



# CITEL

DPS

PARA

Turbinas eólicas

[www.citel.fr](http://www.citel.fr)



# Protección profesional contra sobretensiones para turbinas eólicas



## • Protección DPS necesaria

**Las turbinas eólicas están muy expuestas a los rayos.**

Las turbinas eólicas se encuentran generalmente en áreas abiertas con excelentes vientos. Por ejemplo, la producción de energía eólica terrestre se encuentra en terrenos proclives, como crestas, mientras que los aerogeneradores marinos generalmente se encuentran en áreas con alta densidad de impactos de rayos cerca de las costas. Asimismo, las palas de las turbinas pueden inducir y activar líneas ascendentes y conectarse activamente con líneas descendentes en campos electrostáticos de tormentas eléctricas, lo que aumenta en gran medida la probabilidad de que los rayos alcancen las palas. Por esta razón, el promedio anual estimado de impactos de rayos en turbinas eólicas es mucho más alto aquí que en otras áreas.

**Altos costes de mantenimiento.**

Los impactos de rayos en una turbina eólica pueden causar rotura de palas, un fallo de un sistema eléctrico o de control y otros fenómenos. Hay muchos casos de este tipo. La pérdida de rendimiento causada por el mantenimiento de la turbina eólica y el tiempo de inactividad es muy importante. Para una turbina eólica marina, los costes de mantenimiento son particularmente altos y el período de mantenimiento es largo. Como resultado, la parada conlleva una gran pérdida indirecta.

La amenaza causada por un impulso electromagnético de rayo es enorme. En comparación con los rayos directos, el efecto indirecto de los rayos, es decir, un impulso electromagnético de rayo (LEMP), es más peligroso para el sistema eléctrico y de control de la turbina eólica. Las principales razones son las siguientes:

- la probabilidad de impacto de rayos en las palas de la turbina eólica es alta, y el campo electromagnético radiado puede afectar a toda la planta de energía eólica;
- los sistemas operativos de equipos sensibles, como un control principal y un sistema de control de paso, tienen baja inmunidad;
- Los componentes y partes del equipo tienen poca capacidad para soportar LEMP y son propensos a averías o daños de aislamiento;
- la longitud del cable de la interconexión entre las turbinas eólicas y la distancia al punto de conexión de la red es larga en áreas abiertas. La sobretensión inducida puede ser muy significativa.

**La instalación correcta de SPD es el método más eficaz.**

El LEMP es actualmente la principal amenaza de averías y fallos del sistema eléctrico y electrónico. En la actualidad, las principales medidas más rentables y razonables son: instalar un dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD), que descargue la energía acorde con la capacidad de resistencia de los equipos protegidos y la inmunidad del sistema, en los límites de las zonas de protección contra rayos o en el frontal de los equipos protegidos.

## • Requisitos de normalización

El método básico de protección de aerogeneradores debe cumplir los requisitos de las normas básicas de protección de la industria de protección contra rayos: la norma internacional IEC 62305-1 a 4 y la normativa nacional

Los requisitos generales y especiales para las aplicaciones de la industria de la energía eólica deben cumplir los requisitos de las normas IEC 61400-24, que incluyen requisitos para la protección de las palas, otros componentes estructurales, y los efectos del rayo directo e indirecto en el sistema eléctrico y de control al tiempo que presentan los factores de efecto ambiental que debe soportar el DPS.

Con respecto a los requisitos de rendimiento y selección del modelo de dispositivo de protección contra sobretensiones, las pruebas y la selección de modelo se exigen de acuerdo con las normas IEC 61643 relacionadas con los DPS.

## • Niveles de protección contra rayos

De acuerdo con la IEC 62305, hay cuatro niveles de protección contra rayos, LPL I a IV. Para cada LPL se especifican los valores máximos y mínimos de los parámetros de corriente de rayo que se pueden proteger (ver la tabla a continuación). De acuerdo con los requisitos de las normas de protección contra rayos de energía eólica IEC 61400-24, lo más razonable es que el conjunto de turbinas eólicas y el sistema de componentes se dividan de acuerdo con el nivel de protección contra rayos más alto LPLI (excepto para requisitos especiales)

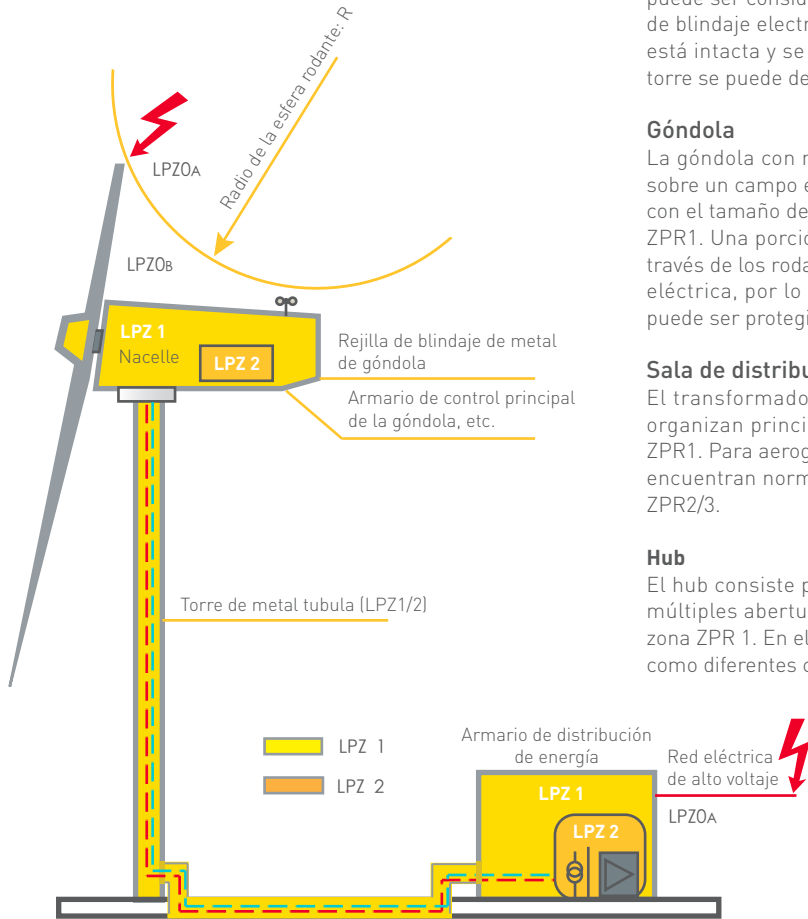
Primera corriente de rayo de retorno positiva			Nivel de protección contra rayos (LPL)			
Parámetros actuales	Símbolo	Unidad	1	2	3	4
Pico de corriente	I	kA	200	150	100	
Carga de impulso	Q <sub>SHORT</sub>	C	100	75	50	
Energía específica	W/R	MJ/Ω	10	5.6	2.5	
Parámetros de tiempo	T1/T2	μs/μs	10/350			



# ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS (ZPR)

## • Seccionamiento de un aerogenerador en ZPR

Definir zonas razonables de protección contra rayos de la turbina eólica es un requisito previo para una protección eficaz contra sobretensiones. En general, se utilizan medidas de protección, como un sistema de protección contra rayos (LPS), el blindaje del cable y la instalación de SPD, para determinar las zonas de protección contra rayos (ZPR). Para más detalles, consulte el Capítulo 8.3 de la IEC 62305-1. A continuación se presenta un diagrama esquemático \* de la división de la turbina de viento en zonas de protección contra rayos.



### Torre

Una torre tubular de metal, como la que se utiliza para un gran aerogenerador, puede ser considerada como una jaula casi perfecta de Faraday, posee un efecto de blindaje electromagnético. Si la conexión eléctrica entre la torre y la góndola está intacta y se realiza la conexión a tierra de seguridad, el área dentro de la torre se puede definir como ZPR1 o incluso ZPR2

### Góndola

La góndola con rejillas metálicas de fibra de vidrio tiene un efecto de blindaje sobre un campo electromagnético externo. El efecto de blindaje está relacionado con el tamaño de las rejillas. La góndola se define generalmente como una zona ZPR1. Una porción de rayo puede existir en la góndola para fluir a través de los rodamientos para ser descargada al suelo a través de una escobilla eléctrica, por lo que puede haber un campo electromagnético radiado que no puede ser protegido por las rejillas metálicas.

### Sala de distribución de energía (caja)

El transformador y la conexión a la red de las turbinas eólicas terrestres se organizan principalmente fuera de la torre y se puede definir como una zona ZPR1. Para aerogeneradores marinos, el transformador y la conexión a la red se encuentran normalmente dentro de la torre y se pueden definir como una zona ZPR2/3.

### Hub

El hub consiste principalmente en una estructura hueca de hierro fundido con múltiples aberturas, proporciona un blindaje magnético y debe definirse como zona ZPR 1. En el interior del hub se encuentra el sistema de control de paso, así como diferentes circuitos del sistema de control que conducen a la góndola.

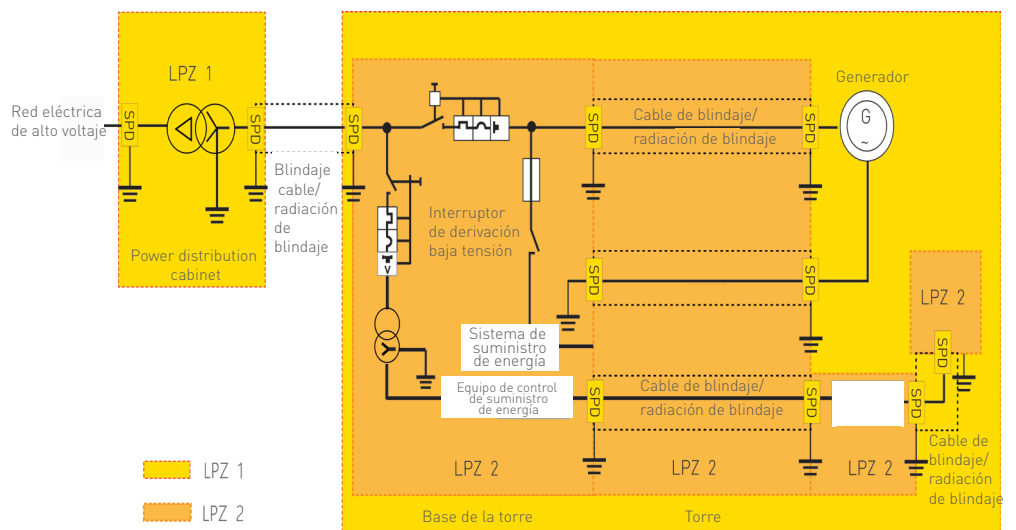
Definir zonas razonables de DPS es el requisito previo para una protección eficaz contra sobretensiones

\*Nota: Las ubicaciones de la sala de distribución de energía/armarios de turbinas eólicas de diferentes modos varían. Por ejemplo, el armario de distribución de energía eólica marina se encuentra normalmente dentro de la torre.

## • ZPR división y protección contra sobretensiones

El método ZPR típico se utiliza en las turbinas eólicas para evaluar y determinar el grado de influencia de los rayos. Se pueden construir componentes como palas, máquinas, sistemas eléctricos y de control que soporten este estrés.

El tipo de prueba, la capacidad de descarga y la ubicación de instalación del DPS deben determinarse de acuerdo con la característica del sistema eléctrico en los límites de diferentes zonas de protección. Ejemplos de medidas de protección contra sobretensiones (SPM) del sistema eléctrico en los límites de diferentes zonas de protección:







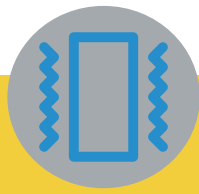


## • Requisitos ambientales para DPS instalados en turbinas eólicas



Temperatura y humedad

**CITEL DPS** rango de temperatura :  
-40 a 85 (límite)  
**CITEL DPS** Rango de humedad: 5% a 95% (límite)



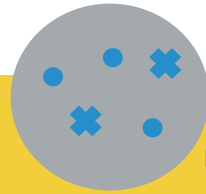
Vibración

**CITEL DPS** Vibración cumple :  
Requisitos IEC 61400-24



Niebla

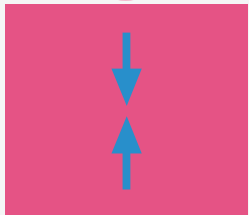
**CITEL DPS** cumple los requisitos de niebla salina :  
adoptando la tecnología de descarga cerrada ser adecuado para niebla salina



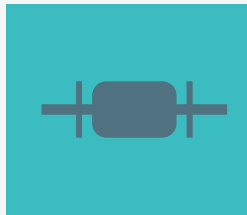
Moho

**CITEL DPS** cumple los requisitos antimoho :  
materiales de revestimiento antimoho y antibacterianos  
El rendimiento de DAC y DDC es mejor

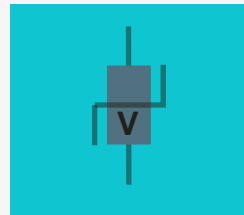
## • Requisitos estándar para la aplicación de DPS en energía eólica marina



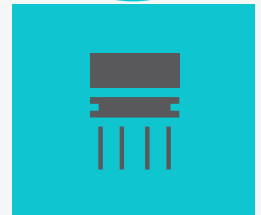
Espacio abierto uso



Tubo de descarga de gas de alta energía  
CITEL: GSG



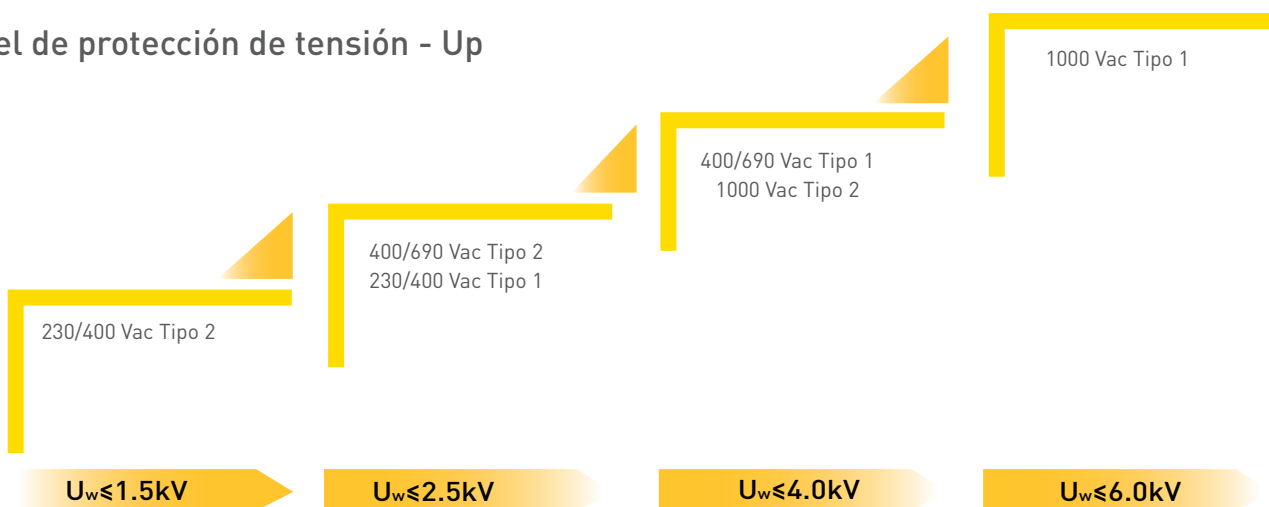
Varistor



Diodo de supresión transitoria

## REQUISITOS DE LOS PARÁMETROS CLAVE DEL DPS

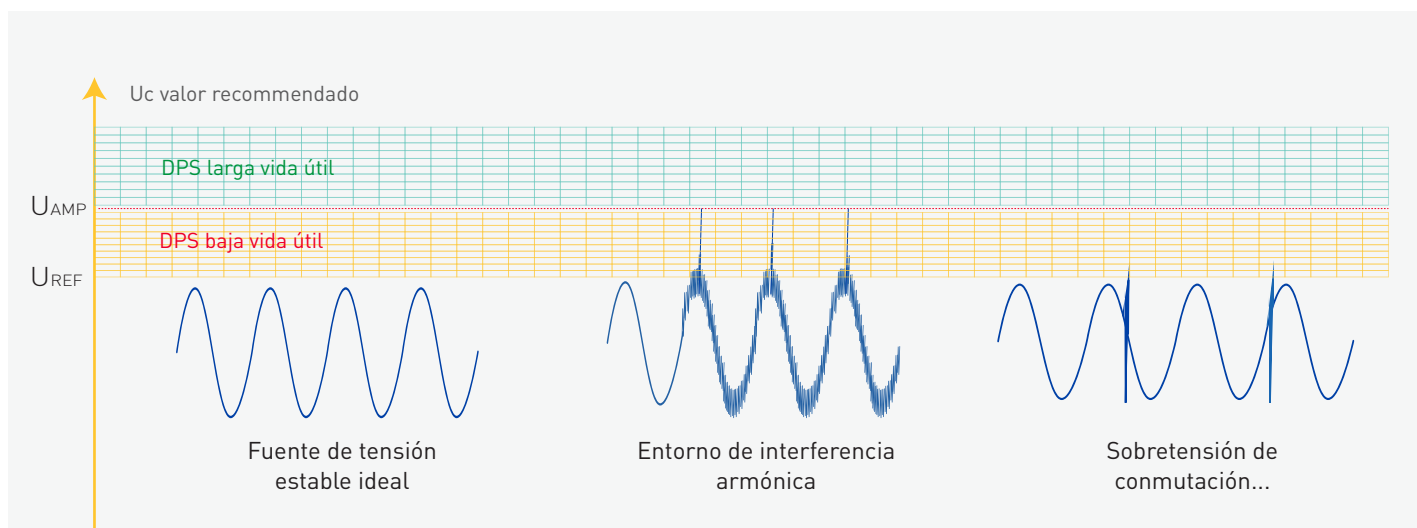
### • Nivel de protección de tensión - Up



El nivel de protección de tensión  $U_p$  del SPD utilizado por la turbina eólica debe considerar la tensión nominal de resistencia de impulsos  $U_w$  del equipo protegido (como se muestra en la tabla anterior). En caso necesario, deben tenerse en cuenta al mismo tiempo los requisitos relativos al nivel de inmunidad de un sistema de instalación SPD del aerogenerador.



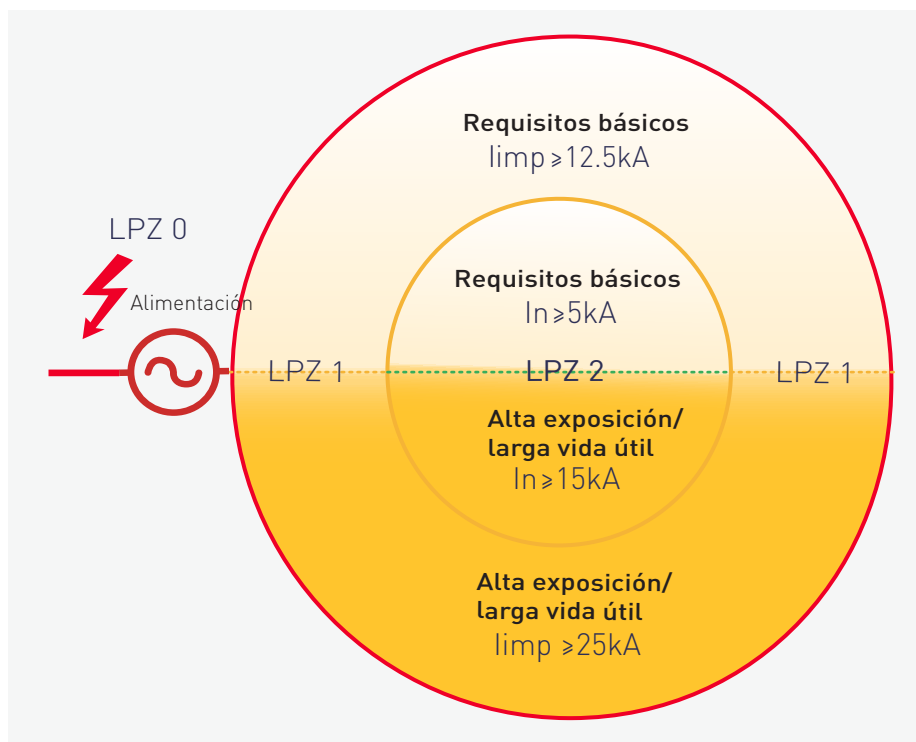
## • Tensión máxima de funcionamiento continuo seguro - Uc



Al considerar el valor de  $U_c$  para elegir el SPD, se deben considerar los requisitos básicos tales como la tensión de funcionamiento de una fuente de alimentación en la ubicación de instalación del SPD y el sistema de distribución de energía, y luego se debe determinar la tensión de referencia del sistema ( $U_{REF}$ ) para la selección del modelo. Al mismo tiempo, las aplicaciones de energía eólica deben considerar especialmente si hay interferencia armónica en la ubicación de la instalación. Si es así, se deben considerar la amplitud de tensión de funcionamiento del sistema ( $U_{AMP}$ ) y la frecuencia de ocurrencia, algunas áreas con alta frecuencia de conmutación tendrán sobretensión de conmutación y algunos sistemas deben considerar sobretensión temporal resultante de tensión de fallo (por ejemplo, pérdida de neutro) y otras situaciones.

Como se muestra en la figura anterior, un SPD con una  $U_c$  seleccionada en el área amarilla puede operar con frecuencia en el rango de las perturbaciones armónicas. Estas operaciones continuas reducirán la vida útil del SPD. Por lo tanto, se recomienda para aplicaciones de energía eólica seleccionar un SPD con un valor  $U_c$  en la zona verde con el fin de prolongar la vida útil.

## • Cumplimiento de los requisitos actuales - $I_n$ & $I_{imp}$



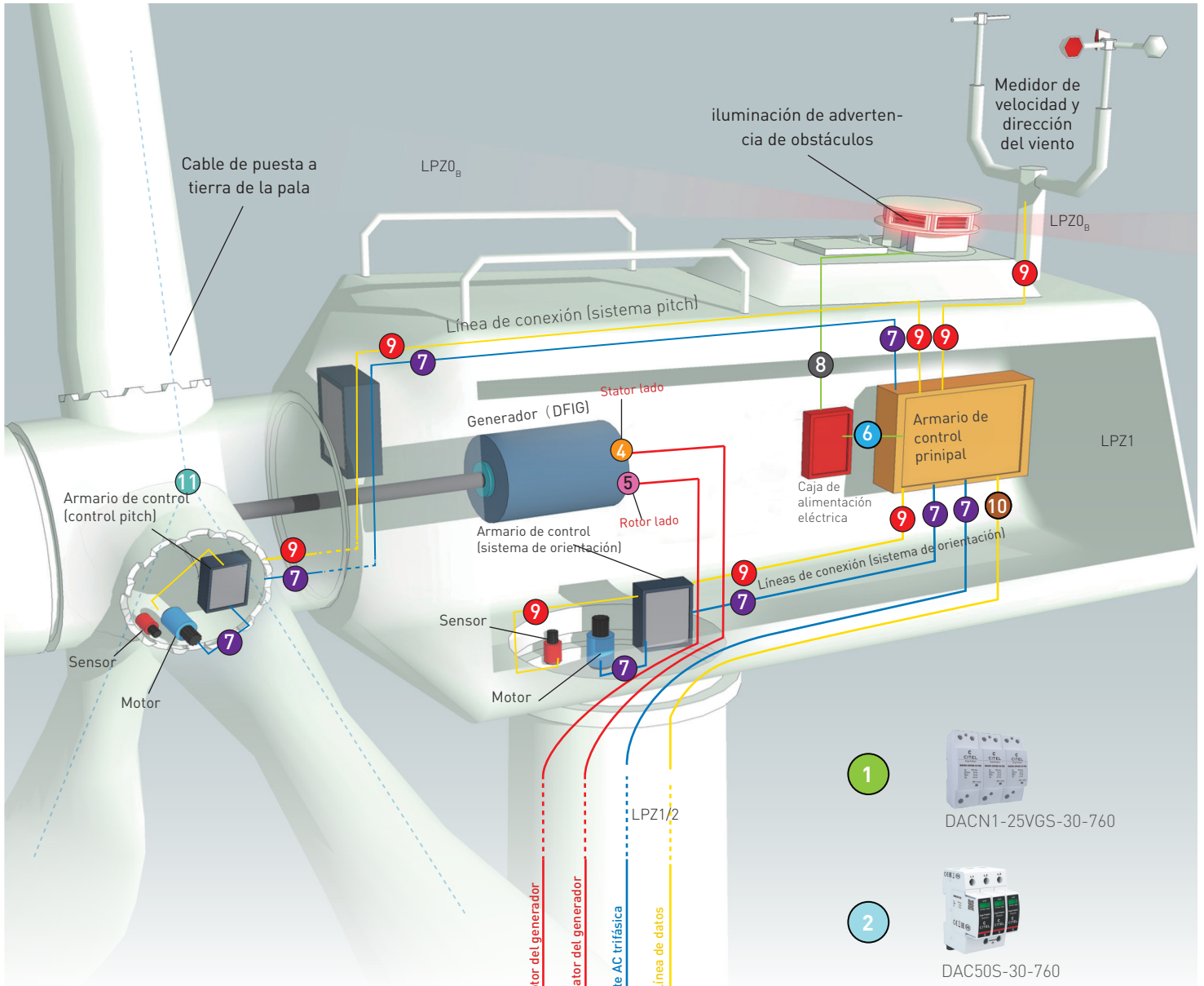
**DPS para energía eólica diseñado por CITEL**  
**Mejor protección, mayor vida útil**

Para una turbina eólica se debe seleccionar un SPD compatible (Tipo 1+2+3) de acuerdo con la zona donde se encuentra el dispositivo de protección, y teniendo en cuenta la exposición de la posición de instalación del SPD, los requisitos de vida útil previstos, el sistema de distribución de energía, el tamaño previsto de la derivación y otras características.





# SOLUCIONES DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE GENERADOR DE INDUCCIÓN DE DOBLE ALIMENTACIÓN (DFIG)



1



DACN1-25VGS-30-760

2



DAC50S-30-760

3



DAC50S-31-760-2600DC

4

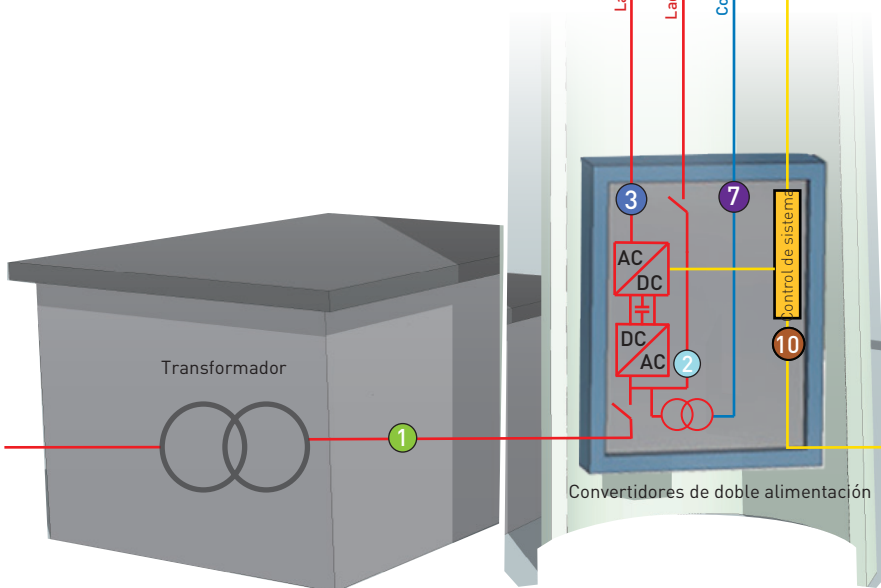


DS41S-1000

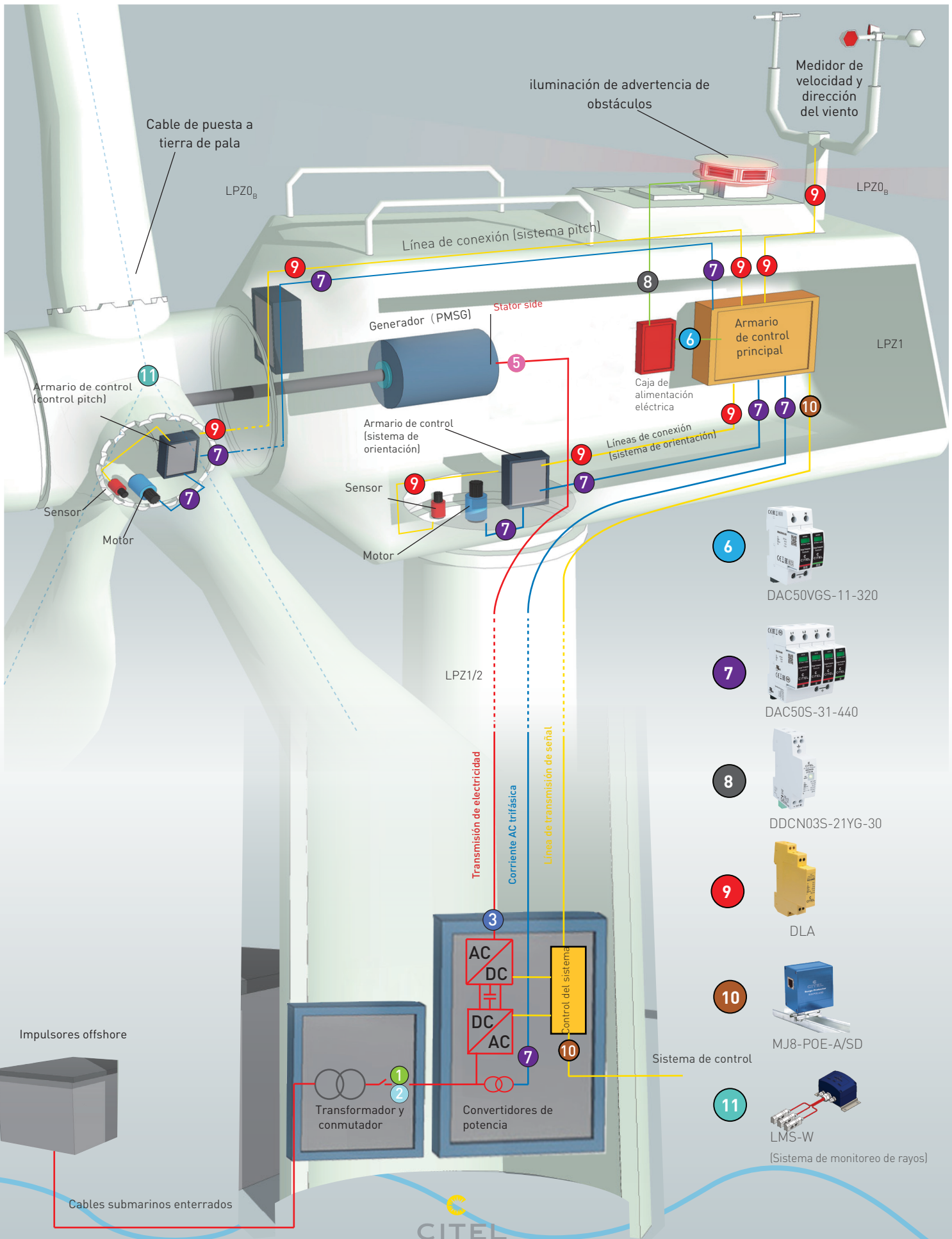
5



DU33S-1000G/WD

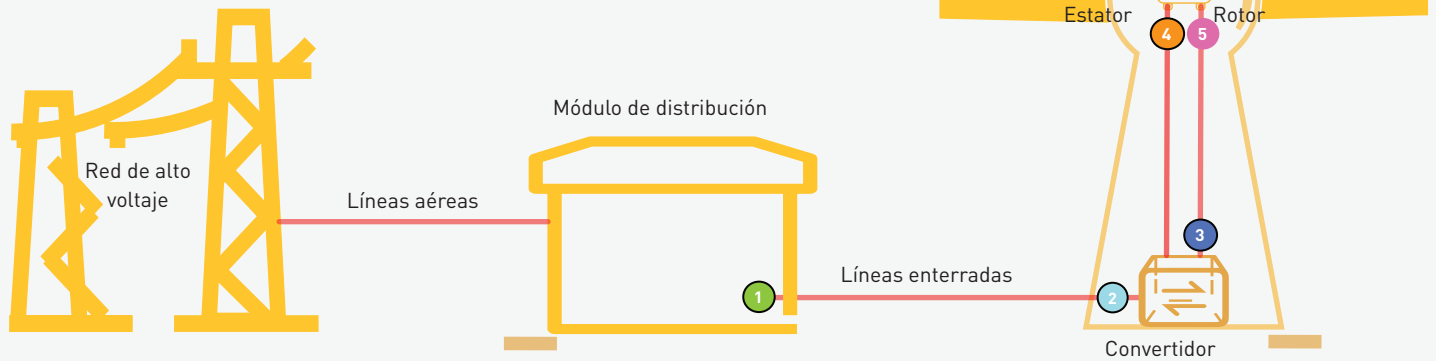


# SOLUCIONES DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE GENERADOR SÍNCRONO DE IMÁN PERMANENTE (PMSG)



# SOLUCIONES DE PROTECCIÓN PARA DE TURBINAS EÓLICAS

## Ejemplos de sistemas eléctricos para modelos DFIG eólicos terrestres



### 1 Protección en el lado de baja tensión de la subestación

#### DACN1-25VGS-30-760

DPS de Tipo 1+2+3, tecnología VG, alta capacidad de descarga, alta tolerancia TOV, larga vida útil, tensión residual baja, estructura monobloque.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
760 Vac	25 kA/ 70 kA	2.5 kV	36x3 mm	TUV/CE

#### DACN1-35VGS-30-440

DPS de Tipo 1+2+3, tecnología VG, alta capacidad de descarga, larga vida útil, tensión residual baja, estructura monobloque.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
440 Vac	35 kA/ 70 kA	1.8 kV	36x3 mm	CE

#### DS253VG-1000

DPS de Tipo 1+2+3, tecnología VG, alta capacidad de descarga, alta tolerancia TOV, larga vida útil, tensión residual baja, estructura monobloque.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
1000 Vac	25 kA/ 70 kA	4.0 kV	90x3 mm	CE

### 2 Protección lateral de la red del convertidor

#### DAC50S-30-760

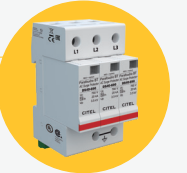
DPS de Tipo 2, alta capacidad de descarga, alta capacidad de resistencia de TOV, tecnología de protección MOV, módulo enchufable, diseño de cierre resistente a las vibraciones..



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
760 Vac	20 kA/ 50 kA	3.5 kV	54 mm	OVE/CE

#### DS43S-690

DPS de Tipo 2, alta capacidad de resistencia a TOV, tecnología de protección MOV, módulos enchufables



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
760 Vac	20 kA/ 40 kA	3.5 kV	54 mm	UL/TUV /CE

CITEL ofrece dispositivos de protección contra sobretensiones para diferentes



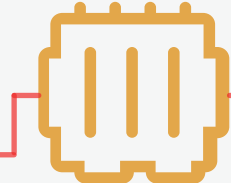


## Ejemplo de sistema eléctrico para modelos PMSG eólicos marinos

Centro de expedición



Impulsores offshore



Cables submarinos enterrados a gran profundidad



Transformador Convertidor

### 3 Protección del lado máquina del convertidor

#### DAC50S-31-760-2600DC

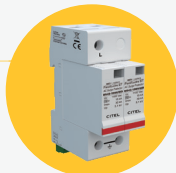
DPS de Tipo 2, soporta alta interferencia armónica de turbinas eólicas, protección MOV + GSG, alta capacidad de descarga, alta tolerancia TOV, módulos enchufables, diseño de cierre resistente a vibraciones.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
800 Vac	20 kA/ 50 kA	4.0 kV	72 mm	CE

#### DS41(S)-1000/WD

DPS de Tipo 2, alta capacidad de resistencia TOV, tecnología de protección MOV, módulo enchufable, con cierta capacidad de resistencia a interferencias armónicas



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
1100 Vac	15 kA/ 30 kA	5.1 kV	36x3 mm	CE

### 4 Protección del generador (DFIG)

#### DS41S-1000

DPS de Tipo 2, alta capacidad de resistencia TOV, tecnología de protección MOV, módulo enchufable, estructura combinada dividida para aumentar la capacidad de aislamiento.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
1100 Vac	20 kA/ 40 kA	5.0 kV	36x3 mm	CE

#### DU33S-1000/WD

DPS de Tipo 2, alta capacidad de resistencia a TOV, baja tensión residual, tecnología de protección MOV, estructura integrada monomodo para cumplir los requisitos de vibración y aislamiento.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
1000 Vac	15 kA/ 30 kA	4.2 kV	36x3 mm	TUV/CE

### 5 Protección del generador (DFIG y PMSG)

#### DU33S-1000G/WD

DPS de Tipo 2, soporta alta interferencia armónica de turbinas eólicas, protección MOV + GSG, alta tolerancia TOV, estructura integrada monomodo para cumplir los requisitos de vibración y aislamiento.



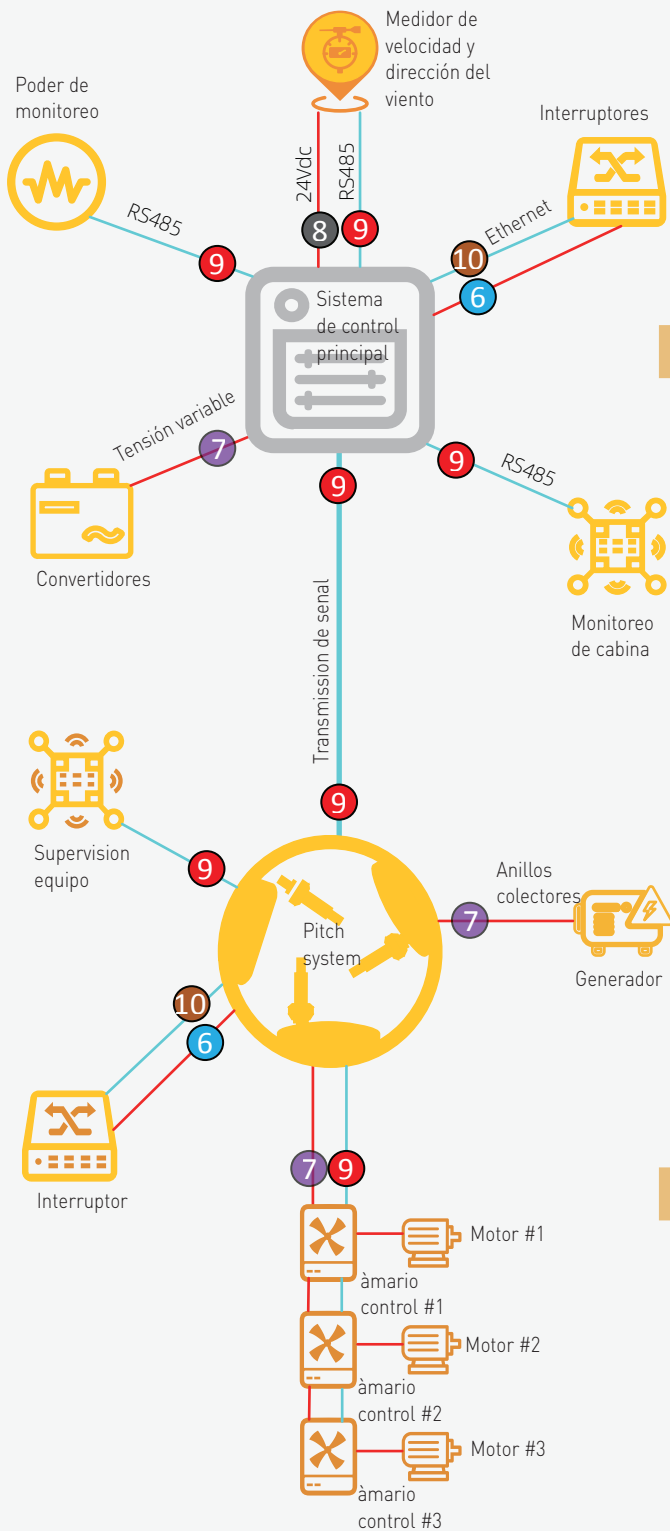
Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
1000 Vac	15 kA/ 30 kA	8.0 kV	36x4 mm	TUV/CE

Consulte a un ingeniero de CITEI para elegir la mejor opción de DPS



# SOLUCIONES DE PROTECCIÓN PARA TURBINAS EÓLICAS

## Ejemplo de sistema de control y pitch principal de la turbina eólica



### 6 Corriente monofásica AC 230 Vac

#### DAC50VGS-11-320

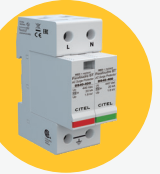
SPD Tipo 2+3, gran capacidad de descarga, larga vida útil de la tecnología VG, tensión residual muy baja, alta tolerancia TOV, módulos enchufables, diseño de cierre resistente a las vibraciones.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
320 Vac	20 kA/ 50 kA	1.5 kV	36 mm	CB/ KEMA/CE

#### DS42S-400/G

SPD Tipo 2, alta capacidad de resistencia a TOV, tecnología de protección MOV, módulos enchufables.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
440Vac	20 kA/ 40 kA	1.8 kV	36 mm	UL/ TUV/CE

### 7 Alimentación trifásica 230/400 Vac

#### DAC50VGS-31-320

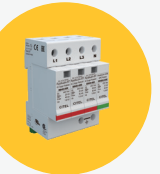
SPD de tipo 2+3, gran capacidad de descarga, larga vida útil de la tecnología VG, tensión residual muy baja, alta tolerancia TOV, módulos enchufables, diseño de cierre resistente a las vibraciones



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
320 Vac	20 kA/ 50 kA	1.5 kV	36 mm	CB/ KEMA/CE

#### DS44S-400/G

SPD Tipo 2 SPD, alta capacidad de resistencia a TOV, tecnología de protección MOV, módulos enchufables.



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
440Vac	20 kA/ 40 kA	1.8 kV	36 mm	GB/UL/ TUV/EAC

## 8 Alimentación DC 24 Vdc

### DDCN03S-21YG-30

DPS Tipo 2+3, instalación en serie/paralelo, protección precisa en modo común y modo diferencial, estructura de circuito MOV+GDT, alta corriente de carga, diseño compacto, estructura monobloque



Uc	Iimp/I <sub>max</sub>	Up	Ancho	Certificación
30Vdc	3.0 kV/ 3 kA	0.2 kV(DM) 0.8 kV(CM)	18 mm	CE

## 9 Líneas de telecomunicaciones

### Gama DLA/DLA2

Protección de línea de 1/2 pares, protección contra sobretensiones tipo D1, C2, C3, módulo enchufable, tensión residual muy baja, protección de modo común y modo diferencial, adecuada para RS485, CAN y otras comunicaciones.



Modelo	Uc	Frecuencia de corte f <sub>G</sub> @1dB	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
DLA-06DBC DLA2-06DBC	8 Vdc	20 MHz	5 kA /5kA	25 V	UL/CE
DLA-24D3 DLA2-24D3	28 Vdc	3 MHz	5 kA /5kA	40 V	UL/CE

### Gama DLU/DLU2

Protección de línea de 1/2 pares, protección contra sobretensiones tipo D1, C2, C3, módulo enchufable, tensión residual muy baja, protección de modo común y modo diferencial, adecuada para RS485, CAN y otras comunicaciones.



Modelo	Uc	Frecuencia de corte f <sub>G</sub> @1dB	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
DLU-06DBC DLU2-06DBC	8 Vdc	20 MHz	5 kA /5kA	25 V	UL/CE
DLU-24D3 DLU2-24D3	28 Vdc	3 MHz	5 kA /5kA	40 V	UL/CE

### Gama DLC

Protección de línea de 1/2 pares, protección contra sobretensiones tipo D1, C2, C3, módulo enchufable, tensión residual muy baja, protección de modo común y modo diferencial, adecuada para RS485, CAN y otras comunicaciones



Modelo	Uc	Frecuencia de corte f <sub>G</sub> @1dB	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
DLC-06DBC	8 Vdc	20 MHz	2.5 kA /5kA	25 V	UL/CE
DLC-24D3	28 Vdc	3 MHz	2.5 kA /5kA	40 V	UL/CE

## 10 Red de comunicación de datos

### MJ8-C6A

Puerto RJ45 para CAT6A, protección contra sobretensiones de categoría D1, C2, C3, carcasa metálica blindada, protección en modo común y modo diferencial, tensión residual muy baja



Uc	Velocidad de transmisión Rb	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
8 Vdc	10 Gbps	0.5 kA /2 kA	20 V	CE

### MJ8-POE-C6A

puerto RJ45, POE y POE+(+):CAT6A, D1, C2, C3 tipo de protección contra sobretensiones, carcasa blindada de metal, modo común y modo diferencial.



Uc	Velocidad de transmisión Rb	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
8 Vdc/60Vdc RJ45	10 Gbps	0.5 kA /2.0 kA	70 V	CE

### MJ8-POE-A/SD

Puerto RJ45, montaje en carril fijo, POE y POE+ (+): CAT5E, carcasa blindada de metal, modo común y protección de modo diferencial.

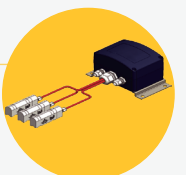


Uc	Velocidad de transmisión Rb	Corriente de descarga D1/C2	Up@C3	Certificación
8 Vdc/60Vdc RJ45	1 Gbps	0.5 kA /2 kA	70 V	CE

## 11 Sistema de monitoreo de rayos

### LMS-W

Monitorización inteligente de la amplitud del rayo, el canal del pararrayos y la hora de ocurrencia y otros parámetros se pueden transmitir al sistema de monitorización a través de RS485 para completar la transmisión de datos.



Amplitud Corriente de rayo	Método de comunicación	Comunicación protocolo	Capacidad almacenamiento	Rango de temperatura
10 kA~ 200 kA	RS485	MODBUS RTU	3600 events	-40°C~70°C





# CITEL

## Francia

Sede Social  
Servicios Comerciales  
Paris  
Tel.: +33 1 41 23 50 23  
e-mail: export@citel.fr  
Website: www.citel.fr

Fabrica  
Reims  
Tel.: +33 3 26 85 74 00

## Germany

Bochum  
Tel.: +49 2327 6057 0  
e-mail: info@citel.de  
Website: www.citel.de

## EE-UU

Miramar  
Tel.: (954) 430 6310  
e-mail: info@citel.us  
Website: www.citel.us

## China

Shanghai  
Tel.: +86 21 58 12 25 25  
e-mail: info@citelsh.com  
Website: www.citel.cn

## India

New Delhi  
Tel.: +91 11 4001 81 31  
e-mail: indiacitel@gmail.com  
Website: www.citel.in

## Thailand

Bangkok  
Tel.: +66 (0) 2 104 9214  
Website: www.citel.fr

## EAU

Dubai  
e-mail: info@citel.ae  
Web : www.citel.fr

## Colombia

Bogota  
e-mail: export@citel.fr  
Web : www.citel.fr

