



**RED ELÉCTRICA  
DE ESPAÑA**

**Integración de la  
Energía Solar Termoeléctrica  
en el Sistema Eléctrico Español**

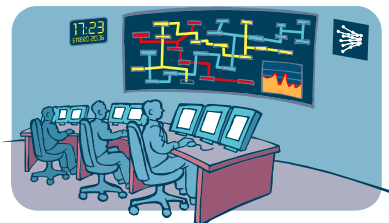
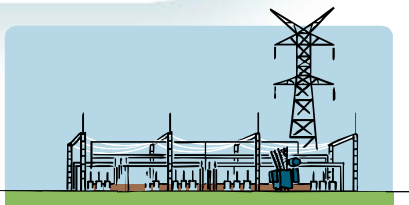
**Almudena Carrasco Reija**

**Madrid, 29 de octubre de 2009**



# RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

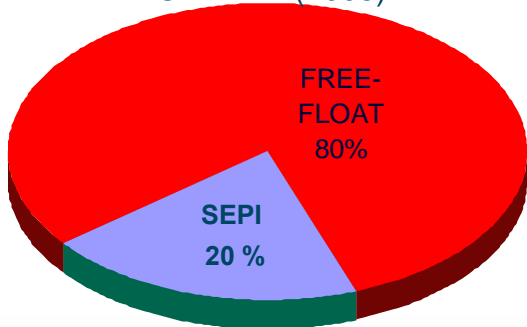
## Red Eléctrica de España (REE): Misión y Principios



- Diseña, constuye y mantiene la red de transporte.
- Opera el sistema para asegurar el suministro eléctrico.

➤ La existencia de **REE**, pionero mundial desde 1985, como empresa independiente y dedicada exclusivamente al **transporte y la operación del sistema**, se ha demostrado fundamental para la implementación rápida y segura del mercado y la integración de renovables

CAPITAL (2008):



SEPI: Sociedad Estatal de Participaciones Industriales

RdT: Principales magnitudes		Cierre2008	
		REE	vs. TOT
Líneas	400 kV [km ct]	17 172	99,8%
	≤ 220 kV [km ct]	16 808	98,5%
Subest.	≤ 220 & 400 kV [nº pos]	3 159	96,7%
	Transformadores [MVA]	58 822	98,6%



## **Índice**

**Energía renovable: contexto y perspectivas**

**Integración generación renovable en sistema eléctrico**

**Desarrollo y conexión a la red**

**Operación del sistema en tiempo real**

**Nuevos estudios de integración**

**Consideraciones finales**



## **Energía renovable: Contexto y perspectivas**



## Situación Energética en España: Condiciones actuales y retos

- Dependencia externa muy elevada (> 80% en 2008).
- Crecimiento de la demanda eléctrica sostenido: 70.6% en 1996 ÷ 2008:
  - Crecimiento significativo de la actividad económica (57.8% en 1996 ÷ 2008).
  - Escasas mejoras en eficiencia energética.
- Aumento en emisiones CO<sub>2</sub> (52,6% en 1990 ÷ 2007).

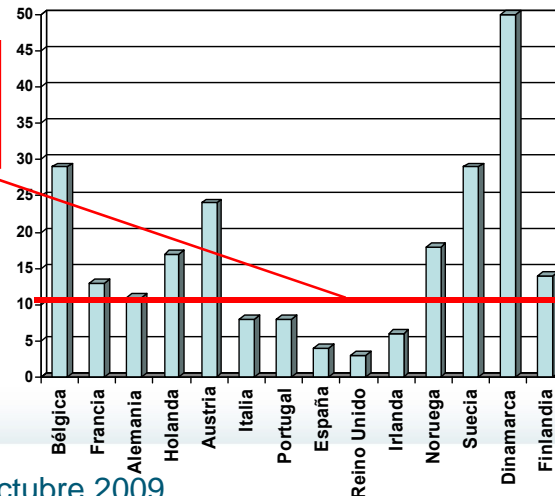
Interés para la promoción de generación de alta eficiencia y con fuentes renovables

Generación de Régimen Especial

- España es una península, también eléctricamente, con débil conexión con el sistema europeo.

Capacidad Importación/Capacidad Instalada (%)

Objetivo establecido por Consejo Europeo (Cumbre Barcelona 2001):  
Cap. Internacional > 10% en 2005





## Integración de renovables: Objetivos crecientes

### Europa.-

- ❑ **Objetivo ERenovable:** 12% en 2010  $\Rightarrow$  **20 % en 2020**
- ❑ **Nueva Directiva Renovables (borr.):** objetivo indicativo  $\Rightarrow$  vinculante

### España.-

- ❑ **RD661/2007 (Disp Ad 8<sup>a</sup>).**

Durante 2008 se iniciará revisión PER2010

- ❑ **Planificación H2016**

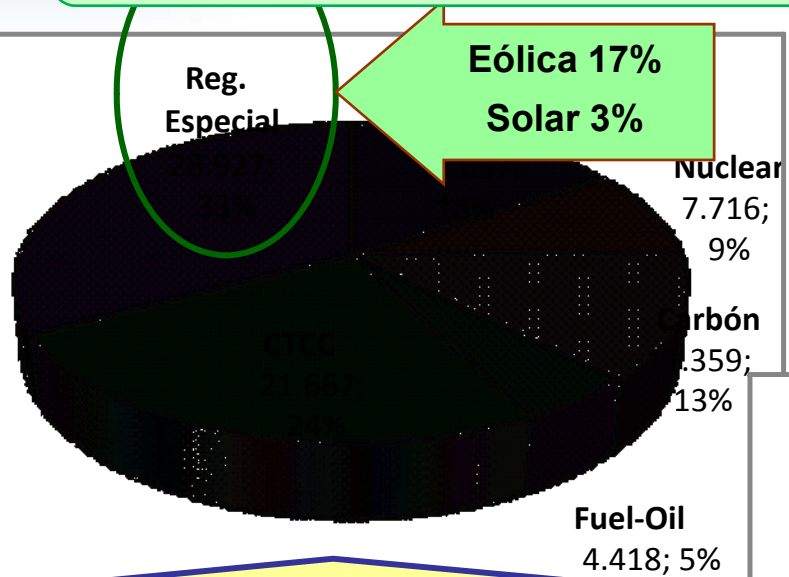
**4.500 MW de generación solar (TS+FV)**

- ❑ **LSE 54/1997 (mod. L17/2007) Disp.Ad. 25<sup>a</sup>.**

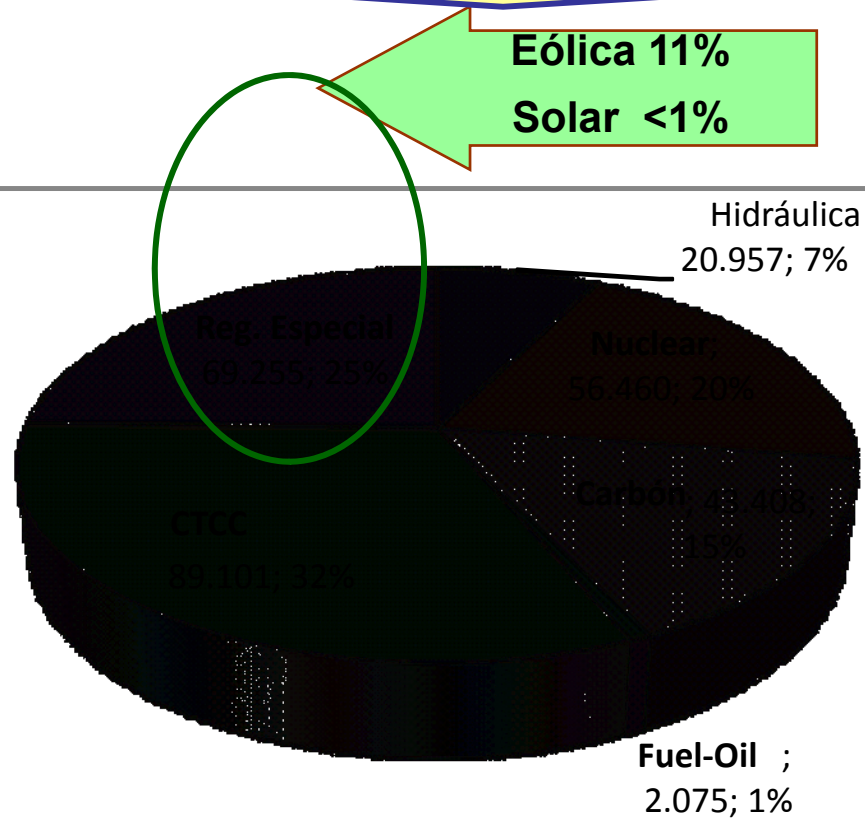
*El Gobierno, modificará el Plan de Fomento de las Energías Renovables, para adecuarlo a los objetivos que ha establecido a este respecto la Unión Europea del **20% para 2020**, manteniendo el compromiso que este plan establecía del **12% para 2010**. Estos objetivos serán tenidos en cuenta en la fijación de las primas a este tipo de instalaciones.*

**20% ER vs.Efinal  $\Rightarrow$   $\approx$  40% (ER vs. Etot)<sub>sist.el.</sub>**

Reducción de dependencia externa y emisiones CO<sub>2</sub> :  
Balance español incluye una proporción creciente de Renovables



[GWh b.g.; % vs total]  
Energía Generada: 281.257 GWh



[MW b.g.; % vs total]  
Pot. Instalada: 90.744 MW

Records Demanda	17/12/07	18/12/07
Potencia (MW)	45.450	
Energía Horaria (MWh)	44.876	
Energía Diaria (MWh)	892.909	901.870

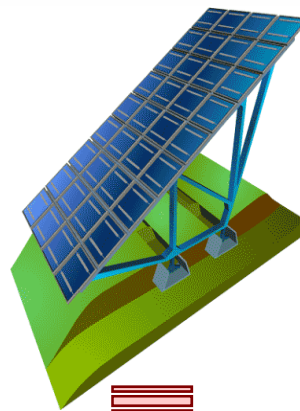


## **Integración generación renovable en sistema eléctrico**



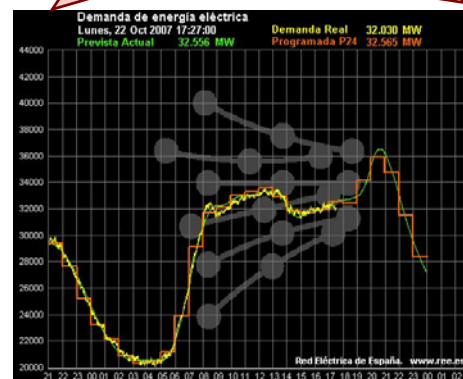
## Particularidades Energía Renovable

- ❑ Localización
- ❑ Tamaño/atomización
- ❑ Tipo de generador
- ❑ Proceso energético
- ❑ Prioridad de despacho



### INTEGRACIÓN SEGURA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

- ❑ Necesidades de red
- ❑ Firmeza: Previsión  $\Rightarrow$  Programa
- ❑ Estabilidad
- ❑ Control por generador y OS
- ❑ **GESTIONABILIDAD**





## Retos para la integración de GRE. La actuación de REE

RED ELÉCTRICA trabaja por maximizar la integración segura de la generación renovable actuando en los aspectos relevantes para el sistema:

- **Prospectiva Energética:** acceso y planificación de la red
  - Gestión del acceso a la red y propuestas de planificación: Análisis sobre capacidad (**zonal y nacional**), preservando la seguridad del sistema
  - Identificación de requisitos tecnológicos de generadores (propuestas de normativa)
- **Gestión** en horizontes en torno al tiempo real
  - Predicción de producción eólica (Mod. SIPREÓLICO). Incorporación de la predic. solar
  - Contribución a la “gestionabilidad” mediante creación de CECRE y la habilitación de los centros de control de generación
- **Desarrollo** y refuerzo de la red de transporte



## **Desarrollo y conexión a la red**



## El desarrollo de la Red

La decisión sobre el desarrollo de la red incluye 2 procesos coordinados y complementarios

- **Planificación de la Red**

- realizada por el Gobierno con la participación de las Comunidades Autónomas sobre la base de las propuestas elaboradas por Red Eléctrica, como OS
- **Vinculante** (a diferencia de la planificación **indicativa** de la generación)
- proceso periódico (ciclos cuatrienal/anual)

- **Acceso a las Redes:**

- regulado (no negociado) según el que Red Eléctrica, como OS, valora la existencia de capacidad para la conexión de una instalación no transporte
- proceso continuo

, que debe tener en cuenta las etapas subsiguientes para la RdT

- **Tramitación y Autorizaciones Administrativas (MITC, CCAA)**
- **Construcción**
- **Puesta en Servicio**

, y que deben estar coordinadas con los programas de ejecución de las instalaciones (no transporte) a incorporar al sistema eléctrico



## Estudios de Capacidad

- Evaluación de límites de generación que permitan mantener la idoneidad y seguridad del sistema de acuerdo con los criterios de planificación y operación para el último plan de medio plazo vigente [H2016]
  - Idoneidad: Estudios de capacidad, que valoran el límite de generación por nudos y zonas en cuanto a capacidad estructural de la red
    - **Por comportamiento estático (flujo de cargas y análisis de contingencias)**
    - **Por potencia de cortocircuito (5% Scc, para no gestionable)**
  - Seguridad: Estudios de aceptabilidad, que validan la capacidad por nudos y zonas
    - **Comportamiento dinámico: estabilidad tras cortocircuito**
  - Criterios de diseño de red: mallado, magnitud, distancia a red



## Criterios de mallado de la red de transporte

➤ **Criterio general:** Evitar apertura de líneas existentes (o planificadas), con objeto de evitar degradación la función de transporte y maximizar infraestructura existente (o prevista)

➤ **Situaciones excepcionales:**

- **Magnitud mínima confirmada de acceso a la red de transporte a efectos de apertura de líneas (nuevas subestaciones)**

- **$G \geq 250$  MW,  $D \geq 125$  MW en 400 kV**

- **$G \geq 100$  MW,  $D \geq 50$  MW en 220 kV**

También de aplicación en la habilitación de nuevas posiciones de subestaciones existentes o planificadas

- **Criterio de mallado: N° “Nudos No Mallados” entre Nudos Mallados**

- **$\leq 1$  en 400 kV**

- **$\leq 2$  en 220 kV**

Nudo Mallado: cuenta con  $\geq 3$  ramas de transporte

- **Distancias mínimas a nudos existentes o planificados. En zonas no urbanas:**

- **$\geq 20$  km en 400 kV**

- **$\geq 10$  km en 220 kV**



- ❑ **Ley del sector eléctrico 54/1997**
- ❑ **RD 1955/2000** (establece procedimientos de acceso y conexión)
- ❑ **RD 661/2007** (algunos aspectos particulares GRE)
- ❑ **PO 12.1** : Solicitudes de acceso para la conexión de nuevas instalaciones a la red de transporte  
(y otros relevantes: PO13.1, PO12.2, ...)

	Perspectiva	Objeto
<b>Acceso</b>	Operación	Análisis Comportamiento Sistema (Incluye valoración gestionabilidad; esp. Termosolar)
<b>Conexión</b>	Transporte	Idoneidad y Viabilidad de Instalaciones (Ingeniería)
	Operación	Verificación según criterios y planes de desarrollo de la red

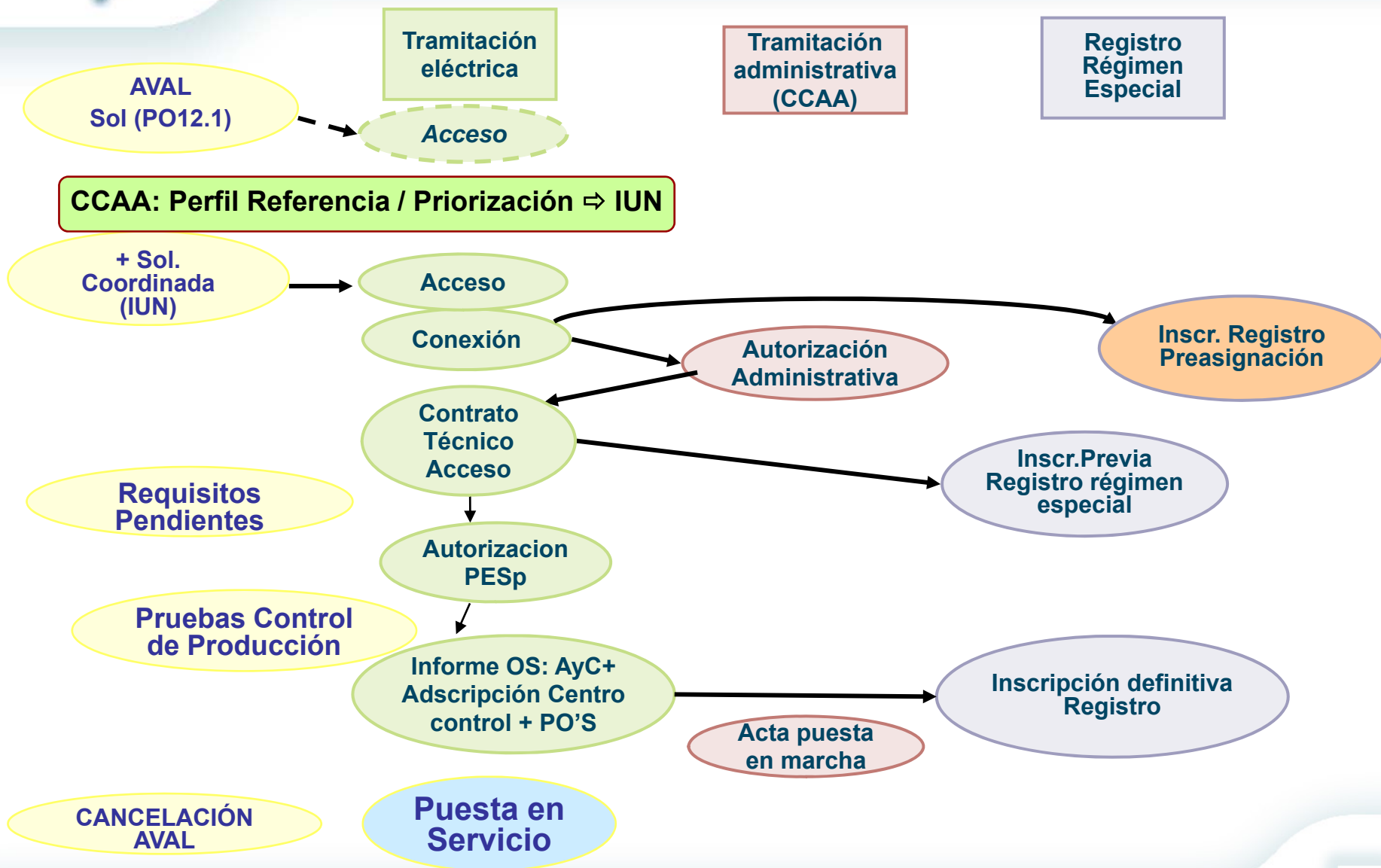


<b>Contrato (CTA)</b>	Transporte	Condiciones de Conexión y Operación tras p.e.s.
-----------------------	------------	---

Pto. Conexión RdT: ∇ GRE ⇒ OS(REE)  
Pto. Conexión RdD: GRE (>10MW) ⇒ GRdD ⇒ OS(REE)



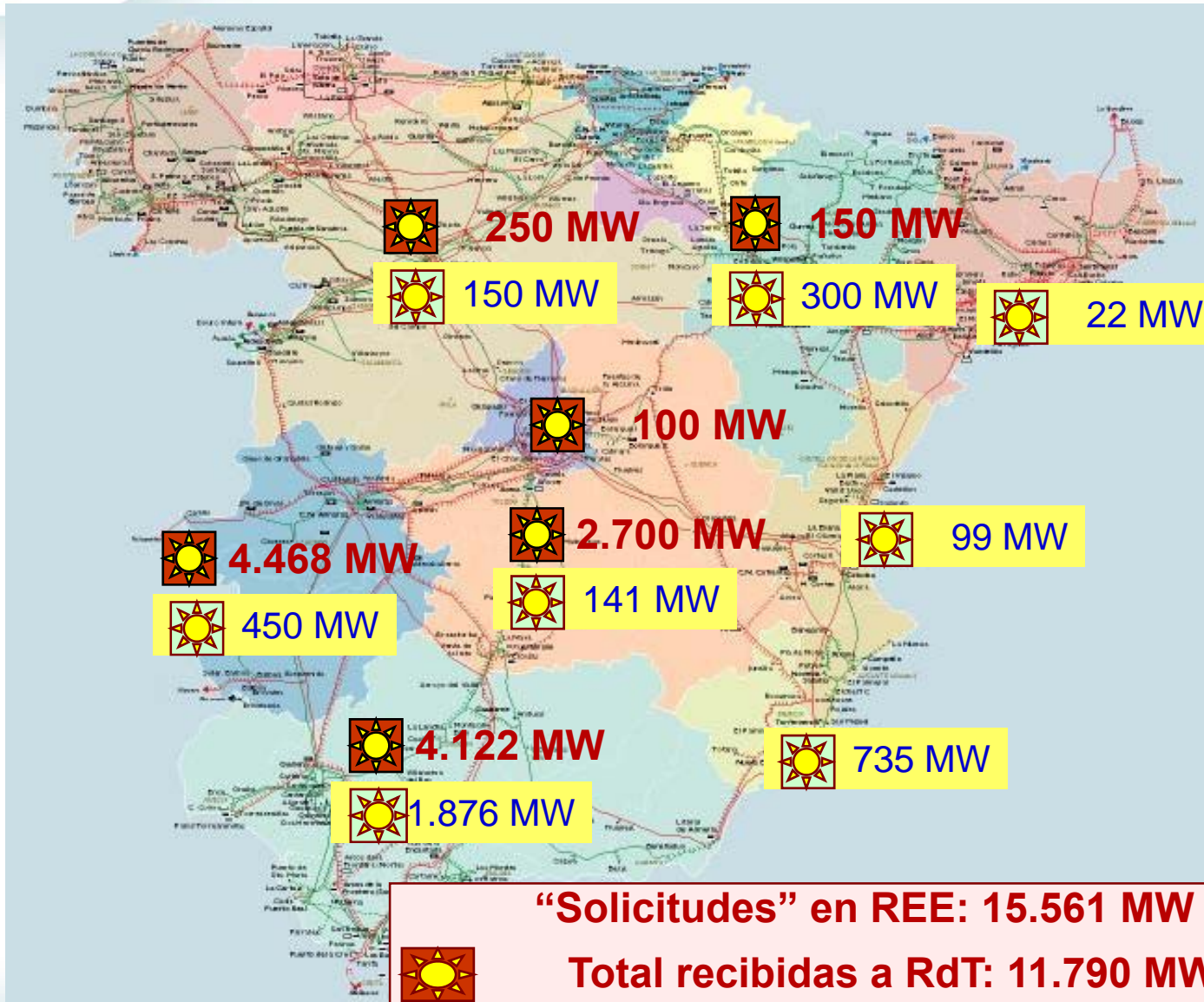
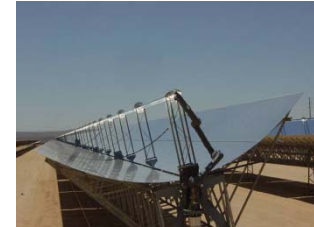
## Proceso de acceso a red





# RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

## Acceso a red de solar termoeléctrica “Solicitudes” (incl. presolicitudes) Octubre 2009



“Solicitudes” en REE: 15.561 MW (12.201 MW<sub>IC</sub>)

Total recibidas a RdT: 11.790 MW (9.245 MW<sub>IC</sub>)

Total recibidas de GRdD: 3.771 MW (2.956 MW<sub>IC</sub>)

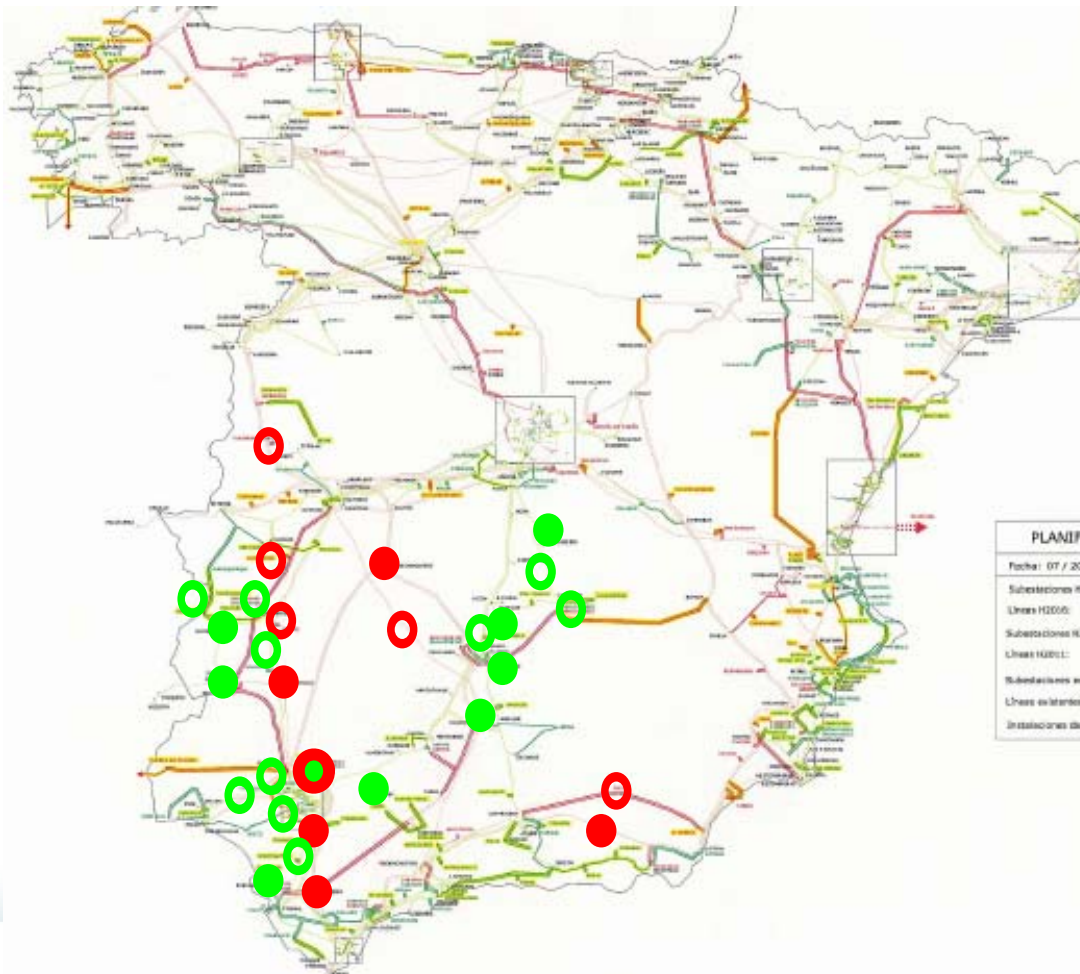




## La planificación de la red de transporte H2016

Plan de desarrollo de la red muy ambicioso, una de cuyas motivaciones principales es la integración de generación renovable

A diferencia de otros sistemas, en España la conexión de la generación eólica (y termosolar) se ha realizado y se prevé prioritariamente en la red de transporte



Líneas [km]	12.029
Cables [km]	381
Repotenciación [km]	8.173
Subestaciones [nº pos]	3.353
Transformadores [MVA]	50.650
Reactancias [Mvar]	2.800
Condensadores [Mvar]	2.800

⇒ ≈ 8.800 M€

PLANIFICACIÓN HORIZONTE 2

Fecha: 07 / 2007

Subestaciones H200kV:	● 400 kV	● 220 kV
Líneas H200kV:	— 400 kV	— 220 kV
Subestaciones H110kV:	● 400 kV	● 220 kV
Líneas H110kV:	— 400 kV	— 220 kV
Subestaciones existentes:	● Subestación	
Líneas existentes:	— 400 kV	— 220 kV
Instalaciones de la SAH:	○	○

Actuaciones TSolar		
H 2016 ó Prop Prog.Anual	400 kV	220 kV
Nuevas S.E	○ 7	○ 10
Ampl. S.E	● 5	● 8



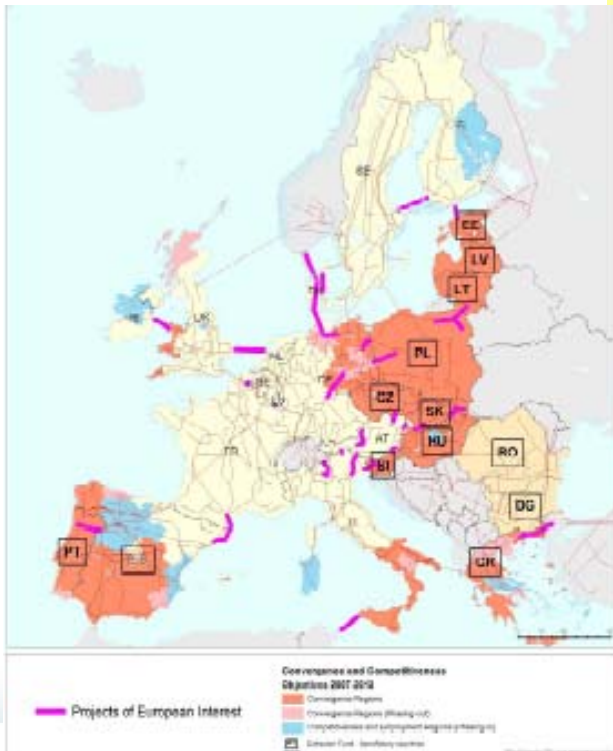
## Desarrollo de la red

- En consecuencia, la generación renovable no evita red sino requiere su desarrollo.
- Particular importancia tiene el desarrollo de la interconexión E-F

El desarrollo de la interconexión España-Francia, además de contribuir al MIE, constituye una **condición fundamental para la adecuada integración de los objetivos de generación eólica en España.**

Medidas de activación de UE:

- Primer paso para alcanzar objetivo de 4.000 MW
- Proyecto Prioritario Europeo, con “Coordinador Europeo”



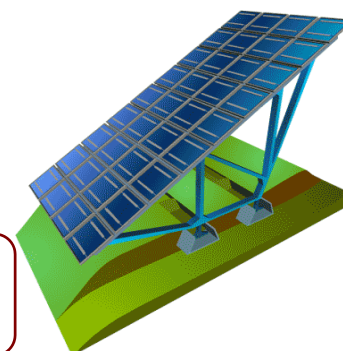
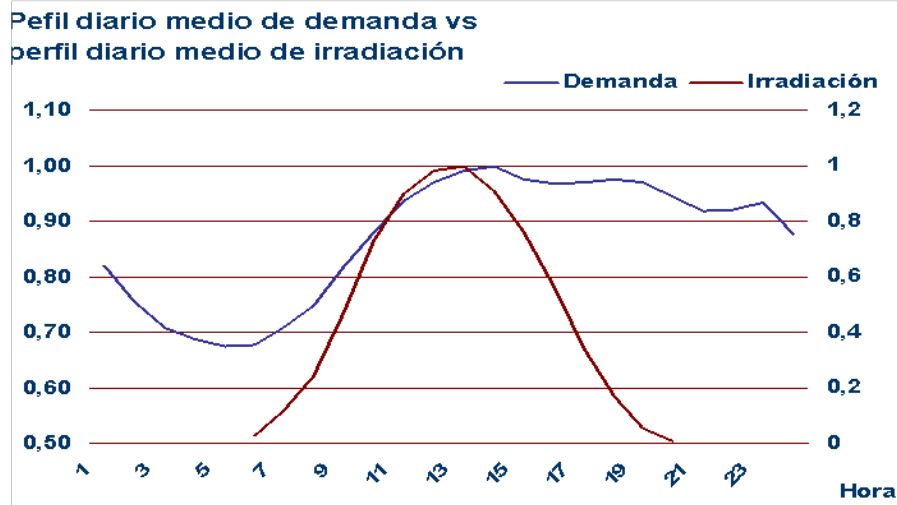


## **Operación del sistema en tiempo real**



## La generación solar

### Una energía con capacidad de apoyo en punta de verano



aunque con distinto grado de gestionabilidad para la operación del sistema



- Inmunidad ante perturbaciones
- Inercia y regulación
- Programable:  
(almacenamiento + apoyo gas)



- Vulnerabilidad ante perturbaciones
- No programable



## Generación gestionable

### Anexo 11 RD 661/2007:

“... A los efectos de este real decreto, se define como **generación no gestionable** aquella cuya **fuente primaria no es controlable ni almacenable** y cuyas plantas de producción asociadas **carecen de posibilidad de realizar un control de la producción siguiendo instrucciones del operador del sistema sin incurrir en un vertido de energía primaria**, o bien la firmeza de producción futura no es suficiente para que pueda considerarse como programa.

En principio, se consideran como no gestionables los generadores de régimen especial que de acuerdo a la clasificación establecida en este real decreto se encuentren incluidos en los grupos b.1, b.2 y b.3, así como los generadores hidráulicos fluyentes integrados en los grupos b.4 y b.5, **salvo valoración específica de gestionable de una planta generadora a realizar por el operador del sistema**, con la consecuente aplicación de los requisitos o condicionantes asociados a dicha condición.”

→ **Procede su matización, ya que la interpretación directa podría implicar almacenamiento ilimitado**



**Opción Mayoritaria**

### SEGUIMIENTO INSTRUCCIONES OS

SIN VERTIDO EIA  
PRIMARIA:  
**ALMACENAMIENTO**  
MÍNIMO 4 h +  
60% eficiencia

INCREMENTO  
MÍNIMO 30% DE LA POT  
MÁX SOBRE PROGRAMA  
(EN <1 h durante 4H)

FIABILIDAD  
PROGRAMA:  
24 h – 90%  
6 h – 95%

OBSERVABILIDAD Y  
CONTROL:  
ADSCRIPCIÓN A  
CCG-CECRE

CRITERIOS VIABILIDAD DE  
ACCESO: p.ej. exención  
criterio 5% Scc



PERTURBACIONES  
TENSIÓN:  
gen. síncronos  
huecos <= 1 s

PERTURBACIONES  
FRECUENCIA:  
Según P.O.'s

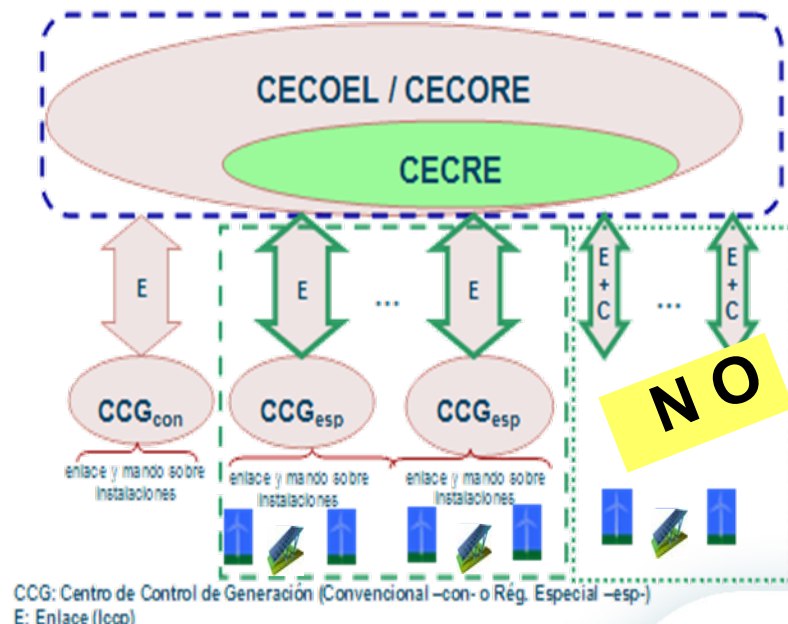
MENOR PRIORIDAD EN LA  
EVACUACIÓN QUE LA  
GENERACIÓN EN RÉGIMEN  
ESPECIAL NO  
GESTIONABLE

POSIBILIDAD DE  
PARTICIPACIÓN EN LOS  
SERVICIOS DE AJUSTE



## “Centro de Control de Régimen Especial” CECRE

- Creado en 2006 con el objetivo de maximizar la producción del régimen especial preservando la seguridad del sistema eléctrico
- Integrado en la estructura de control de Red Eléctrica constituye, junto con los CCG de las empresas una situación pionera y una apuesta por la integración de renovables.
- Obligatorio para instalaciones  $P > 10$  MW





## **Nuevos estudios de integración**



## ¿Por qué un nuevo estudio de integración de régimen especial?

- Política energética europea y española de fomento de las energías renovables
- Maximizar la integración del régimen especial en el sistema eléctrico garantizando la seguridad de suministro

## ¿En qué contexto?

- Conocimiento adquirido de funcionamiento del sistema con una importante integración de generación de régimen especial (part. no gestionable)
  - Eólica instalada (octubre 2009): > 17.500 MW
- Disponibilidad de una nueva estructura para el control de la producción de régimen especial: CECRE ↔ CCGs
- Nueva planificación de la red de transporte eléctrico con horizonte 2016 que permite la “integración” de una potencia instalada de
  - Eólica: 29.000 MW
  - Solar: 4.500 MW



## Cambio de perspectiva

¿Qué capacidad de integración ?



- Red
- Operación
- Generación de régimen ordinario  
, y naturalmente
- Generación de Régimen especial



## Capacidad de evacuación y conexión con estudios zonales

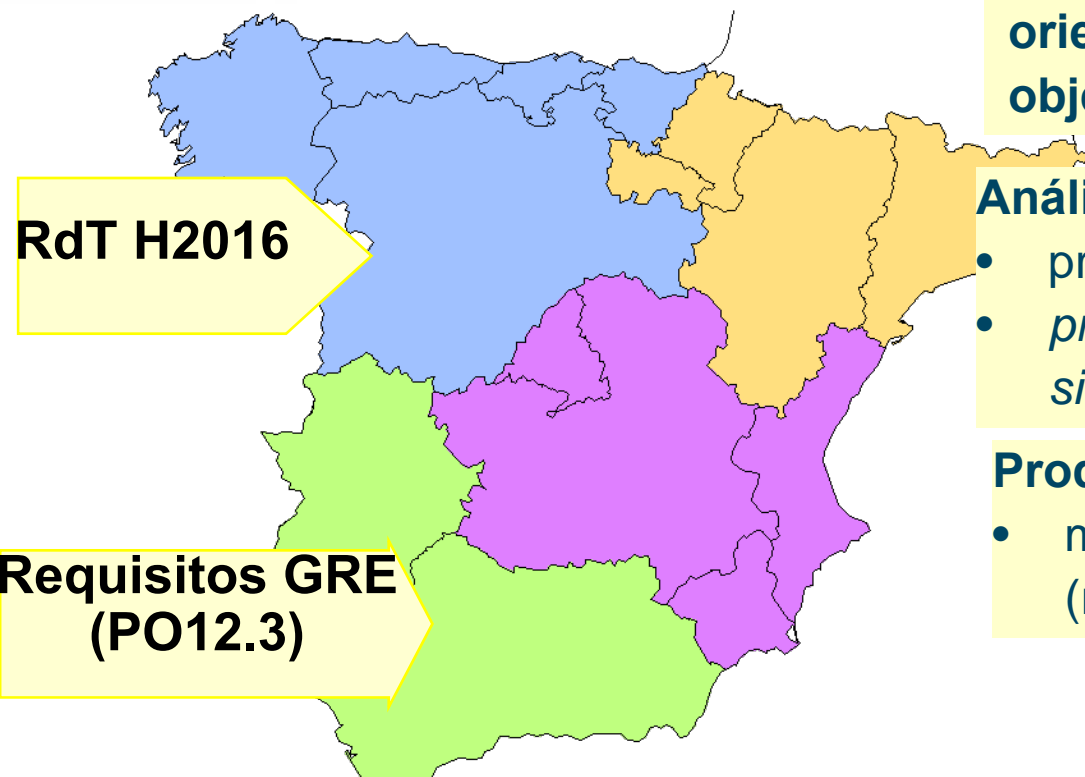
Adecuación de hipótesis y criterios orientados a integrar con seguridad objetivos nacionales

### Análisis estadístico:

- producción eólica  $\Rightarrow$  4 zonas
- *prod. eólica & insolación  $\Rightarrow$  simultaneidad eólica/solar*

### Prod GRO:

- mínimo para asegurar operación (reservas en SEPE y por zona)



RdT H2016

Requisitos GRE  
(PO12.3)

Capacidad de evacuación zonal



## Capacidad de producción y conexión en Prop. PO12.1

Para valorar la capacidad de producción se proponen criterios que garantizando la seguridad maximicen la integración de renovable:

- reducción GRO y simultaneidad Eólica vs. No Eólica

La capacidad de conexión (MWinst) se aplica sobre capacidad de producción nodal y zonal (MWprod) resultante de FC, Scc (o Est)

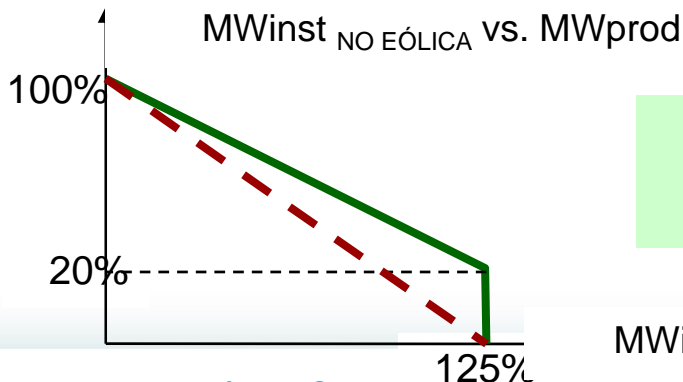
➤ Frente al criterio utilizado hasta ahora:

$$0,8 * MWinst_{EOL} + MWinst_{SOL.FOT} + MWinst_{SOL.TER} \leq MWprod$$

FC (y Est):  $\forall$  gen  
Scc: Gen no gest.

➤ PO12.1bor considera sobreinstalación adicional derivada de:

- ❑ La no simultaneidad de la eólica instalada (hipótesis históricas)
- ❑ La no simultaneidad de eólica vs. solar (historia eólica vs. datos solares estimados)
- ❑ La posibilidad de actuación sobre la gen. gestionable (estimación moderada)



$$MWinst_{EÓLICA} \leq 1,25 * MWprod$$

$$MWinst_{NO EÓLICA} + (0,8/1,25) * MWinst_{EÓLICA} \leq MWprod$$

MWinst<sub>EÓLICA</sub> vs. MWprod



### **Requisitos técnicos (Prop. PO12.2) para generadores síncronos conectados directamente a la red**

- **Respuesta frente a perturbaciones en la tensión**
  - Permanecer acoplado ante huecos de tensión de 1 s excepto en caso de pérdida de estabilidad (mejora del requisito actual)
  - Permanecer acoplado ante sobretensiones (nuevo)
  - AVR para gestión de Q durante las perturbaciones (refleja la realidad)
- **Respuesta frente a perturbaciones en la frecuencia**
  - Permanecer acoplados con excursiones en frecuencia dentro del rango (48 Hz 3s, 47,5 Hz inst.- 51,5 Hz) y con derivadas de la frecuencia de al menos 2Hz/s
  - Equipo regulación frecuencia-potencia necesario para cumplimiento P.O.7.1
  - Si  $P > 50$  MW incorporación de PSS (Power System Stabilizer) para amortiguar el modo de oscilación local y el interárea
- **Requisitos de control para el régimen no perturbado**
  - Dotación de AVR para realización de regulación de tensión a consigna de tensión y cumplimiento de lo establecido en el P.O.8.3 y P.O.7.4



## **Consideraciones finales**



- El sistema eléctrico es clave para los ambiciosos objetivos europeos y nacionales de fomento de renovables y la generación termosolar tiene un gran potencial en España pues su tecnología y previsible gestionabilidad son muy favorables para la operación del sistema, aunque se requieren esfuerzos en distintos ámbitos:
  - **Administraciones** ⇒ adaptación normativa con nuevos requisitos para maximizar la integración segura y la mayor agilidad en tramitación de la red
  - **Operador del Sistema (REE)** ⇒ adaptación a la operación con gran integración de GRE: **CECRE**.
  - **Promotores de plantas solares** ⇒ diseño de las tecnologías maximizando la contribución a la **gestionabilidad** (esp. almacenamiento)
- Sin embargo, posiblemente la principal dificultad no sea la red sino la necesidad de preservar la gestionabilidad del parque de generación (centrales de actuación rápida, almacenamiento energético, ...) y el propio balance generación-demanda, lo que podrá redundar en restricciones temporales de producción que aconsejan actuaciones desde la demanda



... y esto fue todo. ¡Gracias!



[www.ree.es](http://www.ree.es)

