

Más Allá de la Red:

Redefiniendo la Alimentación de Dispositivos TI con Soluciones Eléctricas Inteligentes y Seguras

Ing. Juan Pablo Borray
col-jpb@panduit.com

Octubre de 2025





**¿Cómo alimentar
dispositivos de forma
segura y cubriendo grandes
distancias?**

**Sistemas de alimentación
con gestión de fallas
(FMP)**

Aplicaciones de los Sistemas de Alimentación Eléctrica Clase 4 con Gestión de Fallas

APLICACIONES

Inalámbrico
para exteriores



Señalización
digital



GPON



Inalámbrico
para interiores



Agricultura
en interiores



Edificios
inteligentes



Iluminación



Pero Primero, ¿Qué es un Sistema de Alimentación Eléctrica de Clase 4?

¿Qué clases de energía establecía el Código Eléctrico Nacional (NEC)?

	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Energía máxima	Sin límite	100 W	100 W
Voltaje máximo	600 V	60 V	150 V
Usos Más Comunes	Cableado ampliamente usado en edificios (110 VAC y 220 VAC) Todo aparato portátil sin clasificación se considerará como un aparato de clase 1.	Alimentación a través de Ethernet (PoE) Radios inalámbricos Timbre	Cine en casa y equipos de sonido
Seguridad	Tipo de energía que es bastante común y que se implementa con frecuencia	Se considera más seguro en cuanto a la posibilidad de incendios y brinda una protección aceptable contra descargas eléctricas	Se considera más seguro sólo en cuanto al riesgo de incendios y no en cuanto al riesgo de descargas
Instalación/Cableado	Prácticas de instalación rigurosas que requieren electricistas autorizados	Prácticas de instalación no rigurosas que pueden estar a cargo de técnicos de bajo voltaje	Prácticas de instalación rigurosas que requieren electricistas autorizados

Ahora existe la Clase 4, ¿pero cuál es?

Con base en el estándar UL-1400-1 de clase 4 del NEC publicada el 19 de diciembre de 2022

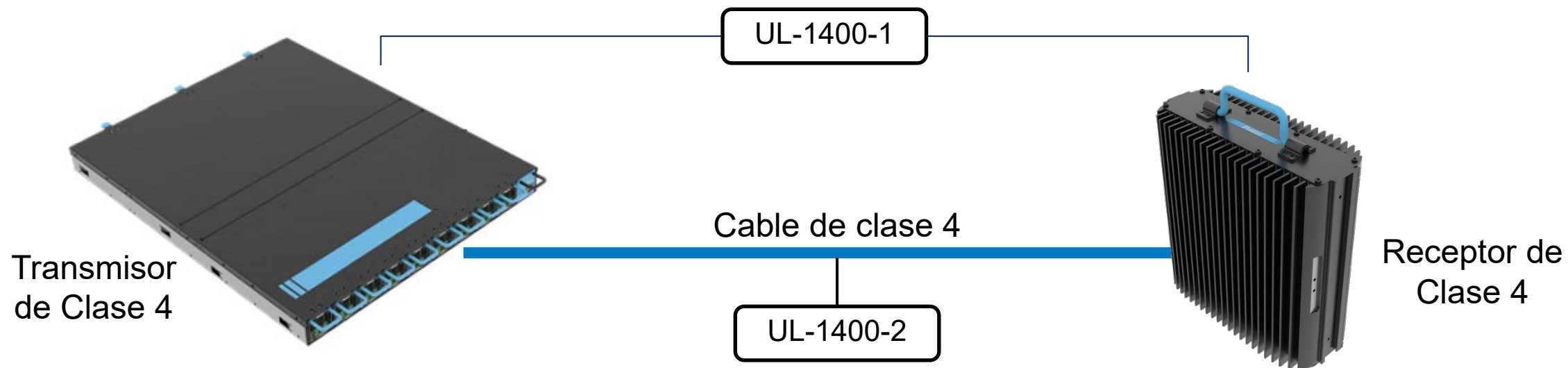
Combina lo mejor de ambos mundos (la clase 1 y la clase 2) para que los voltajes más altos sean seguros.

- La clase 4 no tiene un límite de energía y tiene un voltaje máximo de 450 V.
- La energía es limitada con respecto a los riesgos de descargas eléctricas o de incendios, por lo que el suministro de 450 V es seguro.
- Tal como la clase 2, sus prácticas de instalación no son rigurosas y no requiere electricistas autorizados.

En resumen, ¿en qué se diferencian las clases?

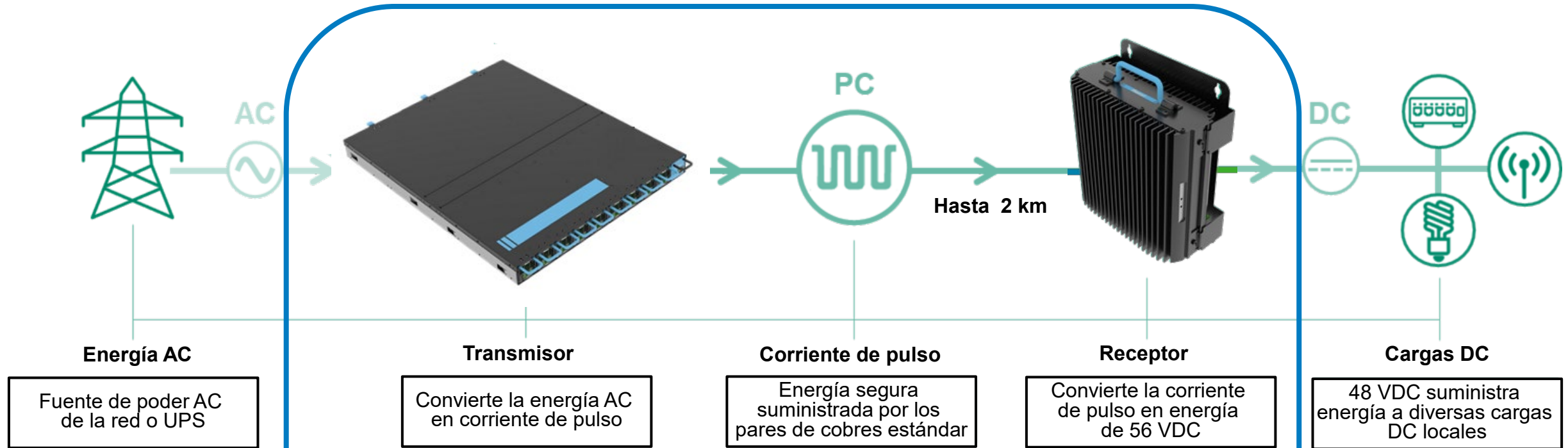
	Clase 1	Clase 2	Clase 4
Nivel de energía	Niveles altos de energía	Máximo 100 W por par de cobre	Niveles altos de energía: Hasta 600 W por par de cobre (por lo general)
Método de cableado	Métodos de cableado del artículo 300 del NEC	Métodos de cableado del artículo 725 del NEC	Métodos de cableado del artículo 726 del NEC
Instalador	Electricista obligatorio	Técnico de bajo voltaje	Técnico de bajo voltaje
Requisitos de instalación	Conductos y permisos obligatorios	Conductos opcionales (salvo lo requiera una autoridad competente)	Conductos opcionales (salvo lo requiera una autoridad competente)
Calibre de los cables	Gran calibre	Depende de la energía y distancia	Calibre reducido (por lo general de 16 a 18 AWG)
Distancia	Distancia extensa y sin límite	Distancia limitada (por lo general 300 m)	Distancia extensa y sin límite (por lo general 2 km)

¿Cómo se ve un sistema de Clase 4?



- Es un sistema integral de suministro de energía.
- Se compone de un transmisor de energía de clase 4 y un receptor de energía de clase 4.
- El transmisor y el receptor están conectados con un cable de clase 4.
- Los sistemas monitorean el circuito para detectar fallas y (limitar) la energía que se transmite a la falla.
- Reduce el riesgo de descargas e incendios entre el transmisor y el receptor.

¿Cómo funciona?



Todos los canales se monitorean con frecuencia para detectar las fallas establecidas en UL-1400-1.

Desactiva los canales al instante para reducir el riesgo de descargas o incendios.

En automático reinicia los canales tras resolver la falla.

Sistemas de Clase 4: ¿Qué tipos de fallas se monitorean?

Sistemas de clase 4: Reducción de riesgos

¿Qué fallas se monitorean?

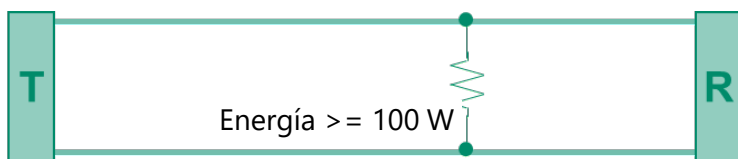
Riesgo	Comportamiento del sistema de clase 4	Tipo de falla
 Descarga	Se previene que las personas sufran descargas (en particular fibrilación ventricular) que podrían derivar de diversos contactos para garantizar la seguridad del personal de dichos sistemas.	Fase a tierra
		Fase a fase
 Incendio	Se previene el riesgo de incendios al mitigar todo mecanismo de ignición tal como los arcos, la disipación de energía de alta densidad y los cortocircuitos.	Arco en serie
		Arco paralelo
		De resistencia de fase a fase
		De resistencia en serie

Sistemas de clase 4: Reducción de riesgos

¿Qué fallas se identifican?

Riesgo de incendios: Un sistema de clase 4 debe prevenir el riesgo de incendios al mitigar todo mecanismo de ignición tal como los arcos, la disipación de energía de alta densidad y los cortocircuitos.

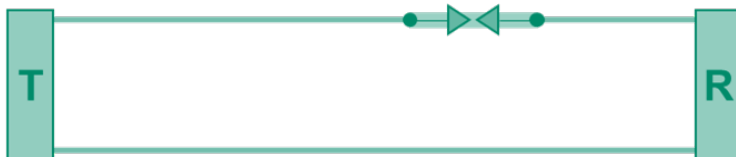
Resistencia de fase a fase



Cortocircuito



Arco de serie



Arco de fase a fase



Resistencia de serie



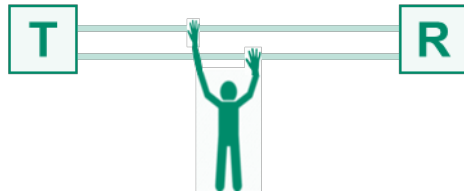
Opcional

Sistemas de clase 4: Reducción de riesgos

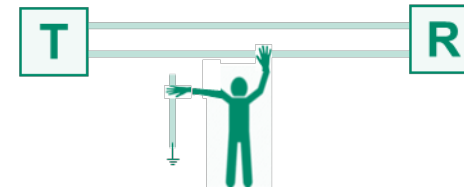
¿Qué fallas se identifican?

Riesgo de descargas: Un sistema de clase 4 debe prevenir que las personas sufran descargas (por ejemplo, fibrilación ventricular) que podrían surgir de diversos contactos para garantizar la seguridad del personal de dichos sistemas.

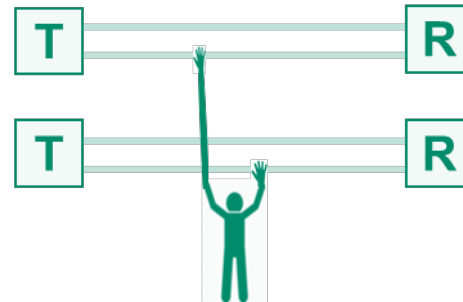
Fase a fase



Fase a tierra



Par de fase 1 a par de fase 2



Sistemas de clase 4: Reducción de riesgos

¿En qué se diferencian de los métodos actuales de reducción de riesgos?

Los sistemas de clase 4 son más seguros en todo sentido.

Riesgo	Tipo de falla	GFCI	AFCI	Clase 4
Descarga	Fase a tierra	✓	✓	✓
	Fase a fase	⚡	⚡	✓
Incendio	Arco en serie	🔥	✓	✓
	Arco paralelo	🔥	✓	✓
	De resistencia de fase a fase	🔥	🔥	✓
	De resistencia en serie	🔥	🔥	✓

Fuente: BICSI 2022 sección de oradores 23: Energía de clase 4

Sistemas de clase 4: Confiabilidad

¿Es posible que falle?

Una Solución, Un Partner.
Control Total – desde el diseño
hasta la implementación.

Safety Integrity Levels (SIL)	Factor	Probabilidad de Falla	Reducción del Riesgo
SIL 4 VERY HIGH Safety Requirement <i>Launch Abort Systems</i> 	99.999%	.001% - .01%	10,000 to 100,000
SIL 3 HIGH Safety Requirement <i>Railroad Interlocking System</i> 	99.99%	.01% - .1%	1,000 to 10,000
SIL 2 MODERATE Safety Requirement <i>Critical Temperature Sensor</i> 	99% - 99.9%	.1% - 1%	100 to 1,000
SIL 1 LOW Safety Requirement <i>Alarm beacon</i> 	90% - 99%	1% - 10%	10 to 100



Panduit FMP fue diseñado, desarrollado, y
fabricado en casa!

Que obtienen nuestros clientes:

- Innovación
- Soporte
- Nuevos desarrollos

PANDUIT™



Generalidades de los cables de Clase 4

Generalidades de los cables de Clase 4

El artículo 722 de la NFPA (UL 1400-2) regula los cables de Clase 4

	UL-1400-2	Tradicional (según el proveedor del sistema o cable)
Clasificación de aislamiento	Mínimo 450 VDC	300 V RMS (voltaje usual de los sistemas)
Calibre de cobre	De 6 a 24 AWG	De 14 a 18 AWG
Cobre	Sólido y multifilar	Multifilar
Número de pares de cobre	Uno o múltiples	Múltiple de 2 a 8 pares
Clasificación de temperatura	No Menor a 60° C (140° F)	75° C (167° F)

General:

- La norma regula los cables *plenum* (CL4P), *riser* (CL4R) y de usos generales.
- Pueden usarse en exteriores o para entierro directo.
- Pueden ser híbridos (cobre y fibra en un mismo cable).
- Cuentan con etiquetado específico en toda la extensión del cable.
- **Los pares de cobre suelen ser trenzados** para que sean fáciles de identificar y para simplificar y agilizar la instalación en consideración de la retroalimentación que recibimos.
- Terminación: Es específica del proveedor, pero **la terminación en campo suele ser igual**.

Cables de Clase 4: ¿Cuál es su disponibilidad?

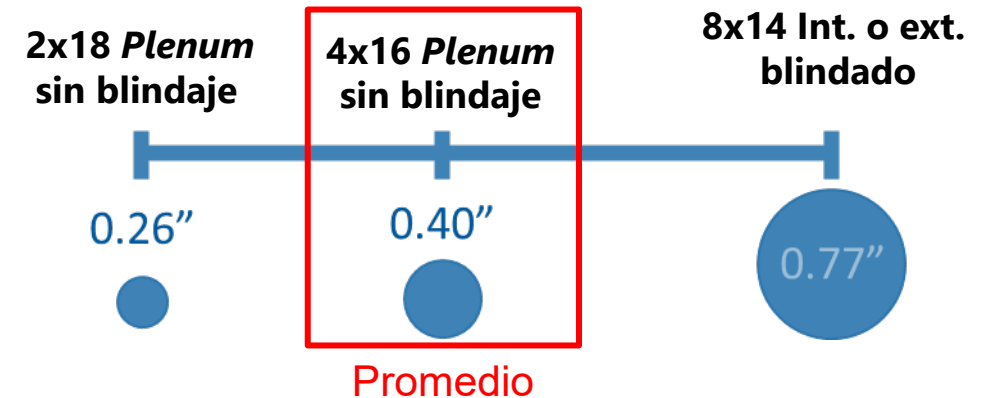
Los cables de Clase 4 actualmente están disponibles a través de diversos proveedores y hay más en camino...



¿Qué cables están disponibles?

- De 14 a 18 AWG; par de 2 a 8
- *Plenum* para interiores o exteriores
- Con o sin blindaje
- Sólo cobre e híbridos

¿Cuánto suelen medir de diámetro?



Cables compatibles (certificados)

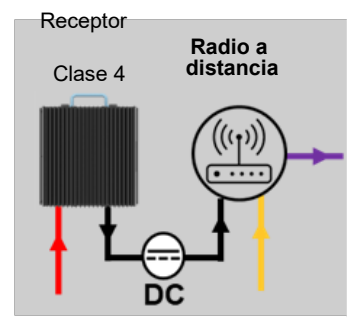
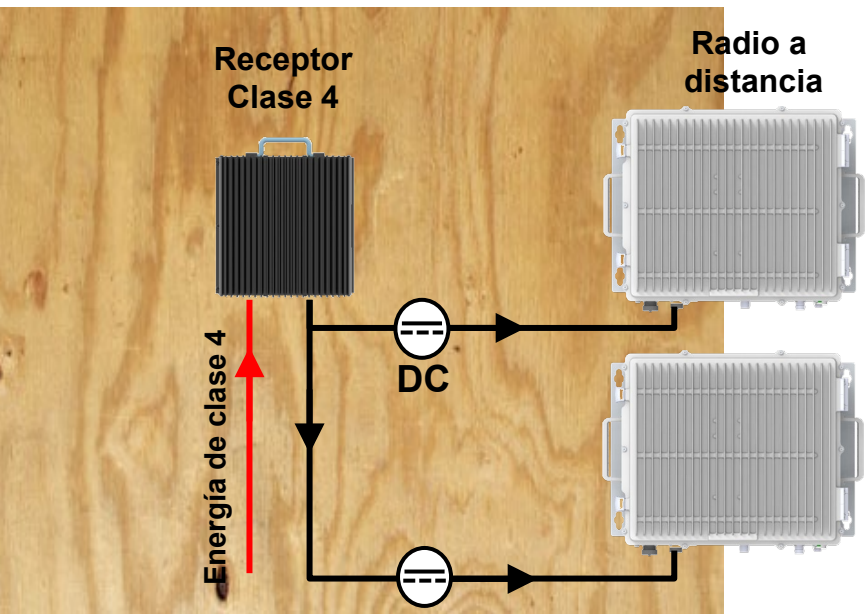
- Para lograr un despliegue que cumpla en su totalidad con la clase 4, se recomienda utilizar cables certificados para clase 4
- Todos listados para distancias de más de 5,000 pies.

Cable	Descripción
Cable #1	Cable CL4 16 AWG
Cable #2	Cable CL4 18 AWG

Ejemplos de Aplicaciones y Consideraciones de Diseño

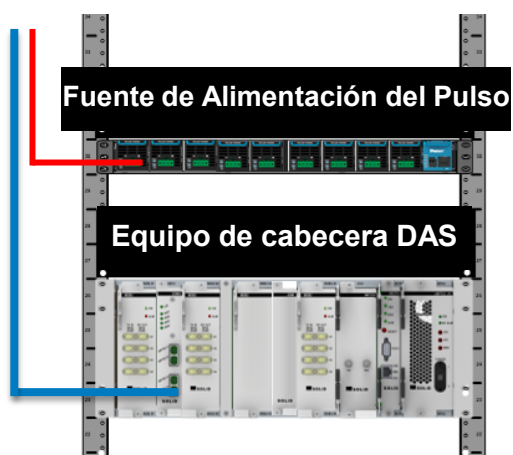
Aplicación #1

Inalámbrica
en interiores

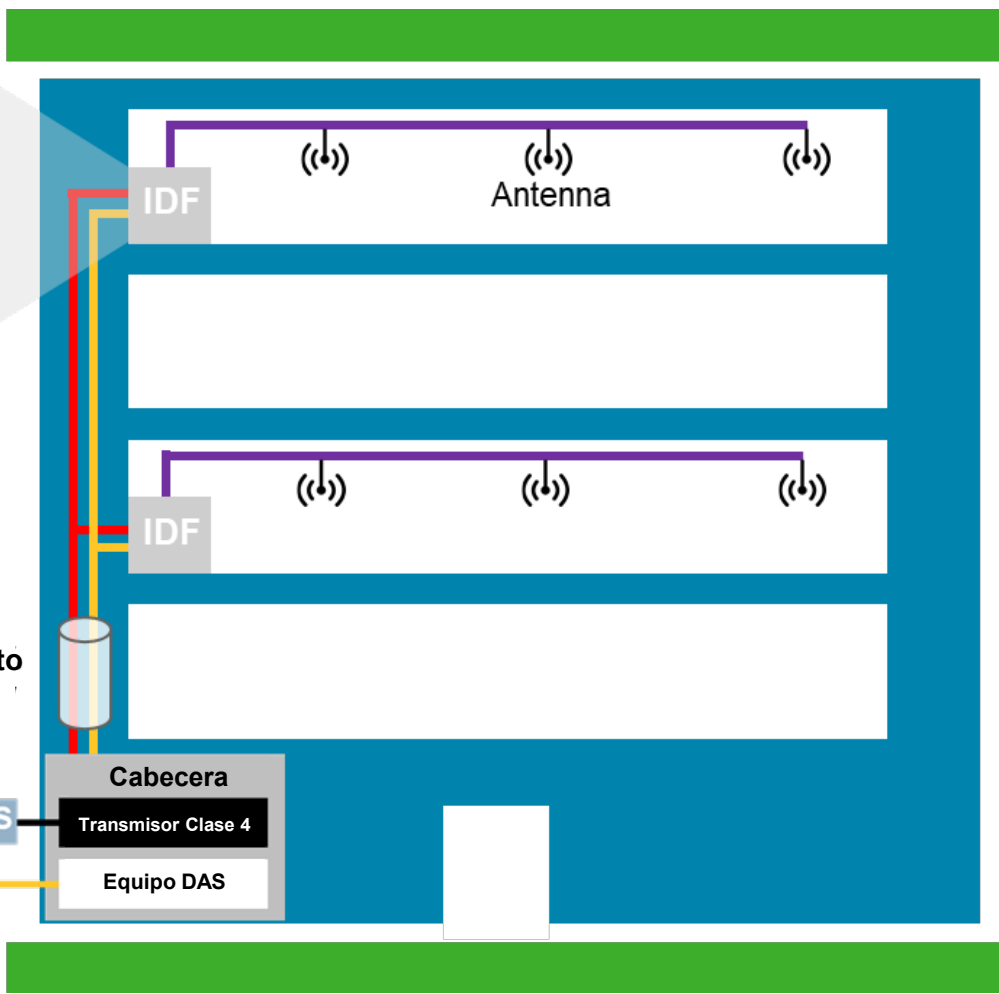
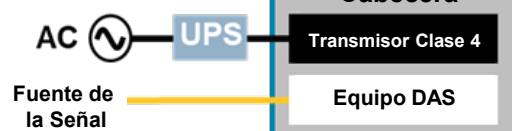


Leyenda del cable

- Cable 4 de Clase
- Fibra SM
- Cable coaxial, de fibra o de categoría



Mismo enrutamiento
de cobre y fibra

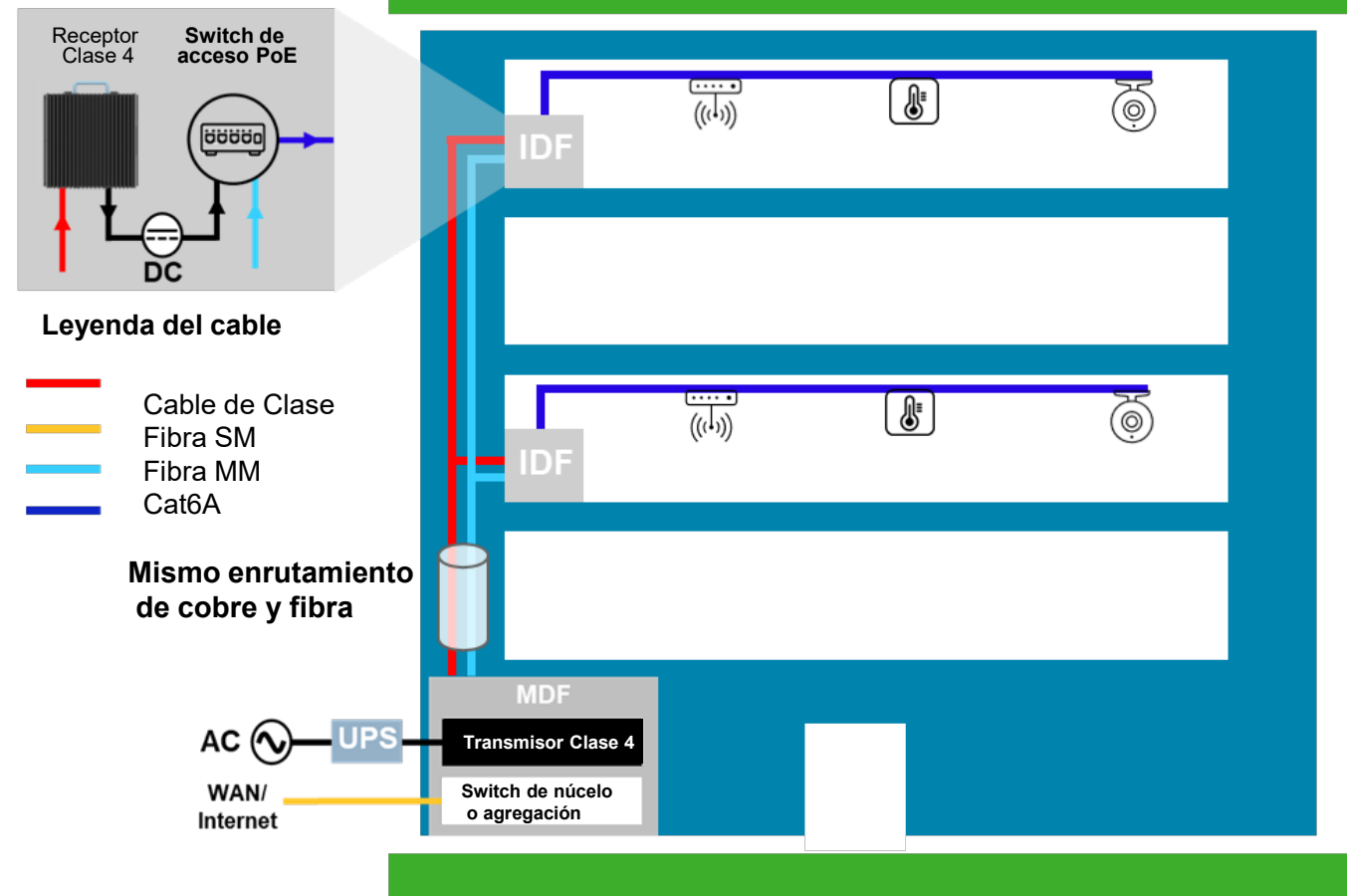


Aplicación #2

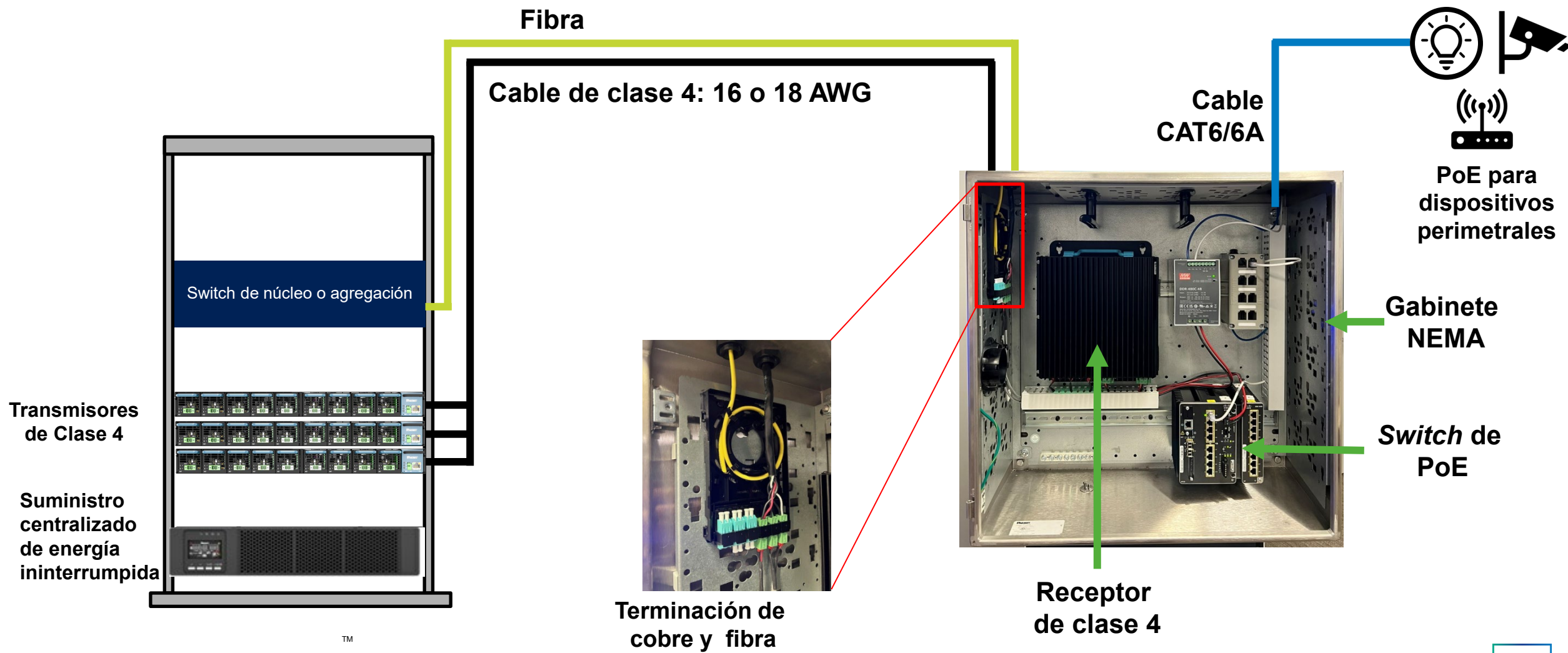
Edificios inteligentes

Cableado troncal de alimentación DC para permitir la implementación de tecnologías futuras en edificios inteligentes.

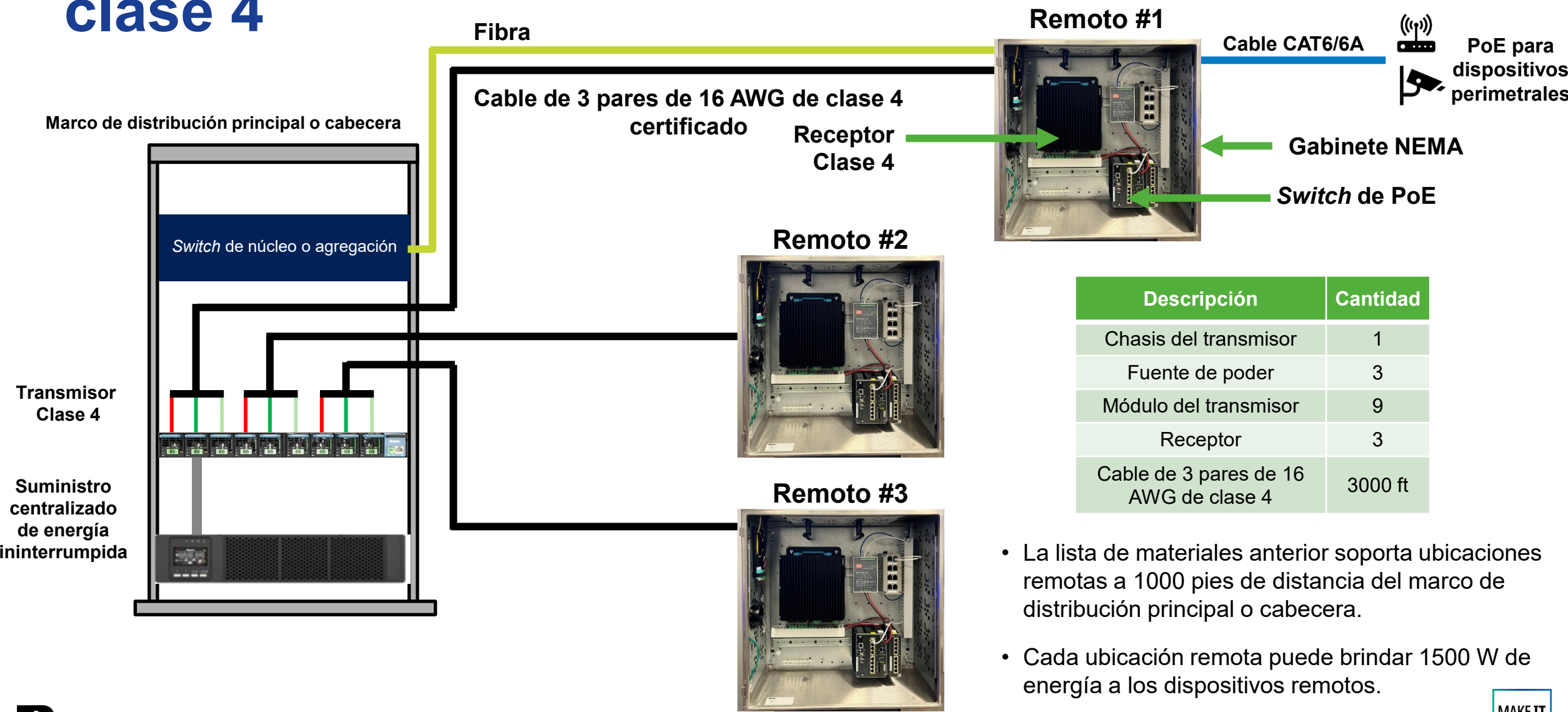
Empiece con lo
necesario y **crezca**
según aumenten sus
necesidades
tecnológicas



Aumentando el Alcance de PoE con la energía de Clase 4



Aumentando el alcance de PoE con la energía de clase 4



Descripción	Cantidad
Chasis del transmisor	1
Fuente de poder	3
Módulo del transmisor	9
Receptor	3
Cable de 3 pares de 16 AWG de clase 4	3000 ft

- La lista de materiales anterior soporta ubicaciones remotas a 1000 pies de distancia del marco de distribución principal o cabecera.
- Cada ubicación remota puede brindar 1500 W de energía a los dispositivos remotos.

Proceso o consideraciones de diseño (entrada)

Consideraciones del marco o cabecera

¿Alimentación AC (110 V o 208 V) o DC?

¿Respaldo de alimentación?

¿Espacio en *rack*?

Consideraciones de las cargas remotas

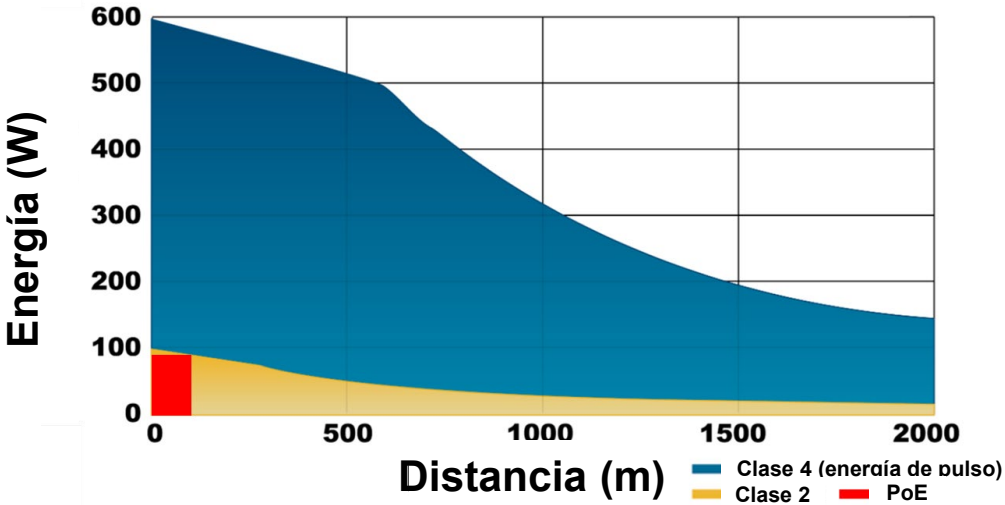
Número de dispositivos y consumo de energía

Distancia de la ubicación centralizada

¿Tipo de alimentación (AC o DC)?

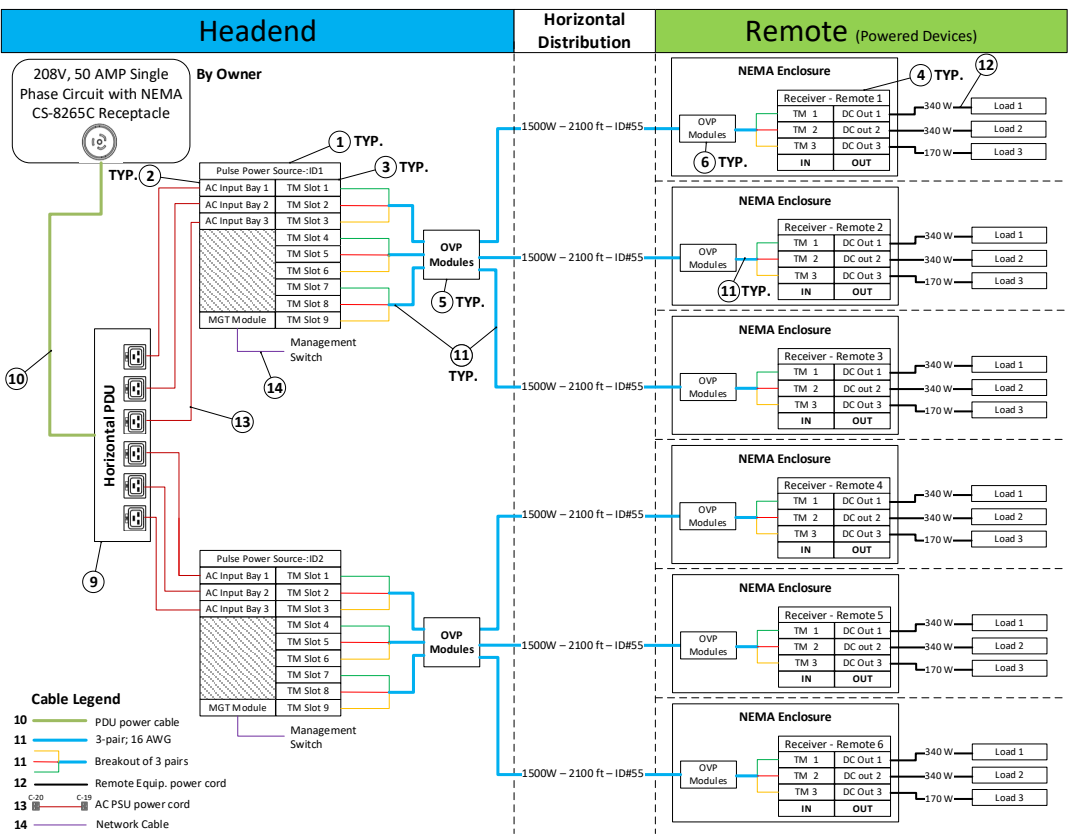


Design Worksheet																		
General Information																		
Project Name		Boston Project																
Location		100 Summer st.																
Quote Date		5/26/2023																
FMPS Designer		Kevin Hogan																
Building Type		Comercial																
Square Footage		1.03 Million sq/ft																
Install Date		10/11/2025																
Power Source Location			Remote Power Location													Summary		
Headend Name	Location	Remote Room Name	Location	Cable Length (ft)	#	DEVICE 1		SOLID HROU 2		SOLID HROU 3		Make and Model 4		Make and Model 5		Device Count	Total Power (W)	
						Power consumption (W)	#	Power consumption (W)	#	Power consumption (W)	#	Power consumption (W)	#	Power consumption (W)	#			
Headend 1	Floor 1	Floor 28	Floor 28	404.66	1		460									1	460	
		Floor 24	Floor 24	358.35	1		460									1	460	
		Floor 15	Floor 15	270.79				1		575							1	575
		Floor 11	Floor 11	112.23				1		575							1	575
		Floor 8	Floor 8	160.17				1		575							1	575
		Floor 4	Floor 4	112.23	1		460										1	460
		Floor 2	Floor 2	412.46	1		460										1	460
		Floor 2	Floor 2	412.46						1		203					1	203
		Parking 3	Parking 3	179.73				1		575							1	575
																0	0	
																0	0	



Proceso o consideraciones de diseño (salida)

	Número de parte	Descripción	Cantidad
1	XXX	Chasis del transmisor de clase 4	XXX
2	XXX	Módulo de fuente de poder	XXX
3	XXX	Módulo del transmisor de clase 4	XXX
4	XXX	Receptor de clase 4	XXX
5	XXX	Cable de clase 4 (3 pares de 16 AWG)	...
6	...	...	...



Componentes de la Solución

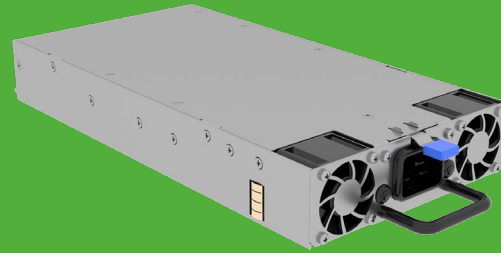
Componentes principales



Chasis Transmisor

PXTC1ARA

- Chasis rackeable de 1 RU
- Entrada: Hasta 3 Fuentes de Poder
- Salida: Hasta 9 Módulos Transmisores
- Potencia Máx: 4800 W



Fuente de Poder

PXU1AJANNXX

- Extraíble en Caliente
- Entrada: 115-230 VAC
- Salida: 360 VDC
- Potencia Máx: 1600 W



Módulo Transmisor

PXTM1AF

- Extraíble en Caliente
- Entrada: -360 VDC
- Salida: Pulsos ± 180 V
- Potencia Máx: 600 W



Receptor

PXR1AJD o PXR1AJF

- Montaje en Pared
- Entrada: Pulsos ± 180 V (3 canales)
- Salida: ± 48 o 56 VDC (3 salidas)
- Potencia Máx: 1600 W (600 W/Canal)

Solución completa con Cable Panduit Clase 4

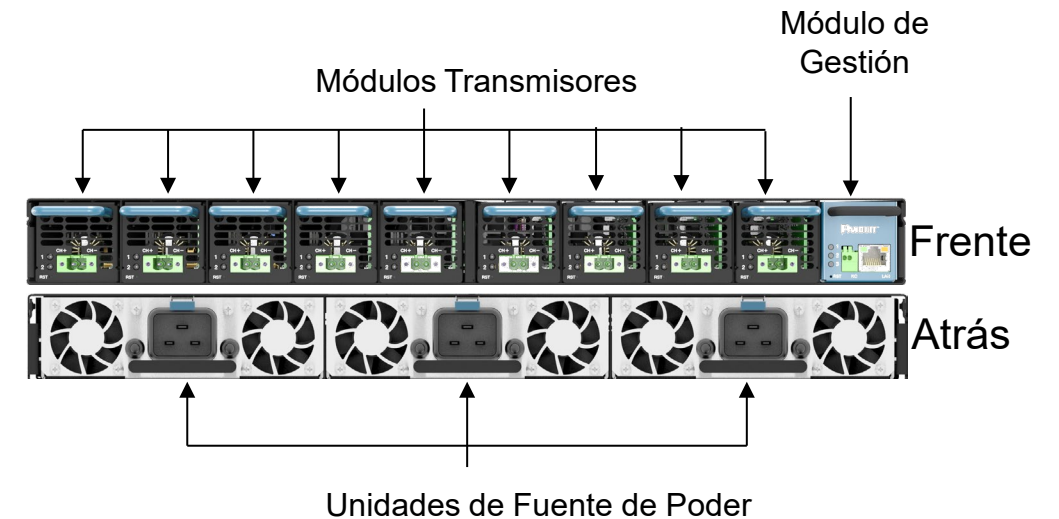
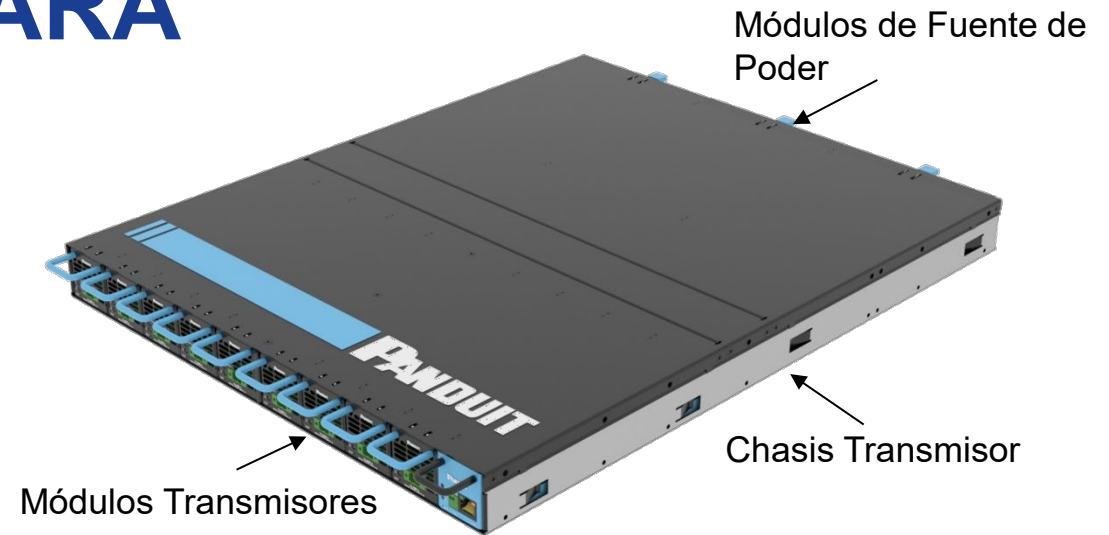
PXUP316AWH-UQ – Cable de Cobre Clase 4 Panduit, FMPS, 3-Pares, 16/19 AWG, U/UTP, CMP, CL4P



Chasis Transmisor - PXTC1ARA

*Chasis Transmisor – 4800AC

Entrada	• Alimentación AC y/o DC* • Hasta 3 Fuentes de Poder -1600 W
Salida	• Potencia: 4800 W (carga completa) • Hasta 9 Módulos Transmisores
Tamaño	• 1 RU • Dimensiones: 17.5"W x 22"D x 1.7"H
Ambiente	• Clasificado para aplicaciones de uso interior • -10 a 60°C (antes de derrateo)
Comunicación	• Aplicación Web Embebida • Protocolos: SNMP V3/V2c, HTTP/HTTPS, DHCP, SNTP
Características	• Componentes extraíbles en caliente • Fácil de instalar y mantener



*El Chasis transmisor incluye una Tarjeta de Administración de Red (NMC), paneles ciegos para Fuentes de poder y módulos transmisores, Soportes de montaje, tornillería para rack y conexión a tierra.

Módulo Transmisor– PXTM1AF

Módulo Transmisor – 600 W

Entrada	-360 VDC nominal
Salida	- Pulsos $\pm 180V$ - Potencia: 600 W (no se asumen pérdidas en el cable)
Tamaño	Dimensiones: 8.78"L x 1.66"W x 1.61"H
Ambiente	- Clasificado para aplicaciones de uso interior -10 a 60°C
Características	- Extraíble en caliente 2 RGB LEDs para indicación de estado - Conexión robusta a través de terminal atornillable enchufable



Módulo Transmisor



*El modulo transmisor viene con conector de salida.

Receptor – PXR1AJD o PXR1AJF

*Receptor – 1600DC

Entrada

- $\pm 180V$ Corriente de Pulsos (PC)
- Conexión: 3 conectores de entrada, 600W c/u

Salida

- Potencia: 1600W (Máx.)
- Conexión: 3 conectores de salida, cada uno hasta 1600W

Tamaño

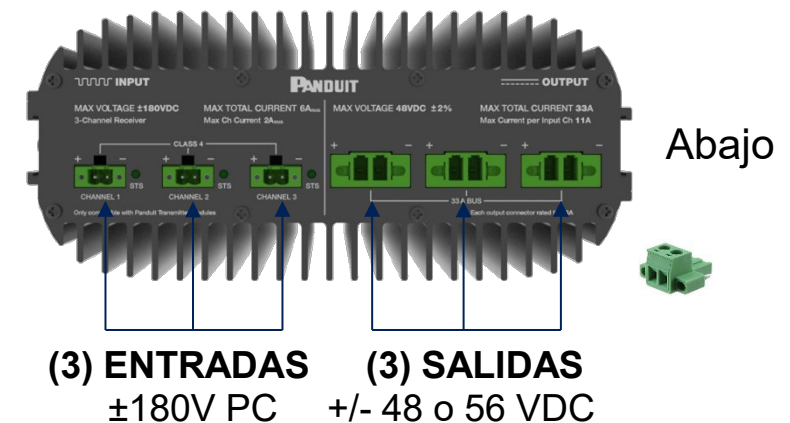
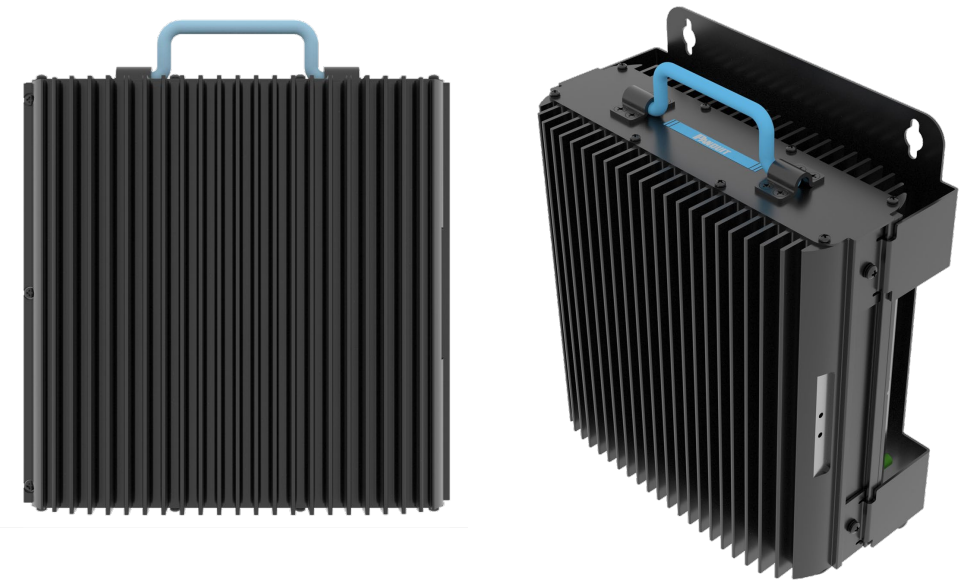
- Dimensiones: 9.45"L x 9.4"W x 4.2"H

Ambiente

- Clasificado para aplicaciones de uso interior
- -10 a 60°C (antes de derrateo)

Características

- Número de dispositivos sin límite de potencia
- Montaje en pared
- 3 RGB LEDs para indicación de estado
- Arranque suave para manejar la corriente de entrada



Unidad de Fuente de Poder - PXU1AJANNXX

*Unidad de Fuente de Poder– 1600AC

Entrada

- 115 - 230 VAC
- Conexión: IEC 60320 C-19

Salida

- Voltaje: 360 VDC
- Potencia: 1600 W

Tamaño

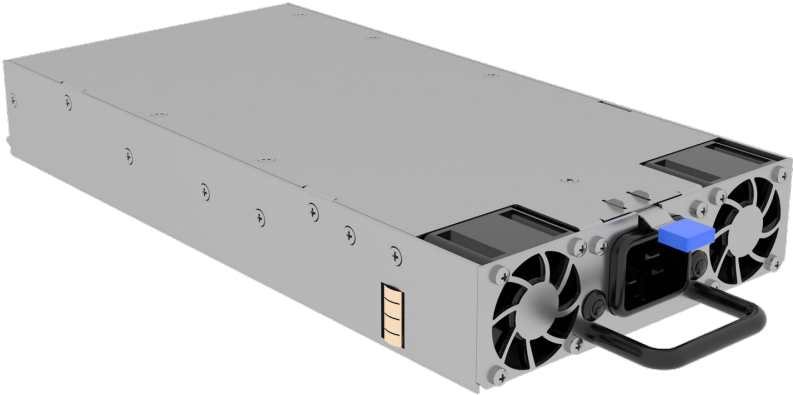
- Dimensiones: 11.1"L x 5.6"W x 1.6"H

Ambiente

- Clasificado para aplicaciones en uso interior
- -10 a 50°C (antes de derrateo)

Características

- Extraíble en caliente
- 2 RGB LEDs para indicación de estado
- Viene con cable de alimentación IEC C-20 a C-19, 3 ft



*La Fuente de poder (PSU) viene con un cable de alimentación de 6ft C19-C20.

Cable Clase 4 - PXUP316AWH-UQ

*Características principales

Construcción

- 3 pares de cobre flexible
- Clasificado por UL 1400-2 (Clase 4)

Calibre

- 16 AWG

Tamaño

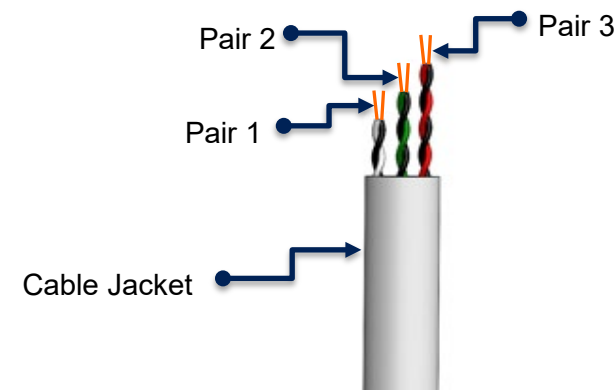
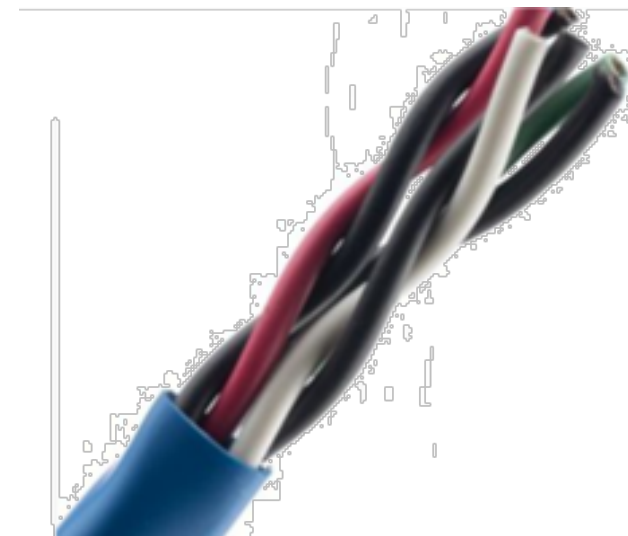
- 2.3mm (Conductor)
- 9.3mm (Diámetro externo)

Ambiente

- Clasificado para aplicaciones en uso interior
- -20 a 75°C (antes de derrateo)
- Forro PVC

Presentación

- Carrete 609m
- Marcación de longitud en el forro
- Variedad de colores disponibles



FSD78-8-D

**¿Le interesa obtener
más información?**

Juan Pablo Borray
col-jpb@panduit.com

GRACIAS!