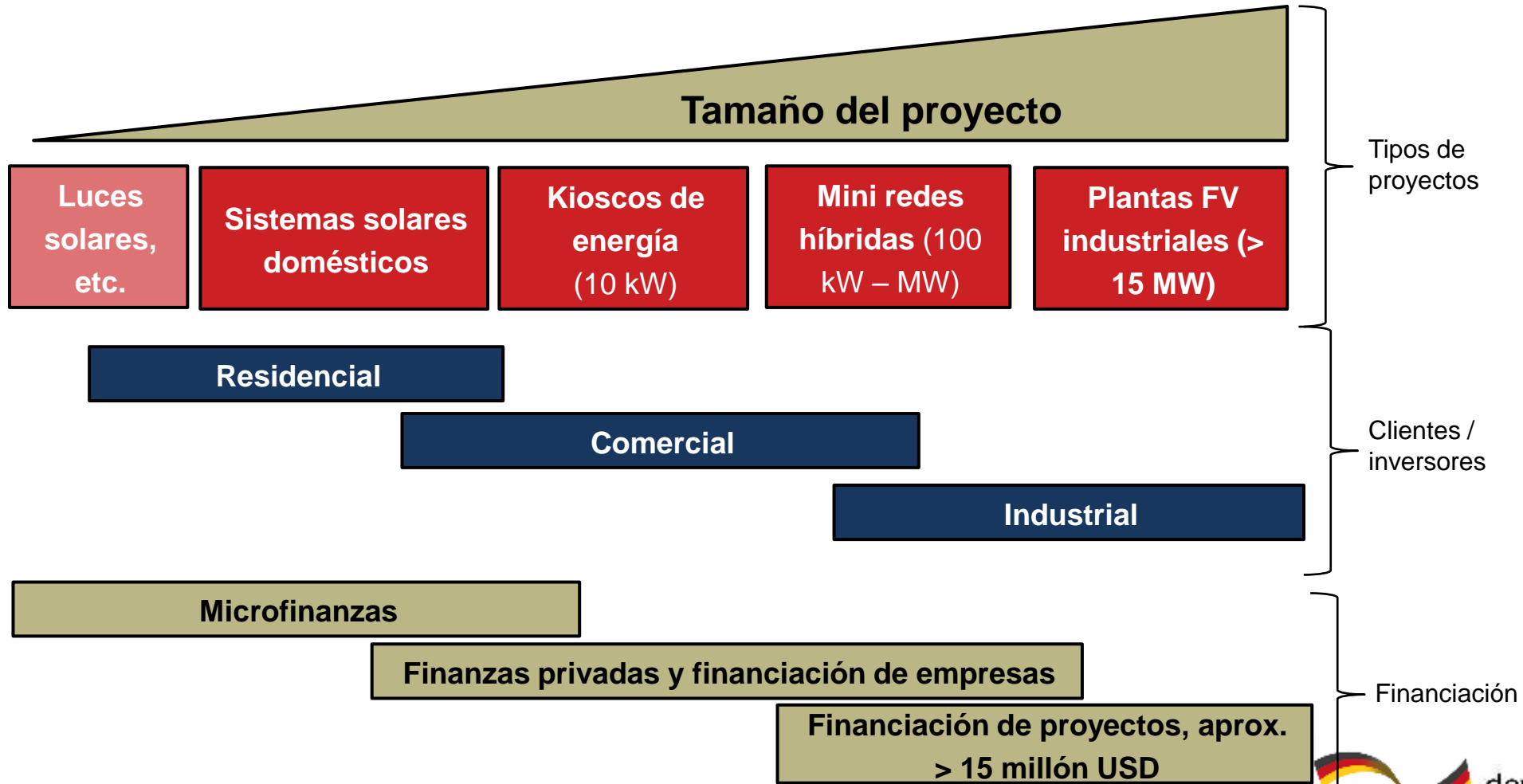
Ahorros en la compra de energía: La paridad de costos de generación con los precios de energía en el mercado es un buen indicador – no más

Paridad de la generación FV (con almacenamiento) con la tarifa eléctrica – el caso de Chile (USD/kWh)



El financiamiento debería caber a las características del proyecto

Segmentos de proyectos ER y tipos de financiamientos asociados



...y como estructurar el financiamiento de una planta ER?

Financiación de empresas (con o sin préstamos)

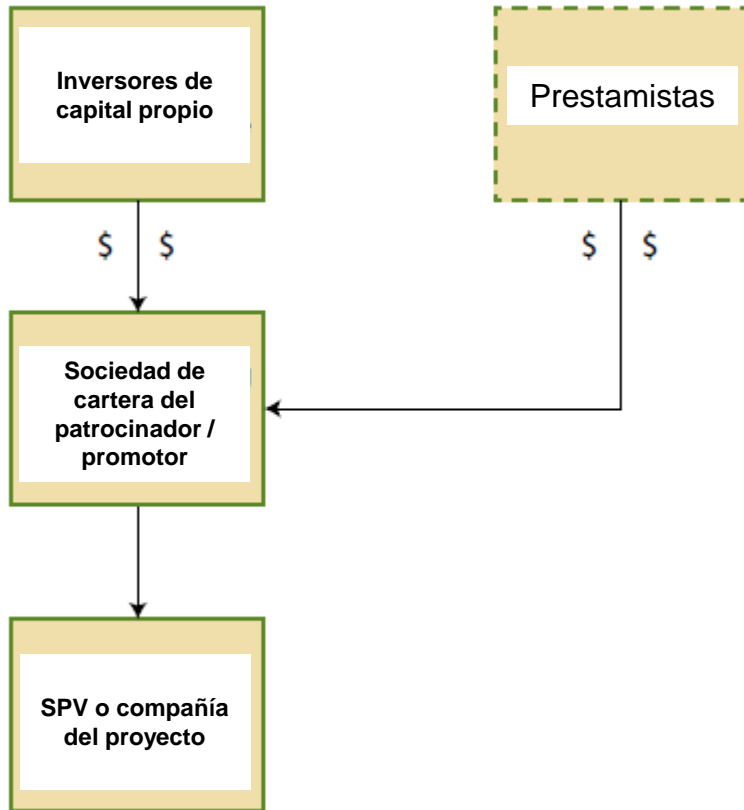
- A menudo para pequeñas centrales eléctricas (<~10MW)
- Calculado sobre la base del balance de los promotores del proyecto
- Propiedad total del proyecto, pero también exposición al 100% de los riesgos.

Financiación de proyectos

- Estructura de financiación mas comunmente utilizada para grandes centrales eléctricas
- Calculada a partir de las previsiones de flujo de caja del proyecto y no del balance de los promotores del proyecto
- Préstamos “sin recurso o con recurso limitado”
- Los prestamistas requieren una diligencia debida integral para aumentar su confianza en los flujos de caja proyectados.

El financiamiento depende de los recursos propios disponibles, al acceso al mercado financiero y el tamaño del proyecto

Finanzas corporativas (balance propio)



Cuando el rendimiento por la inversión es más alto que el costo de financiamiento, una financiación de deuda es más rentable

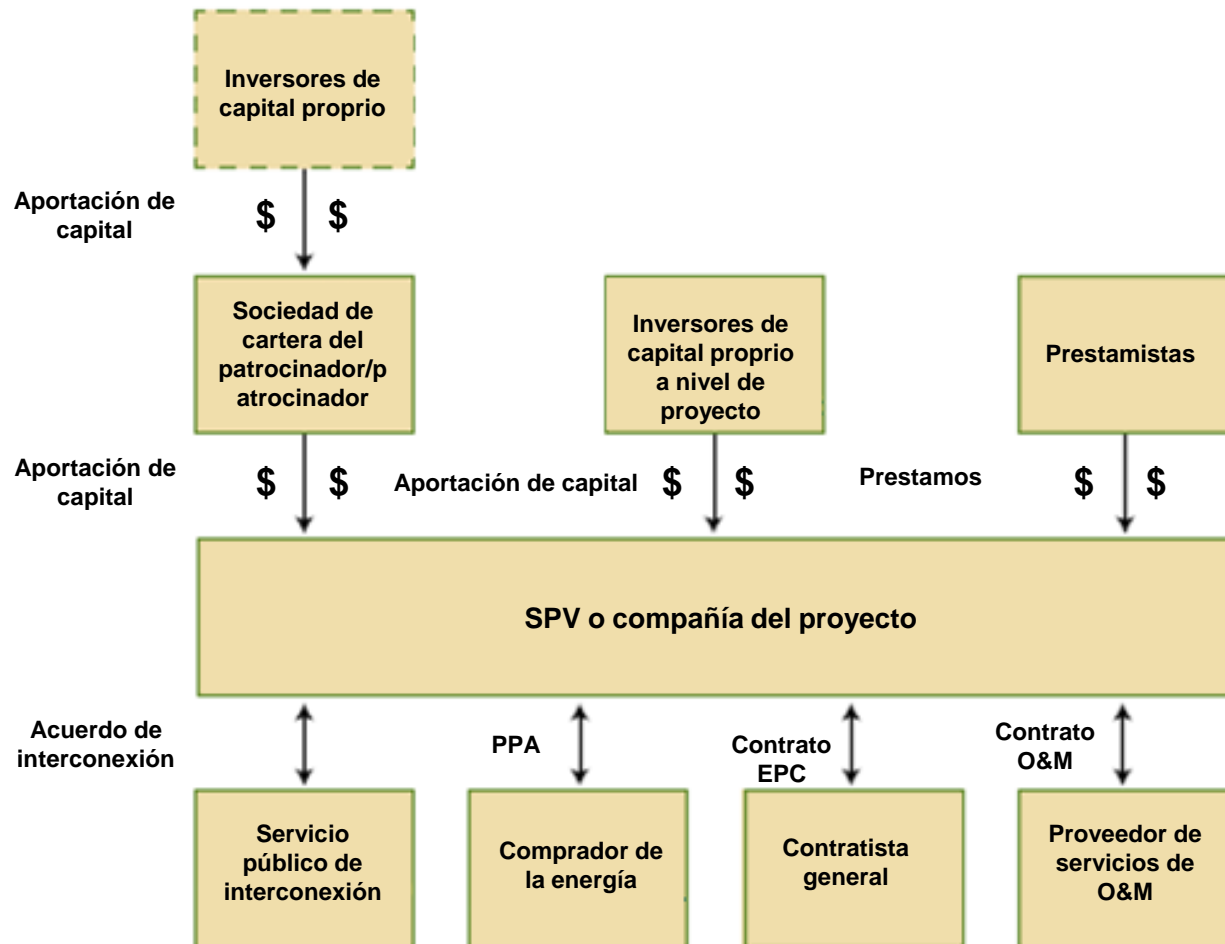
Leverage Effect

El efecto de apalancamiento describe el efecto de **apalancamiento del capital de la deuda sobre el rendimiento del capital**: el uso de capital de deuda (en lugar de capital de acciones) puede aumentar el rendimiento del capital para los propietarios.

Un requisito previo para un efecto de apalancamiento positivo es **que el rendimiento de la inversión** de la empresa (rendimiento total del capital empleado) **supere el tipo de interés del capital prestado**. Esto significa que las actividades operativas de la empresa (por ejemplo, la construcción de automóviles) generan un rendimiento (por ejemplo, el 10 %) superior al tipo deudor del 5 % para los préstamos bancarios contraídos por la empresa.

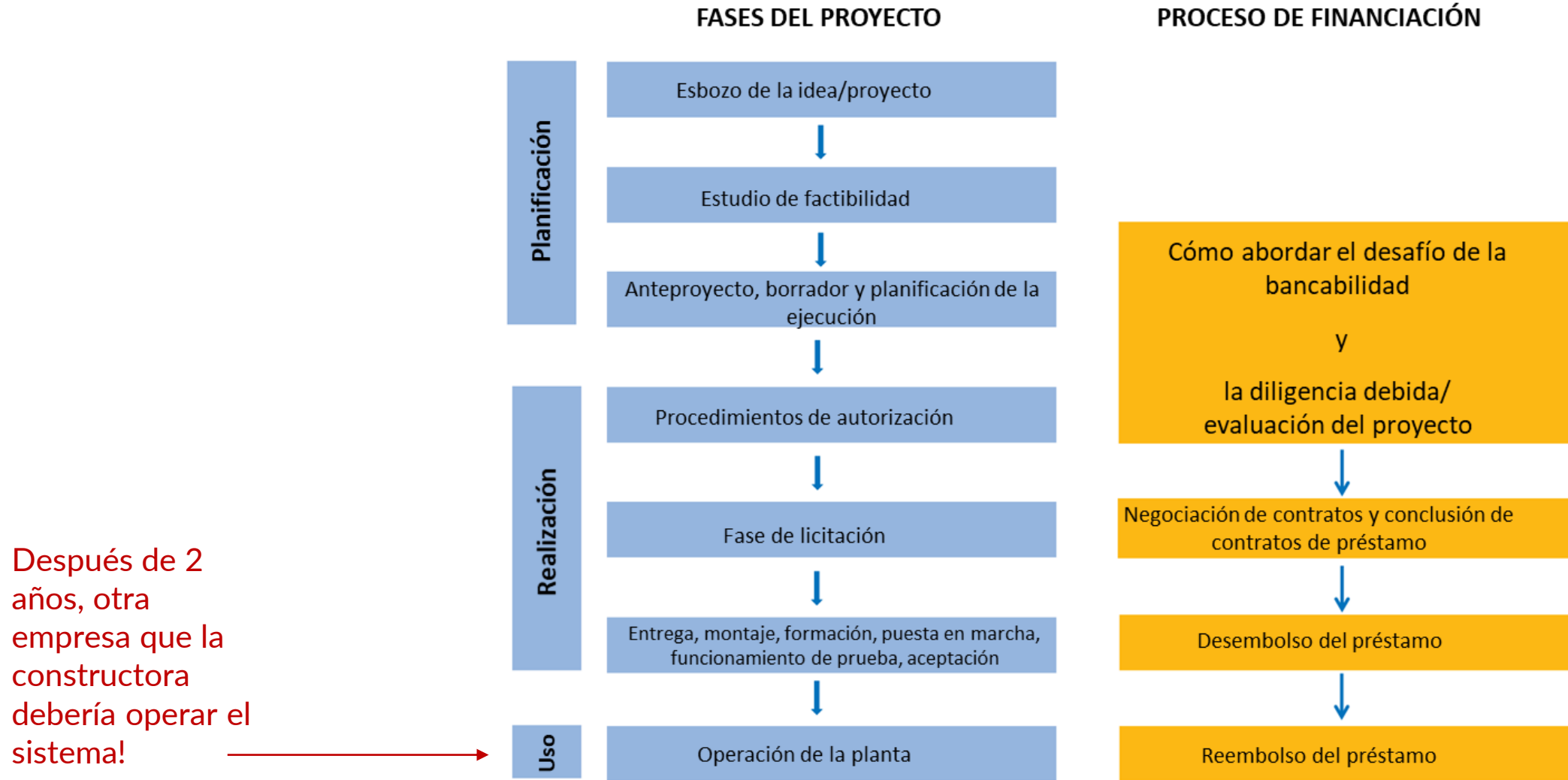
Lo más común para proyectos de gran escala: financiamiento a través una compañía de proyecto

Financiamiento de proyecto a través de un vehículo para fines especiales (SPV – Special Purpose Vehicle)



Fuente: Plantas Solares Fotovoltaicas Comerciales, Una Guía para los Proponentes del Proyecto, IFC, 2015

Fases y proceso de financiación de proyectos de ER

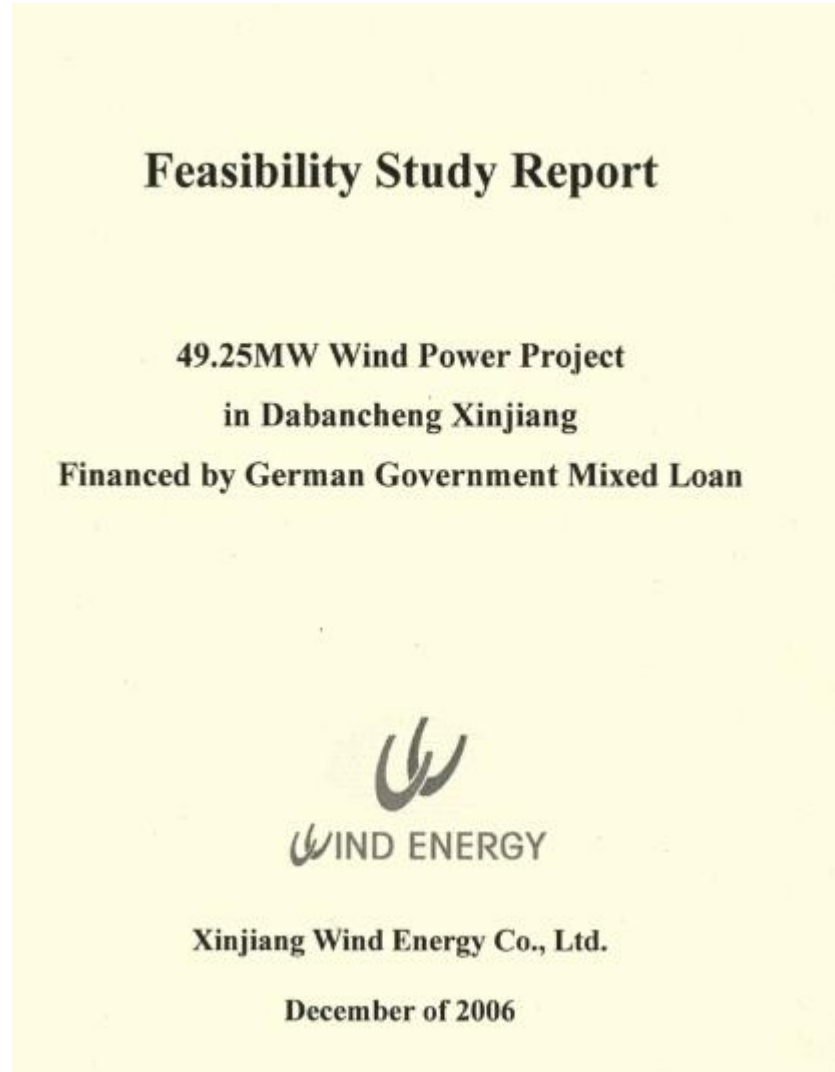


Agenda

1. Porque las energías renovables?
2. Tecnologías de energías renovables
3. Financiación de proyectos de energías renovables
- 4. Casos de Estudio de Proyectos ER**
5. Evaluación de riesgos de proyectos
6. Discusión

Caso de estudio #1: parque eólico de 50 MW en China

Dabancheng Xinjiang



#2: Proyectos FV para el autoconsumo (2014, Chile)

SIMULADOR DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS DE AUTOCONSUMO DE CLIENTES REGULADOS

PARAMETROS RELACIONADOS CON EL PROYECTO O DERIVADO DE LA LOCALIZACION DEL PROYECTO				Resultados		
Nombre de comuna o localidad	< <input type="text"/> >	Santiago	<i>nombre</i>	Inversión	37.345.785	CLP
Código de comuna y tipo de comunidad	CL-663	Ciudad	<i>pueblo, ciudad, municipalidad, aldea</i>	Flujo Caja Neto	1.413.177	CLP/año
Nombre de la región	Región Metropolitana de Santiago		<i>nombre</i>	VAN - rendimiento energético	1.174.949	kWh
Aumento del precio de electricidad anual	< <input type="text"/> >	3,0%	<i>estándar: 1%</i>	LCOE generación FV	31,7850	CLP/kWh
Potencia del sistema	< <input type="text"/> >	25,0	<i>unidad: kWp</i>	VAN	-4.948.175	CLP
Opción tarifaria	< <input type="text"/> >	AT	<i>opciones: AT, BT-1, BT2-4</i>	TIR	3,3%	
Empresa distribuidora	Empresa Dx	CHILECTRA	<i>nombre de Empresa</i>	Periodo de recuperación de capital	13,0	años
Tarifa subterránea (Si/No)	< <input type="text"/> >	Si	<i>Si, cuando aplica tarifa subterránea</i>			
Cargo adicional para tarifa subterránea	CLP/kWh	5,5000	<i>CLP/kWh</i>			
Degradación anual	< <input type="text"/> >	0,6%	<i>0.3% para paneles de doble vidrio (glass-glass modules); 0.6% para paneles estándar</i>			
Performance Ratio (PR)	< <input type="text"/> >	80%	<i>80 - 90% es el valor de referencia de la industria</i>			
Perfil de carga	< <input type="text"/> >	G2	<i>Comerciales con alta demanda por la tarde</i>			
Precio de electricidad para el cliente	CLP/kWh	57,104	<i>opción tarifaria más el cargo adicional para tarifa subterránea en el primer</i>			
Precio de electricidad inyectada	CLP/kWh	51,6042	<i>Precio Net-Billing</i>			
Costo normalizado de energía fotovoltaica (LCOE)	CLP/kWh	31,7850	<i>Levelized Cost of Electricity</i>			

#2: Proyectos FV para el autoconsumo (2014, Chile)

ITEM / Año		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ITEM / AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos en kWh		50.644	50.340	50.037	49.733	49.429	49.125	48.821	48.517
Ingresos por ahorros de energía		959.633	979.735	1.000.296	1.021.325	1.042.831	1.064.823	1.087.311	1.110.303
Ingresos por inyecciones de energía		1.884.717,69	1.929.611,66	1.975.503,03	2.022.411,23	2.070.355,97	2.119.357,22	2.169.435,23	2.220.610,50
gastos operacionales		0	0	0	0	0	0	0	0
Canón concesional		0	0	0	0	0	0	0	0
Interés préstamo		-1.255.321	-1.028.139	-789.599	-539.131	-276.140	0	0	0
Depreciación	3	-12.448.595	-12.448.595	-12.448.595	0	0	0	0	0
Utilidad como proyecto independiente		-10.859.565	-10.567.387	-10.262.394	2.504.605	2.837.047	3.184.181	3.256.746	3.330.914
Ahorro de impuestos por otras actividades		0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad considerando disminución de impuestos		-10.859.565	-10.567.387	-10.262.394	2.504.605	2.837.047	3.184.181	3.256.746	3.330.914
Arrastre de pérdida		0	-10.859.565	-21.426.952	-31.689.347	-29.184.742	-26.347.695	-23.163.514	-19.906.768
Base imponible		-10.859.565	-21.426.952	-31.689.347	-29.184.742	-26.347.695	-23.163.514	-19.906.768	-16.575.854
Impuestos		0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad neta		-10.859.565	-10.567.387	-10.262.394	2.504.605	2.837.047	3.184.181	3.256.746	3.330.914
Depreciación		12.448.595	12.448.595	12.448.595	0	0	0	0	0
Inversión inicial y valor residual		-37.345.785							
Préstamo		25.106.410	0						
Amortización préstamo		-4.543.628	-4.770.809	-5.009.349	-5.259.817	-5.522.808	0	0	0
Flujo Caja Neto		-12.239.375	-2.954.598	-2.889.601	-2.823.149	-2.755.211	3.184.181	3.256.746	3.330.914

Agenda

1. Porque las energías renovables?
2. Tecnologías de energías renovables
3. Financiación de proyectos de energías renovables
4. Casos de Estudio de Proyectos ER
- 5. Evaluación de riesgos de proyectos**
6. Discusión

La belleza de proyectos FV: poco riesgo, realización rápida

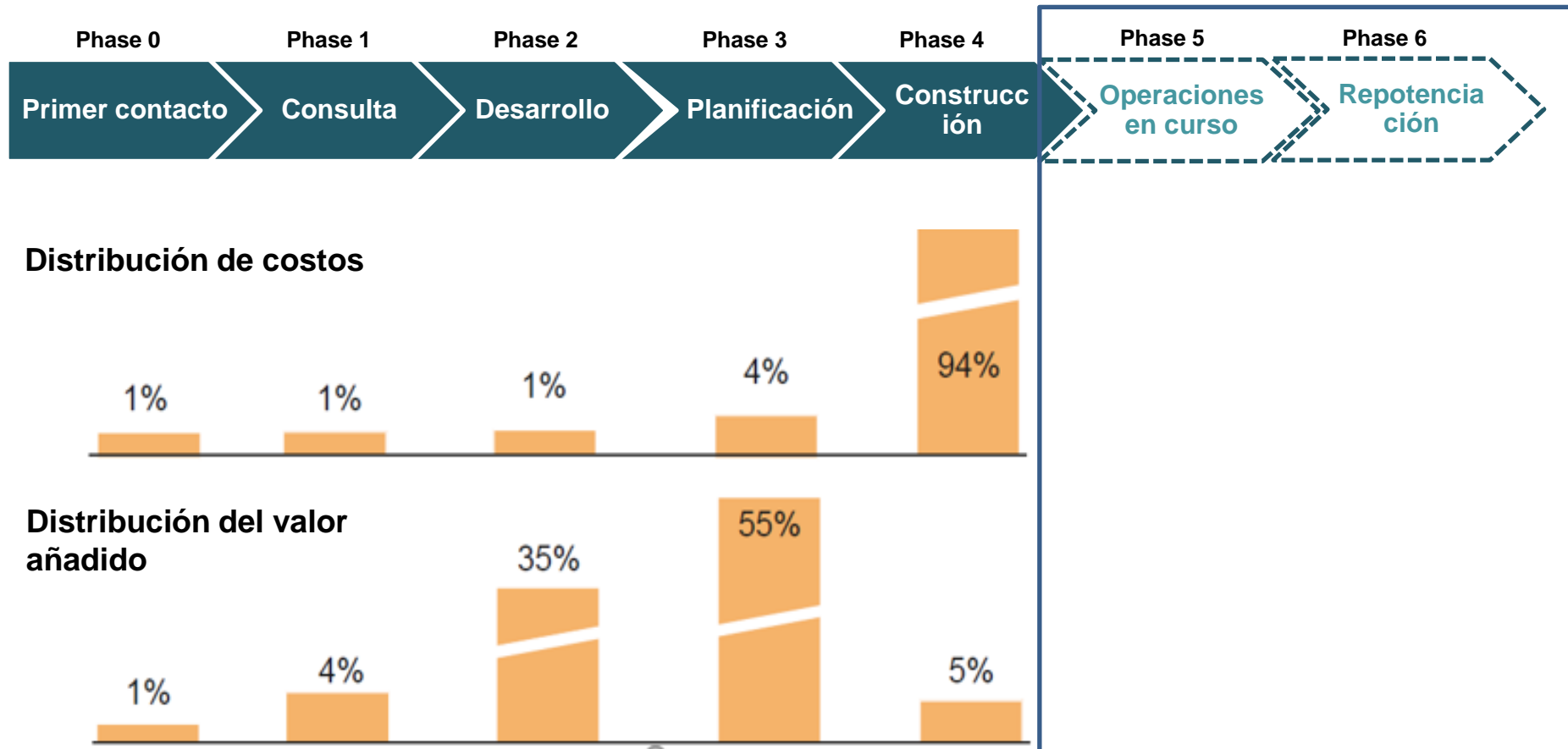
Evaluación de riesgos ER

Riesgo	Eólica	FV	Biomasa
Permiso	1	0,5	0,5
Tecnología	0,5	0,25	1
Construcción	0,5	0,25	0,5
Explotación	0,5	0,25	0,5
Recursos (yacimiento)	1	0,25	1
Venta de electricidad	0,25	0,75	0,25
Financiación	0,5	0,25	0,75
Resultado	4,25	2,75	4,5

Fuente: Principles of Project Finance, « Financing renewable Energy », Mark Henderson

La fase de planificación es crucial para la mitigación de los riesgos

Distribución de costos y valor añadido de una planta FV



Fuente: XX

Cuales son los riesgos en el financiamiento de proyectos ER?

Tecnológico

- Errores en la fase de planificación, p.ej. menos potencial de generación eléctrica que anticipado (condiciones de viento, solares)
- Fallo de componentes y problemas de calidad
- Errores en la fase de instalación
- ...

Mercado

- Vertimiento por congestiones de las redes eléctricas
- Bajada de los precios de electricidad
- Quiebra del contratante para la venta de energía
- ...

¡Muchas Gracias!



develoPPP.de



Büro
F

Büro F
Inhaber Stephan Franz e.K.
Marienstraße 25
10117 Berlin
+49-(0)30-208986601
stephan.franz@bufof.de
www.bufof.de

Descargo de responsabilidad

Contenido

El contenido de este documento ha sido cuidadosamente preparado y revisado. Sin embargo, eclareon / Büro_F no garantizan la exactitud, integridad o calidad de la información proporcionada, ni que esté actualizada. Se excluyen en principio las reclamaciones de responsabilidad contra eclareon por daños materiales o inmateriales causados por el uso o no uso de la información ofrecida o por información inexacta o incompleta, siempre que no se demuestre la existencia de dolo o negligencia grave por parte de la empresa. eclareon / Büro_F no se responsabilizan del contenido, disponibilidad, exactitud o exactitud de las fuentes de información antes mencionadas o de las ofertas, enlaces o anuncios en ellas incluidos. No se responsabiliza de los contenidos ilegales, erróneos o incompletos, y en particular de los daños que puedan derivarse del uso o no uso de la información contenida en las páginas enlazadas.

Derechos de autor

En todas las publicaciones, eclareon / Büro_F se esfuerzan por cumplir con los derechos de autor aplicables. Si, a pesar de ello, se produjera una infracción de los derechos de autor, eclareon / Büro_F, tras la notificación, retirarán el objeto en cuestión de su publicación o indicarán los derechos de autor correspondientes.