



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

Generación distribuida

Caso de Estudio: Alemania



Caso de Estudio: Alemania

Contenido:

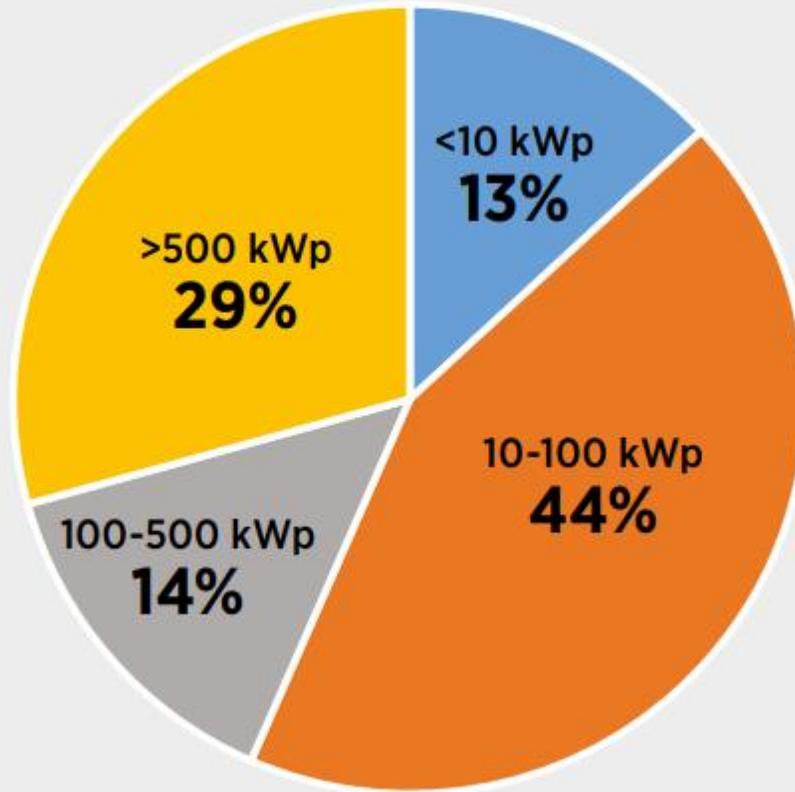
- Generación distribuida en Alemania
- Norma para suministro de productos
- Código de Red
- Requisitos para Generación distribuida
- Variaciones de parámetros
- Puesta en Marcha
- Desconexión del Generador

¿Qué se considera generación distribuida en Alemania?



- Generadores menores a 1 MW*
- Conectados en la red de distribución
- En baja o media tensión

Contexto de Alemania

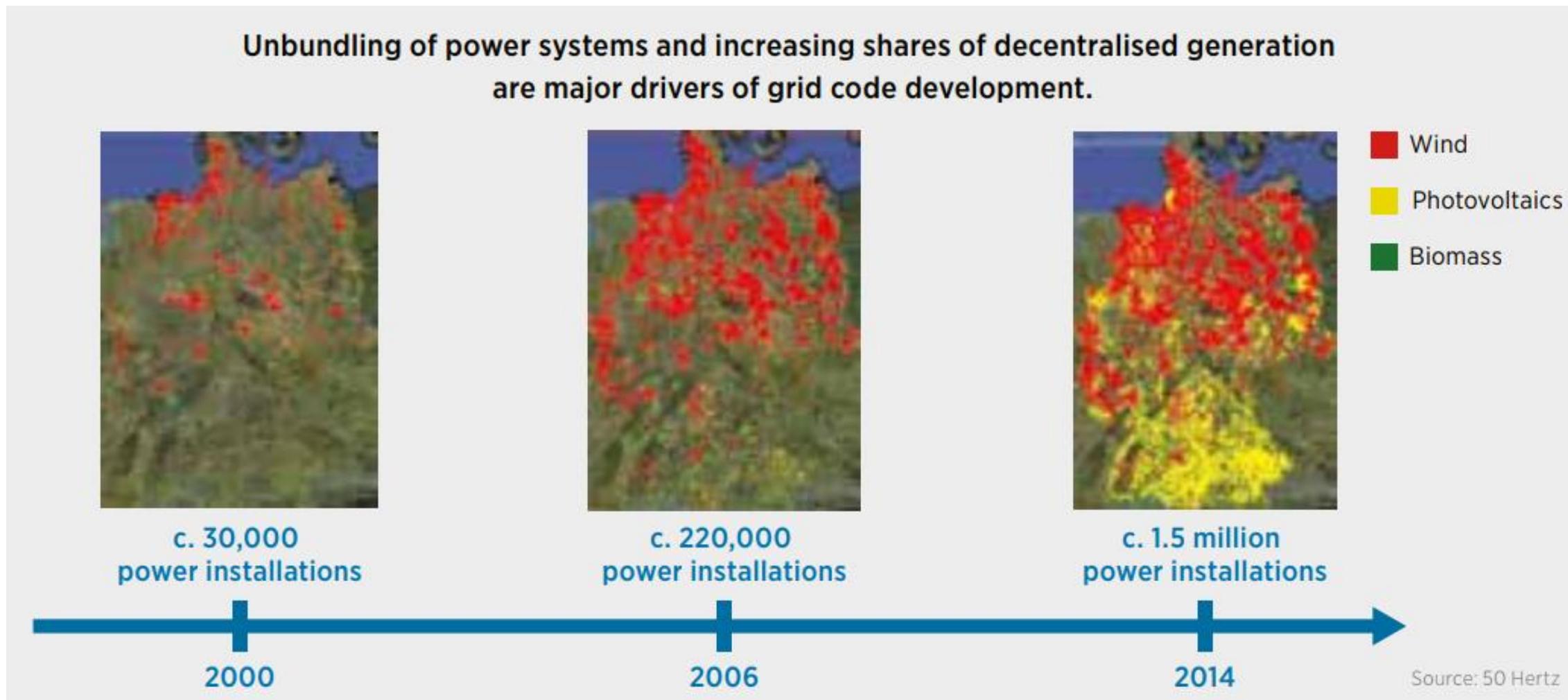


kWp = kilowatts-peak
Percentages refer to installed capacity

Source: Wirth, H (2016)

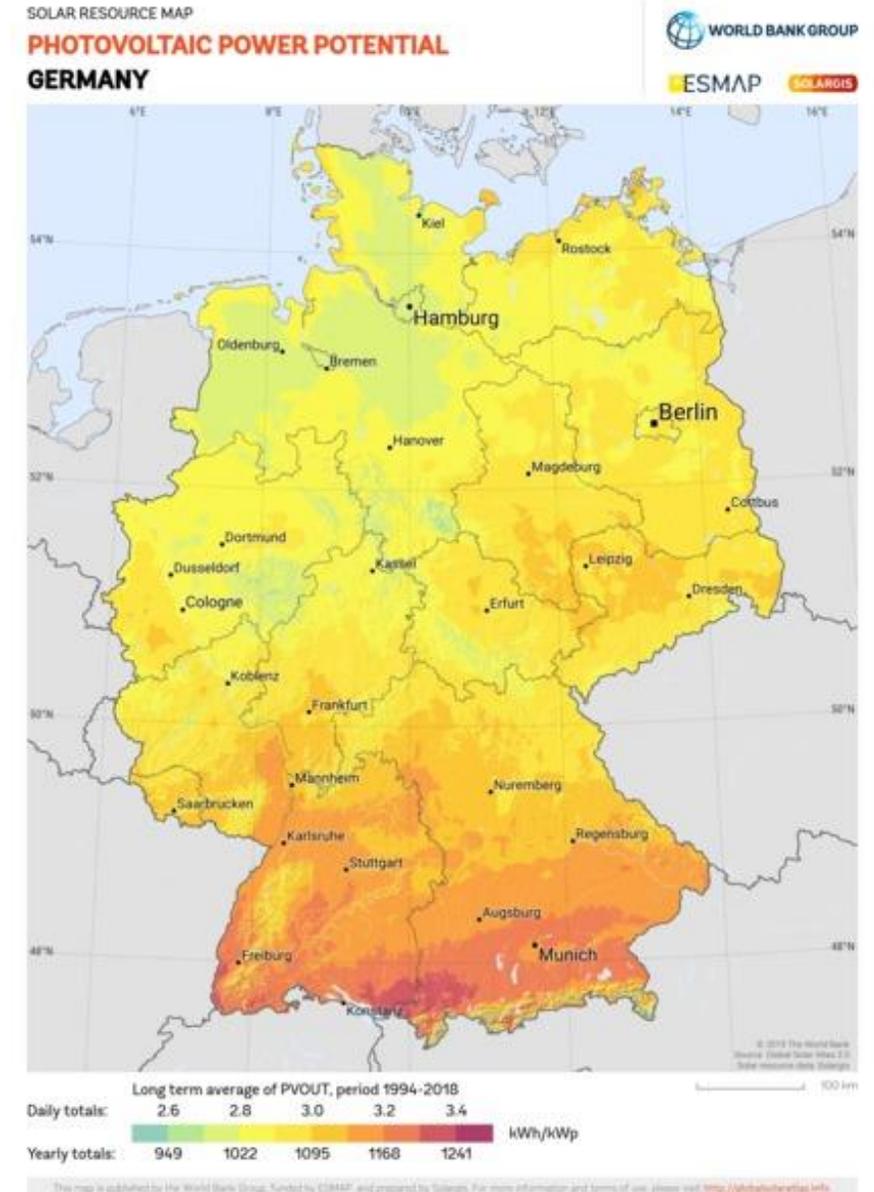
Capacidad total instalada de GD:
55 GW

Generación distribuida en el tiempo



Distribución geográfica de la generación distribuida

Principal Fuente utilizada es la energía fotovoltaica



Fuente: SolarGIS

Para conocer más del sector eléctrico en Alemania:
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/News/electricity_production_germany_2020.pdf

Alemania ha hecho un despliegue importante de renovables

2000



2006



2016



Today (early 2020)

Wind: 64 GW
(incl. 7 GW Offshore)

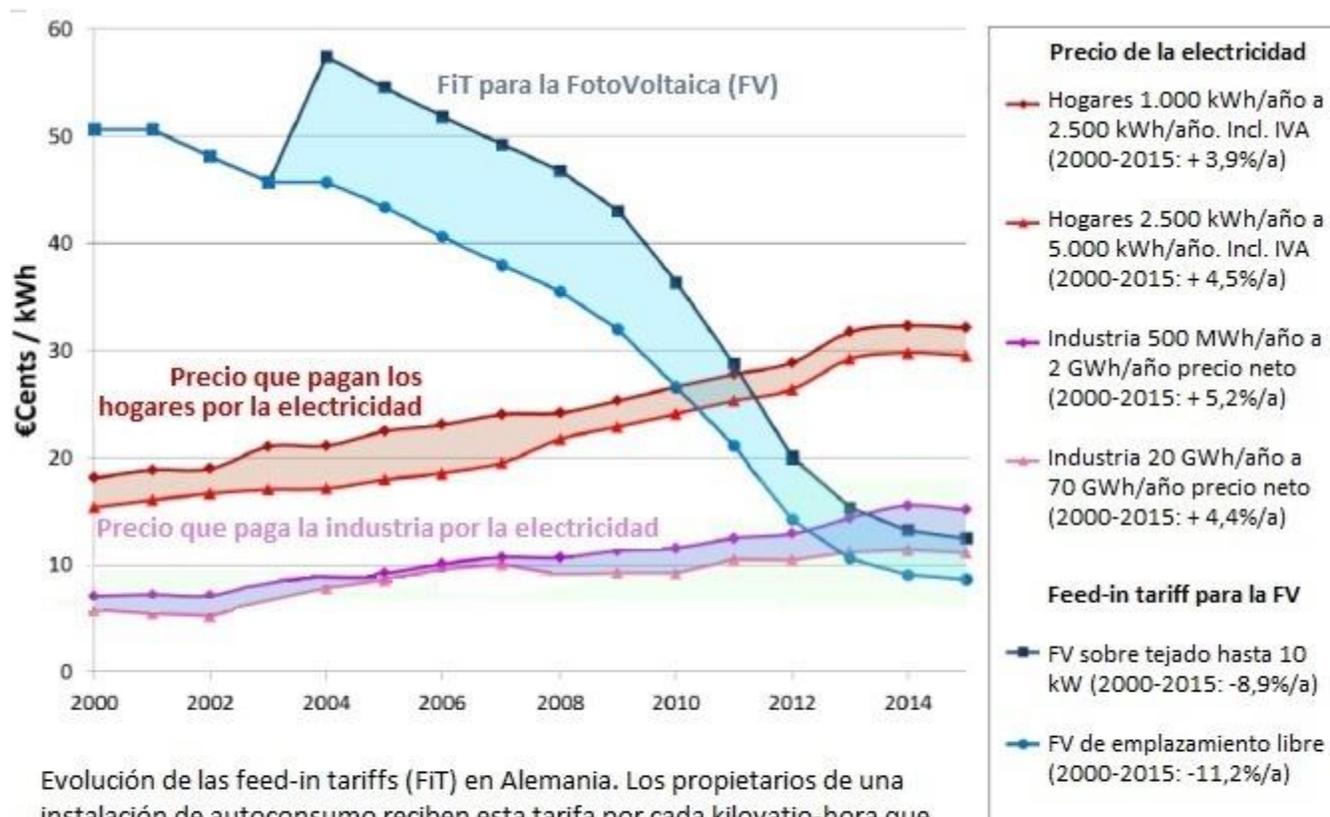
PV: 52 GW

Biomass: 8 GW

Min. Demand:
32 GW

● Wind ● Solar ● Biomass

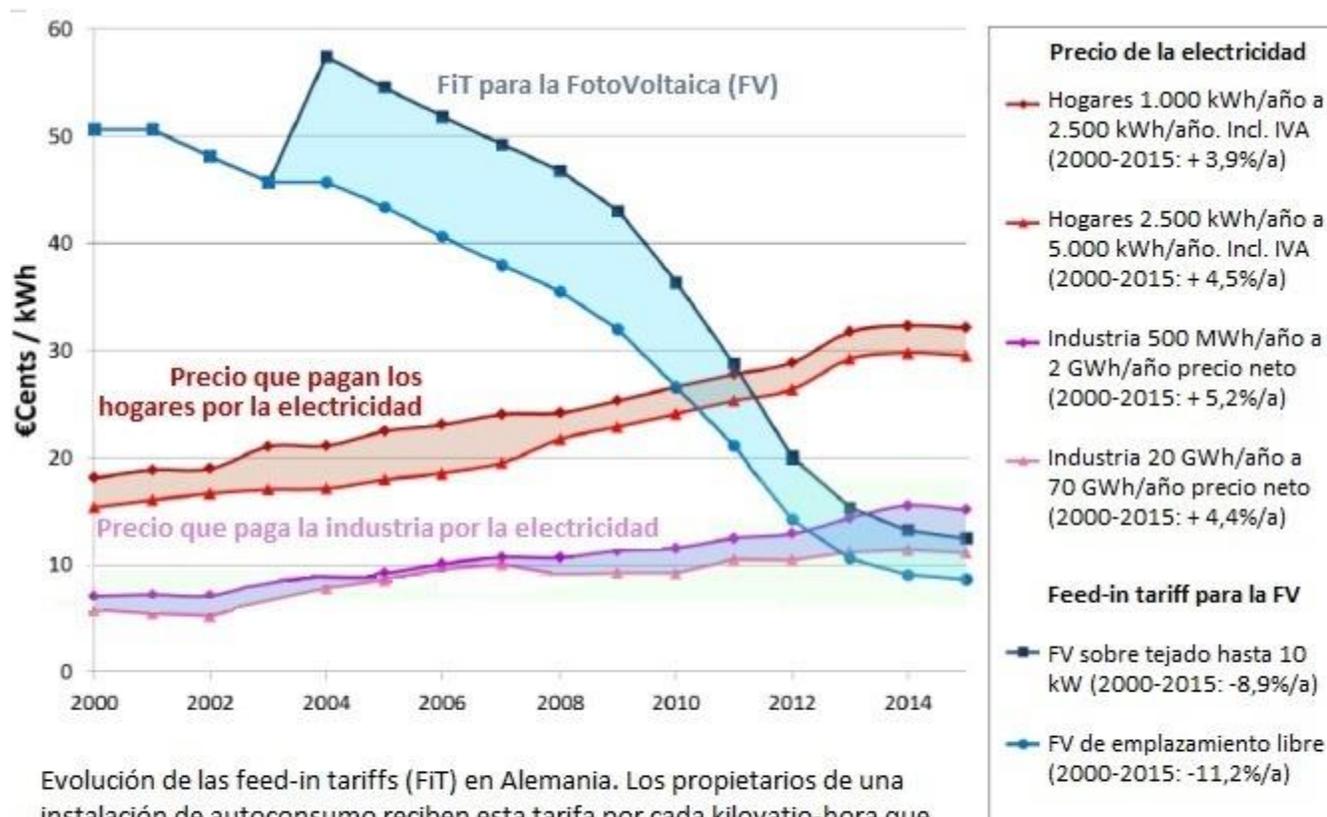
En Alemania se tiene implementado un esquema de *Feed-in-tariff*



Fuente: Informe anual del Instituto Fraunhofer-ISE. Photovoltaics Report 2016

Según la Ley (acto) de energías renovables, los clientes con sistemas de 10 kWp tienen un procedimiento sencillo para instalar sistemas de GD (fotovoltaico). Pueden usar la energía y depositar excedentes que son retribuidos monetariamente a un tarifa (FIT).

Aunque en el tiempo el mismo esquema se encarga de fomentar el autoconsumo



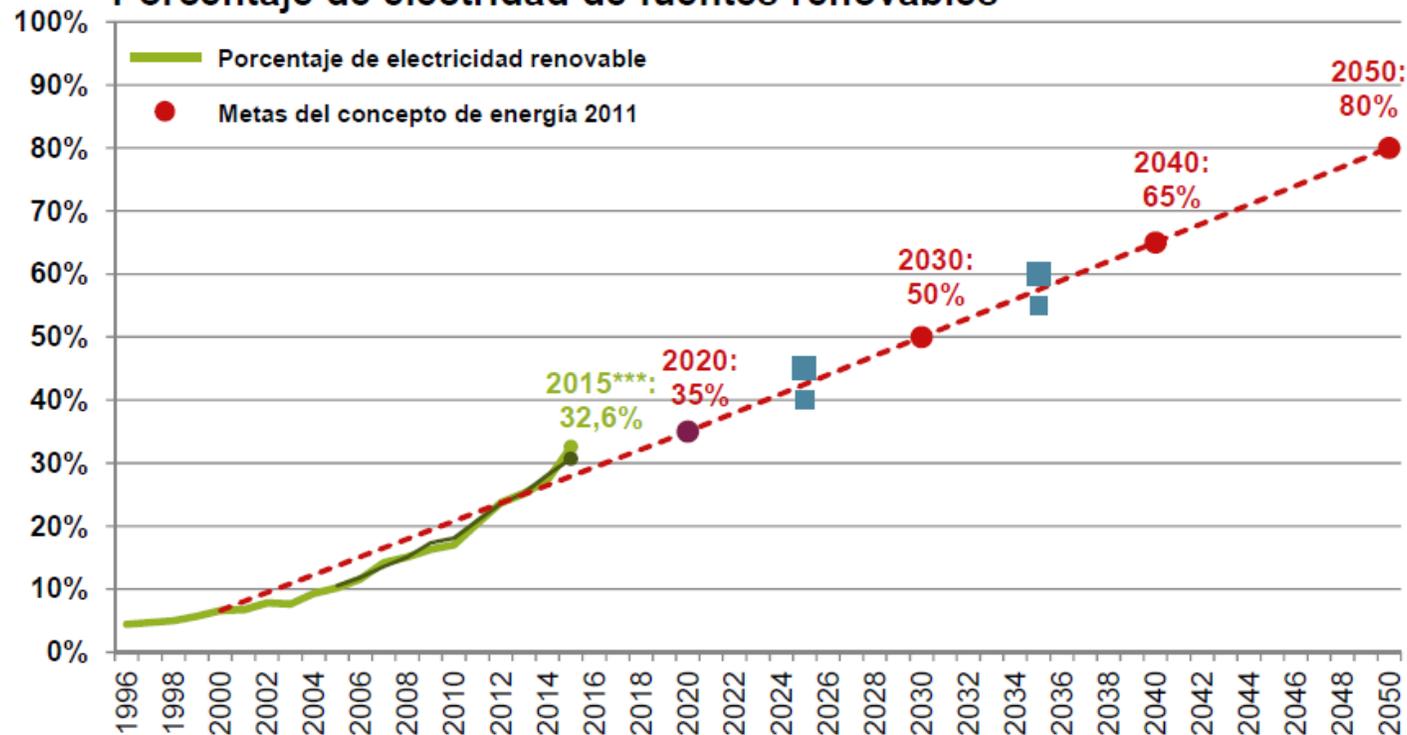
Evolución de las feed-in tariffs (FIT) en Alemania. Los propietarios de una instalación de autoconsumo reciben esta tarifa por cada kilovatio-hora que inyecten a la red. La FIT que recibe cada autoconsumidor depende del momento (año) de puesta en marcha de su instalación y está garantizada durante 20 años.

Fuente: Informe anual del Instituto Fraunhofer-ISE. Photovoltaics Report 2016

Pasados unos 10 años (13 para industria) aproximadamente, el esquema tarifario fomenta el autoconsumo ya que la retribución por inyección de excedentes es inferior al costo de la electricidad

La política de descarbonización en Alemania ha sido uno de los grandes impulsores del despliegue de tecnologías renovables

Porcentaje de electricidad de fuentes renovables*



Fuente: BDEW, 01/2016

* Porcentaje del consumo doméstico bruto
 ** Cálculo según la Unión Europea 2009/28/EG Art. 30 y Anexo II.

Aunque existen otros habilitadores de la transición en Alemania

- **Reducir la dependencia de importaciones:** el Gobierno federal acordó con las empresas energéticas abandonar la energía atómica hasta el año 2022. Las resoluciones del Gobierno alemán de 2011 en relación con la transición energética forman parte de una tradición de conversión del abastecimiento energético con miras al uso de fuentes sostenibles. El sistema energético alemán comenzó a ser transformado aceleradamente en 2011, luego de la catástrofe atómica de Fukushima, Japón, a partir de una resolución del Bundestag Alemán y con el explícito apoyo de una gran mayoría de la población.
- **Un uso más eficiente de la energía:** A fines de 2019, el gobierno alemán aprobó la Estrategia de Eficiencia Energética 2050 (EffSTRA). El objetivo es reducir hasta 2030 el consumo de energía primaria en un 30 por ciento en comparación con 2008. Junto con asociaciones empresariales y grupos de la sociedad civil, los estados federados y representantes de la comunidad científica analizan las formas de reducir el consumo a la mitad hasta el año 2050 y desarrollan planes concretos para los periodos hasta 2030 y 2050.

Aunque existen otros habilitadores de la transición en Alemania

- **Protección del clima: primera ley vinculante en el mundo:** el Programa de Protección del Clima del Gobierno alemán, aprobado a fines de 2019 y revisado en 2021, se fijan límites máximos para las emisiones en edificios y otras áreas. Además, la Ley de Protección del Clima prevé un precio fijo para las emisiones de dióxido de carbono del transporte y los edificios. Ello ya se aplicaba, en el marco del comercio europeo de emisiones, al sector energético y la industria de uso intensivo de energía. El precio es inicialmente de 25 euros por tonelada de CO₂ a partir de enero de 2021. Para 2025 aumentará gradualmente a 55 euros. El programa de protección del clima tiene como meta alcanzar el Objetivo Climático 2030: un 65 por ciento menos de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990.
- **La Ley de Energías Renovables como modelo internacional:** es vista como modelo en muchos países. El EEG garantizaba una retribución fija por la energía entregada a la red y reconocía el derecho de cobro durante 20 años. Otro aspecto clave de la EEG es que los servicios públicos deben comprar energía renovable primero, y las tasas ofrecidas son garantizadas por 20 años, comenzando el año de instalación del proyecto, con el fin de proteger la inversión y dar seguridad a los inversionistas.

El éxito en Alemania ha sido una planificación controlada con planes y leyes para fomentar y garantizar una transición justa

1. Cierre Gradual de Centrales Nucleares.- Es una parte central de la transición energética de Alemania, dado que son consideradas “innecesariamente peligrosas”, demasiado caras e incompatibles con las energías renovables. En 2011 había 17 plantas nucleares aun operando; se espera que en 2022 la última planta nuclear sea cerrada y su producción reemplazada por energías renovables, por menor consumo.
2. Acta de Energías Renovables con Feed-InTariffs.- Ésta es tal vez la legislación más copiada en el mundo debido a su extraordinario éxito. La ley especifica que las energías renovables tienen prioridad en la red y que los inversores en renovables deben recibir una compensación suficiente para su inversión, independientemente del valor de la electricidad en el mercado de las energías.
3. Mercado de Emisiones.- Un sistema de mercado de emisiones (ETS) pone límites a las emisiones en el largo plazo, y constituye el principal instrumento de la UE para bajar las emisiones de efecto invernadero de la industria, el sector energético y – recientemente- el sector de la aviación. Ha sido criticado, sin embargo, por su falta de ambición y su exceso de vías para eludir las sanciones que impone. Lo que no resulta sorprendente, dado el poderoso lobby de los sectores industrial y eléctrico.

El éxito en Alemania ha sido una planificación controlada con planes y leyes para fomentar y garantizar una transición justa

4. Impuestos Ambientales.- “Cobren a los malos, no a los buenos” como lo dice el eslogan, es el incremento en los impuestos sobre las actividades ambientalmente indeseables (consumo de combustibles fósiles, por ejemplo). La legislación fue implementada en Alemania y ha creado más de 250.000 empleos, al tiempo que ha reducido el consumo de combustibles y ha hecho más competitivos a los trabajadores germanos en el campo internacional.
5. Acta de Cogeneración.- Alemania desea producir el 25% de sus necesidades energéticas de unidades de cogeneración, ya que ésta es mucho más eficiente que la generación separada de electricidad y calor. El Acta de Cogeneración, por tanto, paga bonos de cogeneración proporcionales al tamaño del sistema independientemente de los combustibles utilizados.
6. Acta de Calefacción con Energías Renovables y Programa de Incentivos al Mercado (MAP).- El objetivo de esta acta es aumentar la participación de la calefacción con energías renovables hasta un 14% hacia el año 2020. Los propietarios de nuevos edificios están obligados a obtener el calor para calefacción desde energías renovables, y los propietarios de edificios pre-existentes reciben apoyo financiero para las renovaciones. Este financiamiento fue temporalmente suspendido durante la última crisis económica, aunque por cada euro invertido en él generó más de siete euros en inversión privada. En la actualidad, el programa está otra vez en funciones.

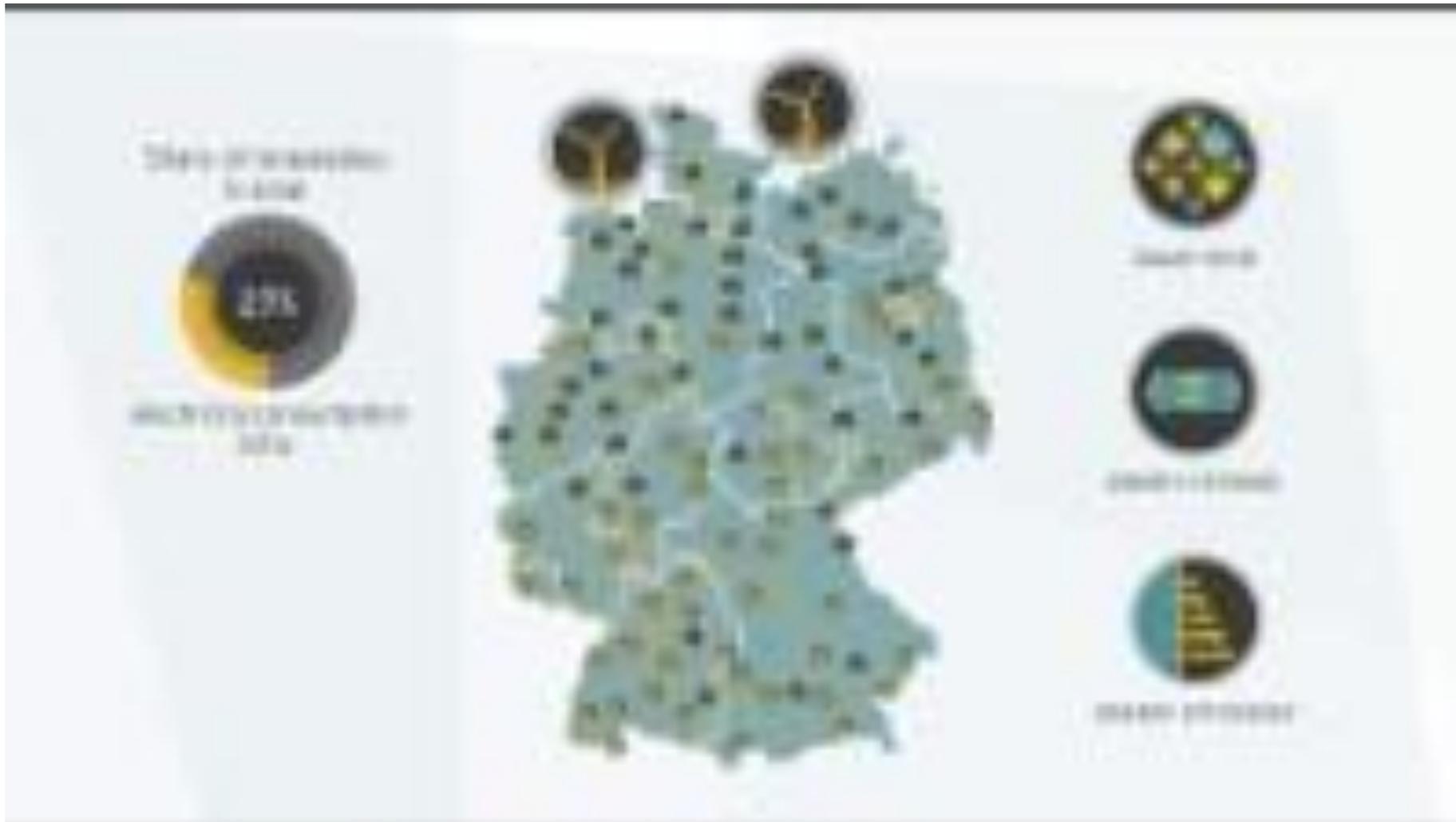
El 3xito en Alemania ha sido una planificaci3n controlada con planes y leyes para fomentar y garantizar una transici3n justa

7. Acta sobre la Aceleraci3n de la Expansi3n de la red El3ctrica.- La transici3n energ3tica requerir3 la expansi3n de la grilla el3ctrica para recibir m3s carga desde energ3as renovables. Dado que el progreso no ha sido suficientemente r3pido, el Parlamento alem3n aprob3 un Acta para la Aceleraci3n de la Expansi3n de la Red.
8. Ordenanza para la Conservaci3n de Energ3a (EnEV) y Esquemas de Apoyo Financiero.- Adoptada por Alemania el a3o 2002, provee por vez primera una manera de crear un eco-balance para un edificio, considerando no s3lo la energ3a 3til proporcionada al edificio, sino adem3s la energ3a primaria necesaria durante el proceso, que incluye las p3rdidas en generaci3n, distribuci3n, almacenamiento, etc. Adicionalmente, EnEV incluye los requerimientos de calidad para las etapas de renovaci3n, auditor3as energ3ticas y reemplazo de los antiguos sistemas de calefacci3n. Las especificaciones actuales consideran un gasto energ3tico no mayor que 60-70 KW-hora de energ3a por metro cuadrado de 3rea interior por a3o de calefacci3n y agua caliente.
9. La Directiva para el Dise3o Ecol3gico de 2005; desde el 2009 llamada Directiva para los Productos Relacionados con la Energ3a (ErP).- Es el instrumento m3s importante para discontinuar los productos con los peores rendimientos ambientales. Es una importante herramienta para reducir la demanda de nuevas redes y nuevas generadoras en Alemania, constituy3ndose en parte crucial de su transici3n energ3tica.

El éxito en Alemania ha sido una planificación controlada con planes y leyes para fomentar y garantizar una transición justa

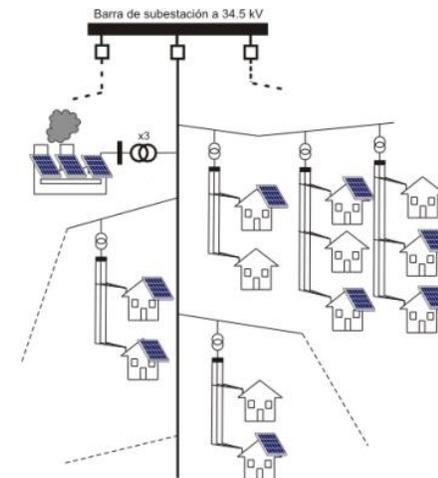
10. Fondo para la Eficiencia e Iniciativa Climática.- Entre los grandes financistas, a nivel global, de proyectos para enfrentar el cambio climático, Alemania ocupa el segundo lugar. Los fondos que proporciona promueven la mitigación del cambio climático a través del fomento de la medición de eficiencia, financiando proyectos de energías renovables, movilidad eléctrica, etc. A pesar de todo, Alemania está lejos aún del objetivo de 0,7% del producto nacional bruto (GNP) de Asistencia Oficial para el Desarrollo.
11. Discusión sobre la Reforma del Mercado de la Energía en el año 2014.- Dicho año, el nuevo gobierno alemán se propuso cambiar las políticas energéticas con el objetivo de evitar alzas en el costo de la electricidad. El foco no es el aumento de la calefacción o de combustibles para motores, los que han aumentado sus costos en mayor proporción que la electricidad en la última década.

Una descripción detallada de la generación distribuida en Alemania



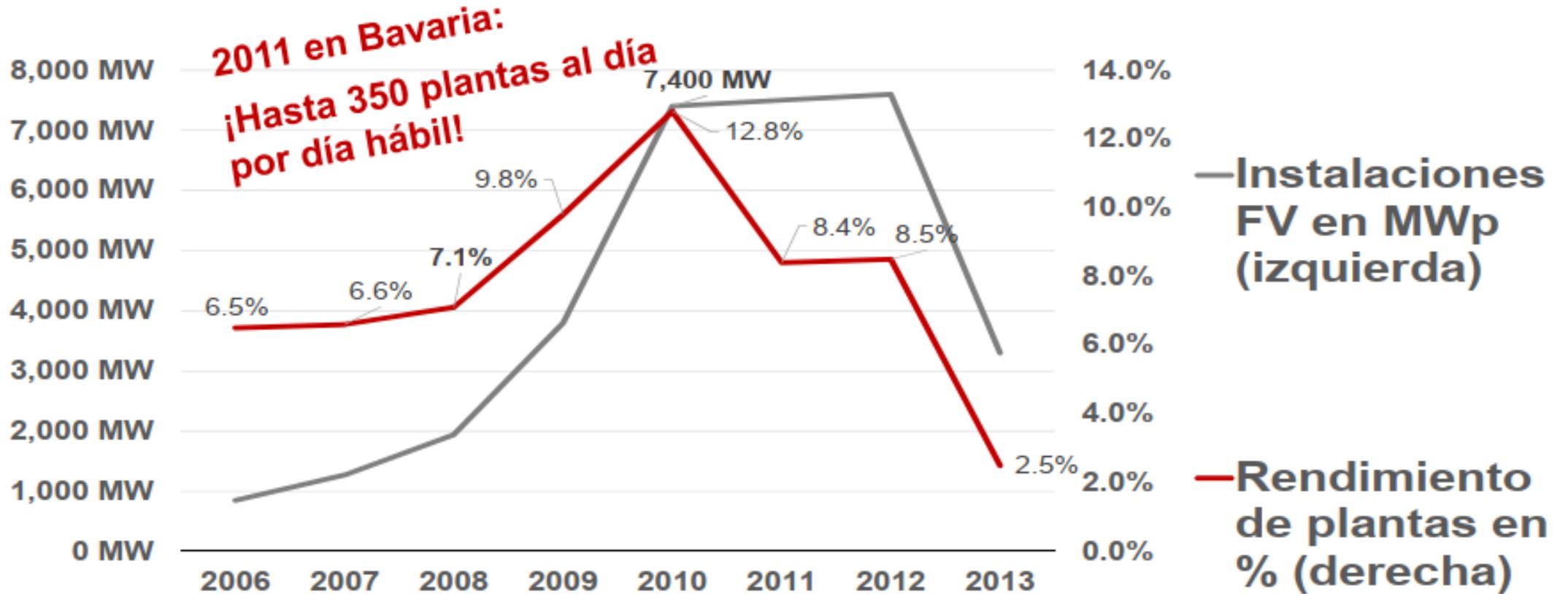
Lecciones aprendidas claves de Alemania

- Inversiones de largo plazo requieren un marco regulatorio de largo plazo
- Procesos de conexión simples y baratos
 - Derecho a una conexión para inyectar energía
 - Energía renovable tiene prioridad en caso de sobre producción
- Normas técnicas y certificaciones sencillos
 - Utilizar estándares internacionales y conocidos en la industria



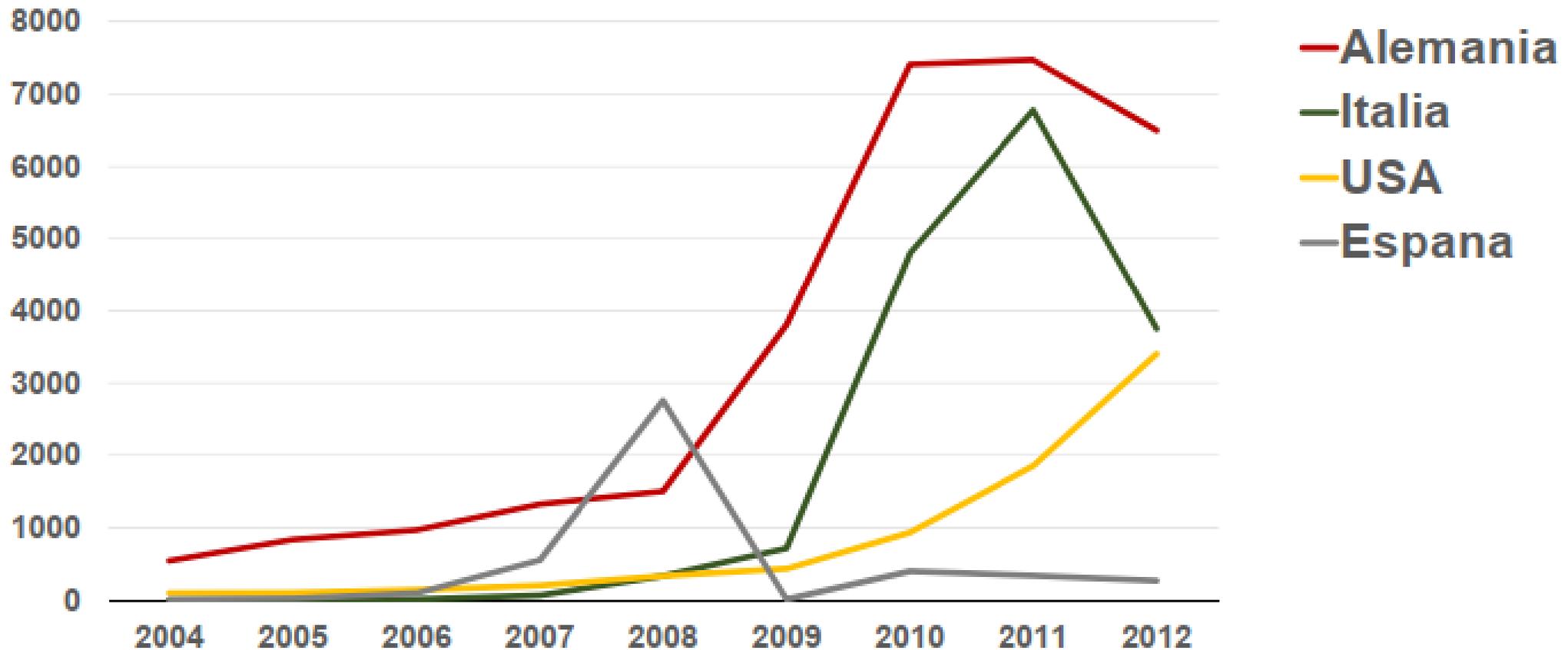
La rentabilidad juega un rol clave en el despliegue de la tecnología y por ende se deben crear condiciones para su abaratamiento

Rentabilidad: con rendimientos > 7%, el mercado creció



El despliegue es lento al inicio pero crece aceleradamente luego

Desarrollo de FV en mercados seleccionados en 2004 - 2012 [MW]

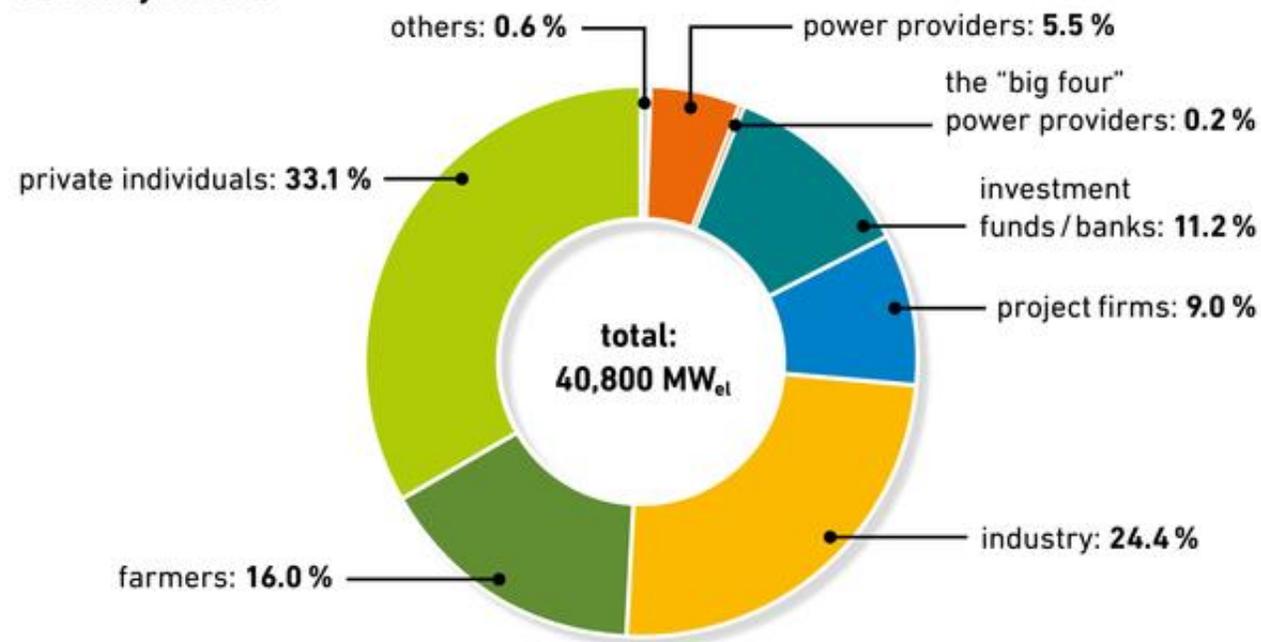


Se debe considerar los factores sociales y trabajar con la ciudadanía

- Difusión masiva
- Creación de mecanismos de financiamiento atractivos
- Capacitación de técnicos para cumplimiento de normas y seguridad en la instalación

Ownership structure of photovoltaic systems

Distribution of owners of installed capacity for power production in Germany in 2016



Source: trend:research as of 12/2017
© 2018 Renewable Energies Agency

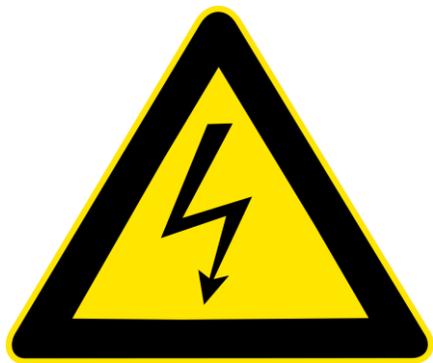
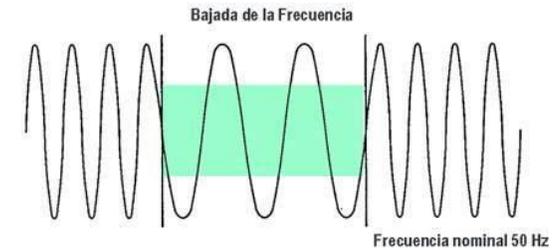
Normas para suministro de productos

- El código de red se debe cumplir tal y como se detalla en la Parte 3 de la Guía Técnica para Unidades y Sistemas de Generación de la Agencia de Promoción de la Energía Eólica y otras energías descentralizadas, en donde se determinan las características eléctricas de las unidades y sistemas de generación, sistemas de almacenamiento, así como sus componentes en media y alta tensión
- Armónicos: norma VDE 0838-12:2012-06: *Electromagnetic compatibility (EMC)*



Código de Red

- VDE-AR-N 4105 regula las plantas generadoras conectadas en baja tensión
- VDE-AR-N 4110 refiere a reglas para media tensión de sistemas de generación, almacenamiento y sistemas híbridos

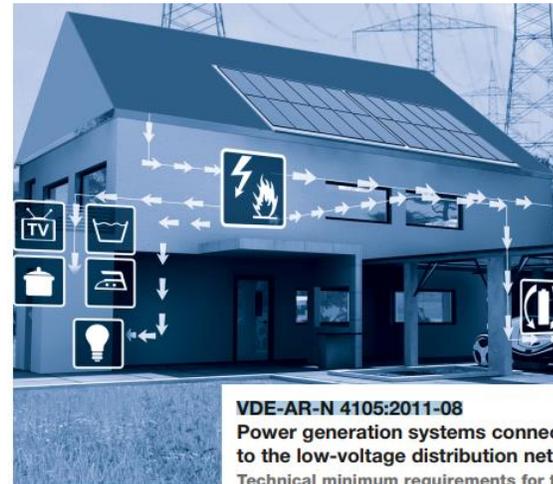


Fuente: energiahoy.com

Código de Red

- VDE-AR-N 4105 regula las plantas generadoras conectadas en baja tensión:
 - Sistemas Hidro
 - Solares fotovoltaicos
 - Sistemas síncronos
 - Celdas de combustión
 - Generadores térmicos
 - Implementa el código de red europeo “Requerimientos para Generadores”

Fue creado por un comité especializado en el VDE y sometido a consulta pública.



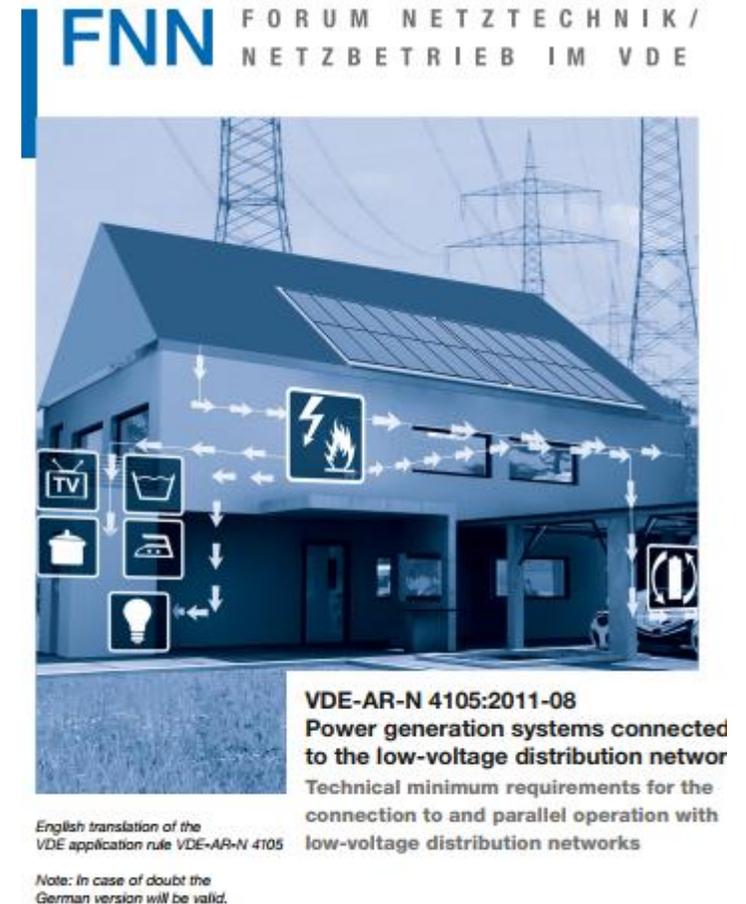
En el futuro los nuevos generadores deben ayudar a la red ante variaciones rápidas de tensión.

Control Volt-Var puede ser usado dependiendo de las circunstancias de los circuitos.

En el futuro los generadores distribuidos podrán aportar potencia a la red ante caídas de frecuencia.

Código de Red

- VDE-AR-N 4105 regula las plantas generadoras conectadas en baja tensión:
 - Variaciones de tensión menores al 3% del valor nominal.
 - El operador de la red examina la capacidad de alojamiento.
 - Determina límites de:
 - Cambios rápidos de tensión
 - Flickers
 - Armónicos
 - Desbalance de tensión
 - No se requiere control dinámico de tensión, pero en el futuro se podrá.



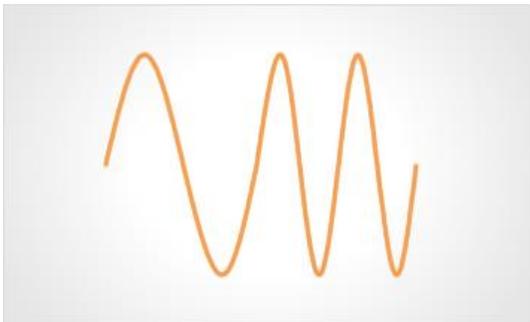
Código de Red

Comportamiento ante desviaciones de frecuencia

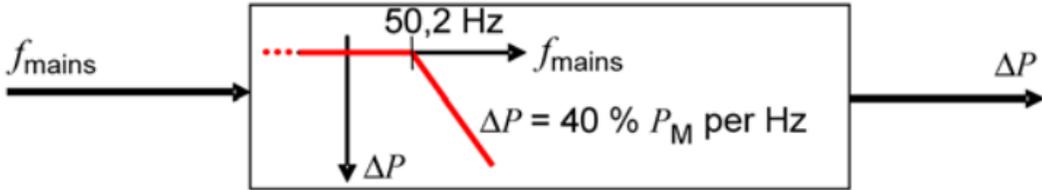
Potencia activa en baja-frecuencia.

No se permite desconectarse con valores desviados de frecuencia entre 47.5 Hz y 50 Hz.

Permite que los generadores aporten para mantener la frecuencia



Potencia activa en sobre-frecuencia.



$$\Delta P = 20 P_M \frac{50,2 \text{ Hz} - f_{\text{mains}}}{50 \text{ Hz}} \text{ for } 50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 51,5 \text{ Hz}$$

La potencia activa generada se debe reducir 40% por cada Hz que supere los 50.2 Hz.

Si la frecuencia es mayor a 51.5 Hz, el generador debe desconectarse con un retardo máximo de 1 segundo.

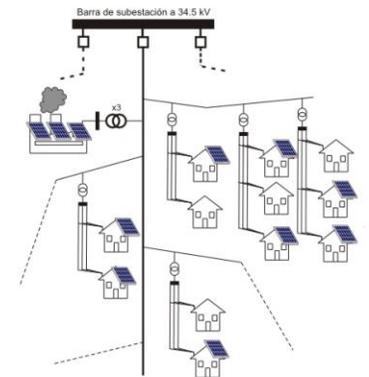
Requisitos para GD

En los estudios previos realizados se debe considerar los siguiente:

- Si existe más de 1 generador en el mismo circuito, todos deben ser considerados en el análisis.
- Impedancia de la red en el punto de conexión.
- La potencia máxima aparente del generador.
- El tipo y modo de operación del generador.
- La cargabilidad de los transformadores y líneas de distribución.
- Cambios en los niveles de tensión no mayores al 3%.
- Corriente de cortocircuito aportada por el generador.

El operador de la red determina el punto de conexión en la red eléctrica de distribución.

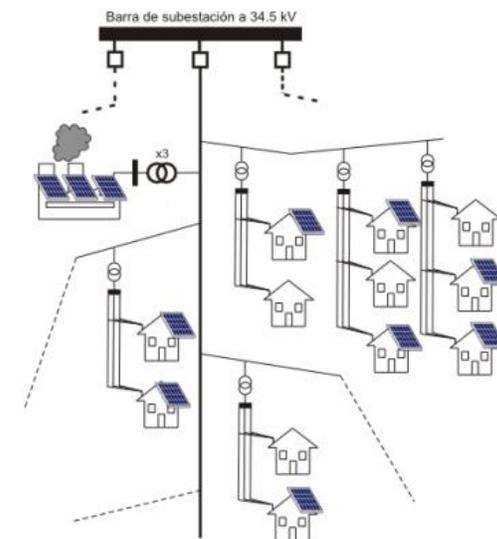
Por regla el sistema de generación es conectado al punto de alimentación del cliente.



Variaciones de parámetros

Ante variaciones de frecuencia, los sistemas de GD tendrán que reducir o aumentar la potencia generada, en función del aumento o caída de la frecuencia respectivamente.

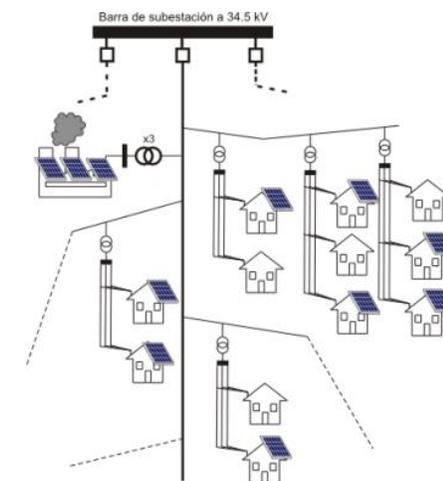
En la operación de los sistemas de generación no se permiten desconexiones automáticas por variaciones de frecuencia cuando la variación es menor a -5% ó $+3\%$.



Puesta en Marcha

Para la puesta en marcha del sistema de generación, deben seguir el siguiente procedimiento:

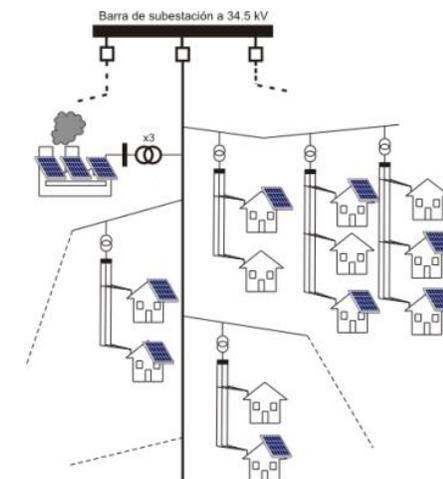
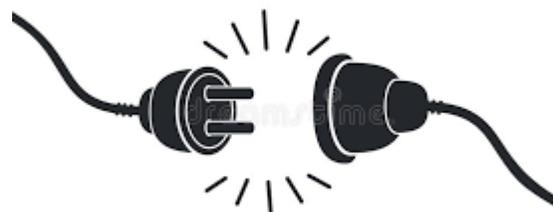
- Inspección del sistema.
- Comparación entre la configuración del sistema y los planos.
- Comparación de la configuración de los dispositivos de medición utilizados para facturación contra las especificaciones técnicas y contractuales.
- Ejecución del procedimiento para medidores y si es necesario la extracción de datos.
- Revisión de la conexión y desconexión del dispositivo de compensación reactiva externo asociada al generador (en caso de aplicar).
- Para generadores con potencias mayores a 100 kW, revisión de los equipos para la reducción de alimentación a la red dentro del marco legal.
- Revisión de los equipos de monitoreo de máxima potencia aparente, en caso de que la compañía distribuidora lo requiera.
- Revisión del aporte de Distorsión armónica.
- Desbalance de tensiones.



Desconexión del generador

El operador de la red puede solicitar la desconexión del generador en los siguientes casos:

- Riesgo de sobrecarga en los equipos de la red de distribución.
- Riesgo de creación de isla.
- Riesgo de estabilidad transitoria o en régimen estático.
- Cambio de frecuencia que ponga en riesgo el sistema.
- Ejecución de reparaciones o nuevas construcciones.
- Entre otros.



Una explicación del código de red por sus creadores



Muchas gracias por su atención

Jairo Quirós-Tortós
Universidad de Costa Rica
jairoquirotortos@ieee.org

Abdenago Guzmán Ledezma
Consultor
nagoguzle@gmail.com



