

Plataforma Española de Redes Eléctricas

Grupo de trabajo: electrónica de potencia en la baja tensión Mayo 2024



Objetivos

Contexto

Situación española

Identificación de soluciones

Conclusiones



Las previsiones para España de crecimiento de fotovoltaica:

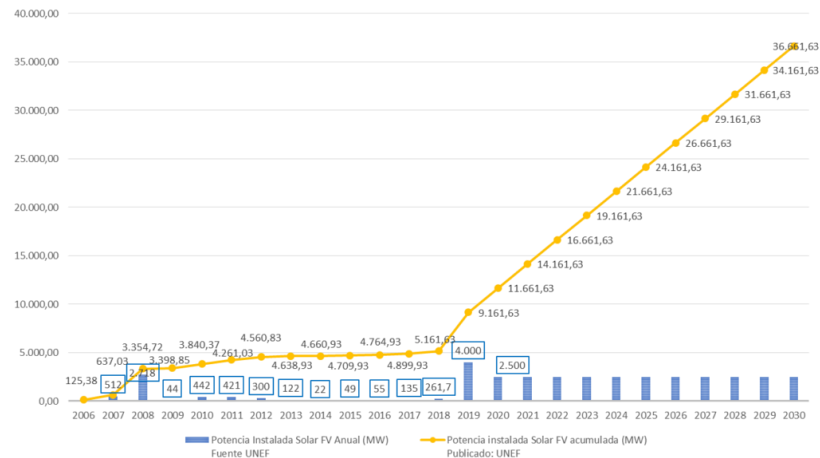
Tabla 2.3. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW)

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoelectrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
Total	107.173	111.829	133.802	160.837

*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del PNIEC.

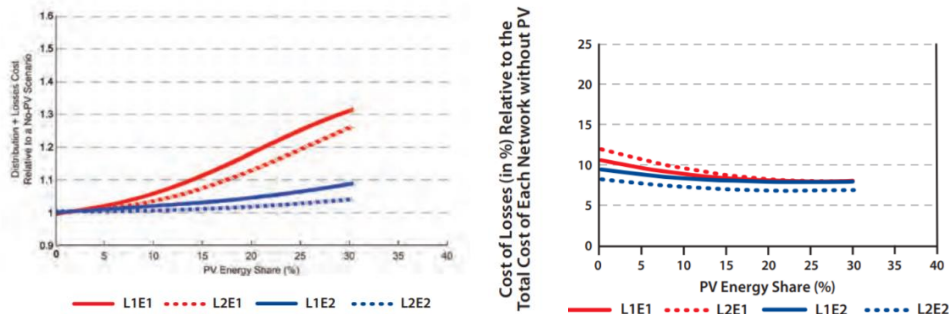
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Fuente PNIEC 2030

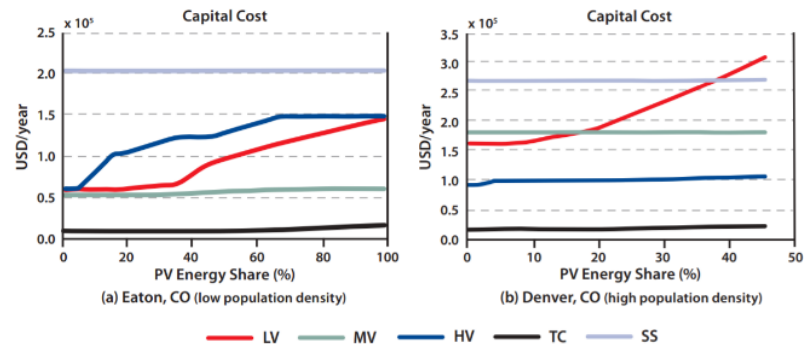


Potencia fotovoltaica instalada en España y perspectivas (2019)
Fuente y elaboración: UNEF

La integración de generación distribuida renovable (fotovoltaica) en la red tiene efectos sobre la misma*:



Load	L1	80% residential, 15% commercial and 5% industrial
	L2	15% residential, 80% commercial and 5% industrial
Network Design	E1	European
	E2	United States
Storage	S1	No storage
	S2	Storage factor = 0.2
	S3	Storage factor = 1



Efecto sobre la inversión y las pérdidas

Efecto sobre la inversión por nivel de tensión y densidad de población.

*MIT The Future Solar Energy

Reglamentos de conexión a red.

Capacidad disponible según resolución 20 mayo 2021 CNMC:

- Disponibilidad total.
- En situación N-1.
- En condiciones de conexión/desconexión.
- Por potencia de cortocircuito.
- Por potencia máxima a inyectar en un punto.

Capacidad disponible según Artículo 17 del RD 1183/2020 (acceso y conexión):

Artículo 17. Exenciones a la obtención de los permisos de acceso y de conexión.

1. De acuerdo con lo establecido en la disposición adicional segunda del Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, estarán exentas de obtener permisos de acceso y de conexión:

a) Las instalaciones de generación de los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes.

b) En las modalidades de autoconsumo con excedentes, las instalaciones de producción de potencia igual o inferior a 15 kW, que se ubiquen en suelo urbanizado que cuente con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística.

2. Adicionalmente, estarán exentos de la obtención de permisos de acceso y de conexión los consumidores que cumplan los requisitos establecidos en el artículo 25.1 del Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre.

Reglamentos de conexión a red: reglamento europeo 2016/631, RD 647/2020 y Orden TED/749/2020. Establece requisitos por tipo de instalación:

Tipo	Tensión	Capacidad
Tipo A	< 110 kV	>=0,8 kW
Tipo B	< 110 kV	>=100 kW
Tipo C	< 110 kV	>=5 MW
Tipo D	< 110 kV	>=50 MW

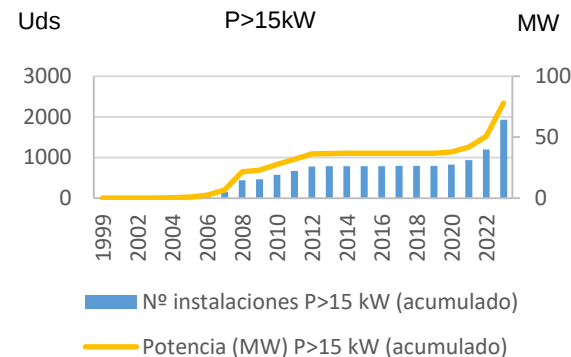
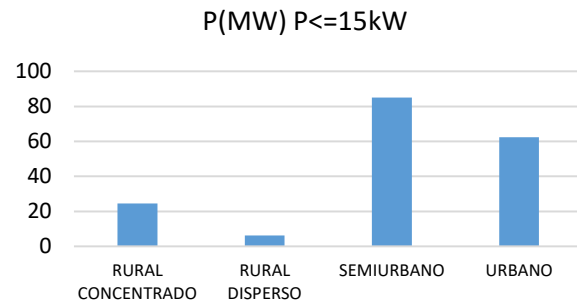
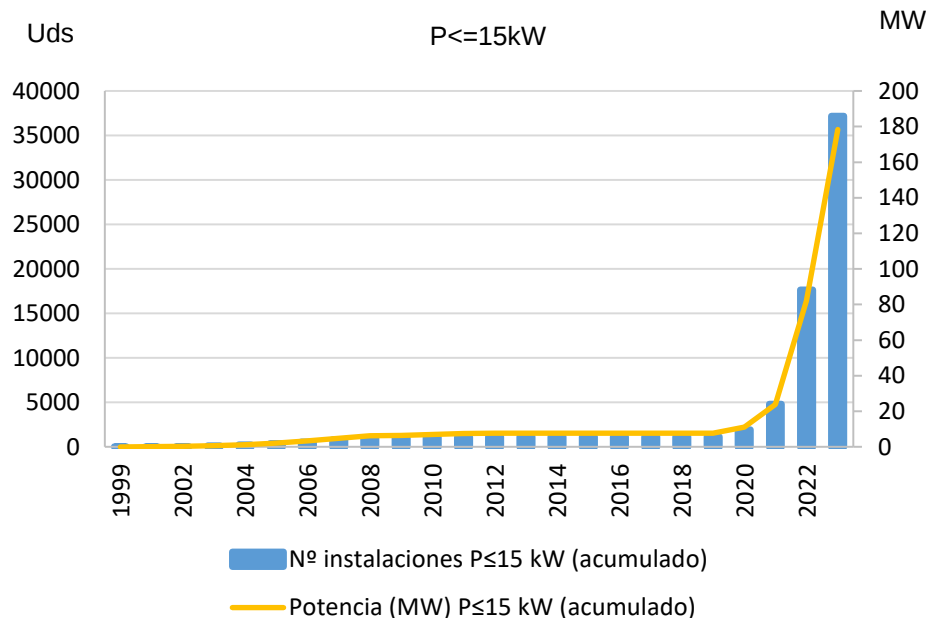
REQUISITO			
Artículo [1]	Definición del Requisito	Tipo MGE	Subapartado de la Norma Técnica
13.2	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)	≥A	5.1
15.2.(a) y (b)	Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto	≥C	5.5
15.2.e	Control de potencia-frecuencia	≥C	5.4
15.2.d	Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)	≥C	5.3
15.2.c	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)	≥C	5.2
21.2	Emulación de inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas	≥C	5.6
17.3	Recuperación de la potencia activa después de una falta	≥B	5.11
14.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los generadores síncronos conectados por debajo de 110 kV	≥B	5.11
16.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los generadores síncronos conectados por encima de 110 kV	D	5.11
20.3	Recuperación de la potencia activa después de una falta	≥B	5.11

14.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE conectados por debajo de 110 kV	≥B	5.11
16.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE conectados por encima de 110 kV	D	5.11
15.5.a	Arranque autónomo	≥C	5.12
15.5.b	Capacidad de participar en el funcionamiento en isla*	≥C	5.13
15.5.c	Capacidad de resincronización rápida	≥C	5.14
18.2.b	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	≥B	5.7
18.2.c	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	≥B	5.7
19.2	Control de amortiguamiento de oscilaciones de potencia	D****	5.9
20.2.b y 20.2.c	Inyección rápida de corriente de falta en el punto de conexión en caso de faltas (trifásicas) simétricas	≥B	5.11
21.3. b	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	≥B	5.7
21.3.c	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	≥B	5.7
21.3.d	Modos de control de la potencia reactiva	≥B	5.8
21.3.f	Control de amortiguamiento de oscilaciones	≥C	5.10

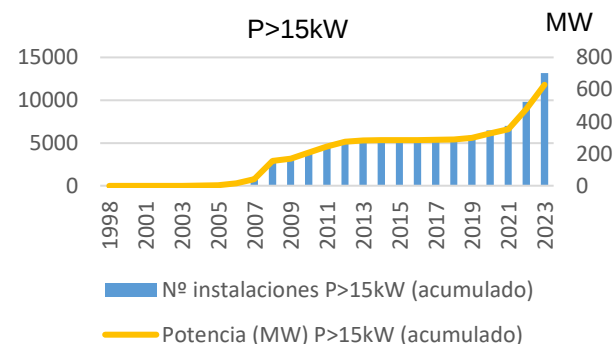
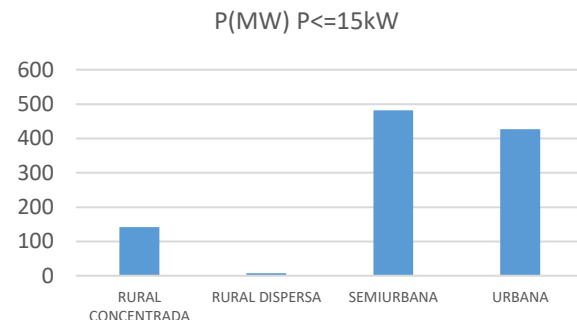
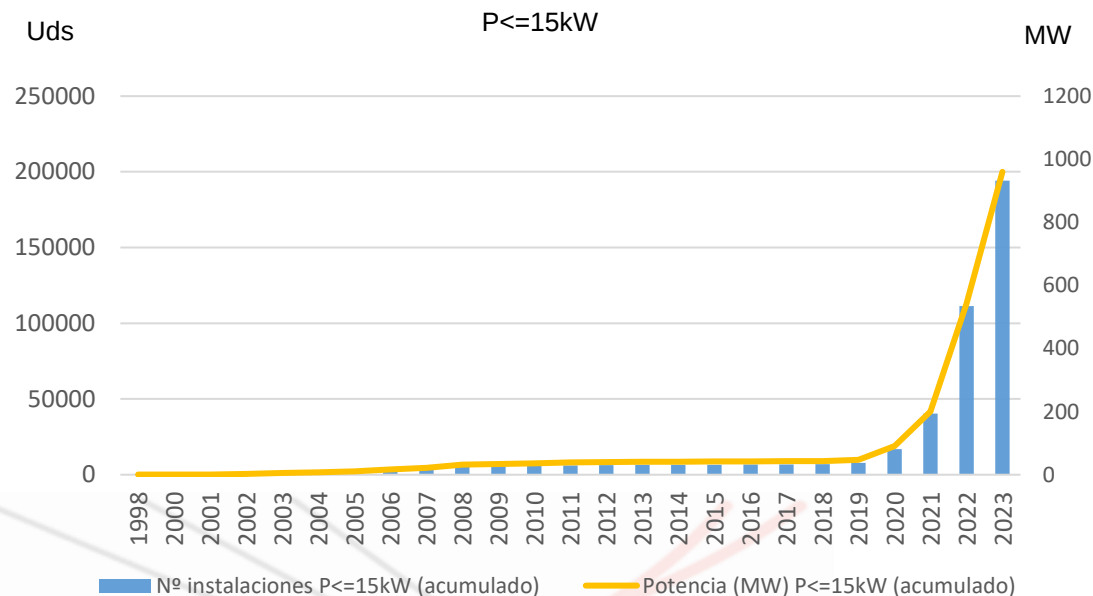
En los generadores de tipo A sólo se incluyen condiciones en potencia frecuencia. No se consideran controles de estabilidad de tensiones más allá de huecos de tensión y sin afectar a la activa. Para generadores >=B se exige adicionalmente:

Umbral de tensión	Tiempo de desconexión
<0,85 pu	1,5 segundos
1,10-1,15 pu	1 segundo
>1,15 pu	0,2 segundos

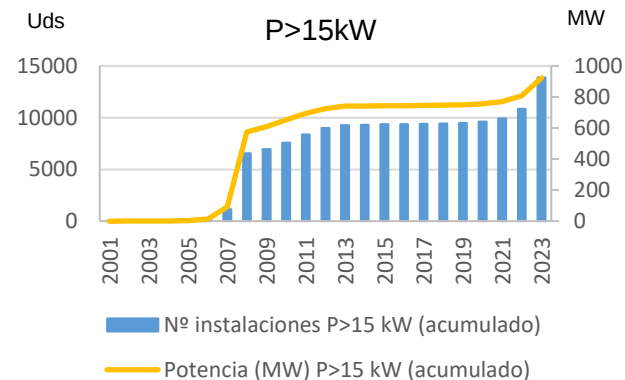
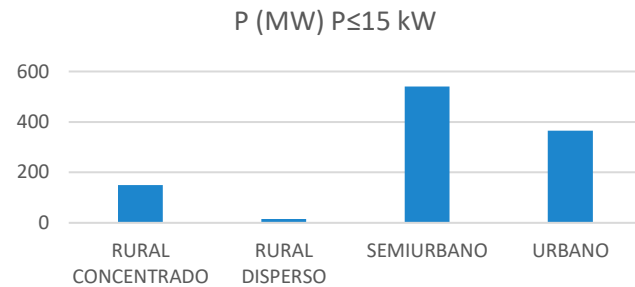
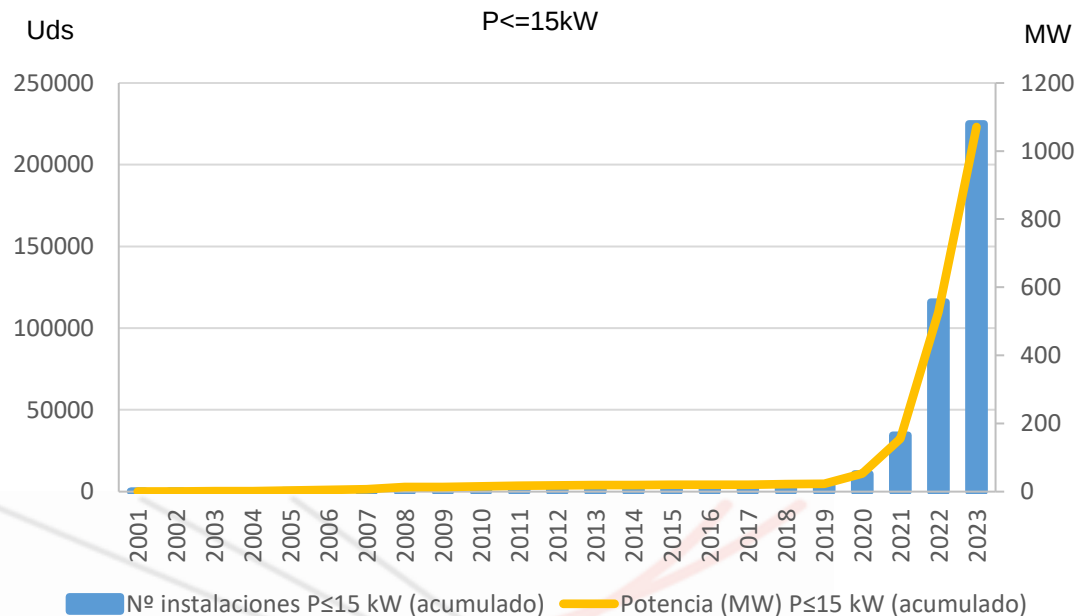
UFD: fotovoltaica en baja tensión (datos cierre 2023)



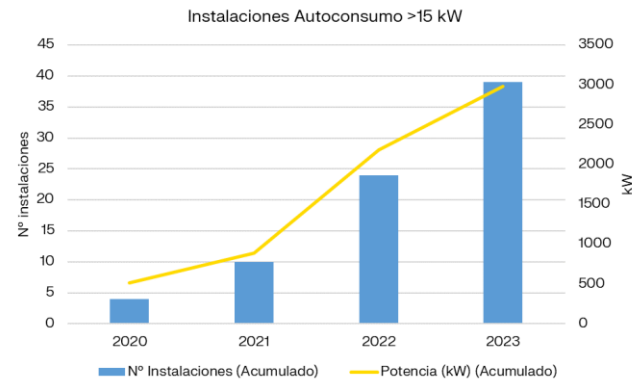
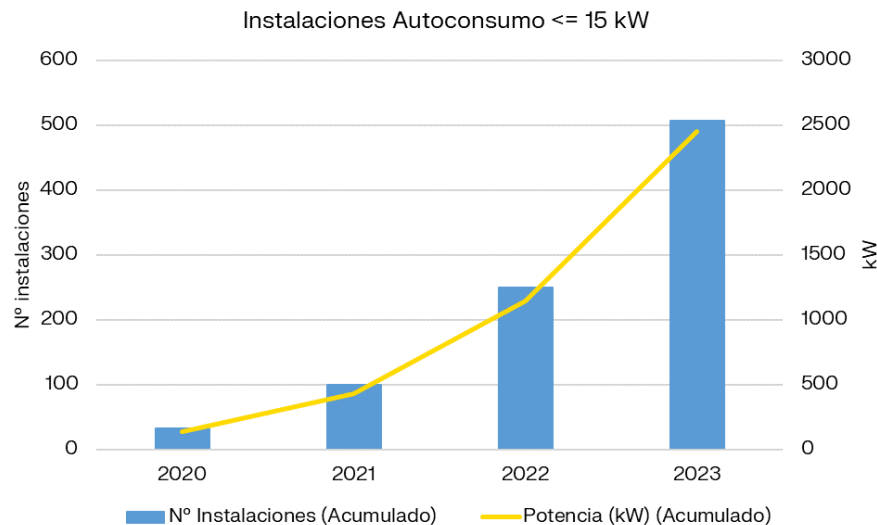
I-DE: fotovoltaica en baja tensión (datos cierre 2023)



e-distribución: fotovoltaica en baja tensión (datos cierre 2023)



Grupo Cuerva: fotovoltaica ≤ 15 kW en baja tensión (datos cierre 2023)



La variabilidad de la generación fotovoltaica en baja tensión está produciendo eventos de sobre-tensión en la red de baja tensión, medidas estas por lo contadores inteligentes.

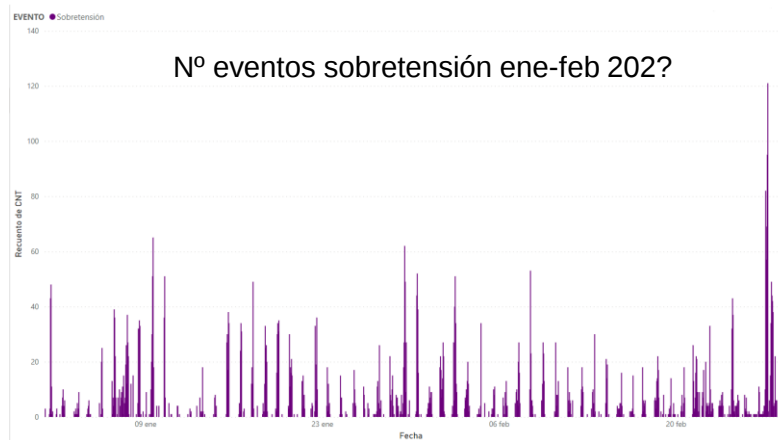
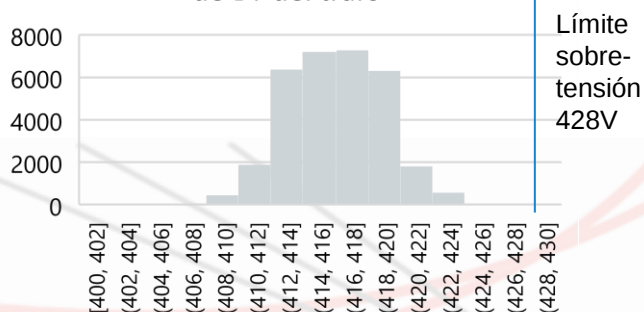
Características de la red:

- Trafo del CT 400kVA
- Max. potencia demanda 235kW
- Pot. renovable 50kW
- Clientes 275
- Prosumidores 20

Eventos de sobretensión detectados en:

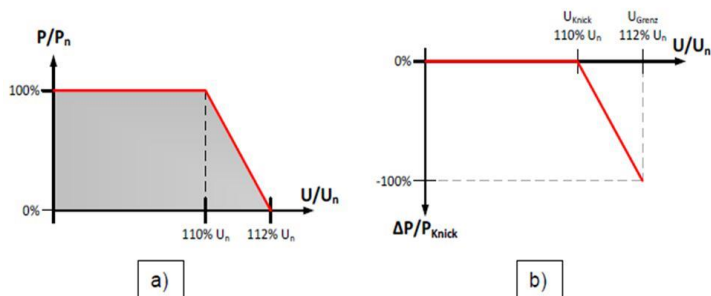
- 172 contadores (62% del total)
- 539 horas (38% del total)
- Principalmente en las horas centrales del día

Histograma de tensión media en el lado de BT del trafo



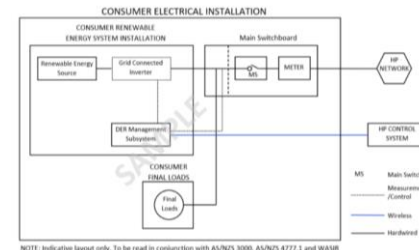
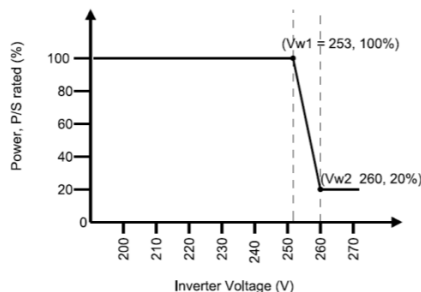
Lo que hacen otros países (I):

Austria tiene requisitos adicionales para los tipos B ($\geq 250\text{kW}$):



Configuración estándar del control P(U)

Australia tiene requisitos muy exigentes, incluso para los pequeños inversores ($<10\text{kVA}$ por fase) incluyen función P(U) y, opcional en estos y obligatorio en los de $>10\text{kVA}$ por fase), tienen que estar conectados con los sistemas de control de la distribuidora:



Protection Requirements	LV EG IES		LV EG Non-IES
	$\leq 200\text{ kVA}$	$>200\text{ kVA}$	
Grid reverse power (32R)	Not required		
Generator circuit Phase balance protection (46/47)	May be required		Shall be required
Overcurrent facility fault, grid fault and earth fault protection (50/51)	Shall be required		
Passive anti-islanding protection (27U/O, 59U/O, 81U/O, 81R)			
Inter-tripping	Not Required		

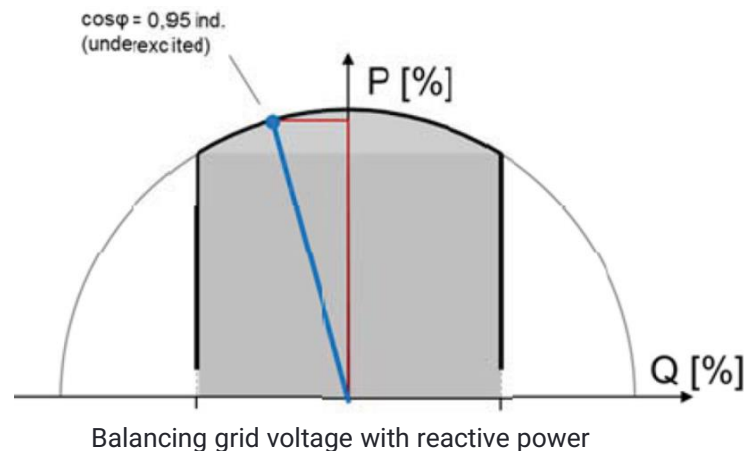
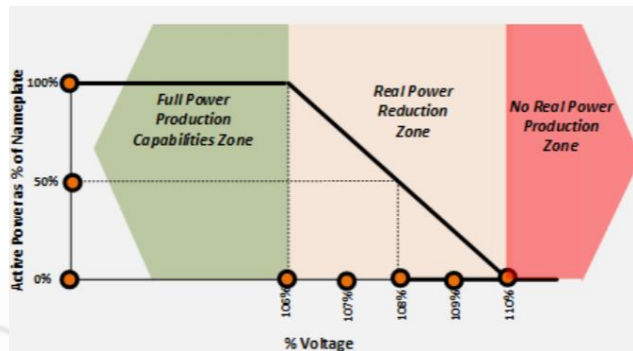
Lo que hacen otros países (II):

California se rige por la Regla 21*: describe los requisitos para la interconexión, operación y medida de los generadores a la red de distribución

En “PREVENTION OF INTERFERENCE” se incluye desde febrero 2019 control potencia– tensión

Desde junio 2020 deben ser capaces de comunicar por TCP/IP

Volt – Watt Requirements <https://www.cpuc.ca.gov/Rule21/>



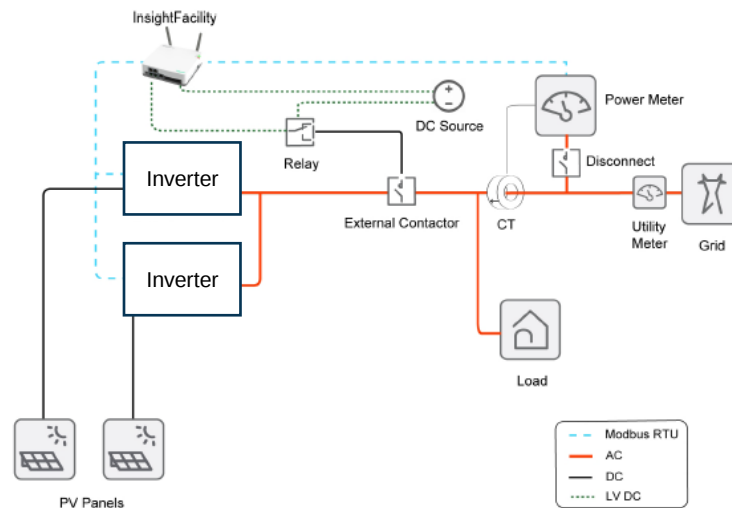
Inversor inteligente

Control del inversor:

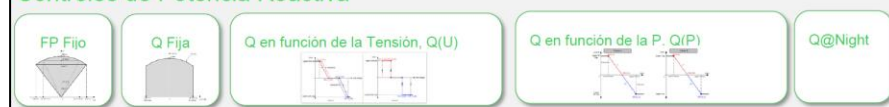
- Controles de potencia activa
 - Limitación/rampa potencia activa
 - Limitación función de la frecuencia $[P(f)]$
 - Limitación función de la tensión $[P(U)]$
- Controles de potencia reactiva
 - Ajuste fijo del factor de potencia / Q fija
 - Q función de la tensión $[Q(U)]$
 - Q función de la potencia activa $[Q(P)]$
 - Q at night
- Adaptación a la función de despacho
- Apoyo a la falta (FRT), LVRT y HVRT

Características principales que se van a solicitar:

- Reguladores de carga MPPT
- Eficiencia alta > 98%
- Protección contra sobretensiones, IP66
- Fácil integración en sistema existente
- Desde 30 kW hasta 5 MW (medio/gran residencial y comercial-industrial-edificios)
- Autoconsumo, venta a red, acoplamiento AC hibrido, FV-Diesel



Controles de Potencia Reactiva



“La solución no es única”

Existen diferentes alternativas para incrementar la capacidad de la red:

Soluciones técnicas adoptadas por el **DSO**

Measures	
1 Classic grid expansion	
1.1 Replacing local distribution transformers	
1.2 Segmenting local grid	
1.3 Laying parallel cables	
1.4 Increasing conductor cross-section	
2 Intelligent equipment	
2.1 Voltage regulator	
2.2 Voltage-regulated distribution transformers	
3 Grid optimization	
3.1 Individual tap changing of distribution transformers	
3.2 Wide-area control	
3.3 Reactive power feed-in	
3.4 Changing grid topology	
4 Grid operation and planning	
4.1 Grid monitoring	
4.2 Feed-in management	
4.3 Improved grid planning	

Ref.: The German experience with integrating photovoltaic systems into the low-voltage grids

+ predictibilidad y seguridad
- coste de inversión

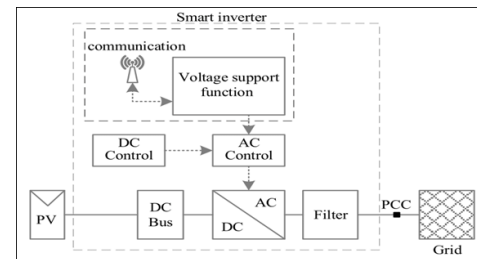
Mediante la contratación de servicios de **flexibilidad** de clientes de red

Servicio					
	Reconfiguraciones dinámicas	Flexible Power Link	OLTC	Dynamic Line Rating	
Congestiones	Si	Si	Si	Si	
Control de tensiones	Si	Si	Si	Si(*)	
Operación en isla	Si(*)	Si(*)	Si(*)	Si(*)	
Restitución de servicio	Si(*)	Si(*)	Si(*)	Si(*)	
Balance	Si(*)	No	No	No	
Inercia	No	No	No	No	

Ref.: Flexibilidad en las redes de distribución eléctrica. Futured

+ eficiencia
- complejidad

Mediante **control automático** del apoyo de los generadores a la red



Ref. The additional functions of smart inverters

+ simplicidad y coste
- produce vertidos (mal menor)

La transición energética busca la descarbonización mediante la generación renovable, recurso caracterizado por su variabilidad.

El carácter capilar de la fotovoltaica y su promoción para instalación próxima al consumo está provocando un rápido crecimiento de la misma.

La normativa española permite instalar este tipo de generación en baja tensión sin criterios de capacidad de red, ni requisitos particulares de operación.

Si bien empiezan a aparecer problemas puntuales de calidad, se espera un crecimiento importante de los mismos con el incremento de esta generación distribuida.

Existen distintas soluciones que van desde nuevas inversiones en infraestructura hasta cambios en la coordinación (flexibilidad, inversor inteligente).

Países con mayor penetración de renovables (Australia, EEUU – California) están adoptando requisitos adicionales sobre los generadores (control tensión-potencia a nivel de punto de conexión, control centralizado mediante consignas de generación).

Es necesario realizar un estudio técnico-económico para ver la evolución de este efecto en la red española y analizar la criticidad en la adopción de soluciones.



GRACIAS

secretaria@futured.es

fernando.garcia@futured.es