

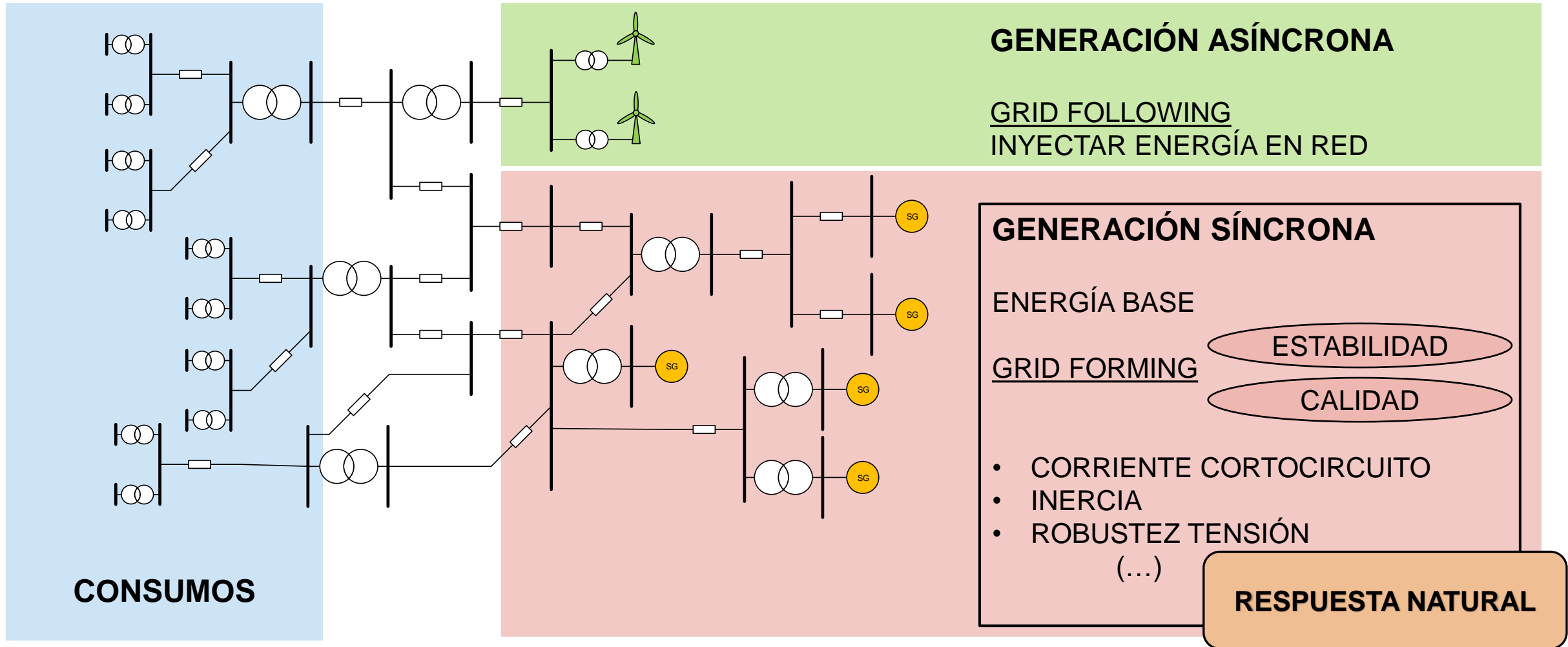
Jornada AEE 2023

# El incremento del CAPEX/OPEX ligado a los nuevos requerimientos de Red

- Ignacio León, Electrical Lead Specialist - Power Plant Solutions MED. VESTAS
- Alfredo Rodríguez, Business Unit Director T&D - Power Systems Machines. INGETEAM
- José Miguel Miranda, Ingeniero Jefe de Conexión de Red. SIEMENS GAMESA
- Eckard Quitmann, Expert for Grid Connection of wind farms. ENERCON

# SITUACIÓN DE PARTIDA

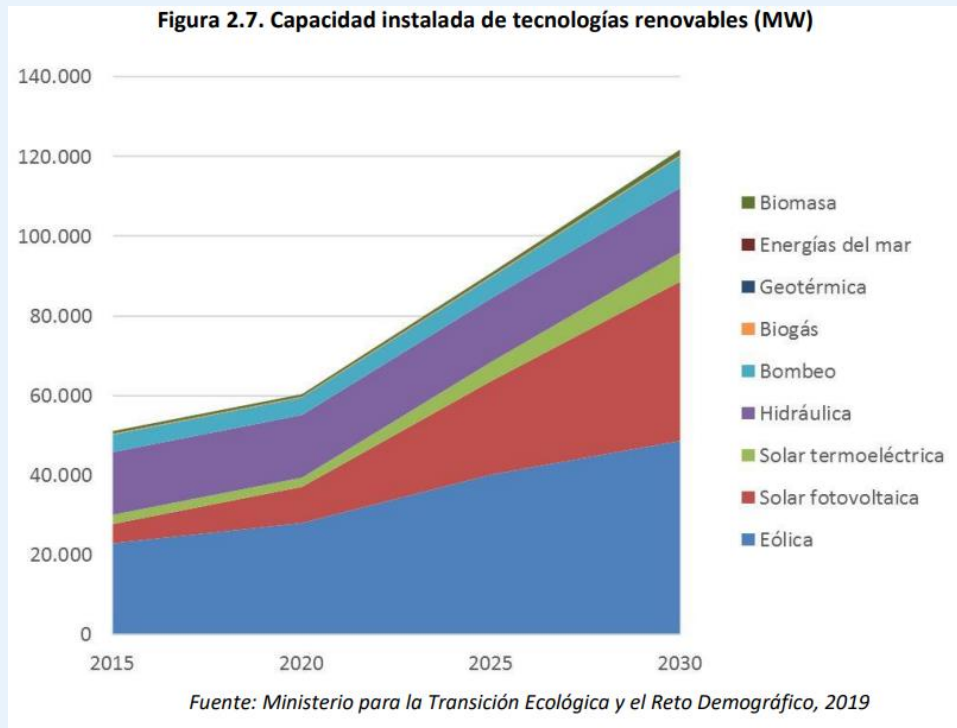
## SISTEMAS INTERCONECTADOS – BASE GENERACIÓN SÍNCRONA



# TRANSICIÓN ENERGÉTICA

## LÍMITES DE ESTABILIDAD PARA SISTEMAS BASADOS EN GENERADORES SÍNCRONOS

### INCREMENTO PENETRACIÓN ENERGÍAS RENOVABLES



### MENOR PESO RELATIVO DE GENERACIÓN SÍNCRONA

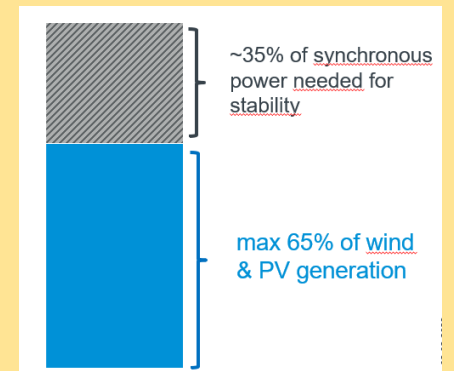
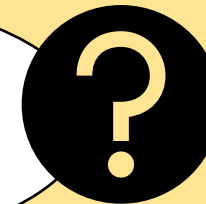
RATIO DE  
CORTOCIRCUITO  
(SCR)

$$SCR_{POI} = \frac{SCMVA_{POI}}{MW_{VER}}$$

$$WSCR = \frac{\sum_i^N SCMVA_i * P_{RMW_i}}{(\sum_i^N P_{RMW_i})^2}$$

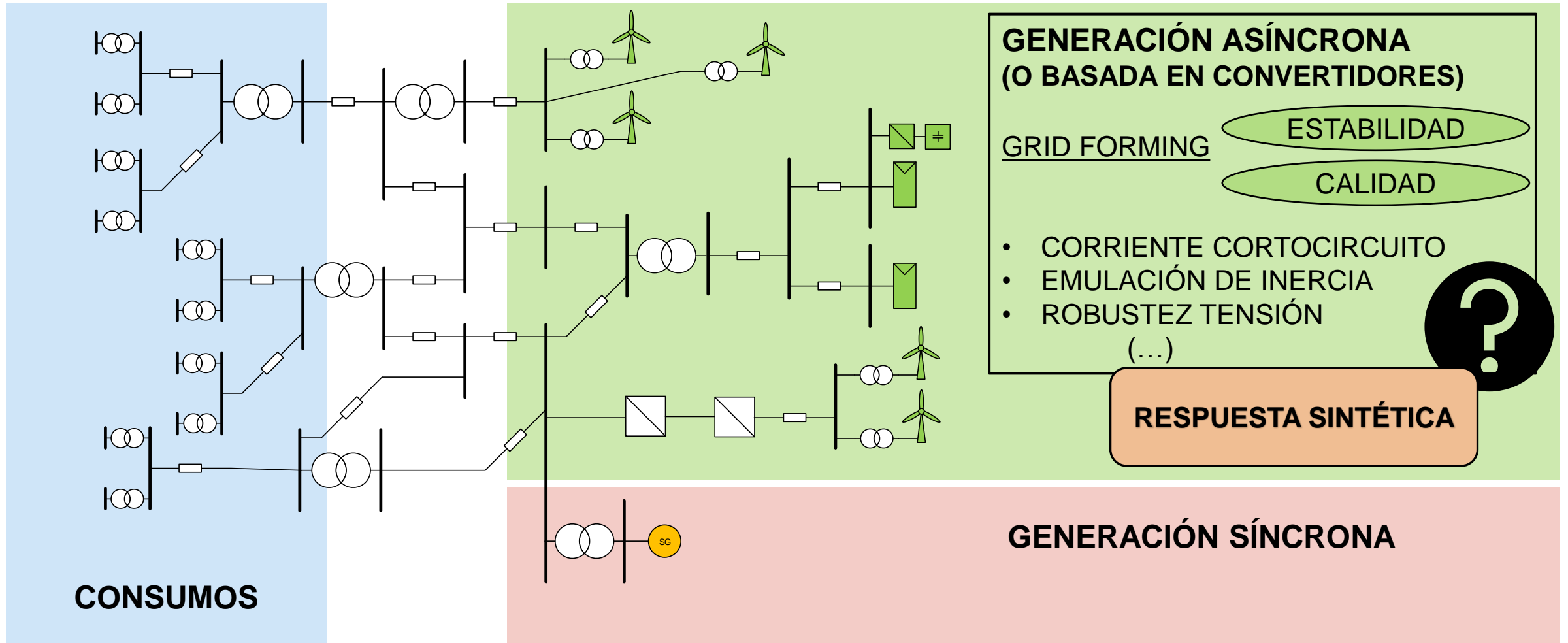
### LÍMITE ESTABILIDAD

65%  
GENERACIÓN  
INSTANTÁNEA  
ASÍNCRONA



# TRANSICIÓN ENERGÉTICA

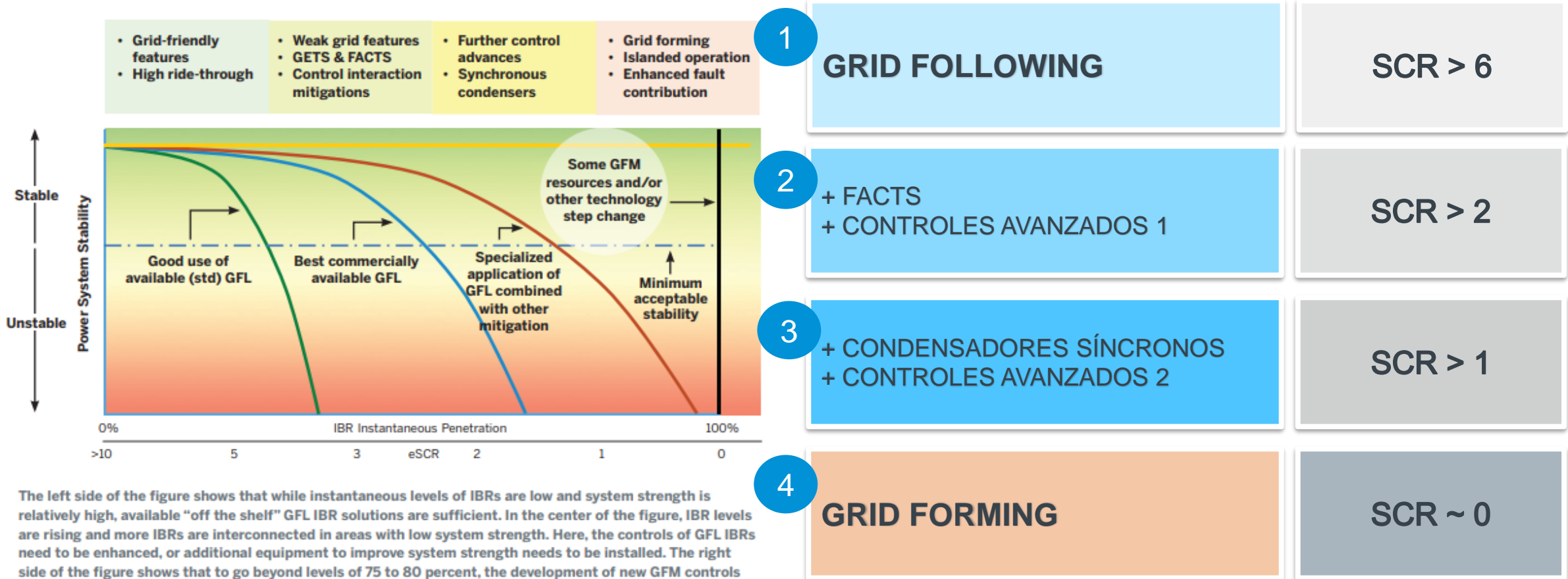
## SISTEMAS INTERCONECTADOS – DOMINADOS POR GENERACIÓN ASÍNCRONA



# HACIA LAS REDES 100% RENOVABLES

## SECUENCIA DE AUMENTO DE CAPACIDADES DE INTEGRACIÓN EN GENERADORES

Technology Enablers to Promote the Shift to a 100 Percent Renewable Future



The left side of the figure shows that while instantaneous levels of IBRs are low and system strength is relatively high, available "off the shelf" GFL IBR solutions are sufficient. In the center of the figure, IBR levels are rising and more IBRs are interconnected in areas with low system strength. Here, the controls of GFL IBRs need to be enhanced, or additional equipment to improve system strength needs to be installed. The right side of the figure shows that to go beyond levels of 75 to 80 percent, the development of new GFM controls is needed on IBRs and other FACTS devices.

Note: eSCR = effective short-circuit ratio; FACTS = flexible alternating current transmission systems; GETs = grid-enhancing technologies; GFL = grid-following; GFM = grid-forming; IBR = inverter-based resource. System strength on the second x-axis is shown in terms of effective short-circuit ratio, the short-circuit ratio of an equivalent local area with high shares of IBRs.

Source: GE and HickoryLedge.

# COMPENSADOR SINCRONO

Vestas®

Ingeteam

SIEMENS Gamesa  
RENEWABLE ENERGY

ENERCON  
ENERGY FOR THE WORLD

## Máquina Síncrona (Generador // Motor // Compensador Síncrono)



Banco de Pruebas Ingeteam Indar Machines (Beasain)

### Generador

- Unido a una Turbina
- Potencia Activa de Eje a Red
- Potencia Reactiva

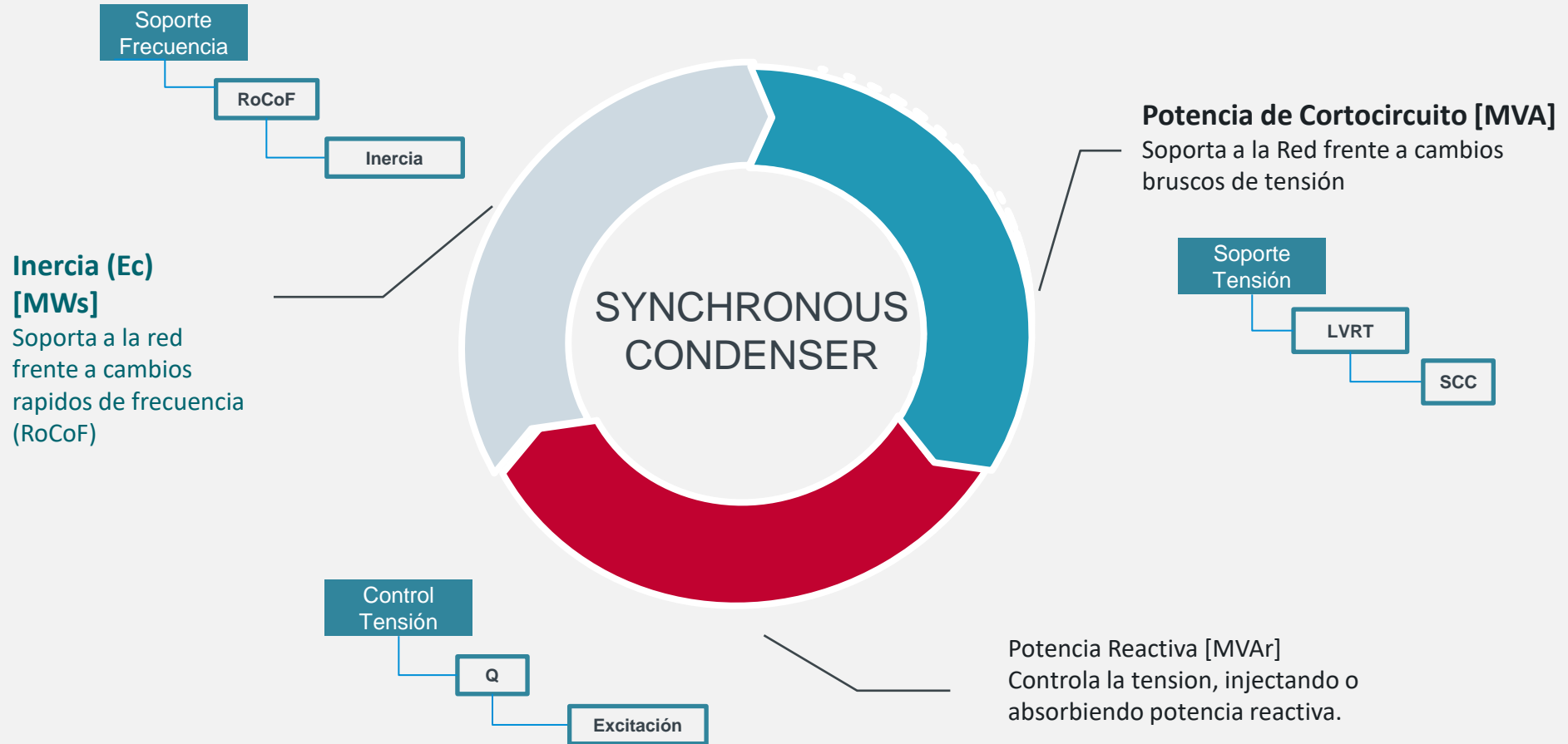
### Motor

- Unido a una Aplicación
- Potencia Activa de Red a Eje
- Potencia Reactiva

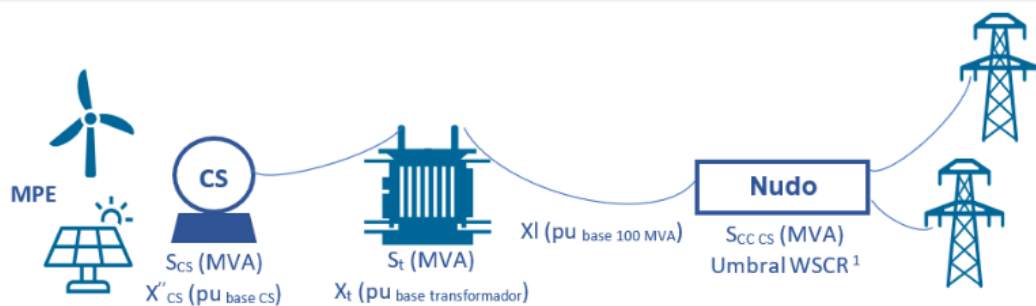
### Motor

- Solitario
- Potencia Activa y Reactiva

## 2 Soportes y 1 Control, Las capacidades de los Compensadores Síncronos



## Situación Actual en España, Requerimiento Externo

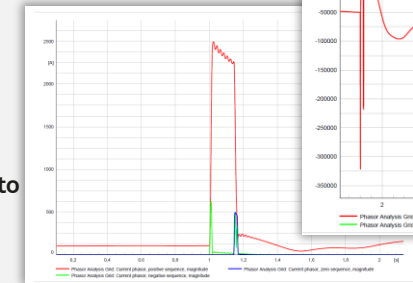
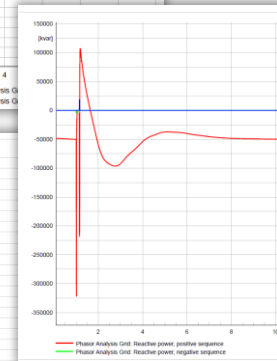
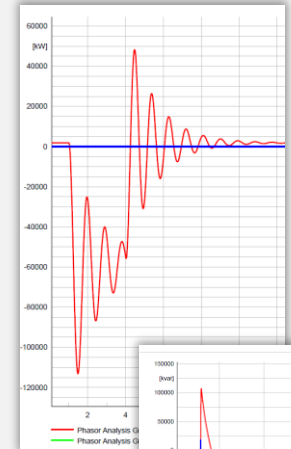


$$\text{Capacidad MPE adicional (MW)} = \frac{S_{cc \text{ aportada } CS}}{\text{umbral WSCR del nudo}} =$$

$$= \frac{S_{CS} \cdot \left( \frac{1}{X''_{CS} + X_t \cdot \frac{S_{CS}}{S_t} + X_l \cdot \frac{S_{CS}}{100}} \right)}{\text{umbral WSCR del nudo}}$$

El proceso que se sigue en la configuración de la solución es el que sigue:

- **Análisis**  
Análisis de los requisitos del sistema en el punto de conexión a la red
- **Definición y desarrollo**  
Definición y desarrollo del SYNCON
- **Selección e integración**  
Selección e integración de los sistemas auxiliares de INDARCOM
- **Diseño, fabricación y pruebas**  
Diseño, fabricación y pruebas de INDARCOM, según las especificaciones del cliente
- **Transporte, montaje y puesta en marcha**
- **Servicios de supervisión y mantenimiento**





# SOLUCIÓN INDARCOM™

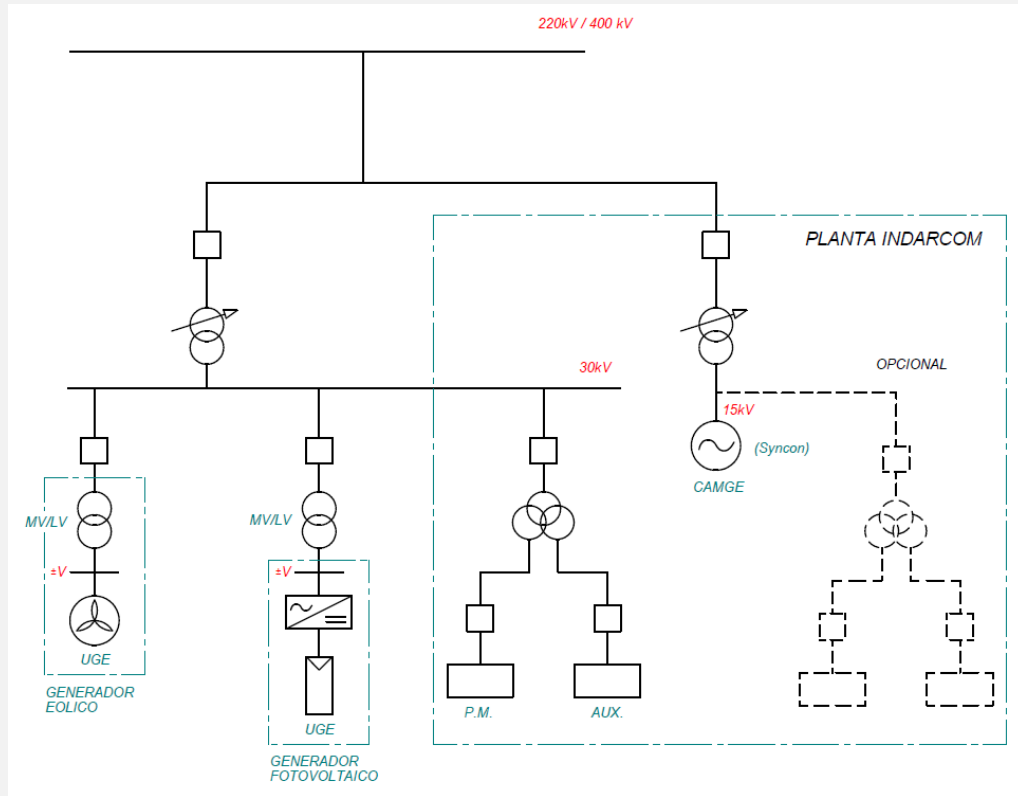
Vestas®

Ingeteam

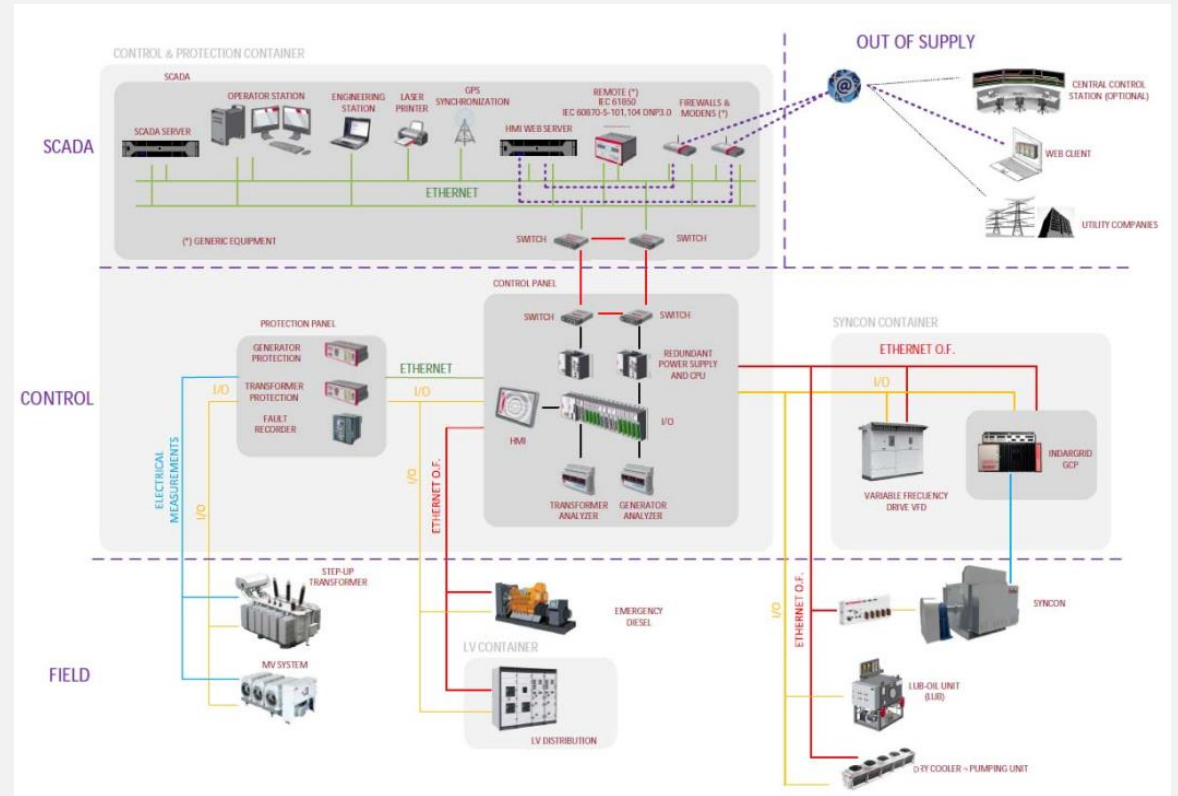
SIEMENS Gamesa  
RENEWABLE ENERGY

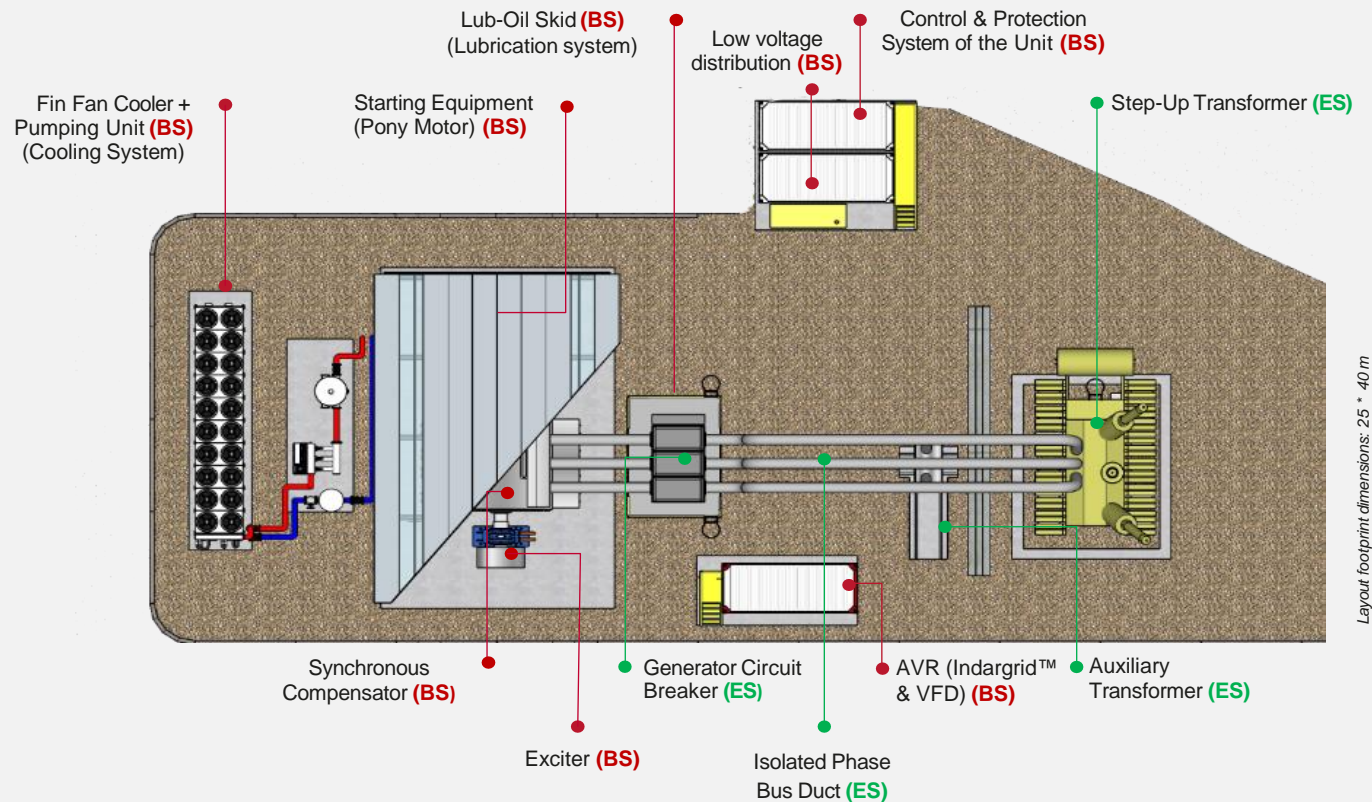
ENERCON  
ENERGY FOR THE WORLD

## Diagrama Unifilar



## Arquitectura de Control





## Basic Scope (BS)

- Synchronous Condenser
- Starter (Pony motor & VDF)
- AVR (Indargrid™)
- Control & Protection system
- Low voltage distribution
- Cooling system
- Lubrication system

## Extended Scope (ES)

- Generator Circuit Breaker
- Isolated Phase Bur bars
- Auxiliary Transformer
- Step-Up Transformer

**Vestas**

**Ingeteam**

**SIEMENS** Gamesa  
RENEWABLE ENERGY

**ENERCON**  
ENERGY FOR THE WORLD

# Nuevos retos - Grid forming



En el marco del Grid Connection European Stakeholder Committee (GC ESC), la Unión Europea propuso en Septiembre del 2022 a ACER (European Union Agency for Cooperation of Energy Regulators), iniciar una revisión de los GC NCs, Códigos de Red existentes.



**ACER**  
**POLICY PAPER**

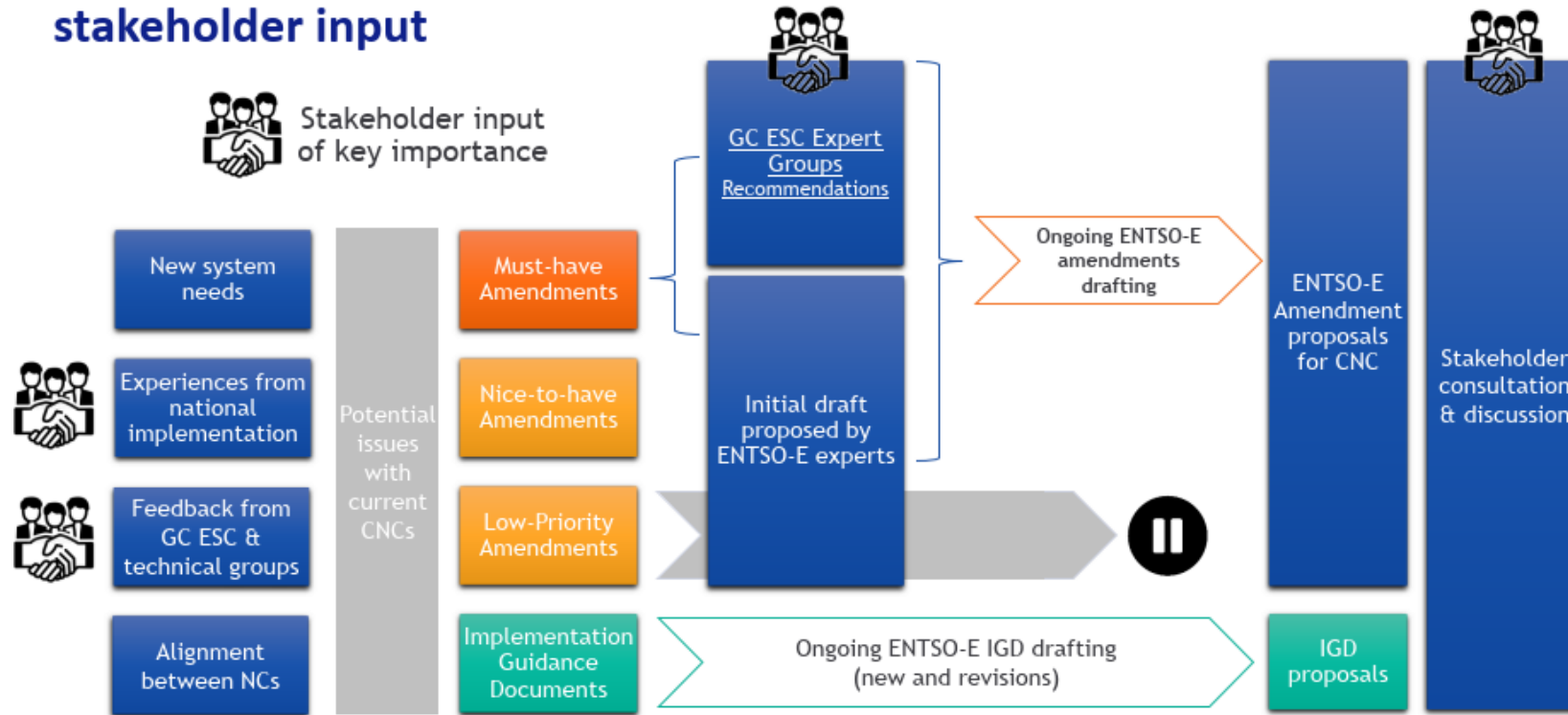
on the revision of  
the network code on requirements for grid connection of  
generators  
and the network code on demand connection

- Requisitos para PGM hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo
- Determinación de la afección de los cambios en los PGM
- Requisitos técnicos para clientes mixtos con generación, demanda y almacenamiento
- Requisitos para PGMs tipo A
- Definición de modernización significativa
- Requisitos técnicos para el almacenamiento
- Electromovilidad
- Modelos de simulación y monitorización del cumplimiento
- Capacidades avanzadas para redes con alta penetración de DER, así como tecnologías basadas en convertidores
- Requisitos para la resiliencia ante condiciones adversas meteorológicas
- Requisitos técnicos para clientes activos/comunidades energéticas
- Requisitos para las unidades que prestan servicios de respuesta a la demanda
- Armonización de requisitos de PGMs tipo B, C y D
- Mejoras a las normas y procedimientos aplicables
- Demostración de cumplimiento

ACER en su Policy Paper redactó una serie de conclusiones y acciones como resultado de todo el trabajo desarrollado con los Stakeholders principales.

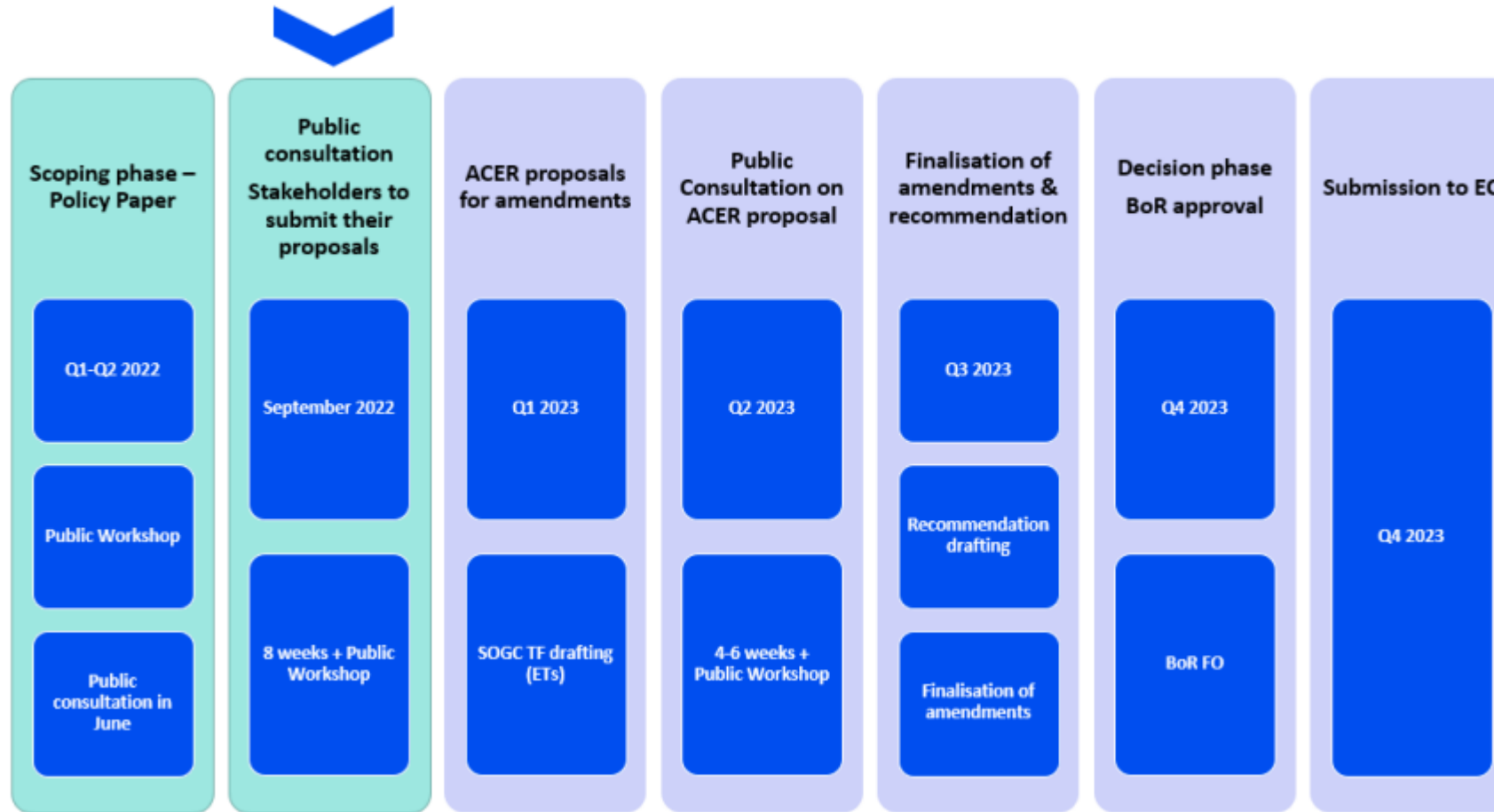
Con estas directrices, las necesidades del Sistema, el feedback de los grupos de expertos junto a las experiencias de las distintas naciones en su implementaciones, ENTSO-E está trabajando en los amendments que serán un soporte para ACER en la elaboración final que presentará a Consulta Pública para finalmente lograr su publicación por la UE.

## ENTSO-E approach for updating Connection Network Codes – stakeholder input



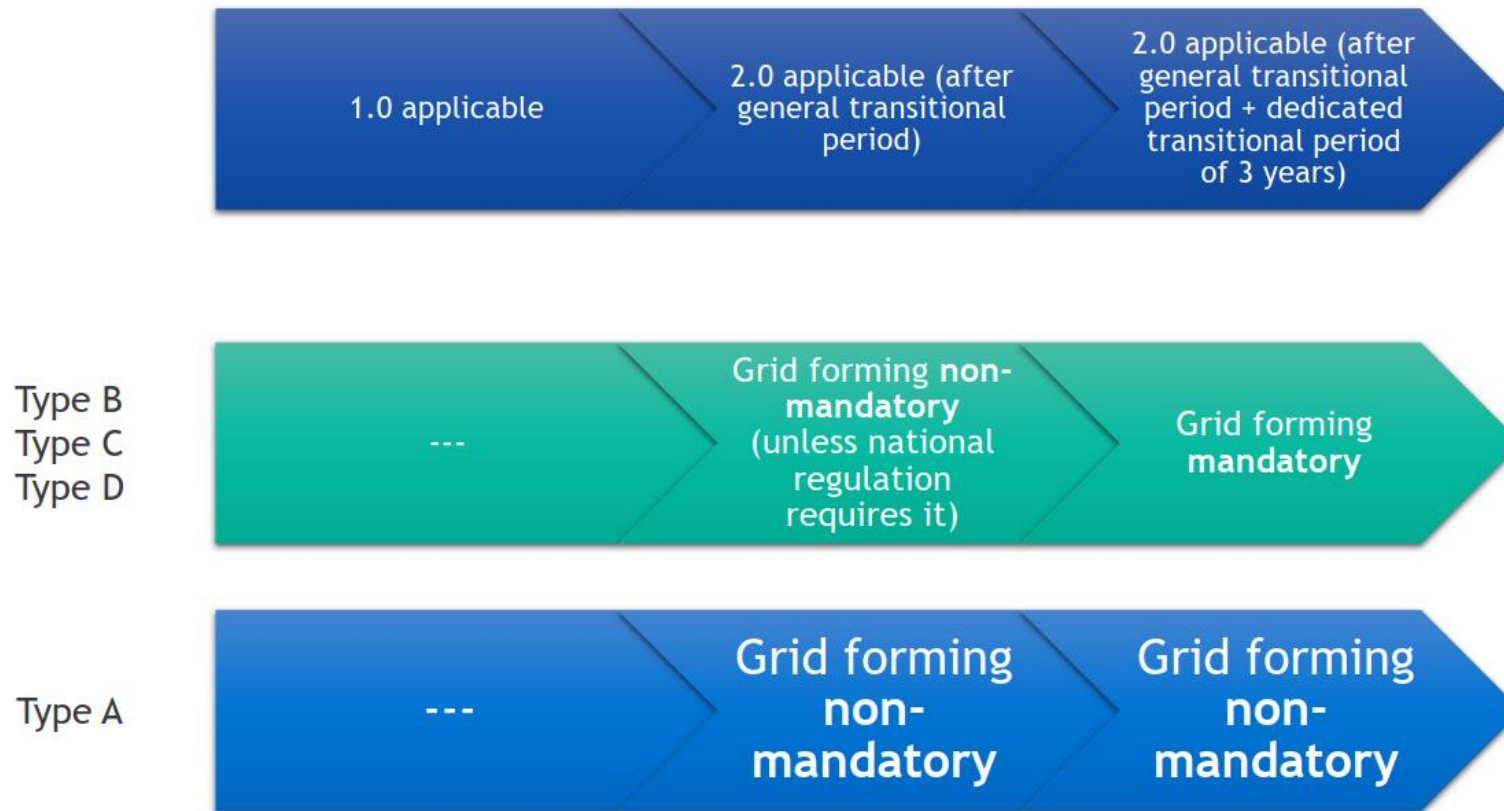
- “Must-have” amendments without which secure operation of the power system would be increasingly compromised
- “Nice-to-have” amendments which would provide cost-effective overall benefits to society
- “Low-priority” amendments which can be taken on board where opportunity allows

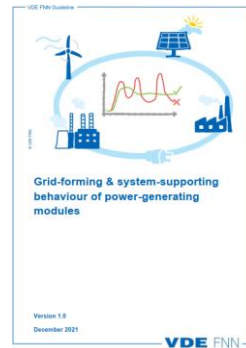
El planning que ACER posee para la propuesta de publicación del nuevo RfG 2.0 queda reflejado en este diagrama donde aparecerá entre otros cambios con toda Seguridad el Grid Forming.



Una vez que se apruebe el NC RfG y DCC, la aplicación tendrá una planificación similar a lo desarrollado aquí.

## NC RfG 2.0 / Grid forming new Article





4-TSO Paper on Requirements for Grid-Forming Converters

4-TSO Paper on Requirements for Grid-Forming Converters

Alemania está trabajando en las Guidelines sobre Grid Forming y el soporte de I sistema por los módulos de generación. Así mismo varios TSOs están trabajando en la definición de requisitos de Grid Forming.



Reino Unido ha publicado el GC0137, como un anexo a los requisitos del Código de Red con las necesidades de Grid Forming, en su red, siendo un requisito opcional actualmente



Australia está realizando, AEMO Review of Technical Requirements for Connection donde está incluido Grid Forming, ha generado un workshop con los principales stakeholders para definir las capacidades que podría llegar a solicitar





Estados Unidos, hace mención a las necesidades que tendría un sistema con mucha integración renovables con electrónica de potencia, aunque no define ningún requisito WECC esta trabajando en distintos workshop en la definición de modelos de simulación de Grid Forming. Llegará la definición de los requisitos en un plazo a determinar, pero no será muy lejano.



España, una vez que se aprueben las Especificaciones de detalle, el Operador de Red solicitará a la CNMC la creación de un Grupo de trabajo para desarrollar la funcionalidad Grid Forming que se incorporará a la implementación del RfG 2.0 en España, previsiblemente.

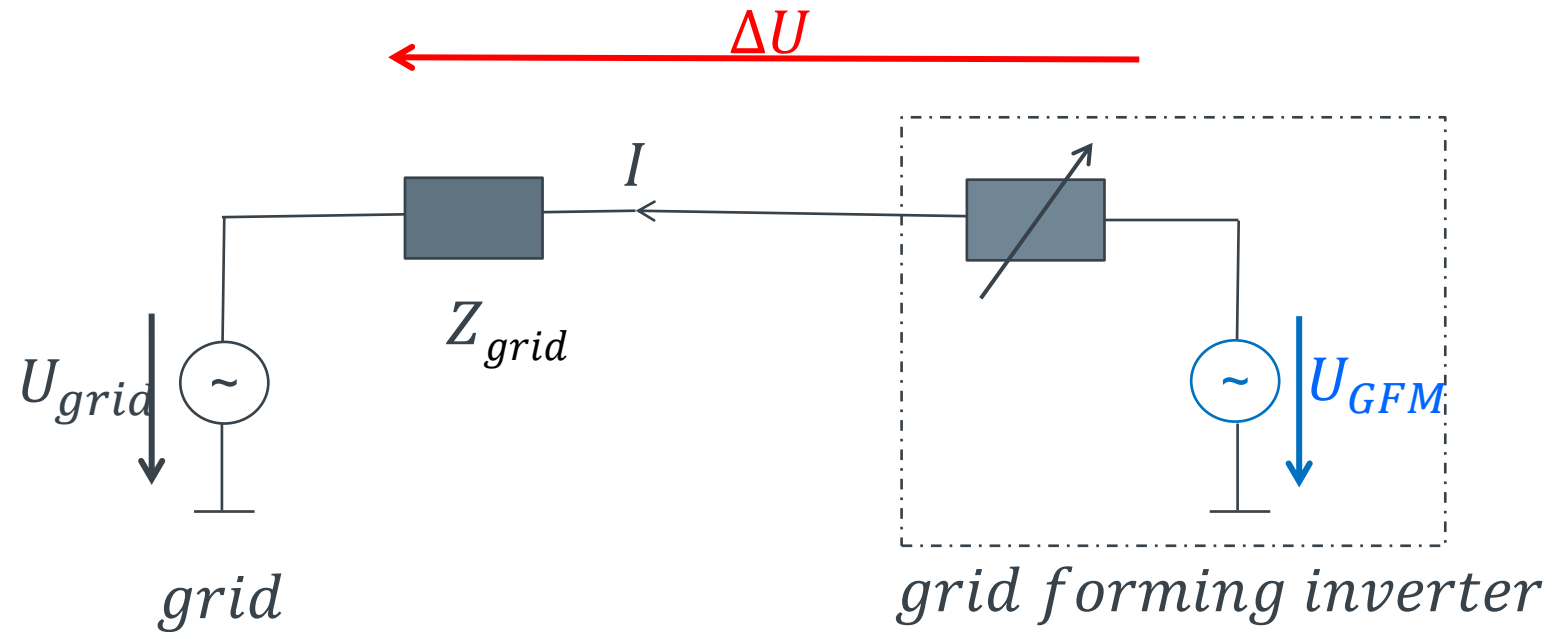
- ~ Inverters with Grid-forming capabilities (GFM) are available on the market
- ~ Technically possible, based on batteries



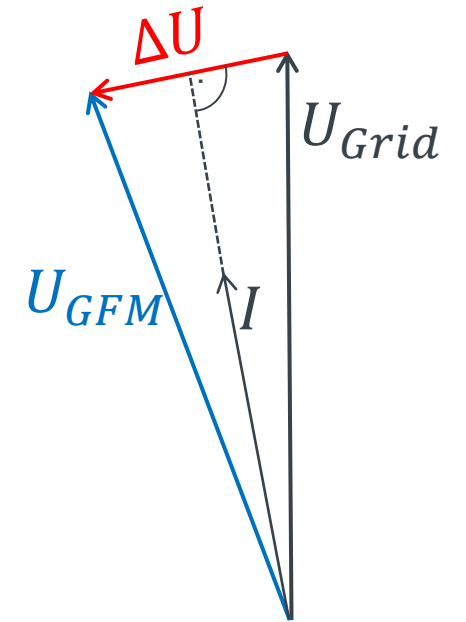
But

- ~ PV- and wind-turbines with GFM are not available on the market
- ~ On purpose, reasons:
  - ~ It is not required, nor is it paid for
  - ~ It is incompatible to MPP tracking
  - ~ It is incompatible with today's grid codes (anti islanding, FRT)
  - ~ Implementing it costs significant money (R&D, CAPEX, OPEX)

Assume we have a GFM inverter



$$U_{GFM} = \Delta U + U_{Grid}$$



# GFM and grid incidents

~ A GFM-Inverter connected to the grid. No matter what is the source behind the GFM-Inverter

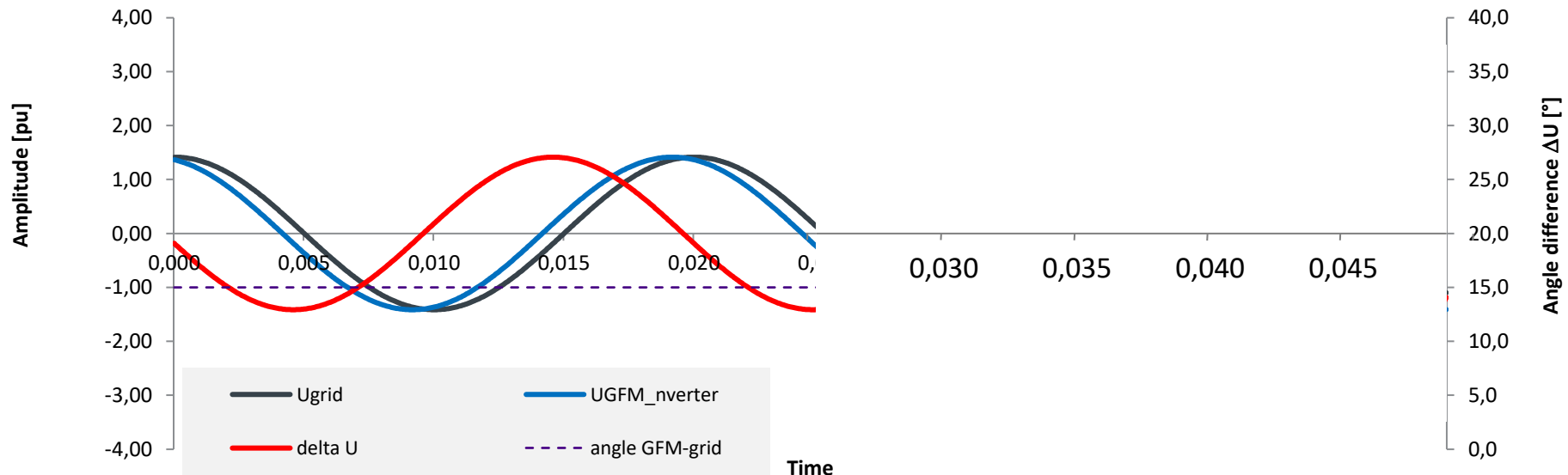
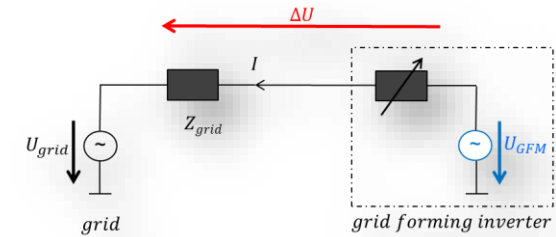
~ Initial situation:  $f_{GFM} = f_{grid}$ ,  $\Delta\phi$  set to stable infeed,  $\Delta U$  and resulting  $I$  within limits

~ Incident on the grid => 20° phase jump

~ Consequence:

- $\Delta U$  step  $\uparrow$  and  $I$  step  $\uparrow$  potentially exceeding limits (depends on  $Z$ ,  $I_{max}$ ,  $\Delta\phi$  ...)
- Power buffer available to maintain that operation for  $\Delta t$ ?
- When & how to return to steady state?

~ In a WEC: Requires battery or supercap and/or WEC has to withstand severe mechanical stress = €€€



## ¿Cuál es el objetivo exacto? Tengo que montar en bicicleta

Making **Battery-Inverters**  
with GFM?

Possible, with much less  
effort than PV or WEC



Making **PV** with GFM?

Possible, but with  
significant effort  
for a battery



Making **WECs** with GFM?

Possible, but with highest effort  
of all power electronics-options,  
due to mechanical impact



# ¿Cuál es el objetivo exacto? Tengo que montar en bicicleta ¿O aprender a volar?

Making **Battery-Inverters**  
with GFM?

Possible, with much less  
effort than PV or WEC



Making **PV** with GFM?

Possible, but with  
significant effort  
for a battery



Making **WECs** with GFM?

Possible, but with highest effort  
of all power electronics-options,  
due to mechanical impact



## CONCLUSIONES

- Los nuevos requisitos técnicos deben responder a necesidades reales de la red, soportados por los correspondientes estudios y procedimientos de seguimiento de su impacto una vez puestos en práctica. Hay que huir de las modas, tan habituales en el sector eléctrico.
- La armonización de los requisitos deben ser una máxima en el entorno de ENTSO-E, los fabricantes no pueden diseñar diferentes productos para el mercado
- Se debería seguir la máxima de no aumentar las capacidades exigidas más allá de los equipos actuales, cualquier modificación superior, llevará a sobredimensionar los aerogeneradores y a la instalación de equipos externos muy onerosos
- La capacidad de acceso se ha convertido en el bien máspreciado, es importante racionalizar la incorporación de equipos adicionales por parte de los promotores que encarecen la inversión y complican la operación ulterior, incluso para instalaciones ya funcionando.
  - Revisión de diseño de los nodos cuando se conectan nuevos equipos que hacen variar las condiciones previas de conexión
- En todos los casos suponen incrementos de CAPEX y en el OPEX a lo largo de la vida útil, se deben incorporar mecanismos de remuneración a través de determinados servicios, con precios y volúmenes suficientes, escalables según la experiencia.
  - Operadores de Red y Reguladores deben trabajar en conjunto, para que tanto las nuevas normas como los mercados aparezcan al mismo tiempo, para evitar los problemas de coste de los nuevos productos.
- Los grupos de trabajo intersectoriales son indispensables pero deben estar soportados por estudios previos, resultados prácticos y con participantes activos: la información sin datos es solo opinión.