

# Requisitos Técnicos para la Operación e Instalación de Generación Distribuida

## - Norma VDE 4105-

Jan Suckow

GIZ Asesor Técnico

(en colaboración con Ing. Thoralf Bohn– VDE FNN)



Implementada por  
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH

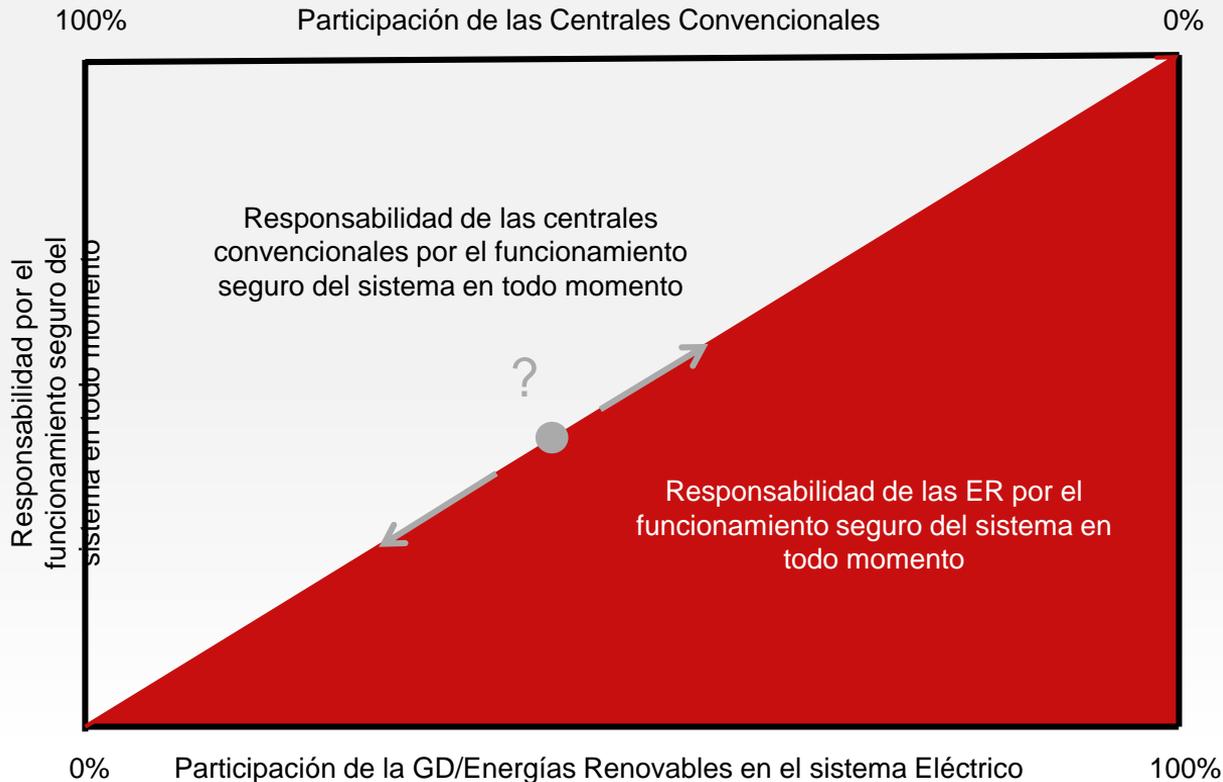


BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

# Índice

- **Introducción**
- VDE AR N 4105
- Resumen y recomendaciones

# La integración de la GD como tema estratégico en el camino de la transición: Quien asume la responsabilidad para la calidad de suministro?



## TEMA ESTRATEGICO

**Requisitos mínimos reducidos/ no existentes conllevan tarifas de red más elevadas, ya que las medidas/efectos de compensación tienen que ser substituidas (por la EDE)**

**Requisitos mínimos:** El requisito mínimo debe compensar las influencias propias de forma justa

# La integración de la GD como tema estratégico en el camino de la transición: Actividades dentro del proyecto Distribución 4.0



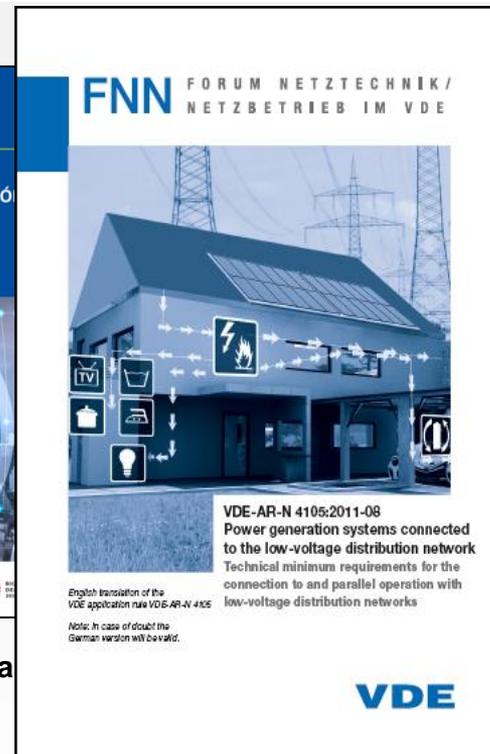
Requisitos técnicos para la propuesta técnica para la instalación y operación de generación distribuida en sistemas de distribución en Perú



Estudio VDE FNN: Integración de la Generación Distribuida en las Redes de Distribución-Mantenimiento de tensión



Hoja de Ruta hacia la redes inteligentes



1.2 Participación del cliente en el sistema y su empoderamiento.

# Requisitos Técnicos para la Operación e Instalación de Generación Distribuida

## Normas y estándares

Internacional

### Unión Europea



Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión en su versión de 14 de abril de 2016 (Unión Europea, 2016).

Reglamento que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores conectados a la red

### EEUU



IEEE 1547: Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces

Alemán

**BT**  
(0,4 kV)

**VDE-AR-N 4105**

**MT**  
(30kV)

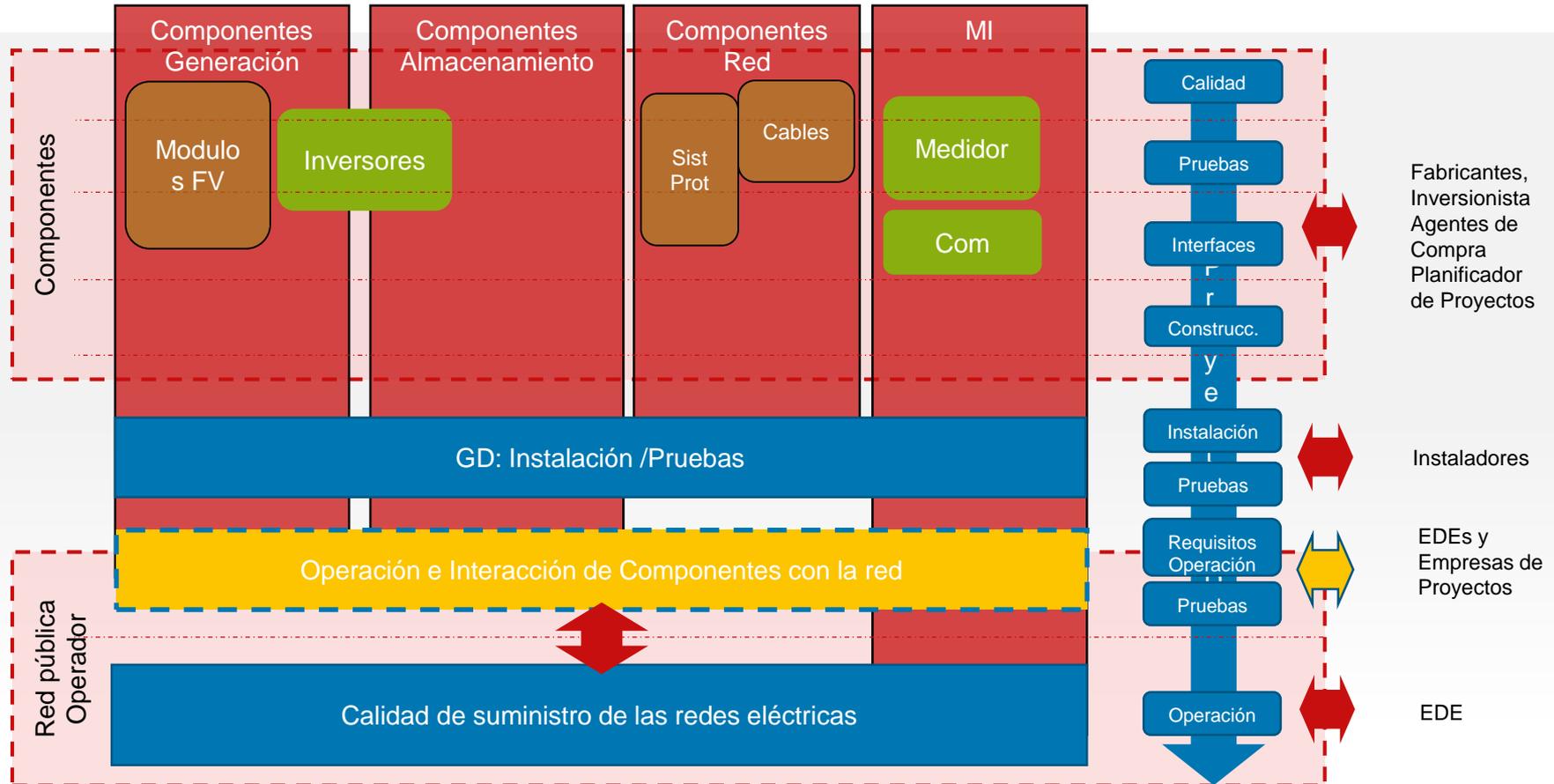
**VDE-AR-N 4110**

**AT**  
(110 kV)

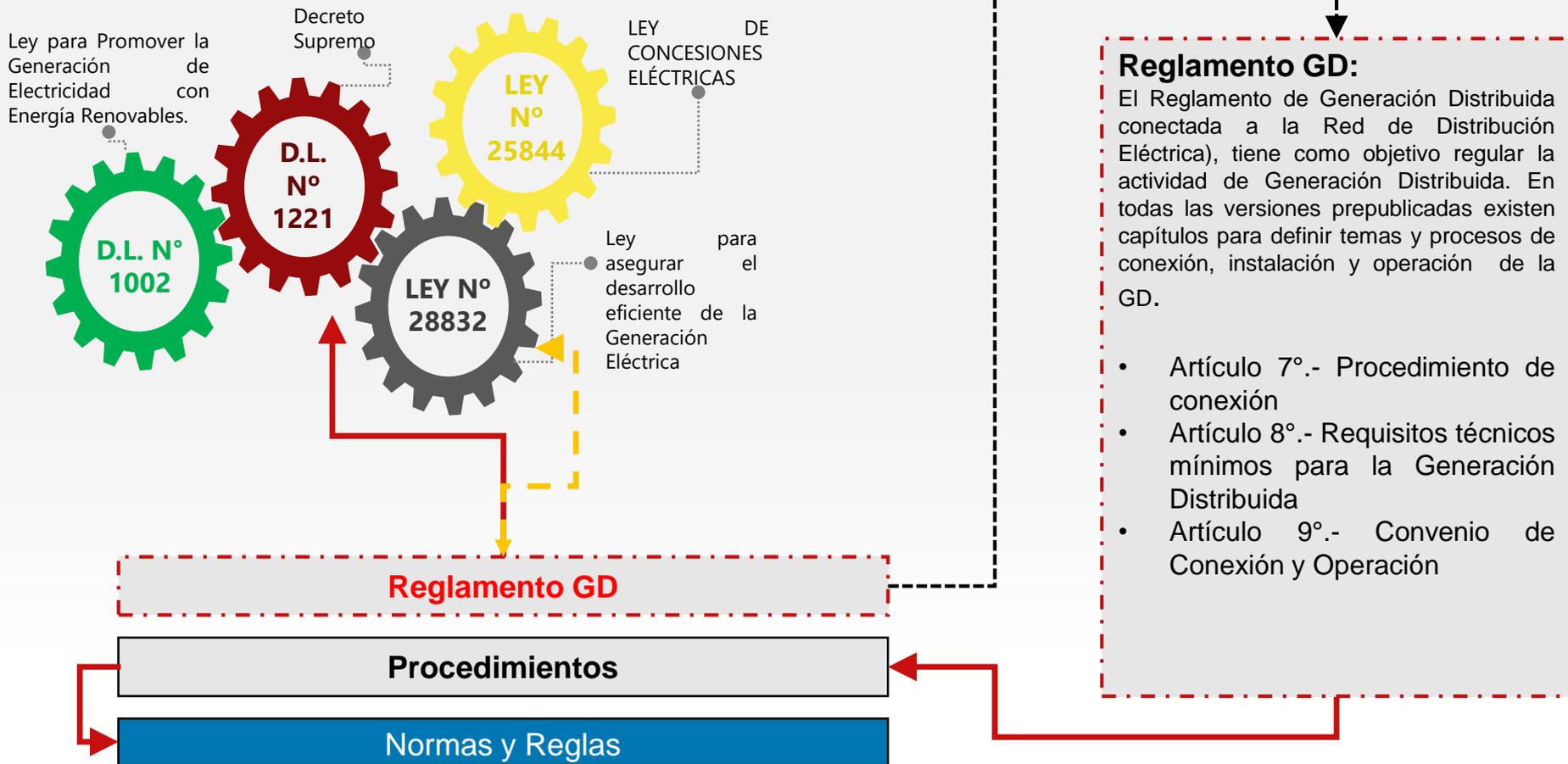
**VDE-AR-N 4120**

VDE: Requisitos técnicos para la conexión y operación de sistemas conectados con la red eléctrica para cada nivel de tensión

# Temas y Enfoques de la Normativa de la GD



# GD, Reglamento y Requisitos Técnicos



# GD, Reglamento y Requisitos Técnicos

## Temas para un procedimiento técnico

### Artículo 8

- .....
- *b. La instalación de Generación Distribuida debe contar cuando menos con. protecciones de sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, variaciones de frecuencia, y anti-isla*
- *c. Ante condiciones anormales de sobrecorriente, las instalaciones se desconectarán automáticamente del sistema eléctrico, a fin de prevenir daños y garantizar la seguridad de los usuarios, de los equipos y de la Red de Distribución Eléctrica.*
- *d. Cuando el circuito de la Red de Distribución se encuentre desenergizado o fuera de servicio por interrupción programada o por falla, el interruptor de la Generación Distribuida del lado del suministro (lado de la Red de Distribución) deberá quedar bloqueado en posición "abierto", hasta que se normalice el suministro de energía proveniente de la EDE. No debe energizar el circuito de distribución cuando dicho circuito se encuentre desenergizado o fuera de servicio por interrupción programada o por falla.*
- *e. Cuando la Generación Distribuida entre en paralelo con el circuito de la Red de Distribución no deben presentarse fluctuaciones de tensión significativas en el Punto de Conexión, y durante su operación no debe regular tensión en el Punto de Conexión.*
- *f. La Generación Distribuida debe operar con un factor de potencia dentro del rango de 0,95 en adelante y en atraso, evitando que la tensión en el Punto de Conexión se desvíe de los límites establecidos por la norma de calidad aplicable.*
- *g. Después de un disturbio, no deberá reconectarse hasta que la tensión y la frecuencia en el Punto de Conexión estén dentro de los límites de operación normal. La EDE aprobará aquellos casos en que sea seguro autorizar la reconexión automática.*
- .....

### Reglamento GD:

El Reglamento de Generación Distribuida conectada a la Red de Distribución Eléctrica), tiene como objetivo regular la actividad de Generación Distribuida. En todas las versiones prepublicadas existen capítulos para definir temas y procesos de conexión, instalación y operación de la GD.

- Artículo 7°.- Procedimiento de conexión
- Artículo 8°.- Requisitos técnicos mínimos para la Generación Distribuida
- Artículo 9°.- Convenio de Conexión y Operación

# Índice

- Introducción
- **VDE AR N 4105**
- Resumen y recomendaciones

# Enfoque en las exigencias de la baja tensión

- hasta 2011:

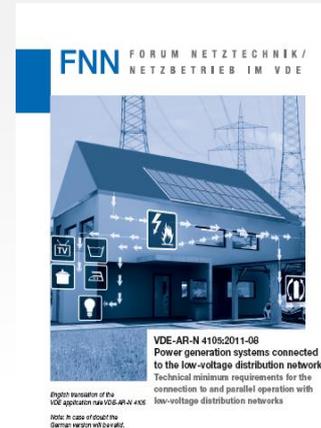
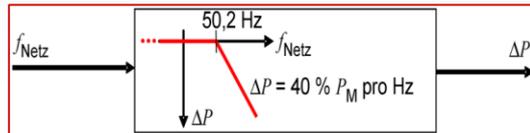
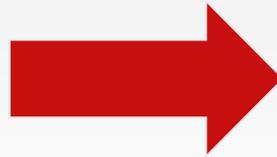
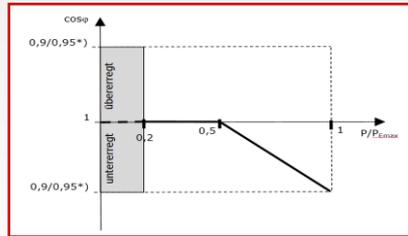
Cada instalación de generación en baja tensión actuaba como una „carga negativa“

→ Desconexión rápida

→ Cambios de tensión

- Desde 1.08.2011 2011 con la norma VDE-AR-N 4105

Funciones compatibles para garantizar una operación sostenible, fiable y segura de la red



VDE

Artikel 1		August 2011
VDE-AR-N 4105		VDE
<p>Hier ist ein VDE-Anwendungsnormenwerk (VDE-AR-N) mit dem Titel 'VDE-AR-N 4105:2011-08 Power generation systems connected to the low-voltage distribution network' veröffentlicht. Die Norm ist ein technisches Mindestanforderungen für die Verbindung und den Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungspunkt.</p>		FNN
Veröffentlichung – auch für einzelbetriebliche Zwecke – nicht gestattet		
ICS 28.10.40		
<p>Erzeugungsanlagen am Niederspannungspunkt – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungspunkt</p>		
<p>Generations connected to the low-voltage distribution network – Technical requirements for the connection to and parallel operation with low-voltage distribution networks</p>		
<p>Manuskript zur Veröffentlichung</p>		
		Gesamtkonzept 01 Seiten

VDE ist ein VDE-Anwendungsnormenwerk (VDE-AR-N) mit dem Titel 'VDE-AR-N 4105:2011-08 Power generation systems connected to the low-voltage distribution network' veröffentlicht. Die Norm ist ein technisches Mindestanforderungen für die Verbindung und den Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungspunkt.

# Contenido de la VDE AR N 4105

## Índice VDE AR 4105

### ... 4.2 PROCEDIMIENTO DE INSCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES RELEVANTES PARA LA CONEXIÓN

4.3 Puesta en servicio de la instalación generadora

### 5 CONEXIÓN A LA RED

5.1 Principios para establecer el punto de conexión

...

5.4 Repercusiones sobre la red

5.4.4 Armónicos superiores e intermedias

5.5. Criterios para la conexión

...

5.7 Comportamiento de la instalación de generación conectada a una red

..

5.7.2 Corriente de cortocircuito máxima admisible

...

5.7.5 Potencia reactiva

### 6 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN PROTECCIÓN DE LA RED Y DE LAS INSTALACIONES (PROTECCIÓN NA)

..

7 MEDIDAS PARA FACTURACIÓN

8 OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN

9 VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS

*protecciones de sobrecorriente,  
sobretensión, baja tensión, variaciones de  
frecuencia, y anti-isla → 6*

*condiciones anormales de sobrecorriente,  
las instalaciones se desconectarán → 6*

*bloqueado en posición "abierto", hasta  
que se normalice el suministro → 8*

*presentarse fluctuaciones de tensión  
significativas .....debe operar con un  
factor de potencia dentro del rango de  
0,95 en adelanto y en atraso → 5*

*no deberá reconectarse hasta que la  
tensión y la frecuencia en el Punto de  
Conexión estén dentro de los límites de  
operación → 8*

# Requisitos Técnicos VDE 4105

## Harmónicos (5.4.4)

### Antes

No definido

### Ahora

Se considera que las repercusiones sobre la red están suficientemente limitadas cuando las unidades generadoras respetan los valores límite

- De la clase A, en Tabla 1 de la norma DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), si la corriente de diseño  $\leq 16$  A por conductor;
- De las Tabla 2 y 3 de la norma DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), si la corriente de diseño  $> 16$  A y  $\leq 75$  A por conductor.

Tabla 1 – Armónicas superiores, referidas a la potencia de cortocircuito de la red  $S_{kV}$ , que se admite sean inyectadas en un punto de conexión a la red.

Número de orden $v, \mu$	Corriente armónica superior relativa $i_{v,\mu \text{ zul}}$ [A/MVA]
3	3
5	1.5
7	1
9	0.7
11	0,5
13	0,4
17	0.3
19	0.25
23	0.2
25	0.15
$25 < v < 40$ (impares)	$0.15 \cdot 25/v$
$v$ par	$1.5/v$
$\mu < 40$	$1.5/v$
$42 < \mu, v < 178^b$	$4,5/v$

<sup>b</sup> múltiplos enteros y no enteros dentro de un ancho de banda de 200 Hz con la frecuencia media  $v$ . Medidas según DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7).

# Requisitos Técnicos VDE 4105

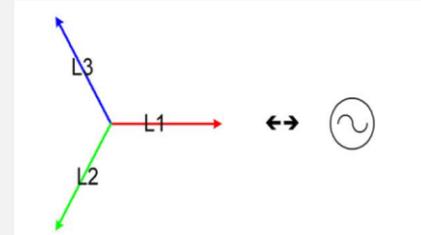
## Conexión trifásica (5.5)

### Antes

No definido

### Ahora

- “debe ser inyectada simétricamente a los tres conductores de conexión. La instalación de inversores debe ser hecha preferentemente como una unidad trifásica”
- Conexión de sistemas > 13,8 kVA hay que conectar como una unidad trifásica
  - Sin embargo, las instalaciones de generación pueden ser conectadas monofásicamente a la red cuando, en cada punto de conexión, la suma de todas las unidades conectadas monofásicamente, por conductor, sea inferior a
$$\sum S E_{\text{máx}} \leq 4,6 \text{ kVA}$$
  - En consecuencia, la potencia máxima que es posible conectar monofásicamente a los tres conductores, en un punto de conexión, es de 13,8 kVA.



- Un aumento de problemas con la asimetría con el aumento de conexiones: Debido a la existencia de cargas asimétricas y/o de instalaciones de generación que inyectan asimétricamente, aparecen corrientes asimétricas en un sistema alterno trifásico simétrico. Estas corrientes originan caídas de tensión, que pueden llevar a tensiones asimétricas en otras partes de la red
- Mas un problema con una multitud de conexiones distribuido por un superficie alta

# Requisitos Técnicos VDE 4105

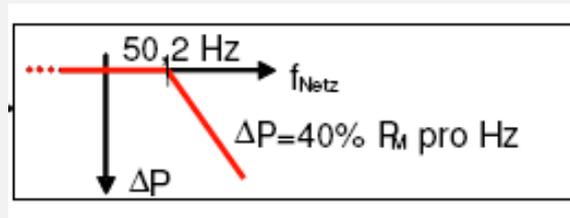
## Entrega de potencia activa cuando la frecuencia está alta (5.7.3.2/3)

### Antes

Desconexión  
frecuencia >50,2 Hz

### Ahora

- Las instalaciones de generación con una capacidad de la planta superior a 100 kW deben poder reducir su potencia útil en pasos de no más que el 10% de la potencia útil máxima  $P_{Am\grave{a}x}$ . Esta reducción de la potencia debe ser posible en cualquier situación de la operación y a partir de cualquier punto de operación
- Una reducción de la inyección de potencia activa en el rango de frecuencias entre 50,2 Hz y 51,5 Hz
- Fuera del rango regulado se procede a la desconexión de la instalación, con límites bien repartidos.



- Estabiliza el sistema → Punto clave
- Es el resultado del problema a 50,2 Hz

# Requisitos Técnicos VDE 4105

## Variación de la tensión (5.3)

### Variación aceptable de la tensión

Cuando la red opera sin perturbaciones, el valor relativo de las variaciones de tensión originadas en todos los puntos de repercusión, por todas las fuentes de generación con punto de conexión en una red de distribución determinada, no deben exceder el valor 3%, referido a la situación sin instalaciones de generación:

En casos individuales fundados, según determinación del operador de la red y tomando en consideración las posibilidades de sostener estáticamente las tensiones, es posible desviarse de este valor 3%.

## Potencia reactiva (5.7.5)

### Antes

$\cos \varphi = 1$

### Ahora

Las instalaciones de generación deberán poder ser operadas con los siguientes factores de desplazamiento ( $\cos \varphi$ ), bajo condiciones de operación normales y estacionarias, dentro de la banda de tolerancia de la tensión de  $U_n \pm 10\%$  ( $\cos \varphi = \pm 0,90 / 0,95$

el operador de la red puede indicar:

- a) Una característica  $\cos \varphi$  / potencia activa [ $\cos \varphi (P)$ ], o bien,
- b) Un factor de desplazamiento fijo.

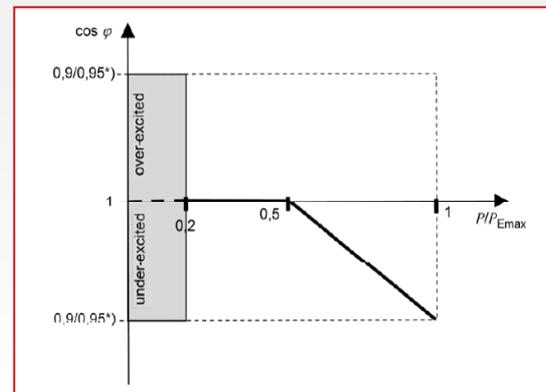
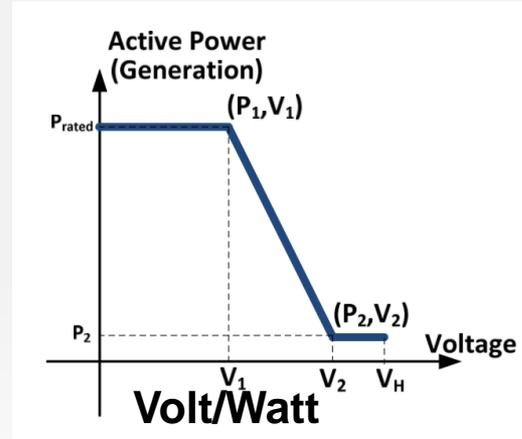
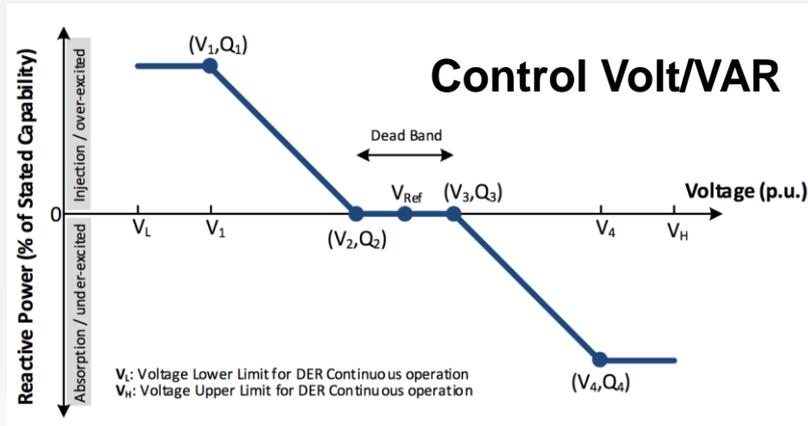


Figura 6 – Característica estándar de  $\cos \varphi (P)$

- El factor limitante de la conexión es en muchos casos la tensión
- Activar un control control Volt/VAR

# Servicios Complementarios

## Diferentes opciones



El control **Volt/VAR** consiste en cambiar la potencia reactiva de salida del inversor ante cambios en la tensión.

Control **Volt/Watt** se usa para mitigar aumentos de tensión por medio del recorte de potencia activa.

- Es posible controlar la tensión en la GD con los inversores inteligentes

# Requisitos Técnicos VDE 4105

## Protección ( 6.5.1)

Antes

Solamente  
autoprotección

Ahora

Se requiere realizar las siguientes funciones de protección del acoplamiento:

- Protección contra caídas de tensión  $U<$
- Protección contra sobretensiones  $U>$
- Protección contra sobretensiones  $U>>$
- Protección contra caída de la frecuencia  $f<$
- Protección contra subidas de la frecuencia  $f>$
- Reconocimiento de la formación de islas

Con excepción de la protección por sobretensiones  $U>$ , todas las funciones de la protección NA deben tener un ajuste firme, no modificable.

La tolerancia aceptable entre ajuste y valor real de operación no puede superar 1% en el caso de las tensiones y 0,1% en la frecuencia.

Función de protección	Ajuste del relé	
Protección contra caídas de tensión $U<$	$0,8 U_n$	$< 100 \text{ ms}$
Protección contra sobretensiones $U>$	$1,1 U_n$	$< 100 \text{ ms}$
Protección contra variaciones extremas de tensión $U>>$	$1,15 U_n$	$< 100 \text{ ms}$
Protección contra caída de la frecuencia $f<$	$47,5 \text{ Hz}$	$< 100 \text{ ms}$
Protección contra subidas de la frecuencia $f>$	$51,5 \text{ Hz}$	$< 100 \text{ ms}$

# Requisitos Técnicos VDE 4105

## OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN ( 8)

### Ahora

- Al operador de la red se le debe permitir el acceso a todos los componentes de la instalación de generación
- El operador de la red debe informar al operador de la instalación cualquier cambio importante en su red, que pueda tener importancia para la operación en paralelo existente.
- A su vez, el operador de la instalación informará y coordinará oportunamente con el operador de la red con referencia a cambios previstos..... p.ej., incremento o disminución de la potencia de la instalación, reemplazo de protecciones, cambio en los equipos de compensación.
- La conexión de una instalación de generación a la red del operador de redes sólo puede ocurrir si, mediante un equipo adecuado se establece que la tensión de la red está dentro del rango de tolerancia  $0,85 U_n$  hasta  $1,1 U_n$ , y que la frecuencia permanece también dentro del rango de tolerancia  $47,5$  a  $50,05$  Hz, esto durante un lapso de al menos 60 segundos
- La potencia inyectada a la red del operador de redes por instalaciones de generación regulables no debe superar el gradiente de 10% de la potencia activa  $P_{Amáx}$  por minuto, luego de reconectar una instalación de generación a la red del operador de redes

## Verificación (9)

### Ahora

- Para cada unidad generadora se requiere un certificado de conformidad, particular para cada tipo de unidad, según G.2. En este certificado de conformidad se indican las propiedades eléctricas de la unidad generadora, para demostrar su conformidad con los requisitos de esta norma VDE.

# Requisitos Técnicos VDE 4105- Anexo

## ANEXO E (informativo)

# EJEMPLOS DE ANÁLISIS Y EVALUACION PARA LA CONEXIÓN DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN

## F.1 PROTOCOLO DE PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN

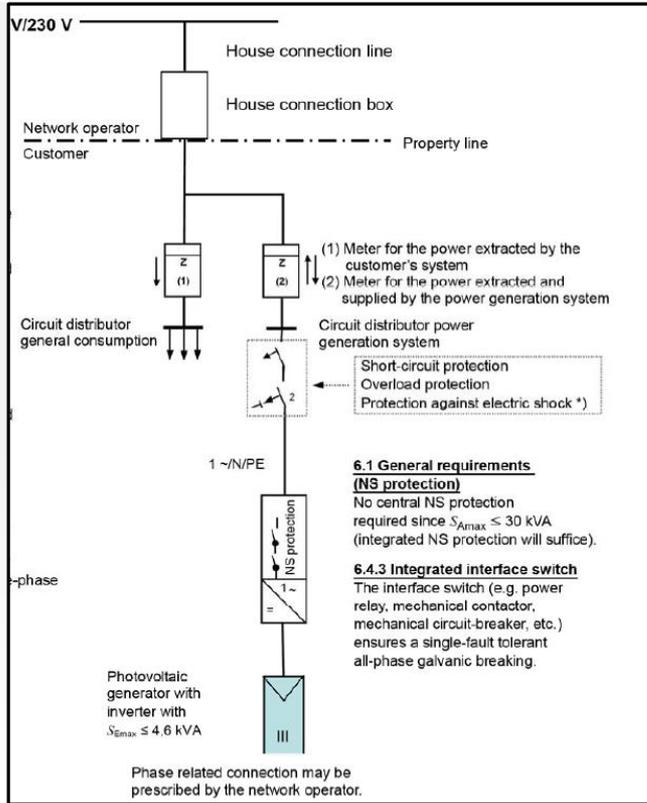


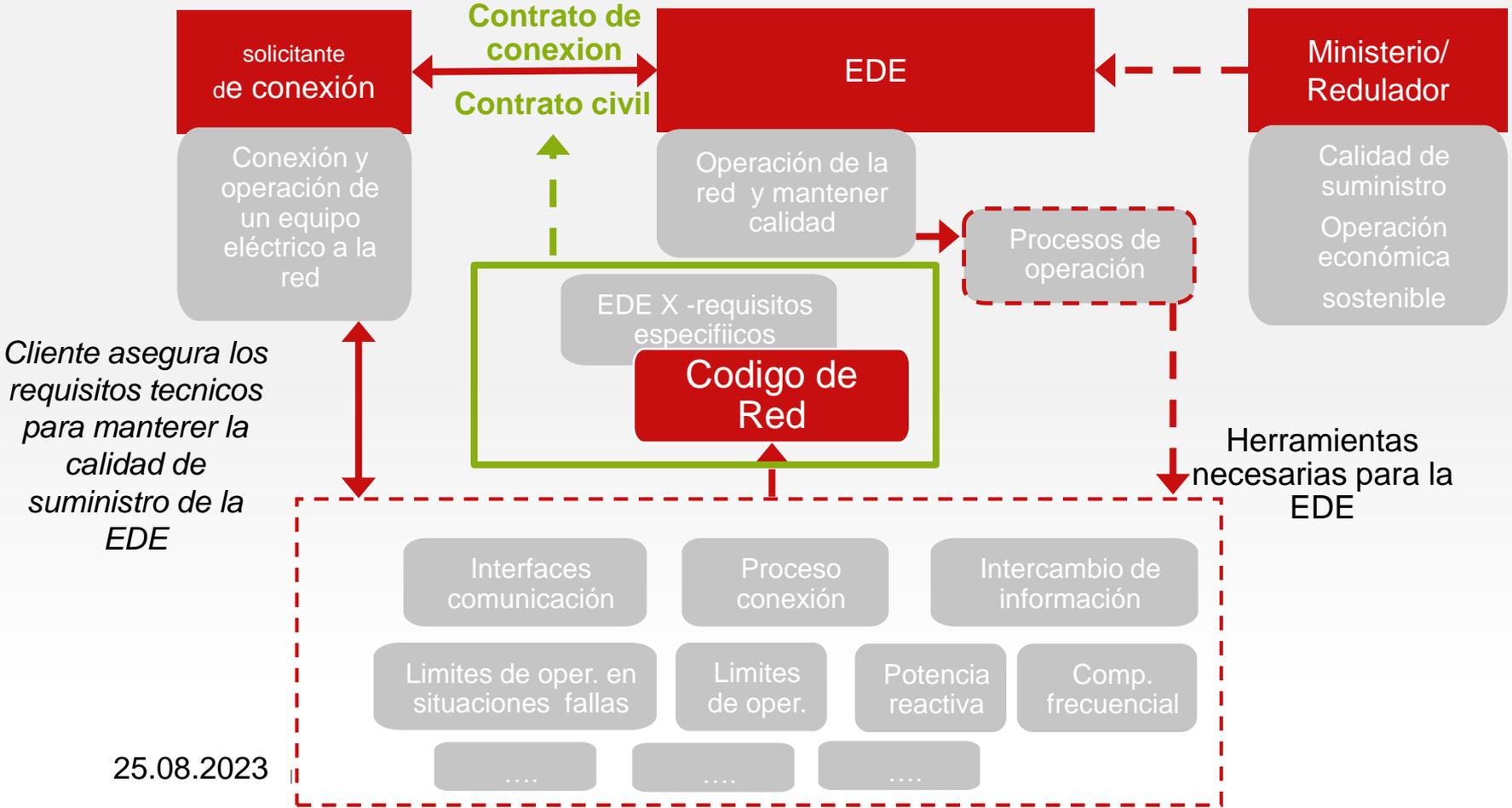
Figura B.1 – Conexión de una unidad generadora monofásica con inyección plena y una potencia aparente de conexión máxima ≤ 4,6 kVA.

Protocolo de puesta en servicio – Instalaciones de generación en baja tensión (a llenar por el constructor de la instalación)		Nº		
Dirección de la instalación	Nombre y apellido _____ Calle y Nº _____ Ciudad _____			
Firma constructora	Nombre y lugar _____ Teléfono, e-mail _____			
Instalación de generación				
Potencia aparente máxima $S_{A,max}$	kVA	Potencia útil máxima $P_{A,max}$ kW		
Para inst. PV: potencia/módulo del generador $P_{A,gen}$ (importante para bono de inyección)		kWp		
Hay contrato de puesta en servicio firmado? <input type="checkbox"/>				
Coincidencia entre la hoja datos F.2 llena y la disposición de la instalación? <input type="checkbox"/>				
Medidas para facturar; Prueba de pre-puesta en servicio + Prueba puesta en servicio? <input type="checkbox"/>				
Certificado de conformidad para unidades generadoras existente? <input type="checkbox"/>				
Certificado de conformidad para protección NA existente? <input type="checkbox"/>				
Valor ajustado en la protección NA central para la protección de sobretensión $U_s$ _____ U <sub>n</sub>				
Valor ajustado en la protección NA integrada para la protección de sobretensión $U_s$ _____ U <sub>n</sub>				
Para protección NA central: Prueba circuito protección NA – interruptor acoplador exitosa? <input type="checkbox"/>				
Dispositivo técnico para reducir potencia inyectada existente y funcionando? <input type="checkbox"/>				
Trampas de onda exigidas en la aceptación? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<table border="1"> <tr> <td>Instalada <input type="checkbox"/></td> <td>Hay protocolo de pruebas <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>			Instalada <input type="checkbox"/>	Hay protocolo de pruebas <input type="checkbox"/>
Instalada <input type="checkbox"/>	Hay protocolo de pruebas <input type="checkbox"/>			
En la medida que la instalación de generación sea considerada una planta eléctrica cerrada según los requisitos DIN VDE y las instrucciones para prevenir accidentes de BGV A3, las instalaciones sólo pueden ser visitadas por público si es en compañía de un experto eléctrico o de una persona con conocimientos de electricidad.				
La instalación de generación ha sido construida según los requisitos de la norma VDE "Instalaciones de generación en la red de baja tensión" y los requisitos Técnicos para la Conexión del operador de la red. En el proceso de entrega, el constructor de la instalación ha interiorizado al operador de la instalación en los detalles de ésta, y ha declarado que la instalación de generación esta apta para funcionar, según BGV A3 § 3 y TRBS 1201.				
La puesta en servicio de la instalación de generación ocurrió el _____				
Lugar, fecha,	Operador de la instalación	Constructor de la instalación		

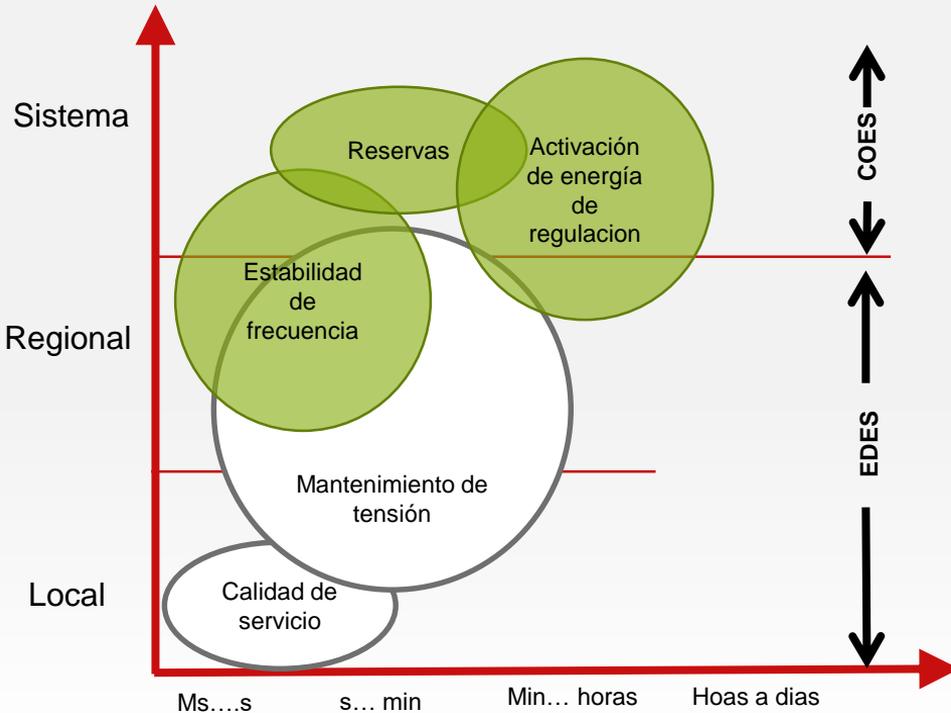
# Índice

- Introducción
- VDE AR N 4105
- **Resumen y recomendaciones**

# Implementacion- Ejemplo Alemania



# Servicios Complementarios



- Servicios complementarios son necesarios para garantizar la calidad del suministro.
- Dependiendo del nivel de tensión y del área de responsabilidad, deben tenerse en cuenta diferentes servicios complementarios
- Servicios complementarios a nivel de Distribución apoyan directamente al mantenimiento de tensión y apoyan indirectamente a la estabilidad del sistema
- En el futuro el TSO tiene que incorporar plantas conectadas a nivel de Distribución en sus procesos de operación y mantenimiento de la frecuencia → cooperación con la EDE

Servicios Complementarios de Renovables son activados por el Operador de la red y pueden ser..

- ...ofrecido por un mercado o
- ... de carácter obligatorio

## Resumen

- El código de red resume los requisitos esenciales para la conexión de los sistemas del cliente a la red pública
  - Proporciona información importante sobre
    - la operación de los sistemas ,
    - Las obligaciones de los operadores de red, operadores de sistemas, planificadores y clientes
- Los requisitos técnicos mínimos en el código de red deben garantizar la interoperabilidad con las redes y hacen posible un mejor uso de la infraestructura existente

Bajo los requisitos de la norma 4105 se conectaron más que 1 millón de sistemas de GD en Alemania

- Los requisitos deben ser adaptados a la realidad peruana (por ejemplo f)
- Cada EDE debe ser capaz de concretizar/adaptar estos requisitos a las necesidades de su red.
- La autoridad reguladora debe aprobar los requisitos mínimos.
- Es necesario implementar un proceso de verificación
- Coordinación con el PR20 del COES

El suministro de energía será más complejo debido a los cambios provocados por la transición energética. Este cambio es particularmente evidente en el número de sistemas de clientes en la red eléctrica. Debido a los muchos, a menudo pequeños, sistemas de energía renovable, muchos más sistemas estarán conectados a la red que antes. A diferencia de las grandes centrales eléctricas convencionales, muchos de estos sistemas estarán conectados a la red de baja y media tensión. El creciente número de sistemas y los nuevos desafíos para las redes de distribución hacen que los requisitos estandarizados a nivel nacional para los sistemas de los clientes sean necesarios para la operación segura de la red.

# Gracias por su atención



# Potencial Solar en Peru



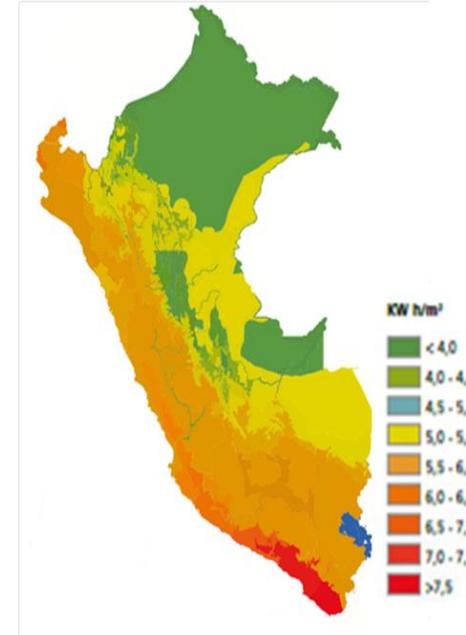
PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

- Situación: La zona de mayor potencial\* se encuentra principalmente en la costa sur donde se dispone de 6,0 a 6,5 kW h/m<sup>2</sup>, en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna. La capacidad instalada actual de centrales solares es de 0,3 GW.
- En el Perú La energía solar puede alcanzar un promedio de aproximadamente 5 hasta 7 kilovatio horas por metro cuadrado (kWh / m<sup>2</sup>), mientras que, en total, el 93 % de la población mundial vive en países que tienen un potencial promedio diario de energía solar fotovoltaica entre 3,0 y 5,0 kWh / m<sup>2</sup>.
- radiación solar más alta de todo el planeta
- 802 GWh generada en 2021 (1,3%)

Región	Radiación Promedio Anual, kWh/m <sup>2</sup> -año *	Intervalo de Radiación Promedio Anual kWh/m <sup>2</sup> -año **
<b>RENTABLE</b>		
Ancash	5.1	5.13 - 5.63
Arequipa	5.3	5.63 - 6.13
Lambayeque	5	5.5 - 6.0
Moquegua	5.3	5.75 - 6.25
Puno	5.1	5.38 - 5.88
Tacna	5.3	5.75 - 6.25
<b>MEDIANAMENTE RENTABLE</b>		
Amazonas	4.5	4.88 - 5.38
Apuñimac	4.8	5.38 - 5.88
Ayacucho	4.8	5.38 - 5.88
Cajamarca	4.5	5.0 - 5.5
Cusco	4.4	5.13 - 5.63
Huancavelica	4.5	5.38 - 5.75
Huánuco	4.3	4.75 - 5.25
Ica	4.6	5.5 - 6.0
Junín	4.7	5.13 - 5.63
La Libertad	4.8	5.13 - 5.63
Pasco	4.1	4.88 - 5.38
Piura	4.4	5.63 - 6.73
San Martín	4	4.63 - 5.13
Tumbes	4.4	5.75 - 6.25
<b>POCO RENTABLE</b>		
Lima	3.9	5.13 - 5.63
Loreto	3.9	4.63 - 5.13
Madre de Dios	3.9	4.75 - 5.25
Ucayali	3.3	4.63 - 5.13

ATLAS SOLAR DEL PERÚ



Perú	Chile	Alemania	Comparación
1600-2600 kWh/kWp/a	1100-2700 kWh/kWp/a	800-1050 kWh/kWp/a	Un potencial de + 50% - + 320% mas que en Alemania

Héctor - Documento Promotor 2012 - D.GEMINEM

# Incorporación de la generación renovable: vía de desarrollo



→ Define los criterios mínimos para operar una planta eléctrica en paralelo con la red