

TENSIONES TRANSITORIAS: PROBLEMAS Y SOLUCIONES

REVISIÓN DE NORMAS Y OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

MSc. Ing. ALBERTO SANDOVAL RORDÍGUEZ

CIP: 47698

IEEE: 93016101

RESÚMEN

Este documento contiene, revisión de varias normas y también guías de fabricantes importantes en el mundo de SPD, que son los dispositivos para solucionar los problemas de transitorios de tensiones y corrientes.

Es necesario aclarar que, si bien el tema no es nuevo, para muchos ingenieros entendidos en la materia, hay algunos conceptos y teoría que están orientados para los que aún necesitan tener claro el camino a seguir para solucionar el problema que día a día se presenta en las instalaciones industriales, comerciales, mineras y otras instalaciones eléctricas en general.

En este documento no hablaremos de armónicos, será en el próximo artículo, puesto que amerita muchas aclaraciones y dudas sobre ¿Qué medir?, ¿cómo medir?, etc.

Las tarjetas electrónicas **NO SE QUEMAN POR ARMONICAS SINO POR TRANSITORIOS DE TENSIONES**

Este trabajo ha sido realizado precisamente, por los problemas que enfrentamos a diario y que muchos ingenieros piensan que cualquiera problema de falla eléctrica o problemas en tarjetas electrónicas de los equipos importantes que se queman, lo asocian al tema de armónicas, lo cual resulta en un error tal como lo indica la **norma UNE -EN 50160**.

La confusión es tal que los usuarios buscan hacer un estudio convencional de calidad de energía y esperan que alguien recomiende un Filtro Dinámico que de por sí es costoso, para resolver un problema no identificado con claridad y hacen la inversión, pero muy pronto, tienen los mismos problemas; este trabajo recoge algunos ejemplos y dispositivos de los fabricantes más importantes del mundo y que apuntan a resolver el 80% de los problemas internos de cualquier instalación eléctrica, estos productos han evolucionado en el tiempo pero tienen más de 25 años en el mercado, sin embargo, su uso y beneficio es aún desconocido.

Si hay un problema de mala calidad de energía, lo mejor es conocer el origen de los problemas y enfrentar con éxito la solución, esta solución requiere de mediciones que la norma también orienta ¿Cómo se deben realizar?.

Se trata de investigar los problemas y resolver el 80% de problemas internos a la instalación eléctrica, ya que solo el 20% es externo.

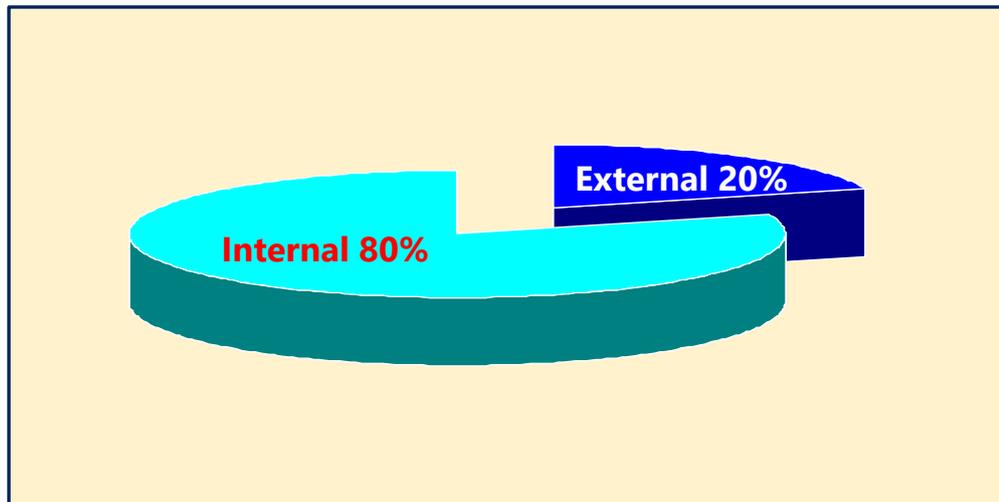


Figura A: Source: General Electric, "Current Scene," a bulletin of circuit protection technology

Según la UNE-EN 50160, se define un transitorio de tensión, o sobretensión transitoria, como una sobretensión, oscilatoria o no oscilatoria, fuertemente amortiguada en la mayoría de los casos y que dura **como máximo algunos milisegundos**.

En función de su origen, se pueden distinguir dos tipos de transitorios: **Transitorios de origen atmosférico**. Externos al sistema eléctrico, cuya fuente principal son las descargas atmosféricas.

Transitorios debidos a maniobras. Internos al sistema eléctrico, cuyas fuentes pueden englobarse bajo la denominación de maniobras.

Por lo tanto, los transitorios de tensión, son variaciones bruscas del valor instantáneo de la tensión que pueden llegar a superar varias veces el valor máximo de ésta, la duración está comprendida entre algunos microsegundos y muy pocos milisegundos (hasta medio ciclo de la tensión senoidal). Pueden ser positivos o negativos, siendo sus efectos equivalentes.

Los transitorios de tensión, también denominados corrientemente impulsos de tensión pueden aparecer tanto en las redes eléctricas de potencia como en las de control de forma esporádica, pero es posible también que se repitan a lo largo del tiempo de forma periódica.

Pueden manifestarse en cualquier punto de la red. A partir de éste, tienden a desplazarse a lo largo de la misma con la velocidad de propagación de una onda en un medio conductor.

Por su amplitud y duración, los transitorios de tensión tienen que ser analizados a partir de valores instantáneos de la onda de tensión y no mediante valores promediados, que son los que habitualmente se utilizan para medir otro tipo de perturbaciones que afectan a la amplitud de la onda.

Pueden ser positivos o negativos, siendo sus efectos equivalentes, **es posible que ciertos transitorios generados en líneas de alta tensión se propaguen por ellas, se transmitan a través del acoplamiento inductivo de los transformadores y aparezcan en las líneas de tensiones más bajas de una forma atenuada. El valor de pico disminuye cuanto más lejos se encuentre del punto de generación.**

No todos los transitorios de tensión tienen la misma forma, lo cual nos indica que su naturaleza tiene orígenes diferentes. **Pueden ser simples con solo una subida y una bajada o complejos con una subida y una serie de oscilaciones amortiguadas a lo largo del tiempo. También pueden ser positivos y negativos independientemente del instante de polaridad de la onda.**

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Frente de subida de tensión: Tiempo comprendido entre el 10% y el 90% de su amplitud máxima.

Frente de bajada de tensión: Intervalo de tiempo comprendido entre la amplitud máxima del impulso y el 50% de esta amplitud en la zona de decrecimiento (cola del transitorio).

Duración: Diferencia absoluta entre los instantes de inicio y final del transitorio. Como antes se ha señalado, oscila entre varios microsegundos y algunos milisegundos.

Valor de pico: Amplitud máxima del transitorio, siendo el orden de su magnitud de 1 a 5 veces el valor nominal de la tensión.

Energía: Capacidad de disipación de potencia del transitorio sobre una impedancia dada. Depende de la duración y del valor de pico. **Frecuencia de oscilación:** Frecuencia asociada a la oscilación amortiguada de un transitorio de forma compleja. Se sitúa por encima de 1 kHz.

VALORES NORMA DE REFERENCIA

Nivel de tensión	Causa	Duración	Frecuencia de oscilación	Valor de pico
Alta (1 kV < V < 36 kV)				
	Actuación elementos de corte	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	(*)
	Transferidas de un nivel superior de tensión	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	(*)
	Descarga atmosférica	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	(*)
	Reencendido	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	(*)
Baja (< 1 kV)				
	Actuación de elementos de corte	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	$V_p < 1 \text{ kV}$
	Transferidas de un nivel superior de tensión	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	$V_p < 1 \text{ kV}$
	Descarga atmosférica	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	$V_p < 5 \text{ kV}$
	Reencendido	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	$V_p < 5 \text{ kV}$

(*) Limitado por el nivel de protección de la red.

LA NORMA UL 1449 (2009 3ª EDICIÓN)

UL 1449 3ª edición **es ahora ANSI/UL 1449**. El cambio de designación ayuda a que la norma gane relevancia en América del Norte y la acerca a las normas IEC. Al convertirse en una norma nacional y formar un comité de votación, la norma también garantiza la conformidad con el TLCAN. Esta revisión cambia la designación de los dispositivos TVSS, de TVSS a Tipo 2 SPD. **EI SPD** se utiliza como una designación general e incluye todos los tipos de sobretensión productos de protección. La designación de "tipo" del DOCUP se determinará en función de la ubicación de la instalación dentro de un sistema eléctrico. Alguno o algunos ejemplos son los descargadores de sobretensiones (SPD Tipo 1), los TVSS conectados por cable (SPD Tipo 3) y una nueva categoría de SPD componente (SPD Tipo 4). La última modificación de la nomenclatura es el cambio de SVR (tensión nominal suprimida) a VPL (nivel de protección de tensión). El nuevo se requiere que las clasificaciones VPL se muestren en las etiquetas UL para cada unidad SPD.

La norma revisada incluye algunas modificaciones de prueba que incluyen pruebas de corriente de descarga nominal, pruebas para determinar VPL y voltaje límite medido a 6 kV/3 kA.

PROTECCIÓN DE LÍNEA DE DATOS/COMUNICACIÓN (UL 497, 497A, 497B)

UL 497 es el estándar de seguridad para protectores primarios de telecomunicaciones de uno o varios pares. Toda línea telefónica suministrada por un operador telefónico debe tener un protector T1 aprobado por UL (tubo de gas o pararrayos de carbón) de acuerdo con el artículo 800 del Código Eléctrico Nacional (NEC).

Se requiere un protector primario para proteger el equipo y al personal del potencial o corriente excesivos en las líneas telefónicas causados por rayos, contacto con conductores de energía y aumentos en el potencial de tierra.

UL 497A se aplica a los protectores secundarios para circuitos de comunicación. Los protectores secundarios están pensados para ser utilizados en el lado protegido de las redes de telecomunicaciones (asume protectores primarios están en su lugar) que tienen un voltaje rms de funcionamiento a tierra menos de 150 V. Estos protectores se utilizan normalmente en el servicio entrante de la instalación u otras áreas donde los circuitos de comunicación requieren protección. UL 497B se aplica a la comunicación de datos y a los protectores de circuitos de alarma contra incendios (inicio de alarma de comunicación o circuitos de bucle indicadores de alarma). Esto incluye la mayoría de los protectores de línea de datos en la industria eléctrica.

NORMA ANSI/IEEE C62.41 (2002)

Práctica recomendada sobre sobretensiones en circuitos de alimentación de CA de bajo voltaje (ANSI)

Este documento describe un entorno de sobretensión típico basado en la ubicación dentro de una instalación, la impedancia de la línea eléctrica a la sobretensión y la longitud total del cable.

Otros parámetros incluyen la proximidad, el tipo de cargas eléctricas, la calidad del cableado y la ubicación geográfica.

El documento solo describe los entornos de sobretensión típicos y no especifica una prueba de rendimiento. Las formas de onda incluían en el documento se entienden como formas de onda estandarizadas que se pueden usar para probar equipos de protección. Cualquier declaración en la que un fabricante anuncie que su "protector cumple con el requisito de" o está "certificado según IEEE C62.41" es inapropiada y engañosa.

Dos formas de onda de voltaje/corrientes seleccionadas (consulte la Figura 1 y Figura 2) se identifican como representativos de entornos eléctricos típicos:

- **Onda combinada:** pulso unipolar que se produce más a menudo fuera de una instalación (p. ej., la caída de un rayo)
- **Onda anular de 100 kHz:** una forma de onda oscilante que se produce con mayor frecuencia dentro de una instalación

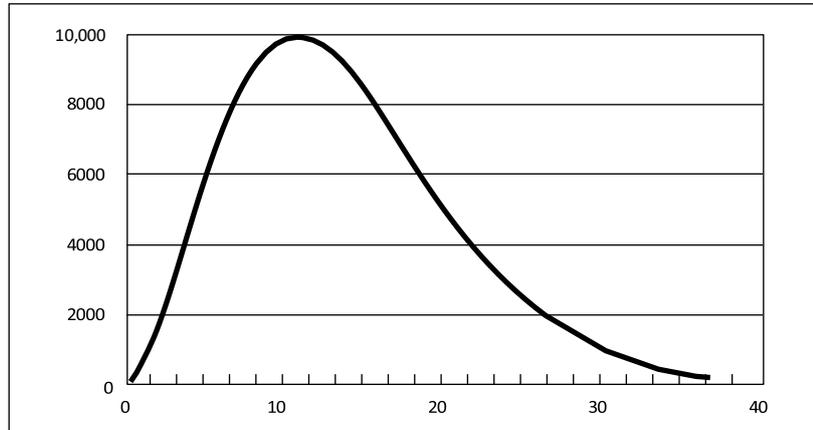


Figura 1. Onda combinada

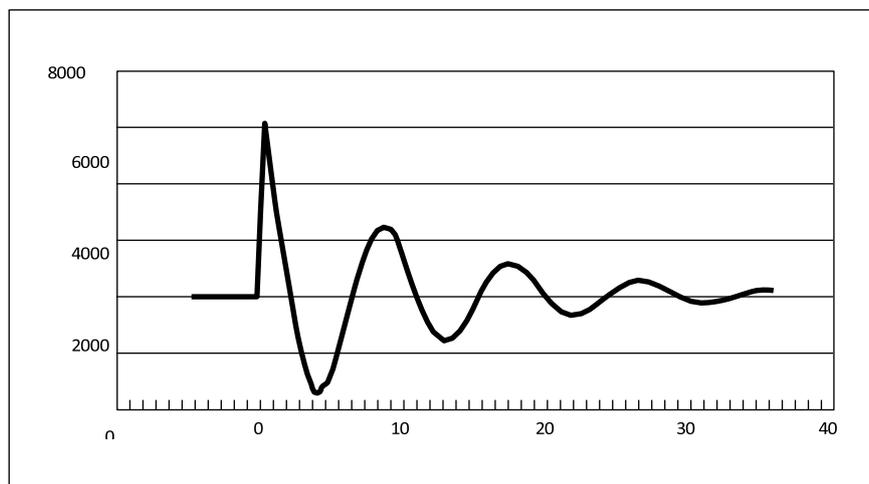


Figura 2. Onda anular

La amplitud y la energía disponible de las formas de onda estándar dependen de la ubicación dentro de una instalación.

Como se muestra en la Figura 3, las ubicaciones se clasifican en tres categorías:

Categoría A: tomas de corriente y circuitos de derivación larga

- Todas las salidas a más de 10 m (30 pies) de la categoría B
- Todas las salidas a más de 20 m (60 pies) de la Categoría C

Categoría B: alimentadores y circuitos de derivación corta

- Dispositivos de panel de distribución
- Distribución de buses y alimentadores
- Tomacorrientes de electrodomésticos pesados con conexiones "cortas" a la entrada de servicio

- Sistemas de iluminación en grandes edificios

Categoría C: entradas exteriores y de servicio

- El servicio cae del poste al edificio
- Corre entre el medidor y el panel
- Líneas aéreas a edificios independientes
- Líneas subterráneas para bombear pozos

Las sobretensiones de categoría C pueden ingresar al edificio por la entrada de servicio. Los SPD deben tener el tamaño adecuado para soportar este tipo de sobretensiones cuando se instalan en la apartamentada o en el tablero de distribución de la entrada de servicio.

La segunda variable utilizada para clasificar el entorno de una perturbación eléctrica es la exposición. Como se muestra en la Figura 3, **IEEE ha definido tres niveles de exposición que caracterizan la tasa de ocurrencia de sobretensiones frente al nivel de voltaje en un sitio desprotegido. Las tres categorías de exposición incluyen:**

- Baja exposición: aplicaciones conocidas por su baja actividad de rayos, poca conmutación de carga
- Exposición media: sistemas y áreas geográficas conocidos por una actividad de rayos de media a alta o con transitorios de conmutación significativos, o ambos.
- Alta exposición: aquellas raras instalaciones que tienen una mayor exposición a sobretensiones que las definidas como baja o media

Los mapas isoqueránicos proporcionan una buena línea de base para evaluar la ocurrencia de rayos dentro de una región.

Las discusiones con las empresas de servicios públicos locales y otros usuarios importantes de energía, combinadas con encuestas de calidad de la energía, son útiles para medir las ocurrencias probables de los condensadores de conmutación de carga y corrección del factor de potencia.

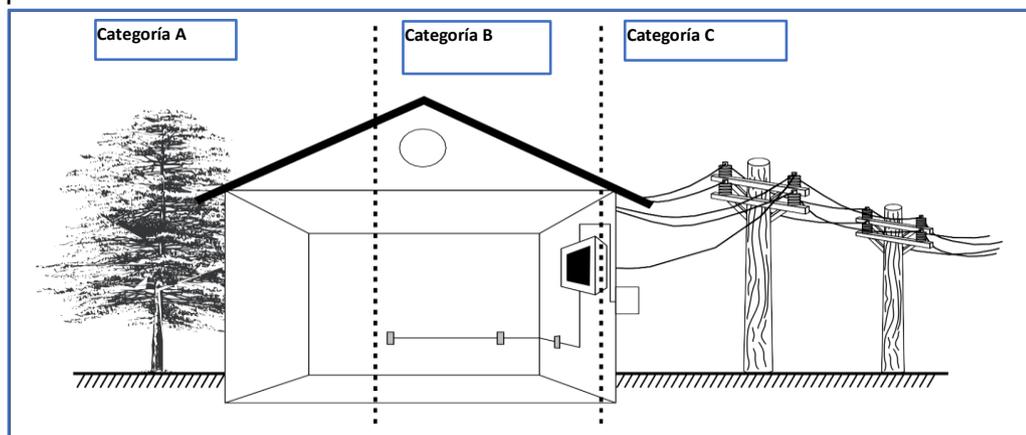


Figura 3. Categorías de ubicación IEEE C62.41

Para cada categoría y nivel de exposición, **IEEE** ha definido la forma de onda de prueba que debe utilizar un especificador al determinar los requisitos de rendimiento. Por ejemplo, la mayoría de los SPD instalados en el panel de servicio principal después del medidor se encuentran en un entorno de categoría C. **En la Tabla 2** se detallan las formas de onda de prueba C62.41 para las categorías A, B y C.

Category	Level	Voltage (kV)	0.5μs x 100 kHz ring wave current (A)	1.2 x 5μs (V) 8 x 20μs (A) combination wave current (kA)
A1	Low	2	70	—
A2	Medium	3	130	—
A3	High	6	200	—
B1	Low	2	170	1
B2	Medium	4	330	2
B3	High	6	500	3
C1	Low	6	—	3
C2	Medium	10	—	5
C3	High	20	—	10

En el documento C62.41 (2002), se han identificado formas de onda especiales para abordar grandes bancos de condensadores de conmutación o el funcionamiento de fusibles al final de cables largos. Estas situaciones justifican la consideración de formas de onda adicionales en las que la energía es mayor que las estipuladas para los entornos de categoría A, B y C.

Muchos especificadores están confundidos acerca de las recomendaciones contenidas en C62.41. A menudo, el documento se aplica incorrectamente porque los entornos de categoría y las formas de onda de prueba se utilizan como estándares de rendimiento (por ejemplo, "capacidad para cumplir con C62.41"). Las recomendaciones C62.41 deben utilizarse para seleccionar especificaciones apropiadas para las necesidades de un diseñador o usuario final determinado.

Las recomendaciones C62.41 deben utilizarse para seleccionar especificaciones apropiadas para las necesidades de un diseñador o usuario final determinado.

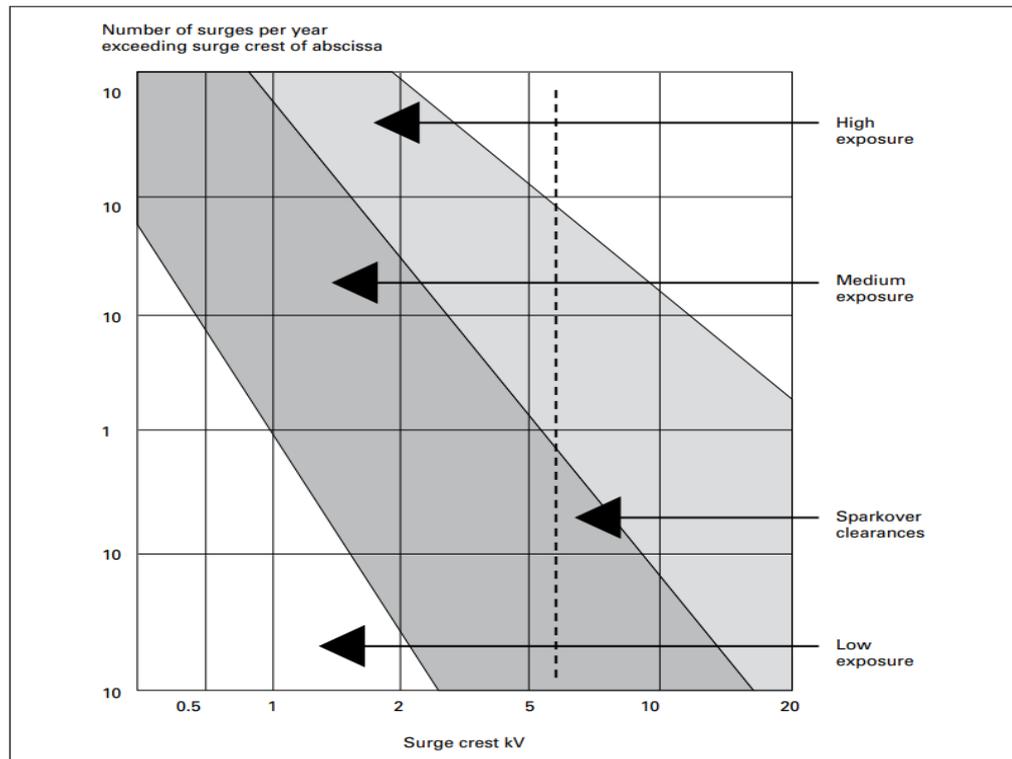


Figure 4. Combination wave

Los pararrayos fueron diseñados para proteger el sistema de distribución eléctrica y no los equipos sensibles de estado sólido de los efectos de los rayos.

Al igual que en la Tabla 4, los pararrayos tienen una alta tensión de paso, el factor de rendimiento clave para proteger las cargas electrónicas. Según la onda de prueba **IEEE Categoría C3 (20 kV, 10 kA)**, el voltaje de paso suele ser superior a 1200 V (en un sistema de 120 Vac).

Esto es satisfactorio para la protección del aislamiento en transformadores, tableros y cableado. Sin embargo, en el caso de los variadores de frecuencia (VFD), ordenadores, PLC y otros equipos sensibles, los componentes de estado sólido se dañará o "alterará" por estas oleadas. El uso de supresores SPD en la entrada de servicio y paneles de derivación es la clave, la sobretensión se reducirá efectivamente a menos de 100 V.

Nota: Si se utilizan un SPD y un pararrayos en un tablero de distribución de entrada de servicio, el SPD hará todo el trabajo. Lo hará que "Encienda" antes y desvíe la mayor parte de la corriente de sobretensión.

Muchas plantas de tratamiento de agua, instalaciones de telecomunicaciones, hospitales, escuelas y plantas industriales pesadas utilizan SPD en lugar de pararrayos para brindar protección contra los efectos de los rayos, la conmutación de servicios públicos, la conmutación de motores eléctricos, etc.

Los nuevos diseños de supresores SPD, ahora se pueden integrar en cangilones de control de motores, tableros de distribución y otros equipos de distribución, lo que proporciona un rendimiento más efectivo y elimina los problemas de instalación.

Al seleccionar un supresor SPD, busque un dispositivo de calidad que tenga las siguientes características:

- Baja dejación de paso bajo las ondas de prueba de categoría B3, C1 y C3 del IEEE
- Probado de forma independiente según las clasificaciones de sobrecorriente publicadas (por fase)
- Incluye fusibles internos
- Incluye funciones de monitoreo interno (para fallas MOV abiertas y en cortocircuito)
- Incluye filtrado de ruido eléctrico (55 dB a 100 kHz)
- Diseño de tamaño reducido para una instalación más eficaz
- Listado bajo UL 1449, UL 1283 y aprobado por CSAT

Tabla 4. Diferencia entre pararrayos y supresores

Description	Surge arrester		Surge suppressor	
	480 V (277 V L-N)	208 V (120 V L-N)	480 V (277 V L-N)	208 V (120 V L-N)
Let-through voltages (based IEEE test waves):				
Cat. C3 (20 kV, 10 kA)	>1500 V	>1000 V	900 V	470 V
Cat. C1 (6 kV, 3 kA)	>1200 V	>1000 V	800 V	400 V
Cat. B3 (6 kV, 500 A, 100 kHz)	>1500 V	>1000 V	200 V	<150 V
Internal monitoring capabilities (identify internal failure and activate remote alarm or lights)	No	No	Yes (most quality devices)	Yes (most quality devices)
EMI/RFI filtering	No	No	Yes (most quality devices)	Yes (most quality devices)
Internal fusing (overcurrent protection)	No	No	Yes (most quality devices)	Yes (most quality devices)
Design	Gapped MOV	Gapped MOV	MOV/filter (hybrid)	MOV/filter (hybrid)
Interrupts power (crowbar)	Yes (typical 1/2 cycle)	Yes (typical 1/2 cycle)	No	No
Failure	Explosive	Explosive	Trips breaker/fuse	Trips breaker/fuse
Warranty	Limited	Limited	5 years or more (on most quality devices)	5 years or more (on most quality devices)
Life expectancy	Limited (throw-away devices)	Limited (throw-away devices)	>25 years (if sized appropriately)	>25 years (if sized appropriately)

LIMITES

Las sobretensiones transitorias, de acuerdo con la norma UNE- EN 50160, **generalmente no sobrepasan los 6 kV de valor de cresta**, pero a veces, pueden tomar valores más elevados. **El tiempo de subida puede variar desde unos microsegundos a varios milisegundos.**

CONCLUSIÓN

El termino Sobrecorriente por fase (kA/fase) se ha convertido en el parámetro estándar para comparar dispositivos de supresión.

La mayoría fabricantes de renombre publican calificaciones actuales por modo y por fase base.

Alguna de los fabricantes puede ocultar el requerimiento de calificaciones actuales o compensar su método propio para calcular el aumento de estas calificaciones.

Evitar a los fabricantes que no publican claramente estos estándares de la industria - por fase y capacidades de sobretensión por modo.

Según lo recomendado por IEEE (Libro Esmeralda 1992), TVSS Las unidades deben coordinarse un enfoque por etapas o en cascada.

IEEE proporciona lo siguiente recomendaciones:

Para grandes sobrecorrientes, **La desviación (transitoria) es mejor realizado en dos etapas:**

El primer desvío debería ser realizado en el servicio entrada al edificio. Entonces, **cualquier voltaje residual resultante de la acción (del dispositivo de supresión) se puede tratar con un segundo dispositivo de protección en el panel de alimentación de la sala de ordenadores (u otra carga crítica).** De esta manera, el cableado dentro del edificio no es necesarios para soportar el gran aumento corriente hacia y desde el desviador al final de un circuito derivado”.

“Se debe prestar la debida atención a la coordinación de cascada dispositivos de protección contra sobretensiones”.

La figura 8, demuestra la eficacia de un sistema supresión cuando se utiliza en un enfoque de dos etapas (en cascada).

Como se demostró, las dos etapas enfoque garantiza que tantos tipos de perturbaciones son suprimidos a niveles insignificantes en el panel de derivación (<150 V Dejar pasar). Esto evita transitorios de alta energía de dañar componentes y asegura que el rápido nivel bajo las ondas del anillo no se degradará o interrumpir el funcionamiento de microprocesadores posteriores.

Esto asegura que el sistema el rendimiento cumple con los siguiendo IEEE (Esmeralda Libro, 1992) recomendado actuación:

“Aunque electromecánico Los dispositivos generalmente pueden tolerar voltajes de varias veces su calificación para duraciones cortas, pocos dispositivos de estado sólido pueden tolerar mucho más que el doble de su calificación normal.

Además, el procesamiento de datos el equipo puede verse afectado.

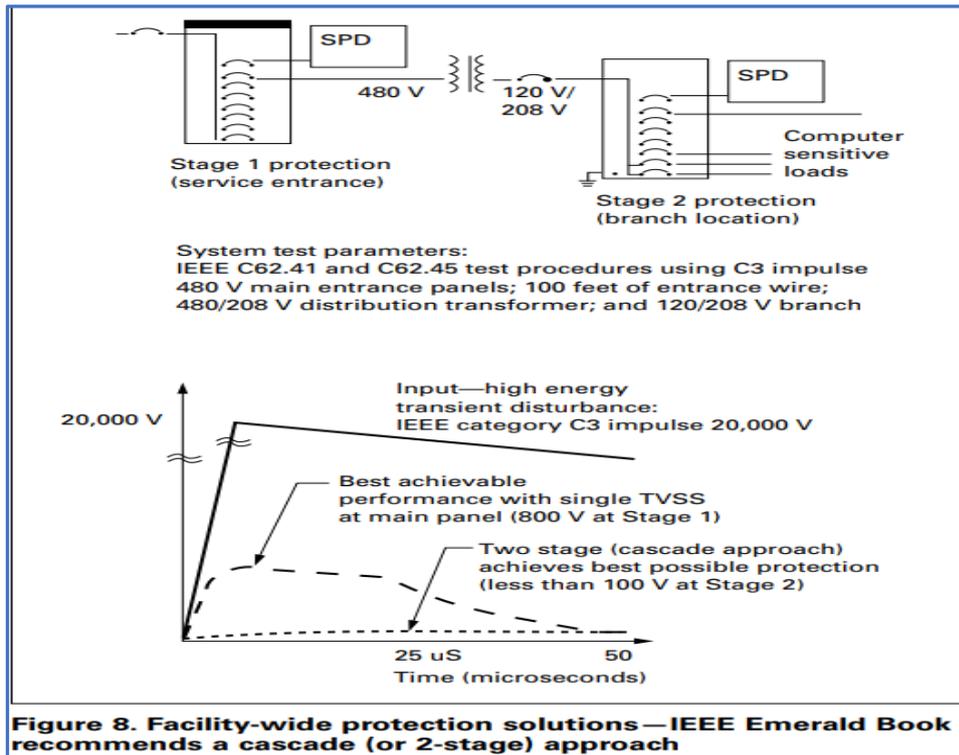


Figure 8. Facility-wide protection solutions—IEEE Emerald Book recommends a cascade (or 2-stage) approach

Table 3. Example of wye system—modes of protection per phase (kA/phase)

Model	L-N	L-G	NG	(L-N + L-G)
120 kA per phase TVSS	60	60	60	120

AGRADECIMIENTO:

A las siguientes Instituciones:

- ✚ ALLTEC: 10420-F Harris Oaks Blvd. Charlotte, North Carolina 28269 USA,
- ✚ EATON: Sede central: **Cleveland** (Estados Unidos).
- ✚ nVent Mexico: Address Av. Tejocotes Agave 1, Edificio A1, Por la información proporcionada para completar este trabajo.
- ✚ IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- ✚ PMI: Power Monitors, Inc. is an industry-leading product design and manufacturing firm based in Mt. Crawford, Virginia.
- ✚ IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

1. Introducción

Para este documento se ha revisado, varias normas y fuentes entre las que podemos destacar las que aparecen en la tabla N°5, en la medida que se desarrollan los conceptos hay otras normas, estándares de la IEEE y otras referencias afines.

EFFECTOS DE LAS TENSIONES TRANSITORIAS EN EQUIPOS RECEPTORES

Los nuevos equipos que aparecen en el mercado incluyen dispositivos electrónicos, fabricados con elementos semiconductores, lo que hace que presenten un bajo nivel de inmunidad frente a los transitorios de tensión.

Receptores con riesgo de avería:

- Equipos que incorporan semiconductores de potencia:
- Rectificadores con diodos.
- Reguladores de velocidad de motores mediante tiristores. Reguladores de velocidad mediante Triacs.
- Reguladores de velocidad

Estos receptores pueden sufrir daños por transitorios de tensión del orden de nanosegundos.

La probabilidad de que se produzcan averías depende de diversos factores, entre ellos:

- **Amplitud del transitorio.**
- **Duración del transitorio.**
- **Polaridad.**
- **Características de la red a la que están conectados**

RECEPTORES CON RIESGO DE ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO.

Son, fundamentalmente, receptores con circuitos electrónicos para señales de baja potencia. En general, no están conectados directamente a la red de baja tensión, sino que se acoplan mediante una conversión CA/CC. Esta puede llegar a transmitir los transitorios de tensión que llegan a través de la red y afectar a los circuitos electrónicos alterando su funcionamiento.

ALGUNOS DE LOS RECEPTORES MÁS SENSIBLES SON LOS SIGUIENTES:

Sistemas digitales en general: Estos receptores (ordenadores, sistemas controlados por microprocesadores, etc.) pueden sufrir alteraciones en los programas, almacenamiento incorrecto de datos en la memoria, etc.

Sistemas de control: Cuando están contruidos por microprocesadores, se pueden producir rupturas en la función de control.

Instrumentación: Es posible la generación de indicaciones incorrectas. Alarmas y sistemas de disparo. Pueden actuar de manera no deseada.

Equipos de control de velocidad de motores: Cuando el control se realiza mediante semiconductores de potencia, la velocidad puede verse alterada de forma involuntaria.

EFFECTOS EN BAJA TENSIÓN (BT) POR EFECTO DE LAS SOBRETENSIONES QUE APARECEN EN MEDIA TENSIÓN.

- Áreas de “baja exposición” (áreas con poca actividad cerámica con pocos transitorios de maniobra).
- Áreas de “media exposición” (alta actividad cerámica y abundantes transitorios de maniobra).
- Áreas de “alta exposición” (sistemas anormalmente críticos). En cuanto a la localización, se establecen tres categorías:
 - **Categoría A: (enchufes alejados del PCC).**
 - **Categoría B: (enchufes cercanos al PCC).**
 - **Categoría C: (tomadas de tensión exteriores y terminales de transformadores).**

EFFECTOS EN BAJA TENSIÓN POR EFECTO DE LAS SOBRETENSIONES QUE APARECEN EN MEDIA TENSIÓN

		F-F, F-N, F-T		N-T	
Categoría	Grado de exposición	kV	kA	kV	kA
B	Bajo	2	1	2	1
B	Medio	3	2	4	2
B	Alto	6	3	6	3
C	Bajo	6	3
C	Medio	10	5
C	Alto	20	10

F: fase; N: neutro; T: tierra.

Estándar (fecha de revisión actual)	Propósito de la norma/comentarios
UL 1449 (1987): supresores de sobretensiones transitorias (TVSS)	Prueba de seguridad (construido con componentes aprobados de manera segura). Clasificación de voltaje suprimida (tensión de paso mediante la onda de prueba IEEE C62.41 C1). Otras formas de onda recomendadas por IEEE, como la onda anular C3 y B3, no son probadas por UL. Un
UL 1449 (2ª edición 1996)	Pruebas de seguridad adicionales. Pruebe otras normas utilizadas para mejorar la seguridad de los productos. Prueba de sobretensión. Voltaje de paso probado a una corriente más baja que la 1ª edición. 10 kA (IEEE Cat. C3) utilizado por primera vez; sin embargo, se usaba solo para ver si los productos fallaban de manera segura
UL 1449 (2ª edición 2007)	Nuevos y estrictos requisitos de seguridad. Las nuevas pruebas someten a las unidades TVSS a condiciones prolongadas de sobretensión de CA para garantizar modos de falla seguros. La etiqueta UL cambia la redacción de la clasificación de corriente de cortocircuito. Se agregaron nuevas pruebas a 10, 100, 500 y 1000 A y voltaje del sistema para garantizar que las unidades fallen de manera segura.
UL 1449 (3ª edición 2009)	A partir de ahora, los TVSS se denominarán SPD (dispositivos de protección contra sobretensiones). UL 1449 es ahora ANSI/UL 1449. Adición de cuatro tipos de SPD para cubrir descargadores de sobretensiones, TVSS, tiras de sobretensión y SPD de componentes.
UL 1449 (4.ª edición 2017)	Requisitos para la sustitución de MOV de componentes dentro de SPD. Requisitos para SPD fotovoltaicos (PV) y de corriente continua (DC). Requisitos de prueba para conjuntos de componentes Tipo 4 y Tipo 5.
UL 1449 (5.ª edición 2021)	Aclaración de los ensayos a la operación de protección térmica integral para conjuntos de componentes. Aislamiento requerido entre trazas de diferentes capas en tableros de cableado impresos (PWB)
UL 1283 (1996): electromagnético Filtros de interferencia	Esta norma de seguridad cubre los filtros EMI conectados a circuitos de 600 V o inferiores. La norma UL 1283 es una norma de seguridad y no incluye pruebas de rendimiento como la pérdida de inserción MIL-STD-220A o el n° de cat. Pruebas de tensión de paso de onda anular B3
UL 497, 497A, 497B	Estándar de seguridad para protectores de líneas telefónicas primarias, bucles de señal aislados y protección contra sobretensiones utilizados en líneas de comunicación/datos. No se han realizado pruebas de rendimiento para las líneas de datos/comunicación.
IEEE C62.41.1 (2002)	Guía IEEE sobre el entorno de sobretensión en circuitos de alimentación de CA de bajo voltaje. Esta es una guía que describe la sobretensión, la sobrecorriente y entorno de sobretensiones temporales (TOV) en circuitos de alimentación de CA de baja tensión [hasta 1000 V de raíz cuadrática media (rms)].
IEEE C62.41.2 (2002)	Práctica recomendada por el IEEE sobre la caracterización de sobretensiones en circuitos de alimentación de CA de baja tensión. Este documento define las ondas de prueba para los SPD.
IEEE C62.45 (2002)	Guía sobre pruebas de sobretensión para equipos de baja tensión (ANSI). Este documento describe la metodología de prueba para probar SPD
Libro Esmeralda del IEEE	Manual de referencia para el funcionamiento de cargas electrónicas (incluye puesta a tierra, requisitos de potencia, etc.).
NEMAT LS-1	Guía del Comité Técnico NEMA para la especificación de SPD, incluidos los parámetros físicos y operativos.
NEC®	Artículos 245, 680 y 800 del Código® Eléctrico Nacional.
NFPA® 780	Recomendaciones del código de protección contra rayos para el uso de SPD en la entrada de servicio de una instalación

Tabla N° 5: Descripción de estándares

EFECTOS EN BAJA TENSIÓN POR EFECTO DE LAS SOBRETENSIONES QUE APARECEN EN MEDIA TENSIÓN

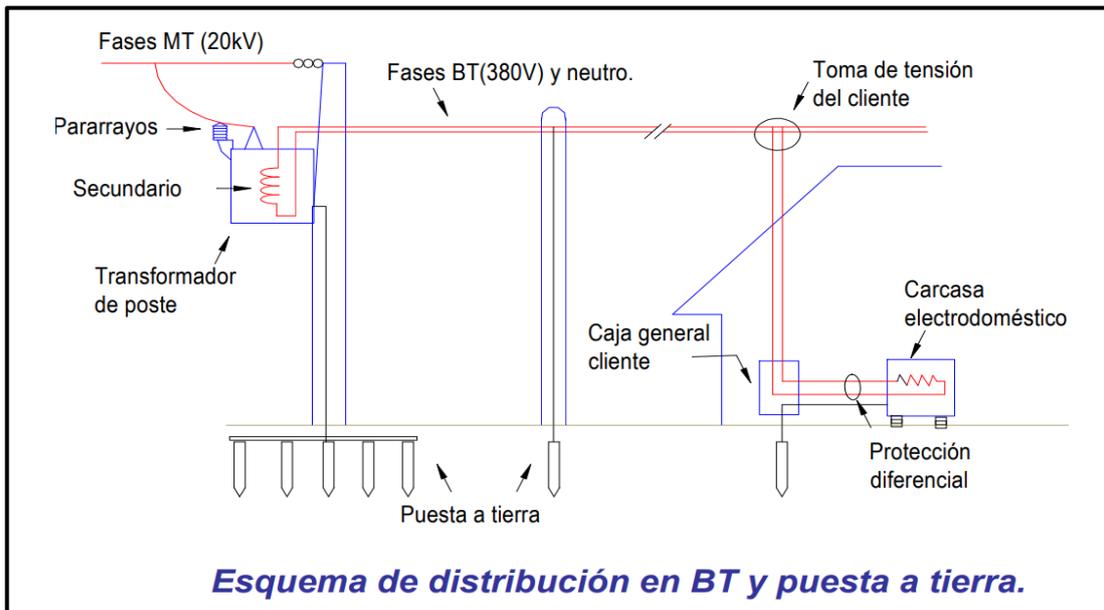


Figura N° 9

Métodos de prevención y corrección Medidas que puede adoptar el usuario

En primer lugar, hay que identificar los receptores que son sensibles a los transitorios de tensión.

A continuación, es necesario anteponer, a sus circuitos de alimentación, dispositivos que absorban los transitorios de tensión y eviten su propagación.

Supresor de transitorios de tensión.

Parámetros característicos:

- Tensión nominal de funcionamiento
- Tiempo de respuesta.
- El orden se sitúa entre picosegundos y microsegundos
- Intensidad de pico del transitorio de corriente admisible
- Tensión en los terminales del supresor durante la disipación.

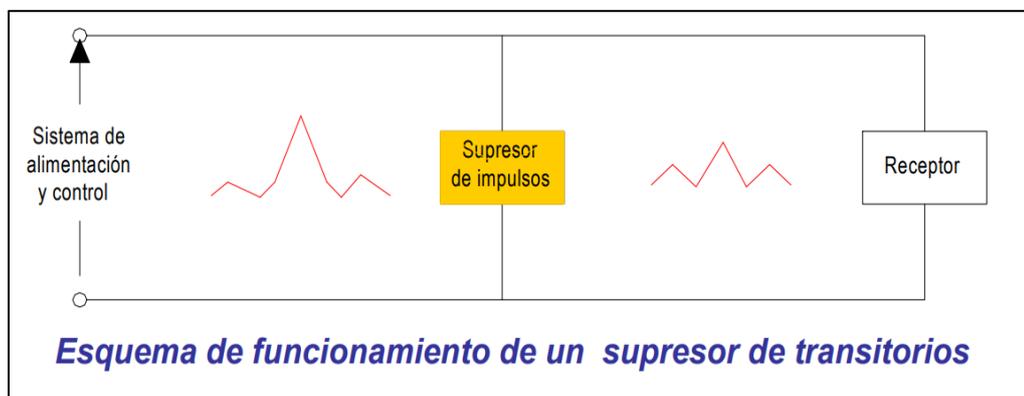
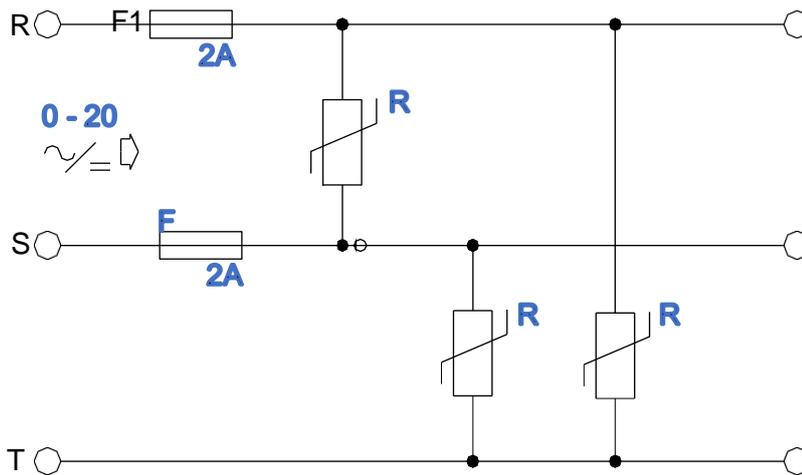


Figura N° 10

SUPRESOR DE TRANSITORIOS VARISTORES Y DIODOS ZENER

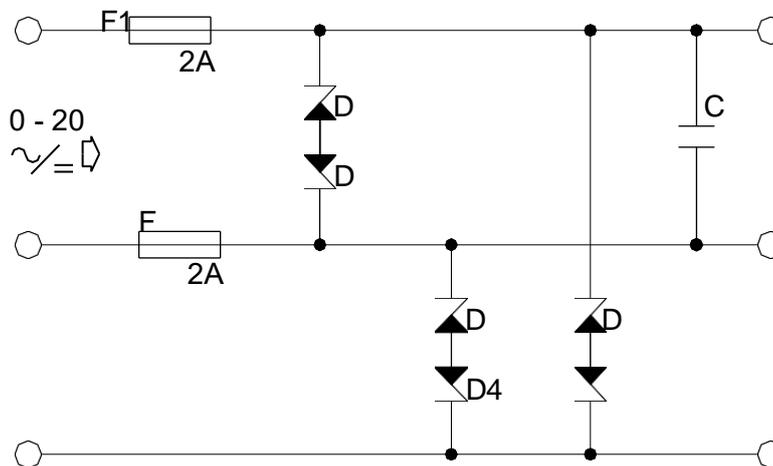
Tiempo de respuesta	nanosegundos
Tensiones nominales	disponibles en baja y media tensión
Picos de corriente admisibles	del orden de kA.

Parámetros característicos de los varistores



a) con varistores

Esquemas de supresores de transitorios:



b) con diodos Zéner

Esquemas de supresores de transitorios:

Tiempo de respuesta	Picosegundos
Tensiones nominales	hasta 300V
Picos de corriente admisibles	hasta del orden de 50A.

Parámetros característicos de los diodos Zener

2 MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE TRANSITORIOS

Descargadores de gas.

Están constituidos por tubos de descarga gaseosa mediante gases inertes. Su aplicación es muy restringida: se utilizan, por ejemplo, para protección de equipos de alta frecuencia. Estos dispositivos actúan de forma diferente a los dispositivos semiconductores, derivan el transitorio a tierra, en lugar de disiparlo. Sus parámetros presentan los rasgos que se indican a continuación:

- **Tiempo de respuesta:** microsegundos
- **Tensiones nominales:** Superiores a 70V y hasta 70kV
- **Picos de corriente admisibles:** hasta 60A.

Equipos protectores de sobretensiones.

Son equipos conectados en serie en la entrada de la alimentación del receptor, bien en la de CA de Baja Tensión, bien en la de Corriente Continua DC, que lo desconectan de la misma con un determinado retraso de 5 a 10 milisegundos cuando aparece en ella un transitorio de tensión, efectuando a continuación la reposición en un tiempo inferior a 30 segundos.

Según la UNE-EN 50160, se define la sobretensión temporal como un aumento de la tensión de alimentación de duración relativamente larga.

La duración de una sobretensión temporal es el tiempo durante el cual la tensión es superior al límite de detección. Este límite es un porcentaje de tensión de referencia o nominal.

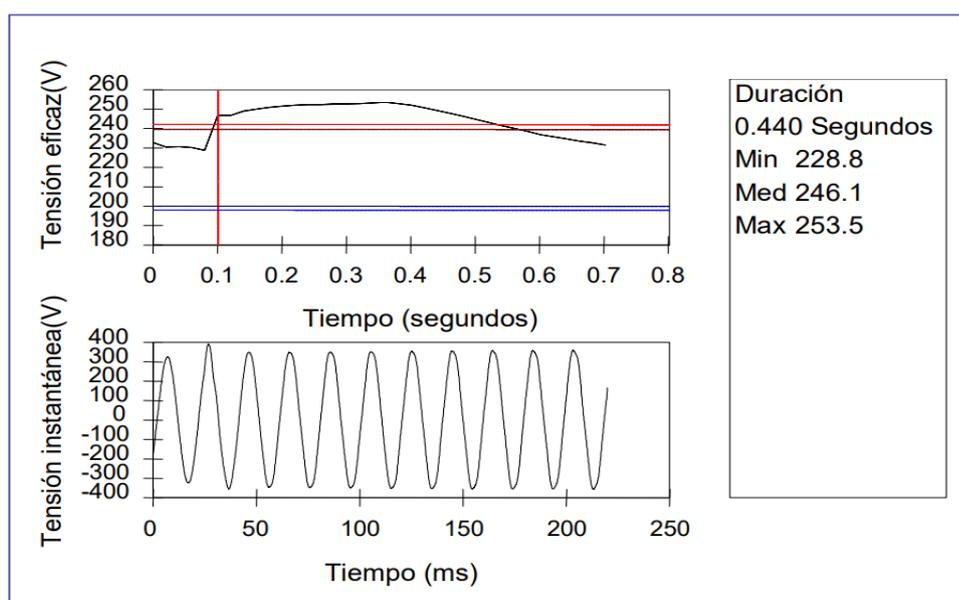


Fig. N° 11: Representación gráfica de una sobretensión temporal.

En la UNE-EN 50160 se indica que, en ciertas condiciones, un defecto que se produce aguas arriba de un transformador puede temporalmente producir sobretensiones en el lado de baja tensión mientras dure la corriente de falla.

MEDIDA SOBRETENSIONES TEMPORALES

La medida básica, según la IEC 61000-4-30 (Clase A), será el valor eficaz de la tensión actualizado cada medio ciclo $U_{rms(1/2)}$.

La exactitud en la medida de la tensión máxima alcanzada para equipos **de clase A debe ser del $\pm 0,2\%$ de la tensión declarada de entrada.**

EL EFECTO RAYO

El rayo es un fenómeno perturbador importante en el funcionamiento de todas las instalaciones eléctricas, por varios motivos:

Afecta a toda la gama de potencias y a todos los niveles de tensión: desde el transporte de energía a MAT hasta los circuitos integrados, pasando por las alimentaciones en baja tensión y las transmisiones de datos.

Puede ser el origen de perturbaciones momentáneas en la continuidad del suministro, por la degradación de la calidad de las alimentaciones.

Puede causar la destrucción de materiales y, como consecuencia, largas interrupciones del servicio a las instalaciones.

Constituye un peligro para las personas (tensión de paso, elevación del potencial de las masas y del circuito de tierra).

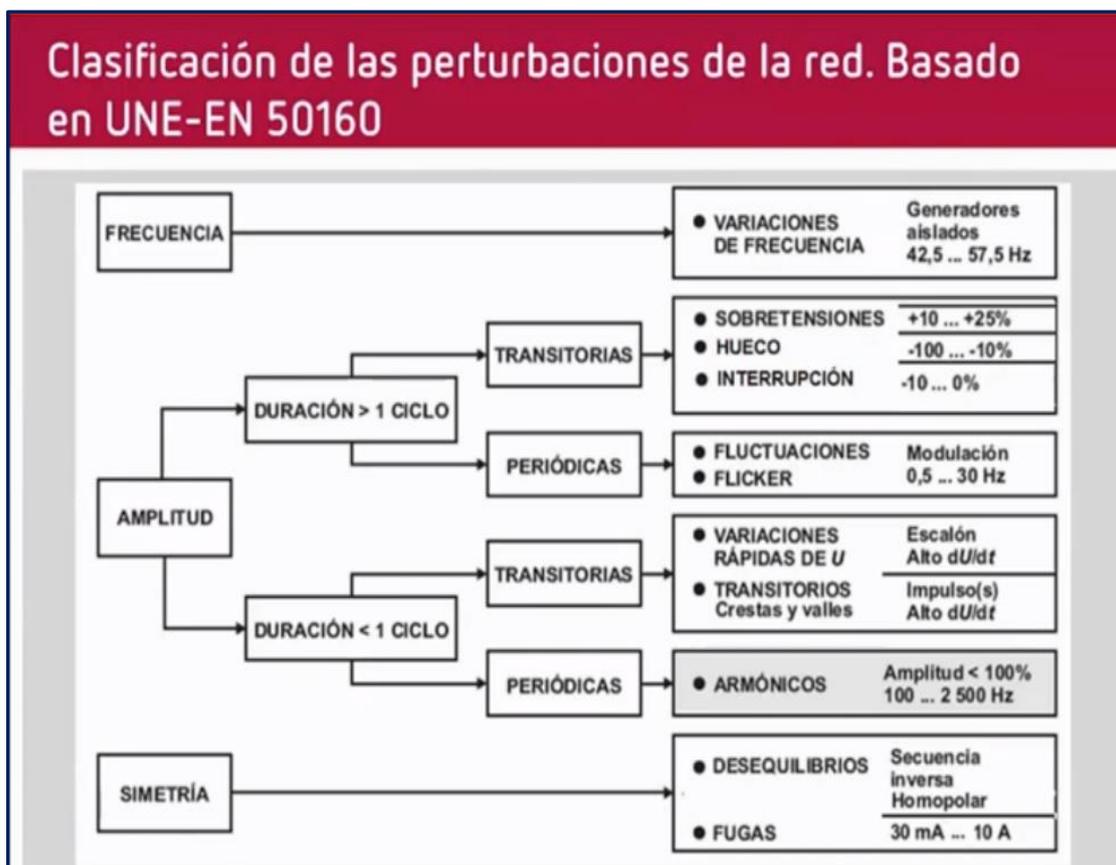
El rayo es siempre una causa de perturbaciones en la utilización de la electricidad. Es el origen de algunas sobretensiones y transitorios. La caída de un rayo induce daños de considerables en la mayoría de regiones del mundo al sector de las comunicaciones, industria y comercio.

Si bien es cierto el tema no es nuevo, persiste un desconocimiento en la parte académica del mismo modo por el lado de los usuarios de las instalaciones eléctricas que asocian cualquier falla a un temade armónicas los cual lleva a soluciones que no resuelven el problema, por el contario se empeora.

3. UNE -EN 50160: CLASIFICACION DE LAS PERTURBACIONES DE LA RED
Cuando hoy se habla de calidad de energía, es fácil que alguien asocie a un problema de armónicas de la red, lo cual es incorrecto puesto que de acuerdo con la UNE - EN 50160, el tema de armónicas es solo una parte de un todo como se puede apreciar en la gráfica N°12, en la cual se resume los principales fenómenos que se pueden presentar en un sistema eléctrico, tales como:

- ❖ **Frecuencia,**
- ❖ **Amplitud de Tensión:** con duración mayor a 1 ciclo; transitorias y periódicas
 - Con duración mayor a un ciclo; periódica
 - Con duración menor a 1 ciclo; Transitorias y periódicas en este último están las Armónicas
- ❖ **Simetría:** están los desequilibrios de Frecuencia Inversa, Homopolar y las fugas 30 mA a 10 A

Gráfica N°12: Fuente UNE -EN 50160



Podemos observar en la gráfica N° 12, que los Armónicos es solo una parte del problema de las perturbaciones de un sistema eléctrico en Baja Tensión.

Tabla N° 6: EVENTOS DE CALIDAD FUENTE: IEC 61000-4-30

SOBRETENSION	Aumento de la tensión eficaz (medio ciclo) aun determinado %Vn, con una histéresis (generalmente a un 2%), a partir de un umbral programado durante un tiempo. Según UNE EN 50160: > 110% Vn
HUECO	Reducción de la tensión eficaz (medio ciclo) por debajo de un %Vn, con una histéresis (generalmente un 2%), a partir de un umbral programado durante un tiempo. Según UNE EN 506160: < 90% de entre 10ms y 1m

Entre las causas, diversas fuentes citan que ha dos fuentes que causan estas perturbaciones, **1. Externas y 2. Internas**, entre las internas tenemos el incremento permanente de los equipos de electrónica de potencia en las últimas décadas, en todos los diferentes sectores económicos tales como: los sectores comercial, industrial, Minería, sector Residencia, edificios públicos y privados, etc., de hecho, aproximadamente la mitad de la energía eléctrica generada a escala mundial pasa a través de un dispositivo electrónico.

Por ejemplo: consideremos una vivienda típica de hoy en día, está llena de todo tipo de equipos electrónicos tal como: televisores, videograbadoras, video juegos, hornos de microondas, equipo de sonido, computadoras, impresoras, etc.

Es fácil ver por qué los dispositivos electrónicos de estado sólido son tan populares, son dispositivos pequeños, cómodos de usar, son muy precisos en cuanto a su función, ofrecen un desempeño superior y sin partes móviles, son excepcionalmente duraderos.

Esta norma no se aplica en las situaciones de explotación anormales, incluidas en los casos siguientes:

- condiciones que siguen a una avería o condiciones provisionales de alimentación previstas para mantener el suministro a los clientes durante trabajos de mantenimiento o de construcción en la red, o para limitar la extensión y la duración de una interrupción de alimentación;
- no conformidad de la instalación o de los equipos del cliente a las normas aplicables o a los requisitos técnicos de conexión de cargas establecidos, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad, que incluyen los límites de emisión de perturbaciones conducidas;
- no conformidad de los medios de producción a las normas aplicables o a las condiciones técnicas de conexión a la red eléctrica de distribución establecidas, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad (auto productores);
- **condiciones excepcionales, que no son dominadas por el distribuidor, tales como:**

- condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales;
- hechos provenientes de terceros;
- decisiones gubernativas;
- acciones de huelga (sujetas a obligaciones legales);
- fuerza mayor;
- interrupciones debidas a causas externas.

Por tanto, es muy importante las mediciones que serán realizadas para que estos estudios sean perfectamente comparables, de un fabricante a otro, y de un país a otro.

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha establecido la norma internacional IEC 61000-4-30. Esta norma define los métodos para medir los parámetros de calidad de las fuentes de alimentación de las redes de energía eléctrica, en corriente alterna, a una frecuencia fundamental declarada y cómo interpretar los resultados.

Los métodos de medida se describen para cada parámetro aplicable en términos que proporcionan resultados fiables y repetibles independientemente de la aplicación del método.

Los parámetros de calidad de la energía considerados en esta norma son:

- **La frecuencia industrial.**
- **La amplitud de la tensión de alimentación.**
- **El parpadeo («flicker»).**
- **Los huecos y subidas temporales de la tensión de alimentación.**
- **Las interrupciones de la tensión**
- **Las tensiones transitorias**
- **El desequilibrio de la tensión de alimentación.**
- **Los armónicos e Inter armónicos de la tensión.**
- **Las señales transmitidas en la tensión de alimentación.**
- **Los cambios rápidos de tensión y**
- **Las medidas de corriente.**

Algunos otros parámetros sólo se definen en el Anexo de la norma.

La norma IEC 61000-4-30 define 3 clases de rendimiento, a saber:

- **Clase A** - debe alcanzar el máximo nivel de rendimiento y precisión para lograr resultados reproducibles y comparables.
- **Clase S** - los niveles de precisión son menos estrictos. Los analizadores de calidad de la potencia de clase S pueden utilizarse para estudios estadísticos y aplicaciones contractuales en las que no se requieren medidas comparables.
- **Clase B** - esta clase se introdujo en la 1ª y 2ª edición de la norma para evitar que un instrumento quedara obsoleto. En esta clase, la norma exigía que el método de medida y la precisión fueran definidos por el fabricante en la ficha técnica del instrumento.

En la edición 3 de la norma, Esta clase de rendimiento se ha reubicado en el anexo A.

Los usuarios deben equiparse con un instrumento de la clase que necesitan, según su o sus aplicaciones, en función del tipo de problema.

Los parámetros de calidad de la energía que se definen la norma son:

- Frecuencia industrial de la red
- Amplitud de la tensión de alimentación
- Amplitud de la corriente
- El parpadeo (flicker) (relacionado con la norma IEC 61000-4-15)
- Las tensiones transitorias
- Las interrupciones de la tensión
- Los armónicos e Inter armónicos de la tensión.
- Las señales transmitidas en la tensión de alimentación.
- Los cambios rápidos de tensión
- Las medidas de corriente.
- Los huecos y subidas temporales de la tensión de alimentación sobretensiones
- Cortes de tensión
- Desequilibrio de tensión de alimentación.
- Desequilibrio de la corriente
- Armónicos de tensión (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Armónicos de corriente (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Interarmónicos de tensión (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Interarmónicos de corriente (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Las corrientes portadoras
- Los cambios rápidos de tensión (RVC)
- Registro de la corriente y de la tensión durante lo eventos

Los valores RMS medidos y calculados se basan en varios métodos y tiempos.

En la 3° edición se considera los siguientes parámetros:

- ✓ Cambios rápidos de voltaje
- ✓ Clase de parpadeo F1
- ✓ Magnitud de la corriente
- ✓ Desequilibrio actual
- ✓ Armónicos actuales (por referencia a IEC 61000-4-7)
- ✓ Interarmónica actual (por referencia a IEC 61000-4-7)
- ✓ Grabación de corriente junto con tensión durante eventos

Los valores RMS actualizados por semiperiodo

Se trata de valores de la tensión (o corriente) RMS medidos a lo largo de un periodo, empezando por un pase por cero de la componente fundamental, y actualizados cada semiperiodo.

Esta técnica es independiente en cada canal de medida y producirá valores RMS en tiempos sucesivos en cada canal en el caso de redes polifásicas.

Este valor sólo se utiliza para la detección y evaluación de huecos de tensión, sobretensiones temporales de frecuencia de alimentación, cortes y cambios rápidos de tensión (RVC) en la clase A.

INTERVALOS DE AGREGACIÓN DE TIEMPO

La clase A IEC 61000-4-30 define varios intervalos de agregación:

- 10/12 ciclos (200 ms) a 50/60Hz respectivamente. El tiempo de intervalo varía con la frecuencia real.
- 150/180ciclos (3 segundos) a 50/60Hz respectivamente. El tiempo de intervalo varía con la frecuencia real.
- **El intervalo de 10 minutos comienza en un tiempo absoluto de 10 minutos**
- **El intervalo de 2 horas comienza en un tiempo absoluto par 2h.**

En la 2° edición de la técnica de resincronización estándar se introdujo para alinear las agregaciones basadas en frecuencia (10/12 ciclos, 150/180 ciclos) con agregaciones basadas en tiempo (10min y 2 horas).

La resincronización ocurre exactamente cada 10 min absoluto y la desviación del bloque de 10/12 ciclos se superponen como se ilustra en la imagen de abajo:

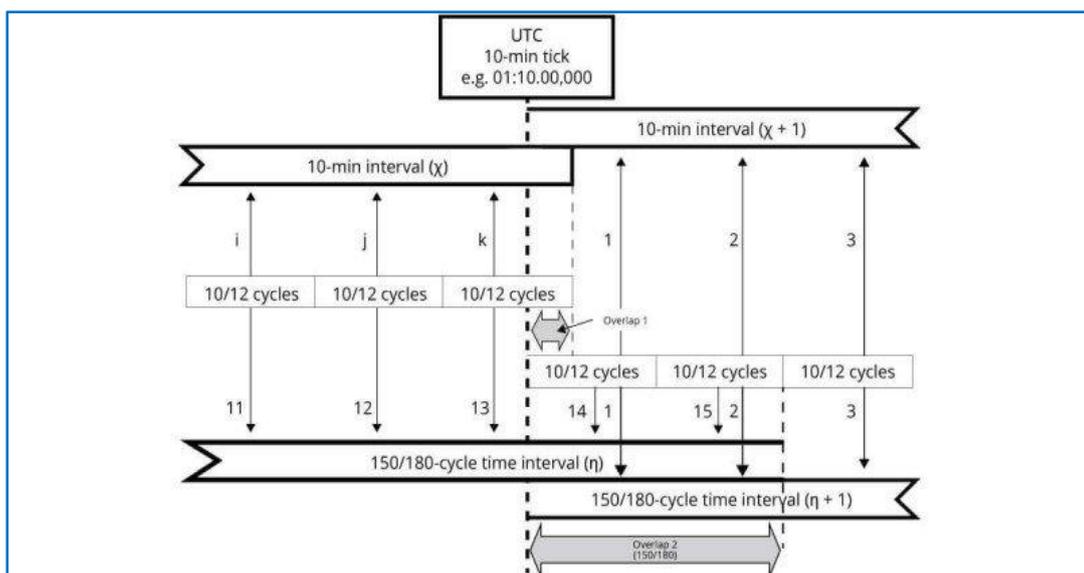


Figura N° 13: Sincronización de intervalos de agregación para la clase A

Fuente: IEC 61000-4-30

3.1 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS SPD EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE CA (SISTEMA IEC)

Hay una serie de normas IEC que trabajan juntas para proporcionar un sistema de clasificación del sistema de alimentación, las sobretensiones que pueden ocurrir en diversos puntos del sistema, el desempeño y la aplicación de los SPD, y la susceptibilidad relativa del equipo de uso final a las sobretensiones de rayos. Las más directamente relevantes son las normas de la serie IEC 62305 que se ocupan de la protección contra rayos y la protección contra sobretensiones, y las normas de la serie IEC 61643 que abarcan las pruebas, la selección y la aplicación de los SPD.

3.2 CLASE DE SPD

En el sistema de IEC, los SPD se someten a pruebas conforme a varias Clases de Prueba, con el fin de evaluar y asegurar su idoneidad para el uso en diferentes lugares y circunstancias. Estrictamente hablando, la Clase se refiere al tipo de prueba, no al SPD. Sin embargo, en el uso común, se hace referencia a los SPD conforme a su Clase. Por ejemplo, un SPD de Clase I es un SPD que se ha probado conforme a los requisitos de la Clase I (de una intensidad especificada), y así sucesivamente.

3.3 LAS CLASES DE PRUEBA SON LAS SIGUIENTES:

Clase I: Probados con impulsos parciales simulados conducidos de corriente de rayo. Estos SPD se utilizarían en puntos de alta exposición, tales como donde la línea cercana al SPD podría ser impactada directamente por un rayo, o en el punto de entrada a un edificio equipado con un sistema de protección contra rayos (Lightning Protection System, LPS) de impacto directo.

Clase II: Probados con impulsos de corriente de menor duración. Estos SPD serían instalados donde se espera que las corrientes de sobretensión sean menores. Esto podría ser en el punto de entrada de la alimentación principal de un edificio en un lugar no expuesto (por ejemplo, rodeado por edificios más altos), o en subpaneles dentro del edificio.

Clase III: Probados con impulsos de voltaje. Estos SPD serían instalados en el equipo que se protegerá, y solamente se espera que manejen las sobretensiones residuales que “superaron” a los SPD de Clase I o II, y las pequeñas corrientes de sobretensión asociadas. A menudo, por conveniencia, los protectores de Clase II se utilizan también en estos lugares.

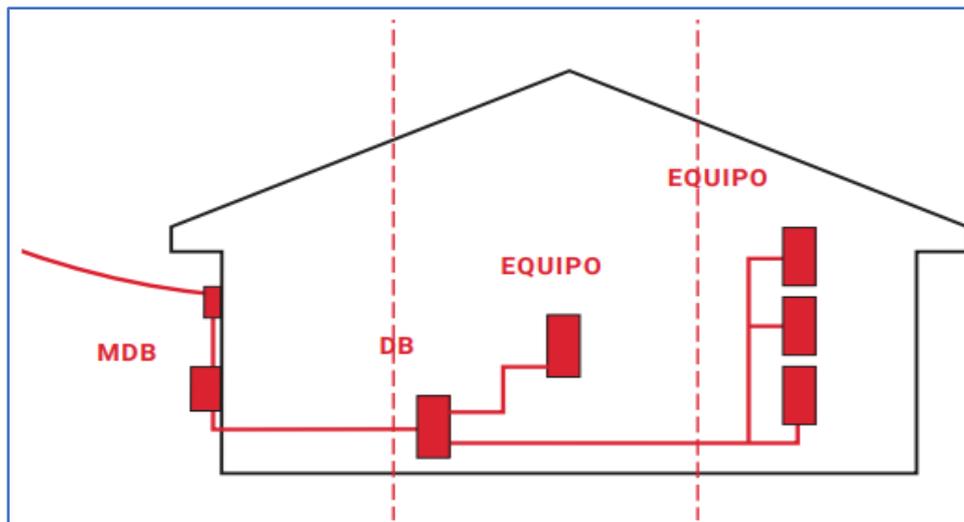


Figura N° 14:

En la ilustración anterior, el tipo de SPD instalados en el tablero de distribución principal (Main Distribution Board, MDB), los tableros de distribución (Distribution Board, DB) y el equipo a proteger sería el siguiente.

Situación del edificio	MDB	DB	Equipo
Muy expuesto, o equipado con un LPS	Clase I	Clase II	Clase III (o II)
Menos expuesto, sin LPS	Clase II	Clase II	Clase III (o II)

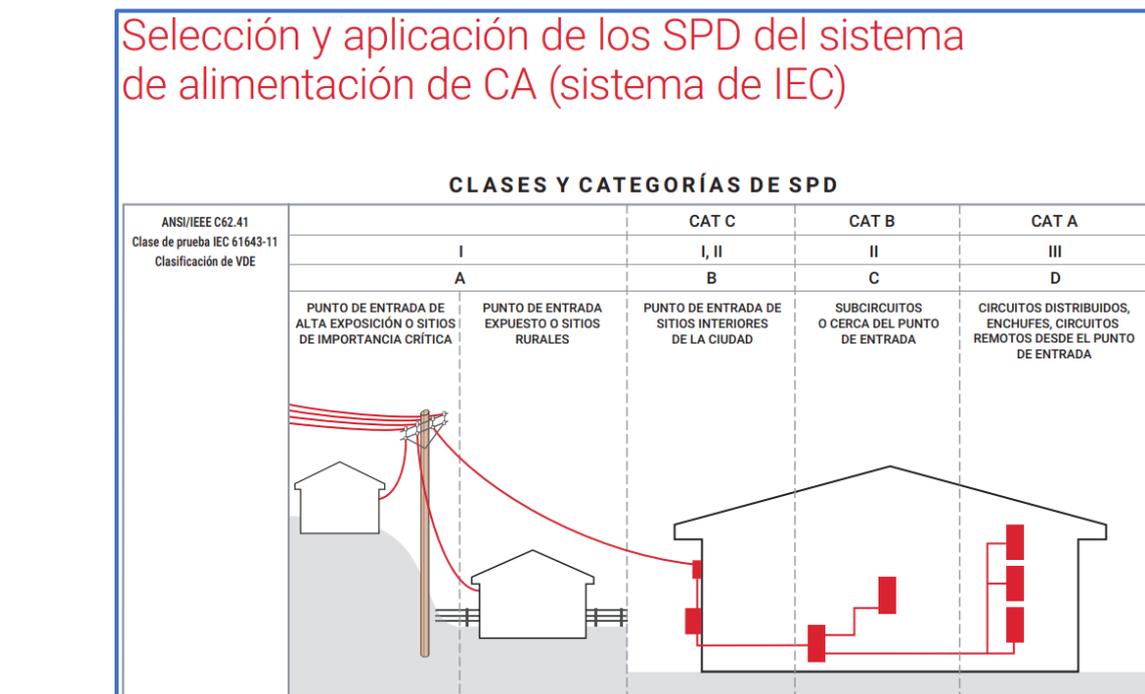
Es posible que no sea necesario instalar los SPD en los tres lugares, dependiendo del tamaño del edificio y de la longitud del cableado. Por lo general, los SPD siempre se instalan en el punto de entrada, y, en las salas de equipos más pequeñas, pueden encontrarse, además, en el equipo. En edificios más grandes, esparcidos en múltiples pisos o grandes áreas, normalmente los SPD serían instalados en los tableros de distribución, y además, en equipos sensibles o críticos.

Los SPD se clasifican principalmente conforme a la magnitud de la intensidad de corriente de sobrecarga que pueden manejar, y lo bien que limitan el voltaje mientras conducen esa corriente de sobrecarga. Estos parámetros son los siguientes.

Clase de prueba	Parámetro	Descripción
Clase I	Corriente de impulso, I_{imp}	Este impulso actual tiene una forma de onda de 10/350 μs .
Clase II	Corriente de descarga nominal, I_n	Este impulso de corriente tiene una forma de onda de 8/20 μs , y es nominal porque el SPD tiene que manejar con éxito una secuencia de 15 de estos impulsos.
	Corriente máxima de descarga, I_{max}	Este impulso actual tiene una forma de onda de 8/20 μs , y es el máximo impulso nominal de 8/20 μs que puede manejar el SPD. Es un parámetro opcional.
Clase III	Voltaje de circuito abierto del generador de ondas de combinación, U_{oc}	
Todas las clases	Nivel de protección de voltaje, U_p	

Es posible probar un tipo de SPD en más de una Clase de prueba. Los SPD están marcados y especificados con los parámetros conforme a los cuales han sido probados satisfactoriamente.

Selección y aplicación de los SPD del sistema de alimentación de CA (sistema de IEC)

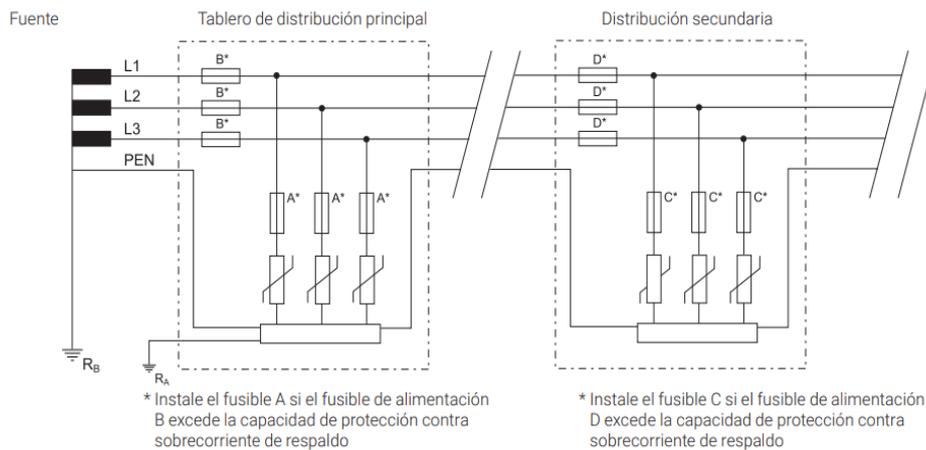


Selección y aplicación de los SPD del sistema de alimentación de CA (sistema de IEC)

Una vez determinada la Clase de SPD requerido, debe determinarse el voltaje y la configuración correcta. La norma IEC 60364-1 detalla las siguientes configuraciones del sistema. En las descripciones que siguen, U_0 se utiliza para el voltaje nominal de los sistemas, y el U_c se utiliza para el voltaje continuo de funcionamiento máximo (éste es un parámetro de un SPD).

Sistema de TN-C

En este sistema, el conductor neutro y de tierra de protección se combinan en un solo conductor a lo largo del sistema. Este conductor se conoce como un "conductor neutro y de tierra de protección" (Protective Earth & Neutral, PEN). Todas las partes del equipo conductor expuestas se conectan al PEN.

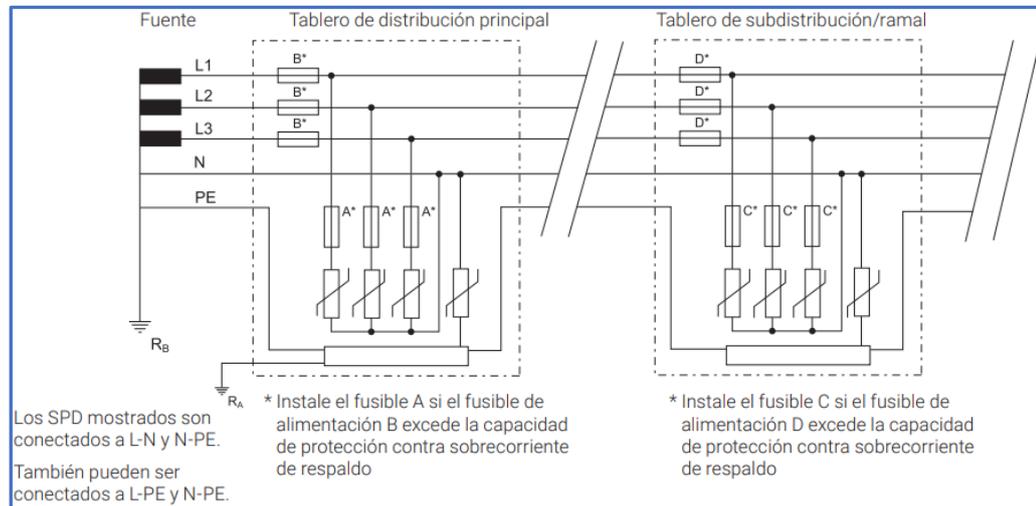


SPD instalados	Descripción	Ejemplo de producto
Fase a PEN ("3+0")	Al menos $1,1 \times U_0$	DT230030R

Por ejemplo, en un sistema Ph-N de 230 V, la protección de Ph-PEN debe tener una capacidad de U_c de al menos 255 V. Por lo general, un SPD con una capacidad de U_c de al menos 275 V sería seleccionado para los sistemas de 220 a 240 V. A menudo, para contemplar fluctuaciones del voltaje de la fuente de alimentación, **se recomienda un U_c de al menos $1,3 \times U_0$, como un U_c de 300 V para un sistema de 230 V.**

Sistema de TN-S

En este sistema, se tiende un conductor neutro y de tierra de protección a lo largo del sistema. El conductor de tierra de protección (Protective Earth, PE) normalmente es un conductor separado, pero también puede ser la cubierta metálica del cable de alimentación. **Todas las partes del equipo conductor expuestas se conectan al conductor de PE.**



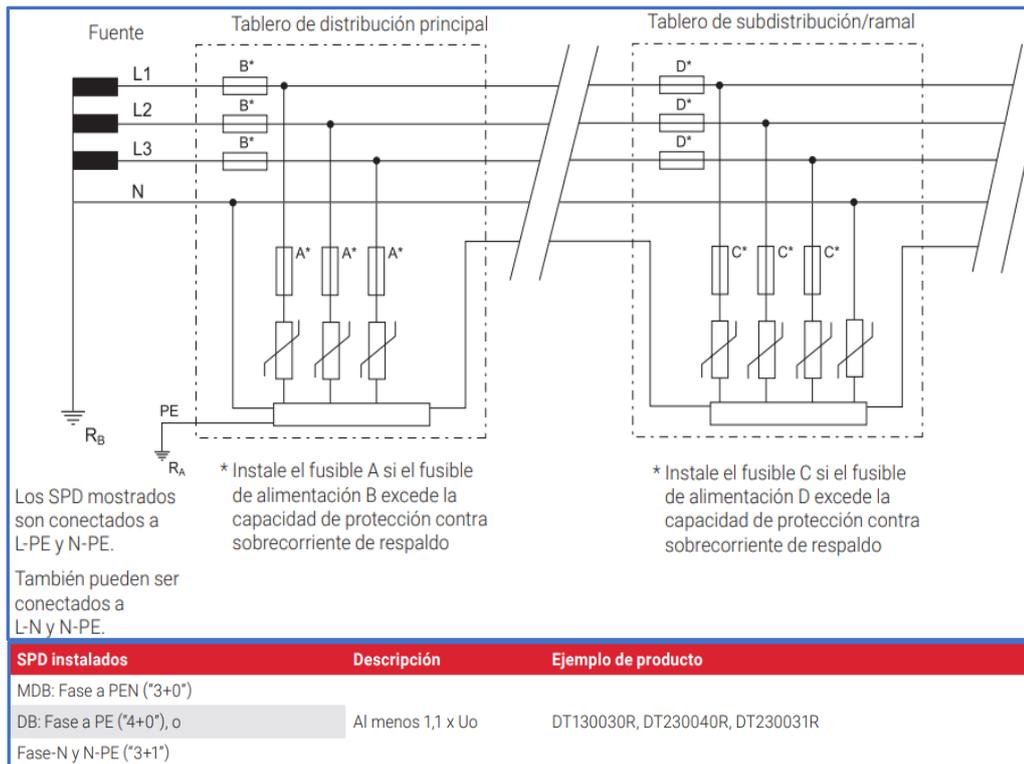
3.4 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS SPD DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CA (SISTEMA DE IEC)

SPD instalados	Descripción	Ejemplo de producto
Fase a PE ("4+0"), o	Al menos $1,1 \times U_{oc}$	DT230040R
Fase-N y N-PE ("3+1")		DT230031R

Por ejemplo, en un sistema Ph-N de 230 V, la protección de Ph-PE (o Ph-N) debe tener una capacidad de U_c de al menos 255 V. Por lo general, para los sistemas de 220 a 240 V se seleccionaría un SPD con una capacidad de U_c de al menos 275 V. A menudo, para contemplar fluctuaciones del voltaje de la fuente de alimentación, se recomienda un U_c de al menos $1,3 \times U_o$, como un U_c de 300 V para un sistema de 230 V.

Sistema de TN-C-S

En este sistema, el suministro se configura conforme a TN-C, mientras que la instalación descendente está configurada conforme a TN-S. El conductor de PEN combinado ocurre típicamente entre la subestación y el punto de entrada del edificio, y el conductor de tierra y neutro se separan en el tablero de distribución principal. **Este sistema también se conoce como conexión a tierra múltiple de protección (Protective Multiple Earthing, PME) o neutro de tierra múltiple (Multiple Earthed Neutral, MEN).** El conductor de PEN de suministro se conecta a tierra en una serie de puntos a lo largo de la red y generalmente lo más cerca del punto de entrada del consumidor que sea posible.

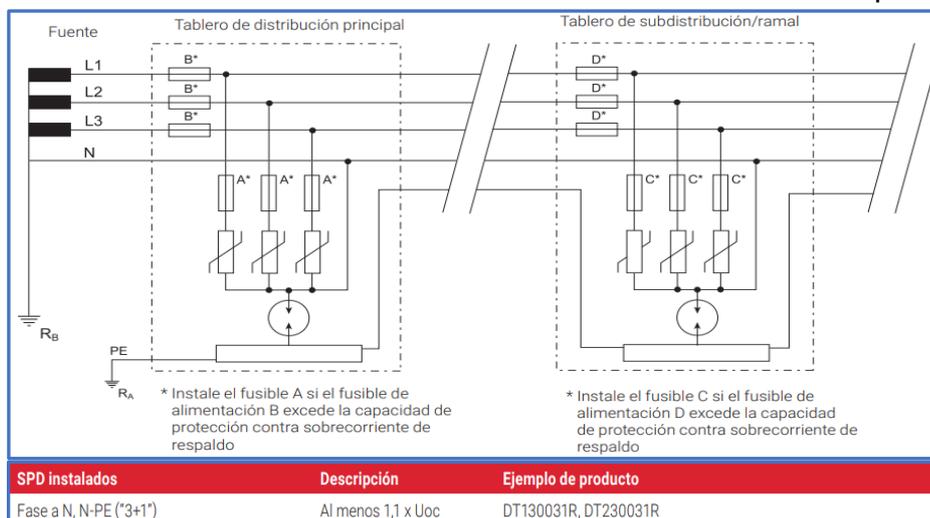


Por ejemplo, en un sistema Ph-N de 230 V, la protección de Ph-PE (o Ph-N) debe tener una capacidad de U_c de al menos 255 V. Por lo general, para los sistemas de 220 a 240 V se seleccionaría un SPD con una capacidad de U_c de al menos 275 V. A menudo, para contemplar fluctuaciones del voltaje de la fuente de alimentación, se recomienda un U_c de al menos $1,3 \times U_o$, como un U_c de 300 V para un sistema de 230 V.

3.5 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS SPD DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CA (SISTEMA DE IEC)

SISTEMA TT

Un sistema que tiene un punto de la fuente de energía conectado a tierra y las partes conductoras expuestas de la instalación conectadas a electrodos de conexión a tierra independientes. El neutro de suministro entrante no está conectado a tierra en el tablero de distribución principal.



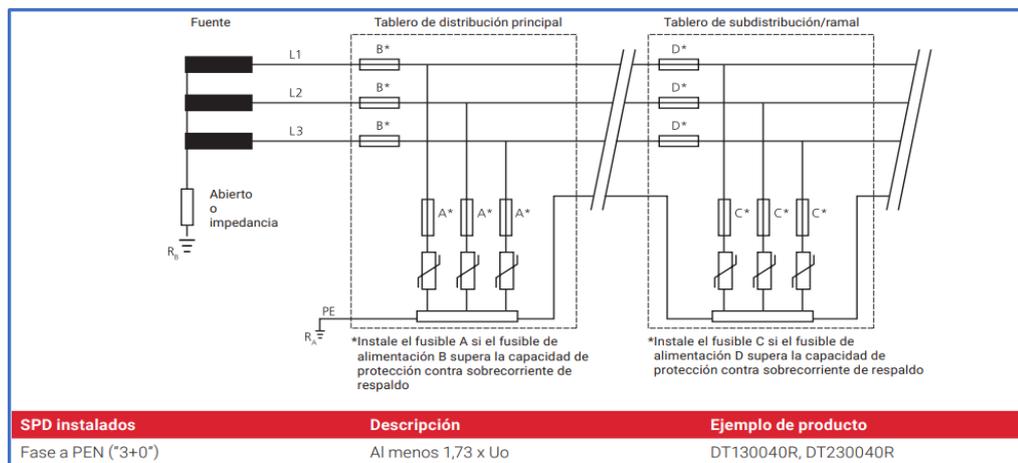
Por ejemplo, en un sistema Ph-N de 230 V, la protección de Ph-N debe tener una capacidad de U_c de al menos 255 V. Por lo general, para los sistemas de 220 a 240 V se seleccionaría un SPD con una capacidad de U_c de al menos 275 V. A menudo, para contemplar fluctuaciones del voltaje de la fuente de alimentación, se recomienda un U_c de al menos $1,3 \times U_o$, como un U_c de 300 V para un sistema de 230 V.

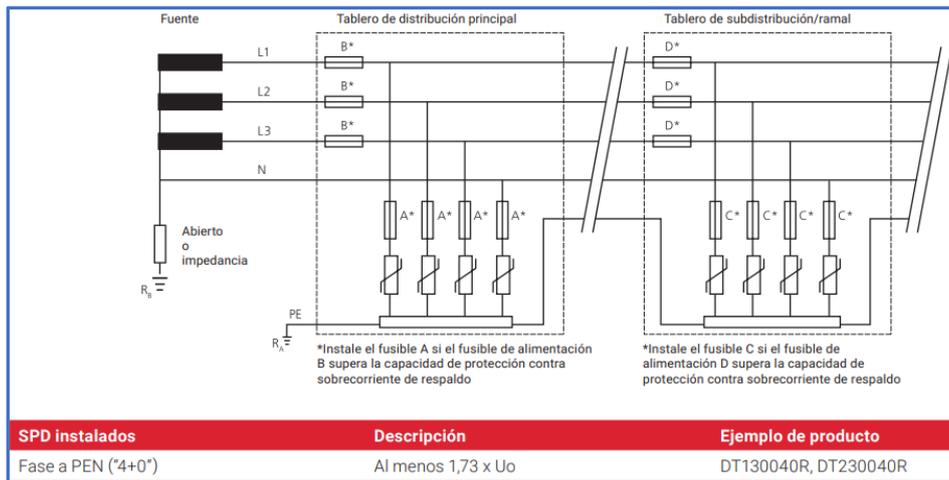
En el sistema TT, para que los dispositivos de protección contra sobrecargas (fusibles e interruptores de circuito) funcionen de la manera prevista, es importante que los SPD no deban conectarse directamente de fase a tierra de protección, sino de fase a neutro y de neutro a tierra. Por lo tanto, el SPD de neutro-a-PE lleva tanto el PE a la corriente de impulso neutro y el PE a las corrientes de impulso de fase. Se recomienda que este SPD sea un GDT (Gas Discharge Tube, GDT) debido a sus características generalmente superiores de manejo de energía.

3.6 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS SPD DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CA (SISTEMA DE IEC).

SISTEMA DE IT

Un sistema que no tiene conexión directa entre las partes energizadas y la tierra, pero en el que todas las partes conductoras expuestas de la instalación se conectan a electrodos de conexión a tierra independientes. La fuente es flotante o conectada a tierra a través de una alta impedancia (para limitar las corrientes de falla). Esto significa que, durante una falla de fase a tierra, los sistemas continúan funcionando. Esto se detecta y se inician los esfuerzos de mantenimiento para rectificar la falla. Sin embargo, durante este tiempo, el voltaje de fase a tierra se eleva al voltaje usual de línea a línea, y los SPD instalados deben resistir esto durante este tiempo. **La mayoría de los sistemas IT instalados no utilizan un conductor neutro, en el que el equipo está alimentado de línea a línea. El sistema IT se utiliza típicamente en instalaciones antiguas en países como Noruega y Francia.** También se utiliza en aplicaciones especiales, tales como salas de cuidados intensivos de hospitales y en aplicaciones industriales especiales.





Por ejemplo, en un sistema Ph-N de 230 V, la protección de Ph-PE y N-PE debe tener una capacidad de U_c de al menos 440 V (contemplando el voltaje de L-L y una tolerancia del 10 %). A menudo, se aplica un margen de seguridad adicional, para contemplar las inestabilidades que pueden ocurrir en el sistema de IT no conectado a tierra, como un U_c de 480 V.

3.7.EL LADO NEGATIVO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE ESTADO SÓLIDO

Sin embargo, los dispositivos electrónicos de estado sólido tienen su lado negativo, para proporcionar el funcionamiento preciso y confiable que se espera de ellos, estos dispositivos requieren de una fuente igualmente confiable de energía; los microprocesadores se basan en señales digitales que son secuencias rápidas de conexión/desconexión.

Si las secuencias son distorsionadas, las señales pueden ser afectadas, el desempeño puede verse aminorado o hasta detenido. En el caso de un pico de tensión en el rango 100V-20kV, los dispositivos pueden ser dañados o destruidos, lo que resulta en costos de reemplazo del equipo potencialmente muy elevados para resolver este problema.

Puesto que es imposible evitar la penetración de los picos de tensión en un edificio o evitar que ocurran en un centro comercial, **se inventó la protección contra picos de Tensión los TVSS o SPD**. La función del protector contra picos es detener (o por lo menos limitar) los efectos de una Calidad de la Energía menos que perfecta sobre los dispositivos electrónicos de estado sólido.

La protección contra picos es una solución económica para evitar el tiempo perdido y el daño al equipo, es adecuado para cualquier instalación o carga de (600 volts o menos); la protección contra picos debe de ser aplicada no solamente al sistema de energía eléctrica CA, sino también a las líneas de teléfono, televisión por cable y otras líneas de comunicación que entran a los hogares.

3.8 PERTURBACIONES DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

La perturbación de la calidad de la energía **puede encontrarse dentro de un rango de un microsegundo** a un estado de equilibrio constante.

Un microsegundo puede no parecer mucho tiempo, pero para un equipo electrónico delicado, es toda una vida.

Las perturbaciones de la calidad de la energía pueden ser causadas por las fuerzas de la naturaleza, ciclos de ARRANQUE/PARADA de los equipos, o bien dispositivos que introducen distorsiones.

Existen algunas perturbaciones muy comunes que afectan un sistema eléctrico.

Esto Incluye:

- Transitorios o Picos
- Variaciones de tensión multi cíclicas (es decir, condiciones de Transitorios de Baja Tensión y Transitorios de Alta Tensión).
- Distorsión por Ruido
- Armónicas

3.9 VEAMOS BREVEMENTE ESTOS TIPOS DE PERTURBACIONES.

Picos o Transitorios

Un pico eléctrico o transitorio es una perturbación eléctrica de corta duración, con alto nivel de energía, aleatoria, **por definición, es un evento de menor duración que un ciclo**; los términos comunes para transitorios son **Impulso de Tensión y Pico Transitorios (un solo impulso)**.

Las fuentes de estos transitorios incluyen:

- Rayos
- Cargas (capacitivas e inductivas)
- Cortocircuitos
- Operación de un controlador de velocidad variable
- Operación de equipo de formación de imágenes (fotocopiadoras y escáneres)
- Soldadura de Arco
- Reductores de Luz

Figura 14. Forma de Onda Típica de un Impulso de Tensión

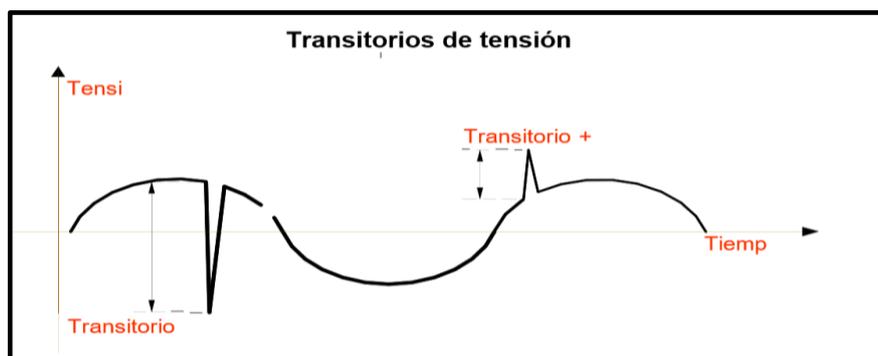


Un pico puede desplazarse en cualquier conductor que alimenta un edificio o una industria, etc.

Líneas eléctricas, telefónicas y de cable coaxial pueden tornarse grandes conductores de picos de tensiones.

SEGÚN LA UNE-EN 50160, se define un transitorio de tensión, sobretensión transitoria, como una sobretensión, oscilatoria o no oscilatoria, fuertemente amortiguada en la mayoría de los casos y que dura como máximo algunos milisegundos: ver Figura 15

Figura 15

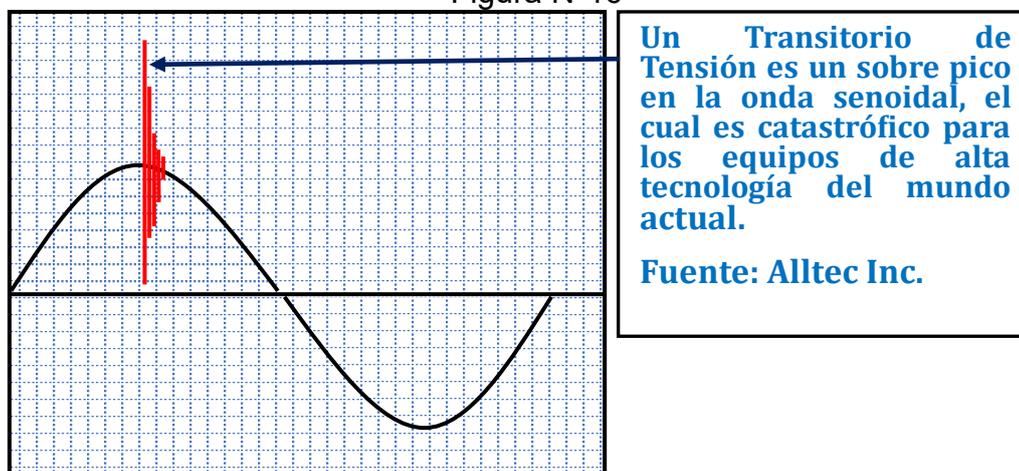


3.10 VARIACIONES DE TENSIÓN MULTI CÍCLICAS

Los transitorios son de corta duración: **típicamente de 0.5 - 200 microsegundos**, pueden ser por naturaleza de impulsos o oscilantes (vibratorias), son demasiado rápidos para ser detenidos por los interruptores de circuito o fusibles. Pueden dañar los dispositivos de estado sólido y corromper los datos de los microprocesadores.

La utilización de pararrayos y Dispositivo de Protección contra Transitorios (SPD), o bien Supresores de Pico de Tensión Transitorios (TVSS) Figura N°16, pueden ayudar a mitigar algunos de los problemas causados por los picos eléctricos.

Figura N°16



Fusible y Breakers, no son protecciones contra Transitorios de Tensiones ya que no reaccionan tan rápidamente para impedir el evento del Transitorio de Tensión

3.11 DEFINICION Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN SUPRESORES DE PICOS Y TRANSITORIOS DE TENSIÓN - SPD Y TVSS

SURGE PROTECTIVE DEVICE: DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES, SPD:

Principio de funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD)

Cuando ocurre un voltaje transitorio en el circuito protegido, un dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD) **interrumpe la ruta de la corriente cerrando los contactos del interruptor, limita el voltaje transitorio y desvía la corriente de vuelta a su fuente o tierra, eso evita daños a los equipos conectados debido a transitorios de voltaje**, el dispositivo de protección contra sobretensiones debe tener al menos un componente no lineal, eso cambia entre un estado de alta y baja impedancia bajo diferentes condiciones para funcionar.

Con voltajes de operación estándar, el dispositivo protector contra sobretensiones está durante un estado de alta impedancia y no afecta al sistema.

Cuando ocurre un voltaje transitorio en el circuito, **el dispositivo de protección contra sobretensiones pasa a un estado de conducción (o baja impedancia) y desvía la sobrecorriente como la corriente de descarga nominal de regreso a su fuente o tierra**. Esto limita o absorbe el voltaje a un nivel más seguro, **el dispositivo de protección contra sobretensiones se restablece automáticamente a su estado de alta impedancia después de que se desvía el transitorio.**

El dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD) redirige las corrientes eléctricas como la corriente de descarga nominal de un cortocircuito, lo hace utilizando un contacto de estado sólido o un interruptor de espacio de aire. Además, el dispositivo de protección contra sobretensiones sirve como un dispositivo de corte seguro de carga para condiciones de sobrecorriente y un reconectador que **controla el nivel de voltaje por encima del voltaje nominal o el voltaje bajo en caso de una condición de falla**. También podemos utilizar el dispositivo de protección contra sobretensiones en todos los niveles de la red de alimentación, este enfoque suele ser el tipo de protección contra sobretensiones más utilizado y eficaz en la actualidad.

El dispositivo de protección **contra sobretensiones conectado en paralelo presenta una alta impedancia**. En otras palabras, la suma de la impedancia en serie es igual a la impedancia de un dispositivo de protección contra sobretensiones. **Una vez que aparece el sobrevoltaje transitorio dentro del sistema, la impedancia del dispositivo disminuye, por lo que la sobretensión pasa a través del dispositivo de protección contra sobretensiones, sin pasar por el equipo sensible**. Eso es para proteger el equipo contra sobretensiones transitorias y perturbaciones, como picos de tensión y sobretensiones

eléctricas, variaciones de frecuencia y sobretensiones causadas por operaciones de conmutación o rayos; cuando un usuario instala un SPD o dispositivo de protección contra sobretensiones **en una línea de alimentación proveniente de una red eléctrica que incluye capacitores de suavizado**, los supresores de sobretensiones no son necesarios, porque estos capacitores ya protegen contra cambios repentinos en el nivel de voltaje.

Figura N° 17

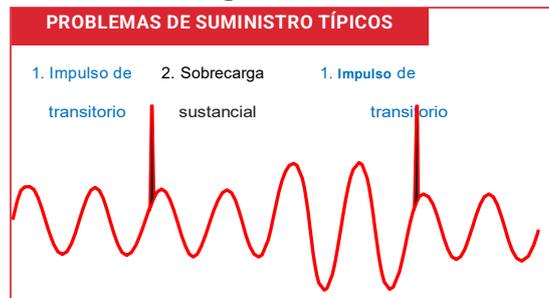


Figura N° 18

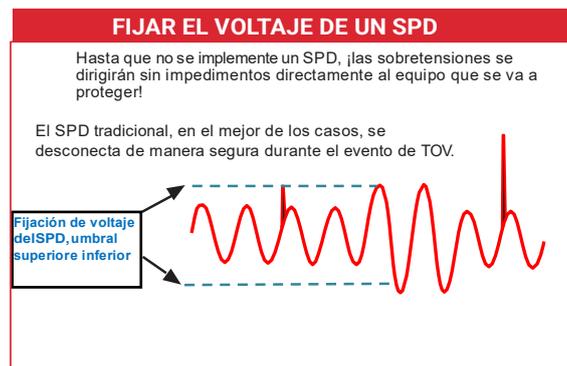
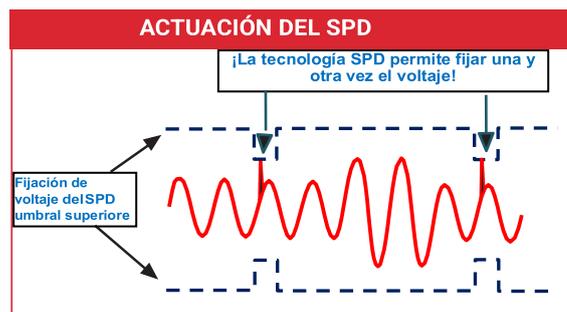


Figura N° 19



3.12 LA SIGLA TVSS SIGNIFICA “TRANSIENT VOLTAGE SURGE SUPPRESSOR” EN INGLÉS, LO QUE SE TRADUCE AL ESPAÑOL COMO “SUPRESOR DE SOBRETENSIÓN DE VOLTAJE TRANSITORIO”

Las condiciones de transitorios de baja tensión y transitorios de alta tensión pueden ser causadas por varias grandes cargas conectándose o desconectándose al mismo tiempo.

Un transitorio de baja tensión puede ser causado cuando varios grandes motores arrancan al mismo tiempo. Fallas en sistemas de distribución o



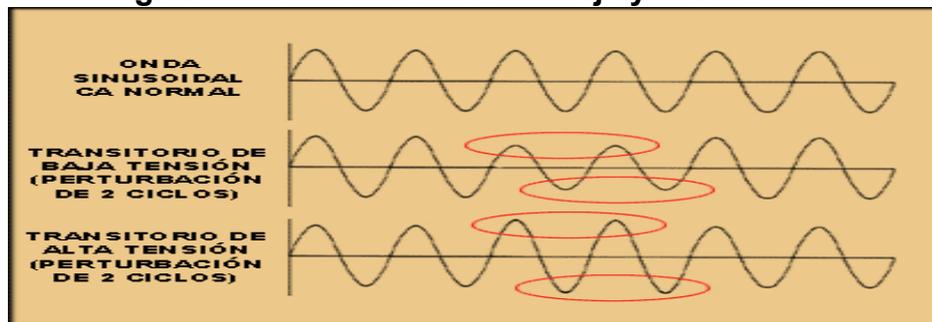
mal funcionamiento de equipo de la empresa de suministro de energía eléctrica pueden también causar transitorios de baja tensión.

Los transitorios de baja tensión pueden afectar las bobinas de los arrancadores de motores **diseñados para desconectarse cuando la tensión baja al 85% de su valor nominal.**

Los transitorios de alta tensión son **frecuentemente causados cuando ocurre una baja repentina de carga**, fallas individuales de conexión de línea a tierra o la conexión de grandes baterías de capacitores puede resultar en condiciones de transitorios de alta tensión o sobretensión.

Figura 20. Formas de Onda para Energía CA normal, en **condición de Transitorio de Baja Tensión** y **condición de Transitorio de Alta Tensión**.

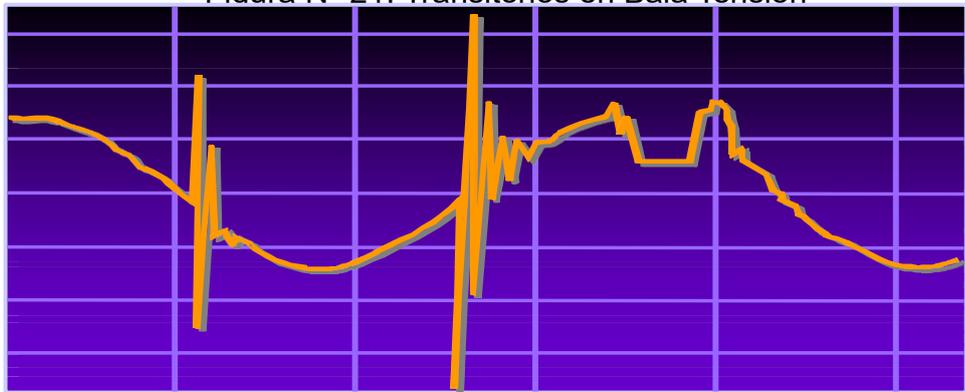
Figura N° 20: Transitorios en Baja y Alta Tensión



La duración de un transitorio de baja tensión o de un transitorio de alta tensión es generalmente entre 1/2 ciclo y 1 minuto. (Cuando la duración rebasa un minuto, la perturbación se conoce como perturbación de baja tensión o sobretensión). **Pueden causar el apagado de computadoras y PLCs o el bloqueo en un programa, puede causar que los motores se paren y cambien la abertura de contactores y relevadores,** puede ocurrir también formación de arco de tensión y fallas de componentes.

El uso de reguladores de tensión y acondicionadores de línea de suministro de energía eléctrica puede resolver estos problemas. Además, productos que acondicionan la energía habitual se están volviendo soluciones viables para mitigar las interrupciones y los transitorios de baja tensión.

Figura N° 21: Transitorios en Baia Tensión

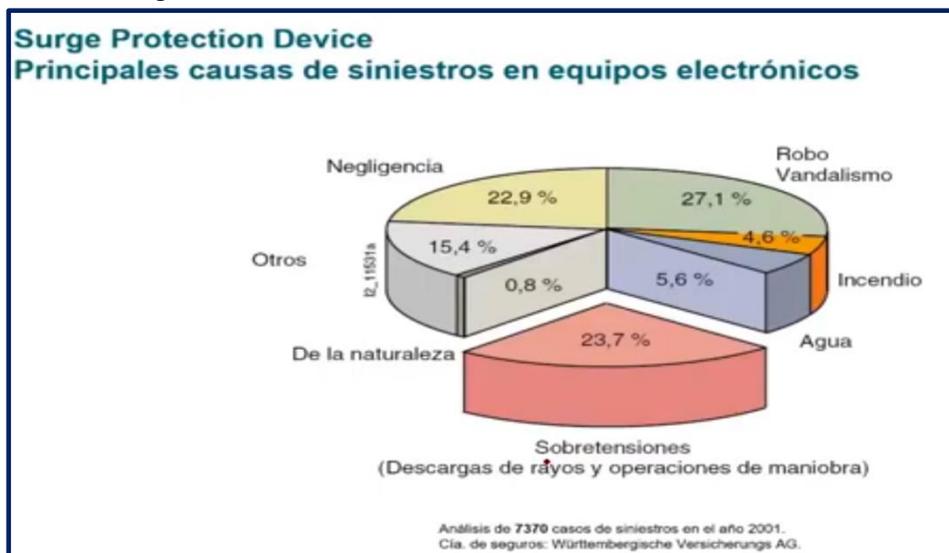


Fuente: Eaton USA

Figura N° 21 A: Transitorios en Baja Tensión 60HZ



Figura N° 21 B: Estadística de fallas en BT 60HZ



En el año 2001, las fallas por transitorios representaban el 23.7%, para ese entonces no se contaba con la electrónica de potencia que hoy se tiene ni equipos que podrían medir y capturar las formas de onda de las tensiones transitorias, de acuerdo con la información más actualizada las fallas por transitorios en tensiones menores a 1000 voltios, representan el 80% y líneas abajo se explica las diferentes fuentes.

3.13 DISTORSIÓN POR RUIDO

La distorsión por ruido toma la forma de señales eléctricas indeseadas presentes en la forma de onda de tensión de estado constante.

La Interferencia de Radio Frecuencia (RFI), producido por componentes de sistemas de sistemas de comunicación, puede contribuir al ruido de sistema.

Filtros individuales o bien combinaciones de varios filtros pueden reducir el ruido en una línea para incrementar la calidad de su energía eléctrica.

Otra forma de ruido es causada por las diferencias en cuanto a potenciales de tierra en un sistema eléctrico. La supresión de picos, instalaciones eléctricas, protección y conexión a tierra del sistema eléctrico de un edificio, incluyendo el sistema de comunicación, tienen un efecto importante sobre los niveles de ruido al cual están expuestos los equipos electrónicos.

4. CAUSAS QUE ORIGINAN LOS TRANSITORIOS

- ❖ Fuentes externas al sistema eléctrico.
- ❖ Fuentes internas al sistema eléctrico

4.1 FUENTES EXTERNAS AL SISTEMA ELÉCTRICO

Transitorios por descargas atmosféricas: **20%**

- Descarga atmosférica, el rayo
- Por el impacto directo sobre el sistema
- El campo electromagnético induce corrientes y tensiones en cables apantallados o entre los cables de fuerza y control **por microsegundos ocasionando daños físicos al equipo o al aislamiento.**
- Por la inducción producida por la descarga a tierra de un rayo en las proximidades del sistema, estas descargas pueden ser nube-tierra o entre nubes.

Figura 22. Descarga atmosférica en una línea de transmisión



Fuente: Eaton USA

Los parámetros de los transitorios de tipo rayo tienen magnitudes diferentes según sea la forma en la que hayan sido ocasionados.

- En general, son de mayor energía los originados por el impacto directo.
- En cuanto a las instalaciones, tampoco existe el mismo riesgo; el peligro mayor corresponde al caso de líneas aéreas de gran longitud en regiones con muchas tormentas.
- El rayo afecta directamente a las redes aéreas. La probabilidad y la frecuencia de aparición de estos transitorios depende de las características geográficas de cada zona, definidas por los

“niveles isoceráunicos”, que determinan la frecuencia de las descargas atmosféricas.

4.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

- 1) Sistema de protección integral
- 2) Protección externa, (Pararrayos)
- 3) Protección interna, (TVSS)
- 4) Guía de seguridad eléctrica, Normas
- 5) Puesta a tierra.
- 6) Se debe tener en cuenta el factor de riesgo (FR) y si es necesario aplicar un **SPI (sistema de protección integral)**.

De acuerdo con los estándares **IEC 1024 e IEC 62305-1**, se ha determinado que el sobre pico máximo posible RAYO sobre la superficie de la Tierra (impacto directo) **alcanza un valor de 200 kA**

Table 2 – Relationship of lightning current parameters to protection levels (see 3.1)

Lightning parameter	Protection level		
	I	II	III-IV
Current peak value I (kA)	200	150	100
Total charge Q_{total} (C)	300	225	150
Impulse charge $Q_{impulse}$ (C)	100	75	50
Specific energy W/R (kJ/Ω)	10 000	5 600	2 500
Average steepness $di/dt_{30/90}$ % kA/μs	200	150	100

CARACTERÍSTICAS DE UNA DESCARGA ATMOSFERICA Y LA DFIYSRIBUCIÓN INTERNA.

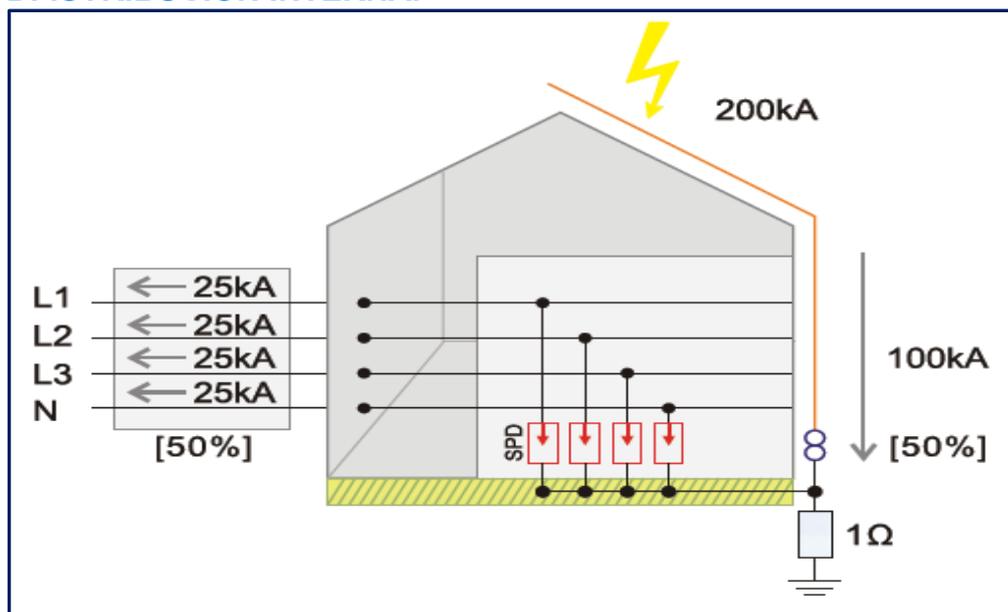
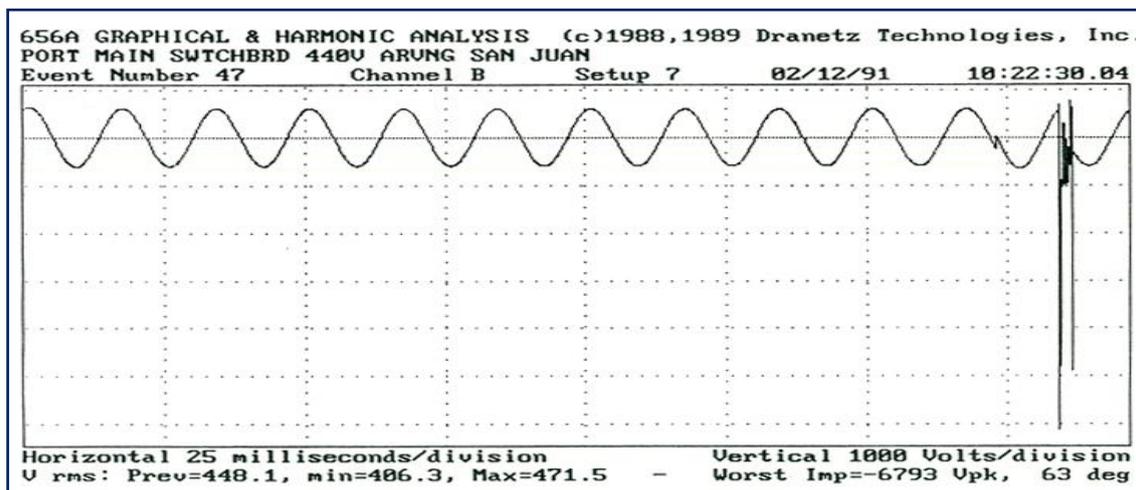


Figura N° 23

La protección plena de una instalación se logra con un dispositivo capaz de **soportar entre 100 kA y 200 kA por fase.**

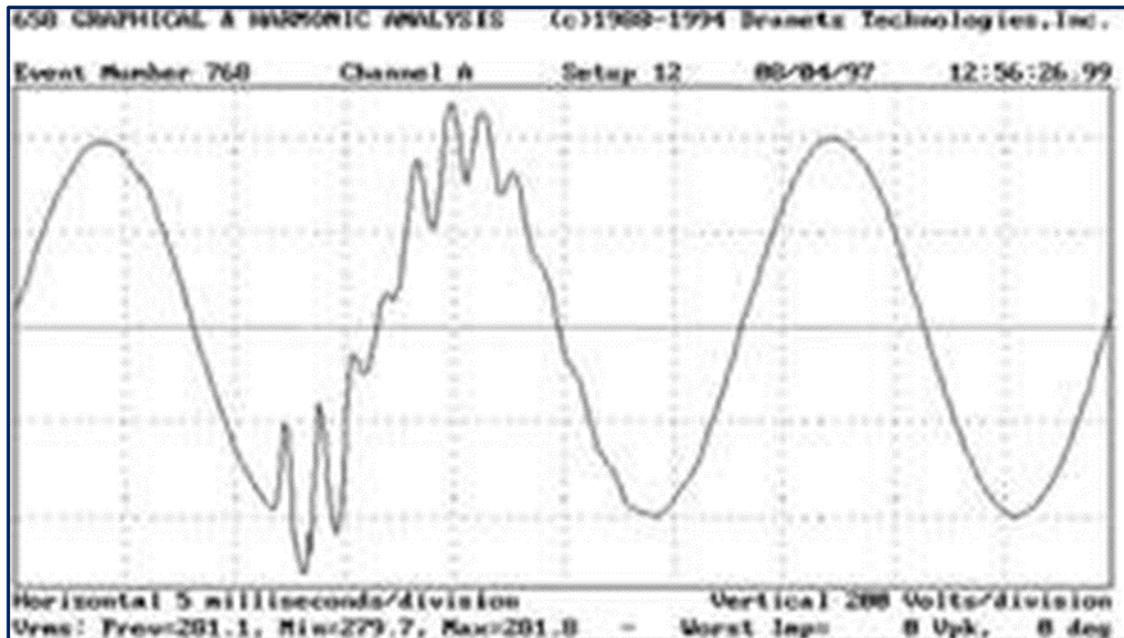
EJEMPLOS DE ALGUNOS CASOS:

CASOS 1: TRANSITORIO DEL CUADRO PRINCIPAL: 6793 VOLTIOS PICO TRANSITORIO



CASO2: Formas de onda transitorias

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA TRANSITORIO



CASO 3: Daño al microprocesador

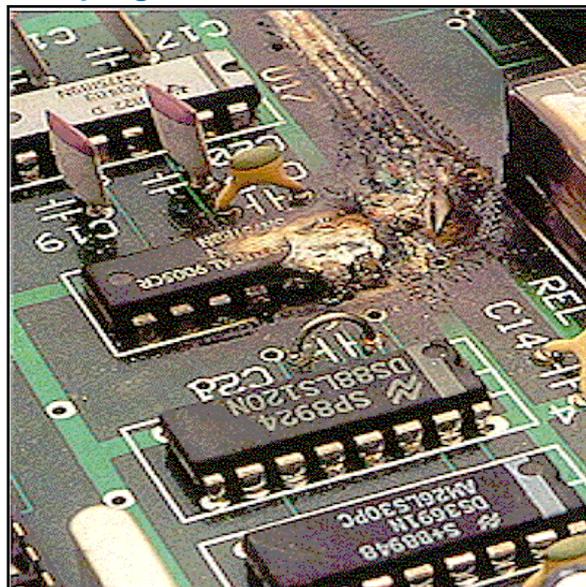
Los equipos electrónicos se han convertido más sensibles a las interferencias.

Equipos electrónicos evolucionan más pequeños más rápidos, pero también más susceptibles.

Los productores de circuitos integrados a medida que la tecnología cambia el número de componentes activos va en crecimiento.

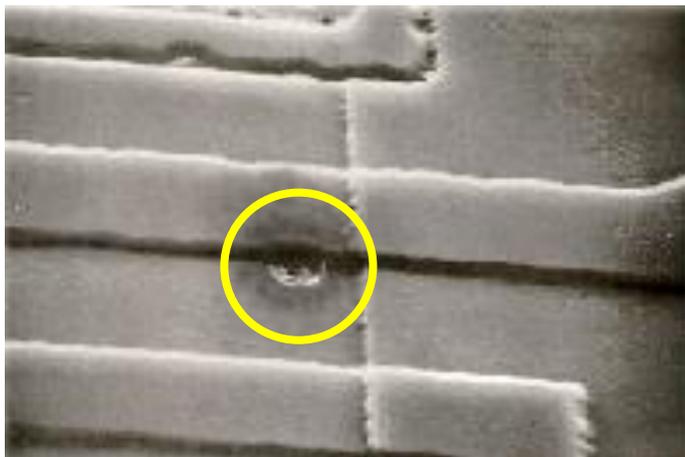
Costos incurridos:

- Reparación o remplazo del equipo
- Costos en mano de obra mantenimientos
- Perdidas por paros programados.



CASO 4: Efectos de las Energías Trascientes en los equipos electrónicos.

Vista microscópica de un chip procesador, extremadamente susceptibles a los sobre picos de voltaje, relacionados con stress del calor, La energía trascendente llega la resistencia, se convierte en calor y causa el evento.



A medida que los eventos de la energía transitoria continúan en un periodo de tiempo este evento crece al punto de bloquear la alimentación y el flujo de datos al circuito.

Los equipos electrónicos de hoy como:

- **INDUSTRIALES**
- **EQUIPOS MÉDICOS**
- **ELELECTRODOMÉSTICOS**
- **EQUIPOS DE COMUNICACIONES**
- **COMPUTADORAS**
- **PLCS, ETC.**

Las influencias externas e internas pueden causar “sobretensiones” o “picos” transitorios de voltaje de hasta varios miles de voltios en circuitos de 120 V; 220 V, 380V; 440V Voltios

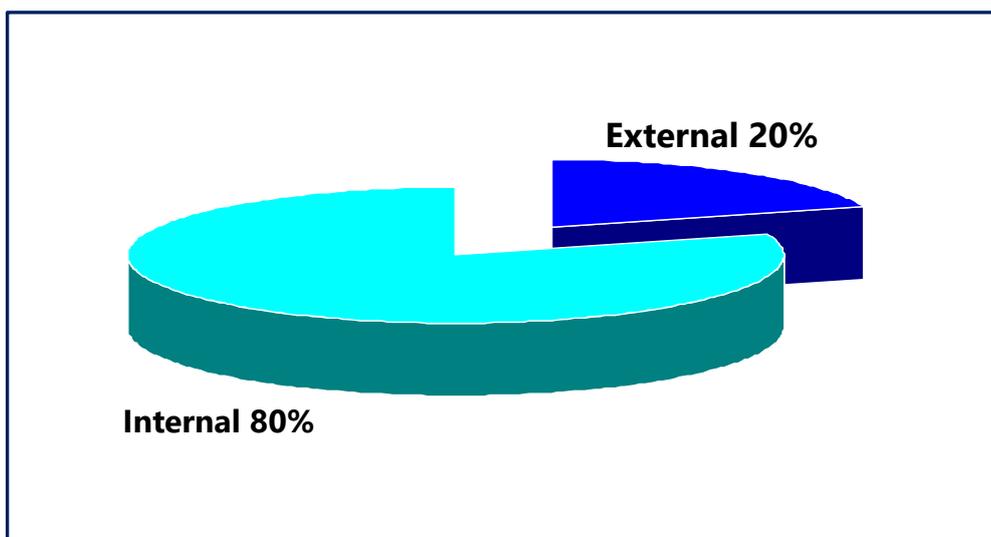


Figura 24: Cifras basadas en promedios de Estados Unidos
Source: General Electric, "Current Scene," a bulletin of circuit protection technology

4.3 FUENTES INTERNAS AL SISTEMA ELÉCTRICO: 85%

Las fuentes internas: representan el 85% de generación de este evento, decimos que la conmutación de cargas provoca estos transitorios, como se aprecia a continuación:

- Cargas inductivas (Motores eléctricos) 7 KV
- Cargas capacitivas (Bancos de condensadores) 7.5 KV
- Cargas Resistivas (Hornos) 12 KV
- Cargas no lineales (SCR's) 1 KV

La modernidad ha traído muchos cambios, la revolución electrónica aun continua y en ese sentido el cambio de dispositivos electromecánicos por el uso de microprocesadores ha sido evidentemente exponencial.

Los efectos, deben tener una consideración especial entre técnicos e ingenieros, esto supone sistemas de mantenimiento basado en la eliminación de razón de fallas.

4.4 EFECTOS DE LOS TRANSITORIOS DE TENSIÓN.

Fuentes de PCs, Discos duros, main boards, tarjetas electrónicas instaladas en PLC's, Variadores de frecuencia, balanzas, equipos de laboratorio, equipos de control y supervisión, equipos biomédicos, de telefonía, UPS's, telecomunicaciones y muchos más son un ejemplo, la perdida estas tarjetas, de programas y software representan altos costos de mantenimiento y lucro cesante, en un tiempo de alta competitividad.

Recordemos que en electrónica es poco probable el mantenimiento planeado (Preventivo y/o Predictivo), un 95% es mantenimiento correctivo de emergencia, muy alto su costo y mayor aun el lucro cesante.

Los transitorios internos son mucho más frecuentes y son normalmente causados por arranques/paradas de máquinas de alto consumo y de tipo inductivo tales como equipos de aire acondicionado, compresores, montacargas, motores, etc.

Tabla N° 6: se observa las categorías determinadas por la IEEE.

Chart 1 Standard 0.5 μ s-100 kHz Ring Wave Voltages and Current Surges Expected in Location Categories A and B Low, Medium and High Exposures Single-Phase Modes: L-N, L-G, and [L&N]-G Polyphase Modes: L-L, L-G, and [Ls]-G				
Location Category	System Exposure	Peak Values		Effective Impedance (Ω)
		Voltage (kV)	Current (kA)	
A1	Low	2	0.07	30
A2	Medium	4	0.13	30
A3	High	6	0.2	30
B1	Low	2	0.17	12
B2	Medium	4	0.33	12
B3	High	6	0.5	12

Chart 2 Standard 1.2/50 μ s-8/20 μ s Combination Wave Voltages and Current Surges Expected in Location Categories B and C Low, Medium and High Exposures Single-Phase Modes: L-N, L-G, and [L&N]-G Polyphase Modes: L-L, L-N, L-G, and [Ls]-G				
Location Category	System Exposure	Peak Values		Effective Impedance (Ω)
		Voltage (kV)	Current (kA)	
B1	Low	2	1	2
B2	Medium	4	2	2
B3	High	6	3	2
C1	Low	6	3	2
C2	Medium	10	5	2
C3	High	20	10	2

De acuerdo con la clasificación de la IEEE, entendamos entonces que:

Categoría C: responde a transitorios que se esperan del servicio público producto de la conmutación en los patios de llaves o plantas de distribución.

Categoría B: aquella donde se encuentran las cargas en los edificios como son: motores eléctricos, compresores, máquinas de soldar, bancos de condensadores, etc., es decir, la producción de los transitorios producto de la conmutación de cargas internas. **Categoría A:** donde tenemos las áreas auxiliares o administrativas y donde esperamos voltajes remanentes o atenuados por la distancia o por la labor de supresores instalados en las categorías anteriores. Veamos como ejemplo los Cuadros N° 2 y N° 3, Información publicada por ANSI/IEEE C62.41 & C62.45.

Tabla N°7: Fuente: ANSI/IEEE C62& C62.45

MEASURED LIMITING VOLTAGE PERFORMANCE AND ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
Model	Circuit Type	MCOV	Peak Surge Current (Amps) Per Mode	Mode	ANSI/IEEE C62.41 & C62.45 Let-Through Voltage Test Results		
					A1	B3/C1	C3
					2kV, 67A 100KHz Ring Wave 270° Phase Angle	6kV, 3kA Impulse Wave 90° Phase Angle	20kV, 10kA Impulse Wave 90° Phase Angle
LA-ST120-1P1	120V, Single Ø (2 wire + ground)	150 L-N 150 L-G 150 N-G	40,000 L-N 40,000 L-G 40,000 N-G 120,000 Total	L-N L-G N-G	40 68 40	420 430 575	670 670 960
LA-ST120-1S1C	120/240V, Split Ø (3 wire + ground)	300 L-L 150 L-N 150 L-G 150 N-G	40,000 L-L 40,000 L-N 40,000 L-G 40,000 N-G 240,000 Total	L-L L-N L-G N-G	72 40 68 40	645 420 430 575	1020 670 670 960
LA-ST120-3Y1	120/208V, 3ØY (4 wire + ground)	300 L-L 150 L-N 150 L-G 150 N-G	40,000 L-L 40,000 L-N 40,000 L-G 40,000 N-G 400,000 Total	L-L L-N L-G N-G	72 40 68 40	645 420 430 575	1060 670 670 960
LA-ST120-1P2	240V, Single Ø (2 wire + ground)	320 L-N 320 L-G 320 N-G	40,000 L-N 40,000 L-G 40,000 N-G 120,000 Total	L-N L-G N-G	88 94 94	645 575 960	1090 1080 1480
LA-ST120-3Y2	277/480V, 3ØY (4 wire + ground)	550 L-L 320 L-N 320 L-G 320 N-G	40,000 L-L 40,000 L-N 40,000 L-G 40,000 N-G 400,000 Total	L-L L-N L-G N-G	96 88 94 94	785 575 575 985	890 1095 1090 1480
LA-ST120-3N2	240V, 3ØΔ (3 wire + ground)	320 L-L 320 L-G	40,000 L-L 40,000 L-G 280,000 Total	L-L L-G	88 94	643 643	1190 1185
LA-ST120-3N4	480V, 3ØΔ (3 wire + ground)	550 L-L 550 L-G	40,000 L-L 40,000 L-G 280,000 Total	L-L L-G	96 39	785 785	1490 1395

Let-Through Voltage Test Environment: Positive Polarity, Time base=1ms. All voltages are peak (±10%). Surge voltages are measured from the insertion point of surge on the sine wave to the peak of the surge. All tests are Dynamic (voltage applied) except N-G which is static (no voltage applied). All tests were performed with 6 inches of lead length outside the device enclosure which simulates actual "as installed" performance.
Single-pulse, surge current testing for all modes at rated currents, is in compliance with NEMA LS 1-1992. Single-pulse, surge current capacities of 200,000 amps or less are determined by single-unit testing of all components within each mode. Present industry test equipment limitations require testing of individual components or sub-assemblies within a mode for single-pulse, surge current capacities over 200,000 amps.

EI

Tabla N°7, muestra la hoja técnica de un producto que indica cuáles son sus voltajes remanentes respecto de la categorización de la IEEE, este nos permite avizorar cuales pueden ser los efectos ulteriores y que es lo que deberíamos hacer para evitarlo; la aplicación entonces de los supresores debe ser en cascada, es decir, ubicar las unidades de modo que los voltajes remanentes cada vez sean menores y con ello, logremos eliminarlos, veamos entonces una segunda unidad en la tabla N° 8.

Cuadro N° 8

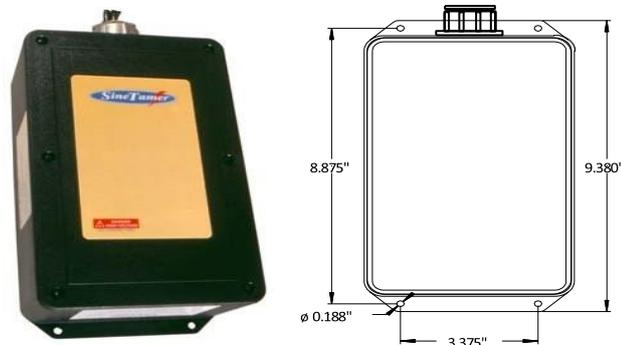
MEASURED LIMITING VOLTAGE PERFORMANCE AND ELECTRICAL SPECIFICATIONS					
Model	MCOV	Mode	ANSI/IEEE C62.41 & C62.45 Let-Through Voltage Test Results		
			A1 2kV, 67A 100KHz Ring Wave 180° Phase Angle	A3 6kV, 200A 100KHz Ring Wave 90° Phase Angle	B3/C1 6kV, 3kA Impulse Wave 90° Phase Angle
			ST-SPT120-15	150 L-N 150 L-G 150 N-G	L-N L-G N-G
ST-SPT120-30	150 L-N 150 L-G 150 N-G	L-N L-G N-G	22V (D) 50V (D) 34V (S)	55V (D) 160V (D) 94V (S)	289V (D) 380V (D) 550V (S)
ST-SPT240-15	300 L-N 300 L-G 300 N-G	L-N L-G N-G	38V (D) 70V (D) 51V (S)	121V (D) 220V (D) 121V (S)	610V (D) 605V (D) 605V (S)
ST-SPT240-30	300 L-N 300 L-G 300 N-G	L-N L-G N-G	38V (D) 70V (D) 51V (S)	121V (D) 220V (D) 121V (S)	610V (D) 605V (D) 605V (S)

*Measured Limiting Voltage (Let-Through) Test Environment: Dynamic (D) or Static (S), positive polarity. All voltages are peak (±10%). Time Base is 1ms. 180° phase angle voltages are measured from the zero crossing, 90° phase angle voltages are measured from the positive peak of the sine wave to the positive peak of the surge indicating actual excess voltage let through. All tests were performed with the device connected in series simulating actual installation.
**Suppressed Voltage Test Environment using test parameters as defined by Underwriters Laboratory: Dynamic (D) or Static (S), Positive Polarity. Time base=10µs. All voltages are peak (±10%), 90° phase angle voltages are measured from the zero crossing to the peak of the surge. All SineTamer products are manufactured exclusively for Energy Control Systems by Surge Suppression Incorporated.

El cuadro N° 8, se muestra que con transitorios de 2000V con 67A se reduce dramáticamente los remanentes; por ello, la determinación de las unidades a utilizar debe pasar por un exhaustivo examen y calificación de las características más saltantes e importantes de los supresores.

Ejemplo de un modelo de supresores de sobretensiones transitorios
Modelo RM-ST60, marca SineTamer

Figura N° 24

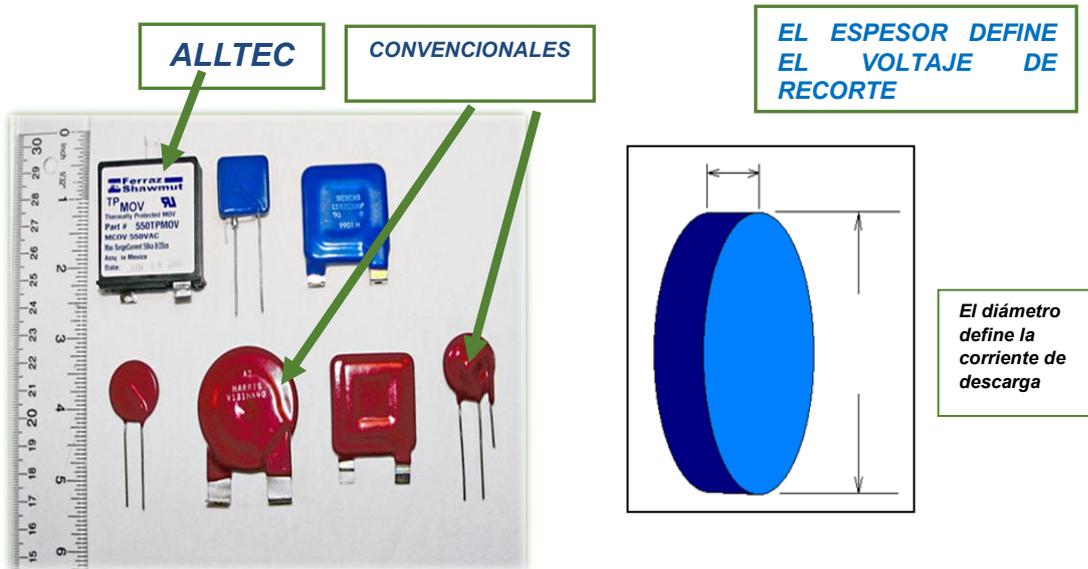


4.5 TECNOLÓGIA DE PROTECCIÓN TPMOV

TPMOV – Varistores de Óxido Metálico con Protección Térmica Integrada.

Los **TPMOV** son varistores de óxido metálico con protección térmica integrada. Estos dispositivos son capaces de eliminar los tipos de fallo habituales en los varistores de óxido metálico estándares. **En su interior, el TPMOV dispone de un dispositivo de supresión de tensión y una unidad de seccionamiento que controla**

el estado del disco de óxido metálico, lo que lo convierte en un dispositivo a prueba de fallos.



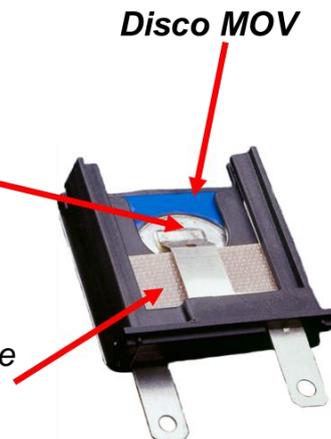
TPMOV – Varistores de Óxido Metálico con Protección Térmica Integrada

Soldadura Eutéctica:

Cuando el MOV detecta una avalancha térmica, alcanza su fusión y libera la protección de arco

Protección contra Arco Eléctrico:

Aislamiento del contacto eléctrico durante y después de fallas debidas a cortocircuitos o eventos de bajo nivel

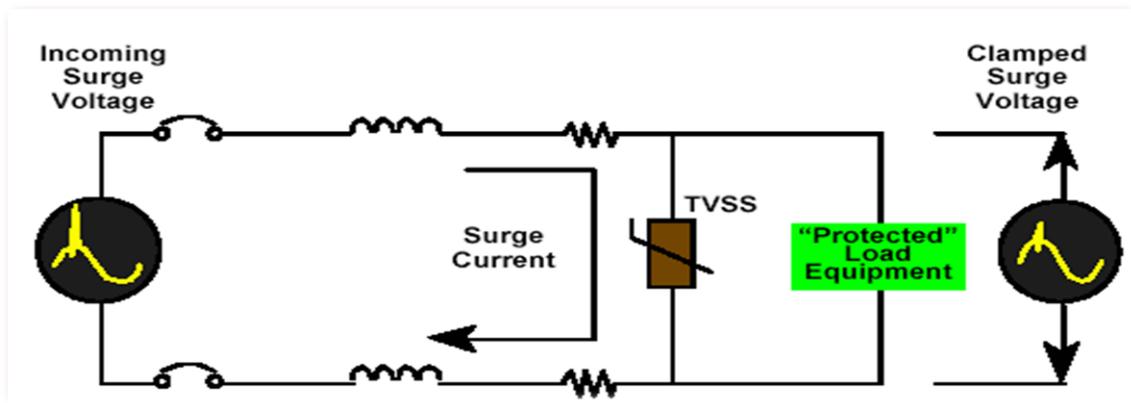


LOS SPD: Surge Protection Device: Fuente: ALLTEC

Los SPD, están conectados en paralelo con la carga y detectan cuando ocurre una condición de sobrevoltaje. el SPD crea un camino momentáneo para redirigir el exceso de energía dañina de manera inofensiva a la tierra física.

Al igual que la válvula de alivio de presión en un sistema de agua, un SPD alivia la presión y luego se restablece.

ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN SPD



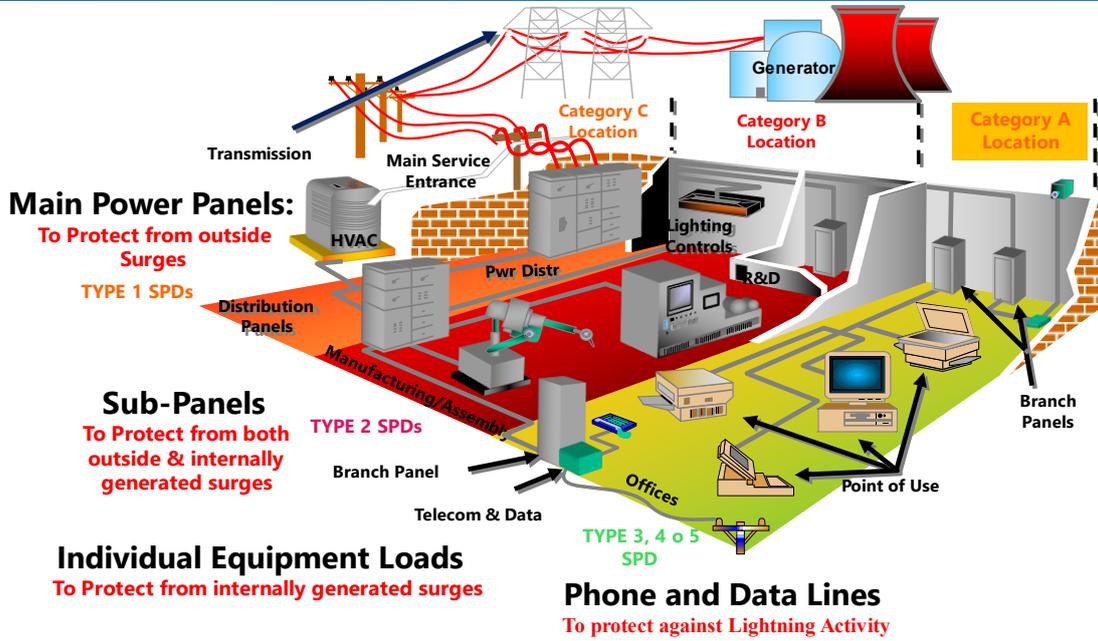
LA INSTALACIÓN ESTÁ DIVIDIDA EN 3 CATEGORÍAS

Categoría C: Acometidas principales, Tableros Principales, equipos HVAC.

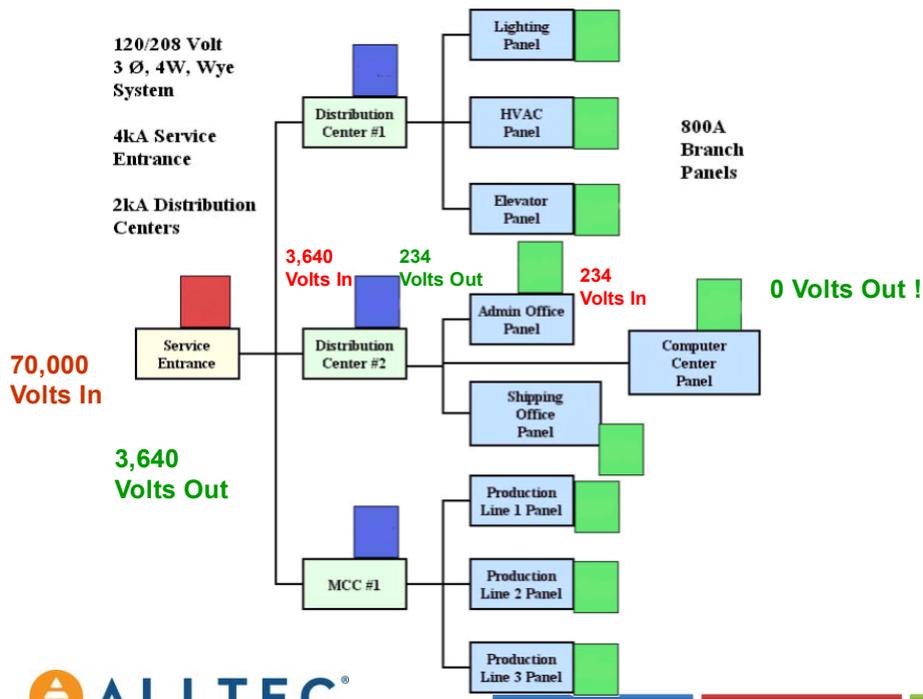
Categoría B: Sub-Paneles o Tableros de Distribución, Centros de Control CCM, Zona de Manufactura o ensamble.

Categoría A: Tableros secundarios Equipos individuales, Oficinas.

PROTECCIÓN CASCADA DPS



FULL SYSTEM COVERAGE



LOS MODELOS: DynaShield® DPS PT-PM & PT-PB

DynaShield® Equipos PT-PM Modular

Equipos robustos diseñado para satisfacer las necesidades exigentes de protección para entornos comerciales e industriales está clasificado como protección Tipo 1 o tipo 2 según estándar ANSI/UL 1449 3ra Edición, para su instalación ya sea al lado de la línea o en el lado de carga de la distribución eléctrica.

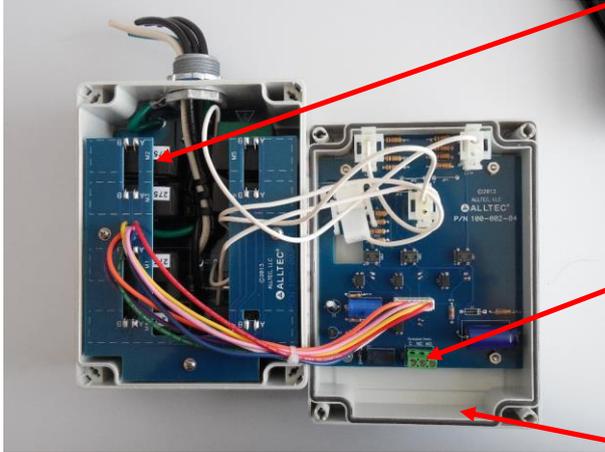
Además, viene con el circuito de respuesta en frecuencia FRC UL 1283 seguimiento de onda como estándar el fin de atenuar tensiones EMI / RFI de ruido hasta niveles de -50dB @ 100KHz, su panel frontal cuenta con LEDs de colores brillantes que indican el estado de protección de cada línea de alimentación protegida.

- Para las configuraciones DELTA se utiliza circuitos de respuesta en voltaje VRC
 - Equipos modulares equipados con módulos de supresión reemplazables
- Tipo de carcasa NEMA 4X estándar
- Consta de indicadores LED para diagnóstico de la unidad
- Consta de Tecnología MOV Protegida térmicamente.
- Tiene alarma audible, Contactos en seco relé, contador de eventos SD
- 20 años de garantía todas las series
- Equipos listado UL

DYNASHIELD® DPS PT-PM



DYNASHIELD® DPS ADS



TPMOV – Varistores de Óxido Metálico con Protección Térmica Integrada

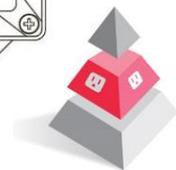
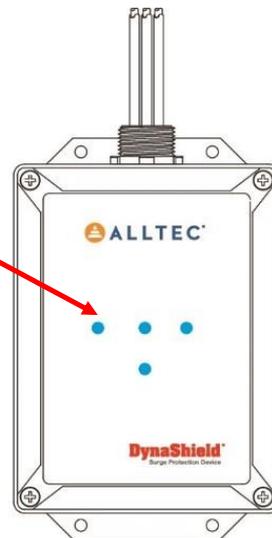
Salidas de contacto seco de alarm

Carcasa NEMA 4X no metálica
(opciones en A. Inox e Intemperie)



DYNASHIELD® DPS ADS

Indicadores tipo LED por fase



AMV PRODUCT FAMILY



Protection from 2,400 Volts to over 24,000 Volts



DIN Rail Products

AC

- UL1449 3rd Edition (ETL), CE, KEMA
- MCOV: 150, 180, 250, 275, 320, 385, 420, 510, 550
- Single, 1+1, 2+0, 3+0, 3+1, 4+0
- Class I, I+II, II, III



DC

- 12V, 24V, 48V, 75V, 110V
- High Power (500V, 600V, 750V, 1000V, 1200V)

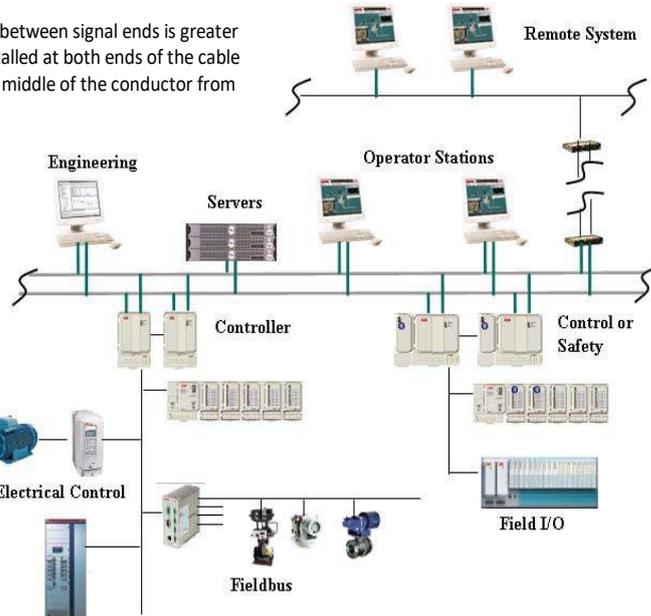
Data Signal

- Some products available with DIN mounting



DATA DISTRIBUTION

As a generalization: if the distance between signal ends is greater than 15 feet, an SPD should be installed at both ends of the cable to prevent surges induced into the middle of the conductor from damaging equipment at either end



UL 497 Listing Categories

Primary Protectors: intended for life safety protection from power line crosses & lightning.

Secondary Protectors: offer better clamping for sensitive electronics



DATA SIGNAL PRODUCTS

The KSB Cube family was designed specifically to meet the rigorous requirements of high speed data links with an extremely high bandwidth. KSB Cube units can protect a wide range of communication systems

Features

- Connection styles include D-sub, BNC, F, RJ11 and RJ45
- DIN mounting solutions are available*
- Desk & Rack mount varieties are available*

Applications

- RS232 / RS422 / RS485
- Bus powered systems
- 10/100 Base T, T1/E1
- Coaxial Video / PTZ
- Satellite
- POTS



KSB RJ Series



KSB LD Series



KSB LB Series



KSB LF Series



KSB LJ Series



Surge Protection Device (SPD) Applications



- 1 DynaShield[®] AMV Series PT-PM Series
- 2 DynaShield[®] PFPB Series ADSx Series
- 3 DynaShield[®] ADSx Series
- 4 DynaShield[®] AD Series KSB Series
- 5 DynaShield[®] ADSx Series KSB Series KSBT Series
- 6 DynaShield[®] KSBT Series KSB Series
- 7 DynaShield[®] KSBT Series
- 8 DynaShield[®] KSBT Series

www.alltecglobai.com ALLTEC | ISO9001:2008 Registered Company | ©2014 ALLTEC



ALLTEC PROTECTION SOLUTIONS



Cuadro N° 9

RENDIMIENTO DE VOLTAJE LÍMITE MEDIDO Y ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS							
Modo	Tipo de circuito	MCOV	Sobrecorriente máxima (amperios) por modofase	Modo	ANSI/IEEE C62.41 y C62.45		
					Resultados de la prueba de voltaje de paso		
					A1 2kV, 67A Onda anular de 100 KHz Ángulo de fase de 270°	B3/C1 6kV, 3kA Onda de impulso Ángulo de fase de 90°	C3 20kV, 10kA Onda de impulso Ángulo de fase de 90°
RM-ST60-1P1	120V, Ø simple (2 hilos + tierra)	150 L-N 150 L-G 150 N-G	20,000 / 40,000	De izquierda a derecha De izquierda a derecha N-G	70 85 60	385 400 565	925 1200 1200
RM-ST60-1S1	120/240V, Ø dividido (3 hilos + tierra)	300 L-L 150 L-N 150 L-G 150 N-G	20,000 / 40,000	De izquierda a izquierda De izquierda a derecha De izquierda a derecha N-G	80 75 85 65	600 410 420 565	1200 914 1200 1200
RM-ST60-3Y1	120/208V, 3ØY (4 hilos + tierra)	300 L-L 150 L-N 150 L-G 150 N-G	20,000 / 40,000	De izquierda a izquierda De izquierda a derecha De izquierda a derecha N-G	80 75 85 65	600 410 420 565	1200 914 1200 1200
RM-ST60-1P2	240V, Ø simple (2 hilos + tierra)	320 L-N 320 L-G 320 N-G	20,000 / 40,000	De izquierda a derecha De izquierda a derecha N-G	96 100 100	560 590 590	1050 1290 1290
RM-ST60-3Y2	277/480V, 3ØY 220/380V, 3ØY (4 hilos + tierra)	550 L-L 320 L-N 320 L-G 320 N-G	20,000 / 40,000	De izquierda a izquierda De izquierda a derecha De izquierda a derecha N-G	135 96 100 100	895 575 575 985	1400 1050 1400 1575
RM-ST60-3N2	240V, 3[] (3 hilos + tierra)	320 L-L 320 L-G	20,000 / 40,000	De izquierda a izquierda De izquierda a derecha	96 100	643 643	1275 1275
RM-ST60-3N4	380V, 3[] 480V, 3[] (3 hilos + tierra)	550 L-L 550 L-G	20,000 / 40,000	De izquierda a izquierda De izquierda a derecha	140 140	915 915	1375 1375

Entorno de prueba de voltaje de paso: polaridad positiva. Base de tiempo = 1 ms. Todos los voltajes son pico (±10%). Las sobretensiones se miden desde el punto de inserción de la sobretensión en la onda sinusoidal hasta el pico de la sobretensión. Todas las pruebas son dinámicas (voltaje aplicado) excepto I4-Q que es estática (no se aplica voltaje). Todas las pruebas se realizaron con 6 pulgadas de longitud de cable fuera de la carcasa del dispositivo, lo que simula el rendimiento real "tal como está instalado". Las pruebas de sobrecorriente de pulso único para todos los modos a corrientes nominales cumplen con NEMA LS 1-1992. Las capacidades de sobrecorriente de un solo pulso de 200,000 amperios o menos son determinadas por pruebas de una sola unidad de todos los componentes dentro de cada modo. Las limitaciones actuales de los equipos de prueba de la industria requieren pruebas de componentes o subconjuntos individuales dentro de un modo para capacidades de sobrecorriente de un solo pulso de más de 200,000 amperios.

GENERAL	
Description:	Dispositivo supresor de sobretensiones transitorias conectado en paralelo que utiliza circuitos de manejo de alta energía y seguimiento de onda sinusoidal para la eliminación virtual de transitorios de tipo impulso y onda anular. (siguiendo activamente la onda sinusoidal de CA)
Application:	Diseñado para uso en ANSI/IEEE Categorías C, B y A con susceptibilidad hasta niveles de exposición medios. Diseñado para proteger cargas sensibles/críticas alimentadas desde paneles de distribución, paneles derivados y/o paneles de equipos individuales. 15 Years Unlimited Free Replacement

UL 1449 2nd Edition, CE compliant, ISO 9001:2000

MECHANICAL	
Enclosure: Mounting:	Plástico ABS de alta resistencia.
Connection Method:	Conexión de conducto de 3/4" (rosca interna) y pies de montaje externos. Cable trenzado #10.
Shipping Weight:	6 libras

Como otro ejemplo: En la Marca Alltec se tiene las siguientes características:
Supresión De Sobretensión DynaShield® ADSx

Circuit Design:	Diseño híbrido conectado en paralelo, fusionado internamente que incorpora protección en todos los modos y utiliza nuestro diseño encapsulado para proporcionar una mayor durabilidad. Todos los circuitos de supresión están encapsulados en nuestro compuesto exclusivo para garantizar una larga vida útil de los componentes y una protección completa contra el medio ambiente y/o las vibraciones.
Protection Modes:	L-N, L-L (Normal Mode), and L-G, N-G (Common Mode). (Seven discrete modes)
Input Power Frequency:	50-60Hz constant
Response Time:	<1 nanosecond
EMI/RFI Noise Attenuation: 30dB Max. from 1kHz to 10MHz	

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de CA (SPD) cableados de la serie DynaShield® ADSx son dispositivos de respuesta rápida diseñados para ofrecer niveles superiores de protección de voltaje en altas corrientes de sobretensión. Los SPD están listados en UL / cUL 1449 4th Edition Tipo 1 y Tipo 2 y **se ofrecen con clasificaciones de sobrecorriente de 50 kA, 100 kA, 200 kA y 300 kA para cumplir con los requisitos de protección más exigentes.** Estos DPS cumplen con los requisitos de la etiqueta maestra de protección contra rayos UL96A (@ 20 kAIn).

Los diagnósticos incluyen LED de estado fáciles de ver y contactos secos para anunciación remota. Los modelos ADSx están enumerados en cUL Tipo 2 y proporcionan circuitos reactivos de frecuencia (FRC) enumerados en UL 1283 de cortesía para atenuar el ruido EMI / RFI hasta -50 dB a 100k Hz. El gabinete estándar de policarbonato NEMA 4X permite la instalación en interiores o exteriores. Los gabinetes resistentes están disponibles en acero pintado NEMA 4 o acero inoxidable NEMA 4X. Infórmese sobre configuraciones adicionales disponibles.

Figura N° 25: Equipos Serie DynaShield® ADSx -ALLTEC Corp Inc.



5. ESTÁNDARES DE SUPRESORES DE TRANSIENTES

Aplicación de supresores de transitorios:

- IEEE Libro Esmeralda - recomendaciones para alambrado de corriente alterna y líneas de datos; protección de dos etapas.
- Lineamientos de IEC.
- NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios).
- Curva CBEMA o curva ITIC (Información del Concejo de Tecnología Industrial) - revisada en 1996).
- Fabricantes de equipo (PLC's, variadores de frecuencia, equipo médico, computadoras, etc.)
- NEMA LS-1 (guía de especificaciones reconocida en la industria para supresores alambrados)

3.1 Factores que deben tomarse en cuenta

- Los procesos basados en microprocesador son afectados por muchos tipos de perturbaciones de energía,
- **No hay un dispositivo de protección único que pueda resolver todos los problemas de calidad de energía.**
- **No hay un dispositivo de protección único que pueda resolver todos los problemas de calidad de energía.**
- **No hay un dispositivo de protección único que pueda resolver todos los problemas de calidad de energía.**

Figura N° 26: Libro Esmeralda IEEE

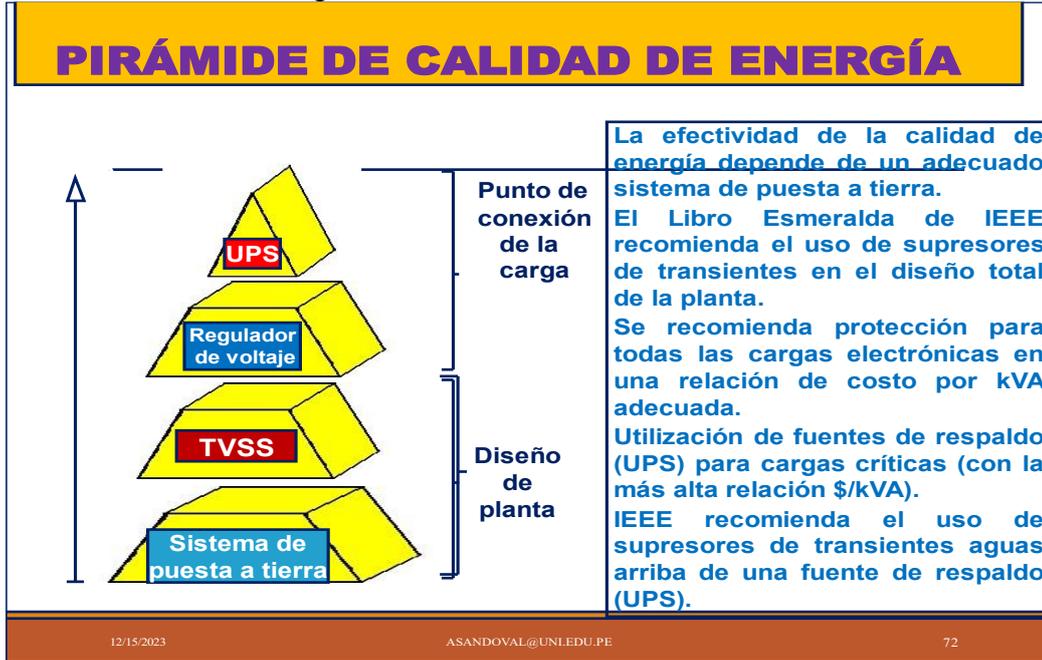
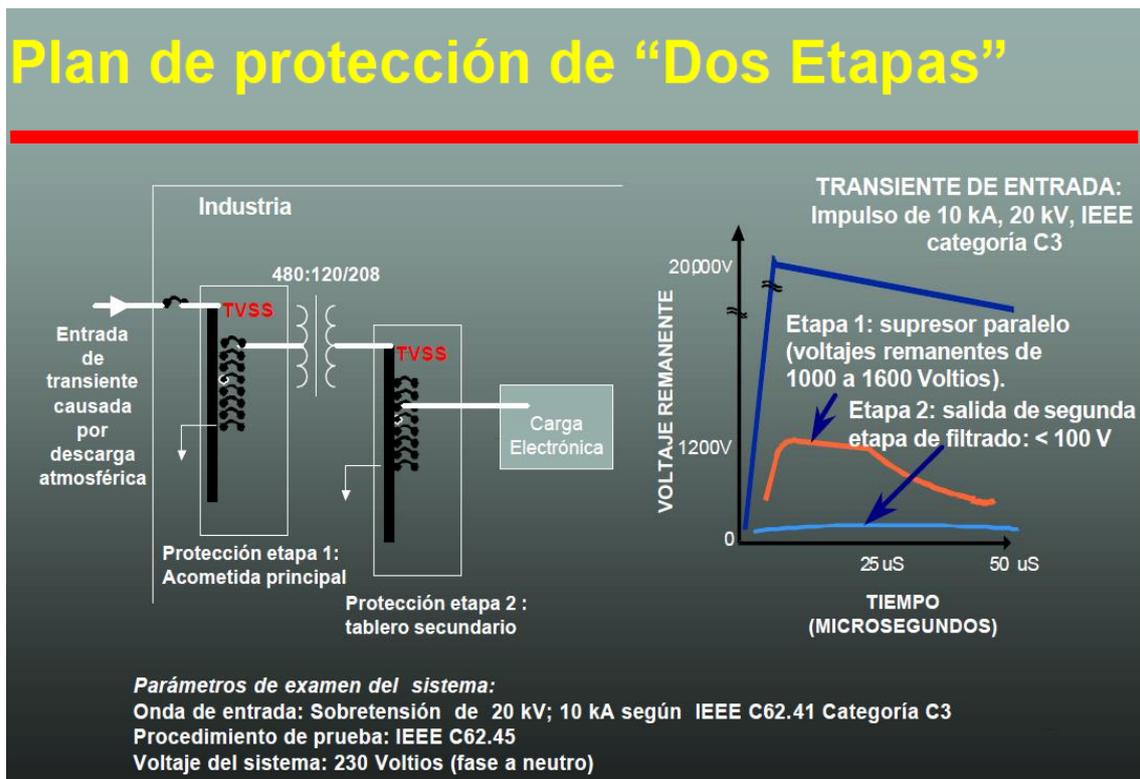


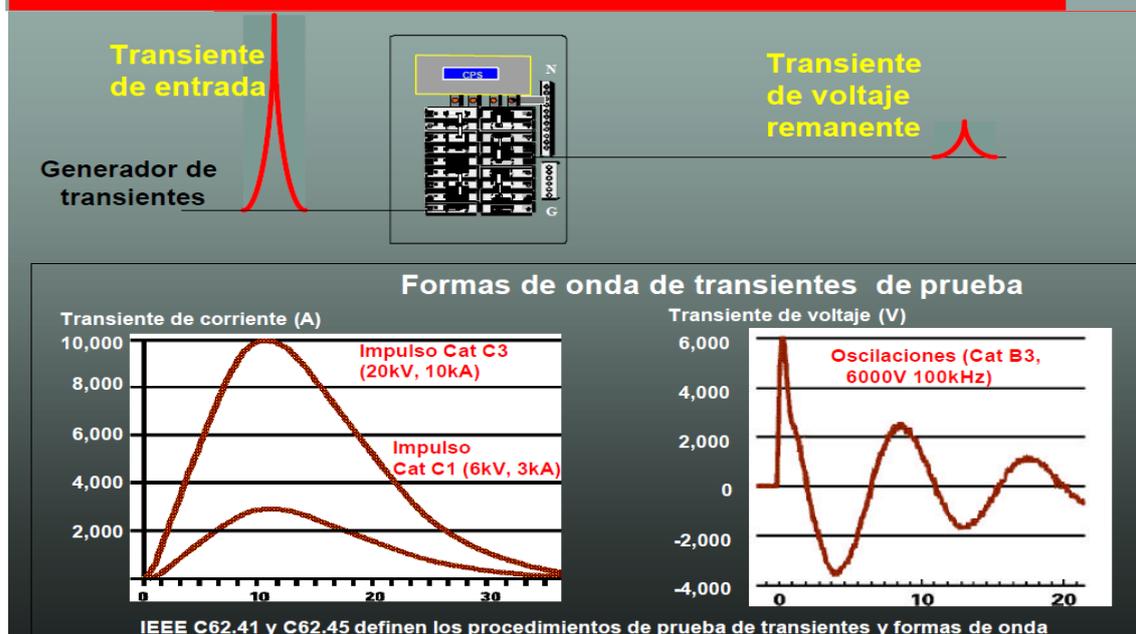
Figura N° 27: Protección de transitorios en dos Etapas



Fuente: EATON.

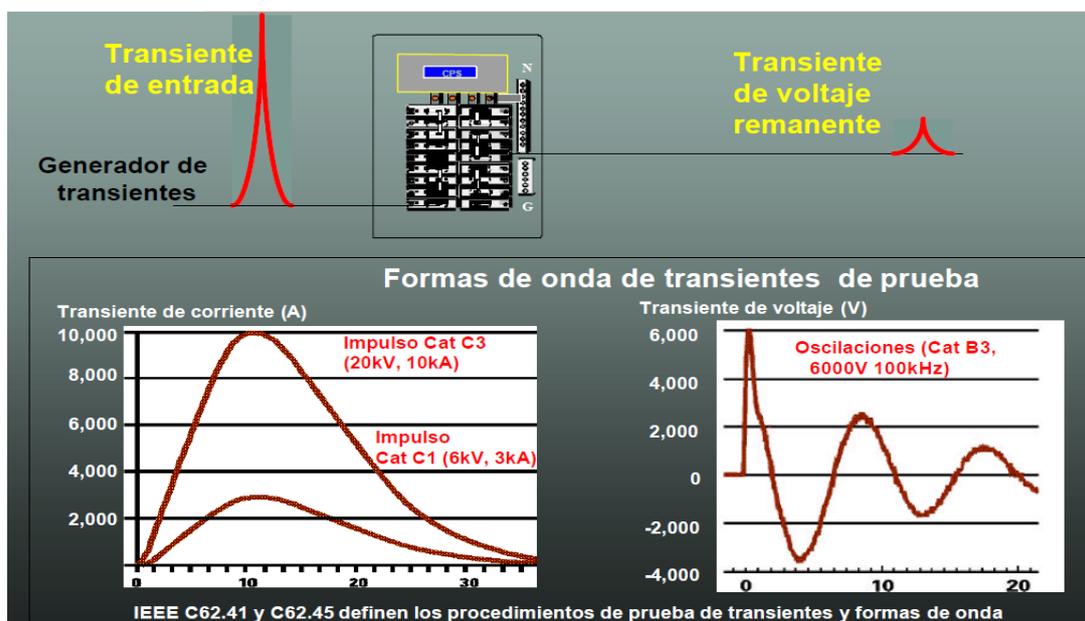
Figura 28: TVSS de picos de corriente

Los supresores reducen picos de corriente y voltajes remanentes de salida



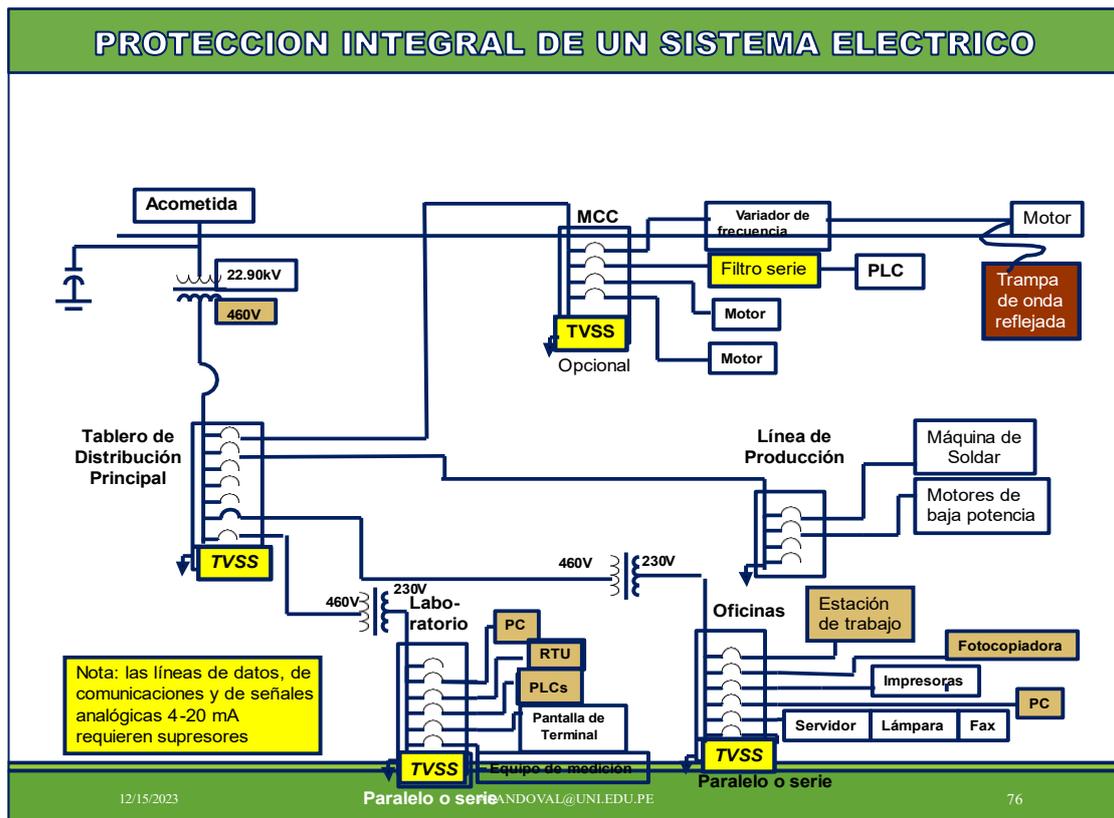
Fuente: EATON

Figura N° 29: Protección contra transitorios de un TG y tensión residual



Fuente: EATON

Figura N°30: Protección Integral



Fuente: EATON

Se estima que entre el **70 y el 85 % de todos los transitorios se generan internamente en la instalación propia** mediante la conmutación de cargas eléctricas tales como luces, sistemas de calefacción, motores y el funcionamiento de los equipos de oficina.

La industria moderna depende en gran medida de los equipos electrónicos y la automatización para aumentar la productividad y la seguridad. Los beneficios económicos de estos dispositivos son ampliamente aceptados. Los ordenadores son habituales y los controladores basados en microprocesadores se utilizan en la mayoría de las instalaciones de fabricación. Los microprocesadores también se pueden encontrar incorporados en muchas máquinas industriales, alarmas de seguridad y de incendio, relojes registradores y herramientas de seguimiento de inventario. Dada la amplia gama de fuentes de transitorios y el costo potencial de la interrupción, el coste de instalación inicial de la protección contra sobretensiones puede verse fácilmente justificado para cualquier instalación.

Como guía, el costo de la protección debe ser aproximadamente el 10 % del costo del riesgo económico de la instalación, entre las fuentes internas de transitorios se tiene:

- ✓ Switcheo de Banco de Capacitores.
- ✓ Arranque de Motores.
- ✓ Bombas.
- ✓ Encendido de Aire Acondicionados.

- ✓ Plantas de Soldar Eléctricas.
- ✓ Descargas Electrostáticas
- ✓ Conexión/desconexión de motores
- ✓ Equipo de proceso de imágenes
- ✓ Fotocopiadoras
- ✓ Equipo médico
- ✓ Impresoras láser
- ✓ Apertura/cierre de interruptores
- ✓ Energización de transformadores
- ✓ Variadores de frecuencia y arrancadores en estado sólido
- ✓ Reguladores de intensidad luminosa
- ✓ Soldadoras de arco

3.2 OPERACIONES DE CONEXIÓN Ó DESCONEXIÓN

- El transitorio de tensión se produce como consecuencia de un cambio brusco de la intensidad que circula por la red derivado de la conexión ó desconexión de cargas.
- En los casos de desconexión, se pueden generar transitorios de forma compleja cuando en el elemento de corte se producen "reinicios" en la extinción del arco eléctrico.
- Conexión ("energización") y desconexión de líneas eléctricas mediante seccionadores ó interruptores.
- Conexión y desconexión de transformadores.
- Conexión de baterías de condensadores.
- Conexión y desconexión de cargas.
- Fusión de fusibles
- Conmutaciones de convertidores electrónicos de potencia.
- Tubos fluorescentes.
- Conexión y desconexión contactores
- Interruptores open/close
- Cortos circuitos
- Variadores de velocidad
- Fotocopiadoras, equipos médicos.

Como ejemplo: un pequeño motor de inducción de 20 HP trabajando a 220V con conexión en estrella almacena en cada fase 39 julios de energía mientras está funcionando; al parar el motor esta energía se transfiere a los equipos situados en su proximidad. Este tipo de transitorio no puede ser además neutralizado por los protectores instalados a la entrada del edificio o en zonas intermedias.

3.2.1 COSTOS ASOCIADOS

Los picos de voltaje causan ruptura de aislamientos eléctricos y daños en tarjetas de control.

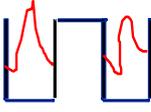
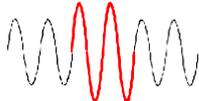
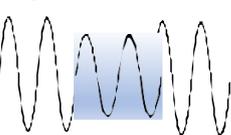
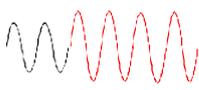
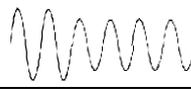
Su efecto es principalmente grave en los circuitos de control electrónico en maquinaria.

Los componentes expuestos repetidamente a transitorios tienen una vida útil promedio menor y a través del tiempo se

pueden llegar a tener un funcionamiento inestable e intermitente por el desgaste acumulado.

- ✓ Daños de flip-flops, triacs y tiristores
- ✓ Destrucción de pistas de tarjetas PCB
- ✓ Pérdida y/o corrupción de datos
- ✓ Fallas en el equipo y maquinaria
- ✓ Degradación a largo plazo de componentes
- ✓ Interrupciones de procesos frecuentes
- ✓ Altos costos de mantenimiento
- ✓ Costos por tiempo de inactividad y paros

Cuadro N° 10: Fuente IEEE P 1100 -1992

TERMINOLOGÍA PARA PERTURBACIONES DE TENSION IEEE P1100- 1992		
TERMINO	DEFINICION	COMENTARIO
1. Calidad de energía	El concepto de energizar y aterrizar equipo electrónico sensible en una manera adecuada para la operación del equipo. (IEEE P1100, Feb 92)	Esta descripción cubre todas las aplicaciones de protección y acondicionamiento de energía. Las soluciones ofrecidas incluyen: supresores de voltajes transientes (TVSS), filtros y reguladores de energía, equipos de aislamiento, UPS, etc
2. Sobrevoltajes; Picos; Transientes 	Una condición de sobrevoltaje (o bajo voltaje), con una duración de menos de medio ciclo del voltaje nominal, que puede ser de cualquier polaridad. (P.E.A.C. SC110)	Detectados sólo por sofisticados analizadores de energía, estos disturbios provocan daños directos o deterioro a los componentes del equipo. Causados por descargas atmosféricas o la conexión y desconexión de cargas. Las soluciones ofrecidas incluyen: supresores de voltajes transientes (TVSS), filtros híbridos.
3. Ruido 	Señales eléctricas no deseadas que producen efectos perjudiciales en circuitos de equipos electrónicos sensibles (IEEE estándar 100).	Se conocen comúnmente como perturbaciones de baja magnitud y alta frecuencia, y afectan la operación del equipo. Creados por motores usados como generador, variadores de frecuencia y otros equipos electrónicos.
4. Transitorio ascendente "Swell" 	Un "incremento" en el voltaje efectivo (120VCA) a la frecuencia normal de la red (60Hz) por una duración desde medio ciclo a varios segundos. (IEEE P1100, Feb 92)	Debido usualmente a la desconexión de grandes cargas (ejemplo. trituradoras o grandes motores) o fallas en el suministro de energía. Perceptible como un aumento de luminosidad en luminarias.
5. Transitorio descendente "Sag" 	Un "descenso" en el voltaje efectivo (120VCA) a la frecuencia normal de la red (60Hz) por una duración desde medio ciclo hasta varios segundos. (IEEE P1100, Feb 92).	Debido usualmente a la desconexión de grandes cargas (ejemplo. soldadoras, capacitores, grandes motores) o fallas en el suministro de energía . Perceptible como un oscurecimiento de las luminarias.
6. Sobre voltaje 	Transitorio ascendente ("Swell") mantenido; con una duración de más de unos segundos (IEEE P1100, Feb 92)	Perceptible en sistemas de iluminación y debido a la desconexión de grandes cargas y fallas en el suministro de energía
7. Bajo voltaje 	Transitorio descendente ("Sag") mantenido; con una duración de más de unos segundos (IEEE P1100, Feb 92)	Perceptible en sistemas de iluminación. Debido al arranque de grandes cargas, fallas en el suministro de energía y un sistema de alambrado deficiente.
8. Interrupción	Pérdida completa de voltaje por un periodo determinado (IEEE P1100, Feb 92)	IEEE no especifica un límite de tiempo.

Fuente: IEEE

3.2.3 ALGUNAS SOLUCIONES

De acuerdo con la Norma ANSI / IEEE C62.41.1

Los factores críticos para un uso y aplicación correcta de un supresor de picos son:

- ❖ **Posición:** El supresor de transitorios (TVSS) se debe instalar tan cerca como sea posible de la maquinaria o tablero a proteger, mientras menor sea la distancia mejor será la protección.

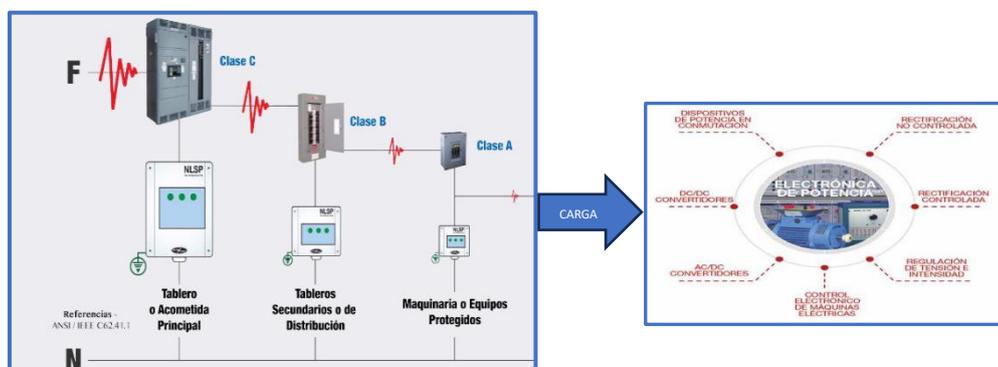
De acuerdo con su posición generalmente se utiliza:

- Para Tableros Principales: **Supresor Clase C: 200 KA / 300 KA**
- En Tableros Secundarios: **Supresor Clase B: 120 KA / 160 KA**
- Al lado de la maquinaria a proteger: **Supresor Clase A: 10 KA / 50 KA / 80 KA**

3.2.4 FUNCIONAMIENTO

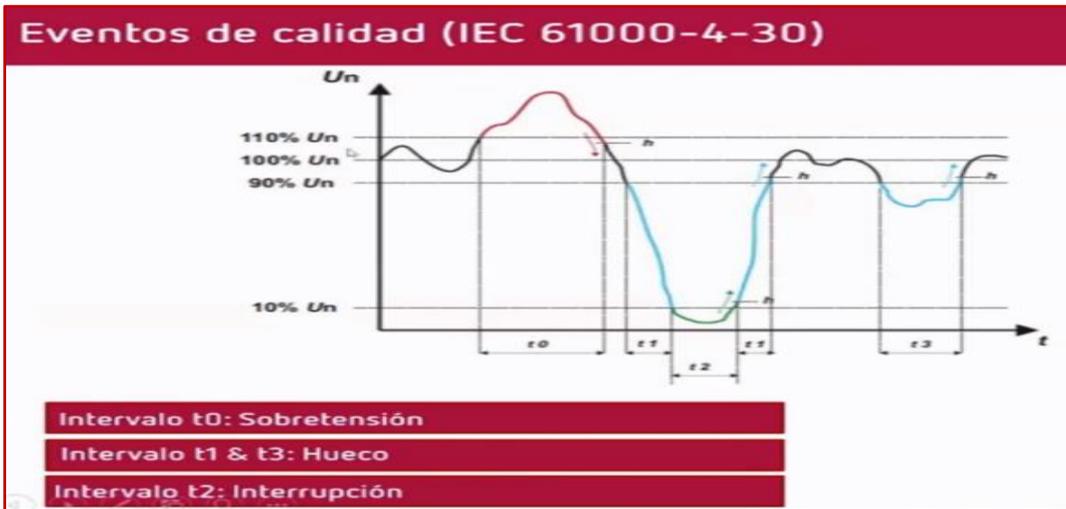
1. Todos los supresores se instalan en paralelo con respecto a la carga a proteger.
2. Cuando surja un transitorio en la línea eléctrica un supresor responderá en nanosegundos creando una ruta de baja impedancia a través de los varistores en su circuito.
3. Ya que el supresor es la ruta de menor resistencia el exceso de corriente fluirá a través de su circuito interno evitando que la mayoría de la energía del transitorio alcance los equipos protegidos.
4. Es importante considerar que ningún supresor puede eliminar el 100% de la energía de los transitorios de voltaje, debido a esto se recomienda una arquitectura tipo cascada figura N° 16, para una protección adecuada.
5. Si la instalación y posición de un supresor de picos es correcta el remanente de energía estará muy por debajo del nivel de daño de los equipos protegidos.

Gráfica N° 28: Arquitectura en Cascada



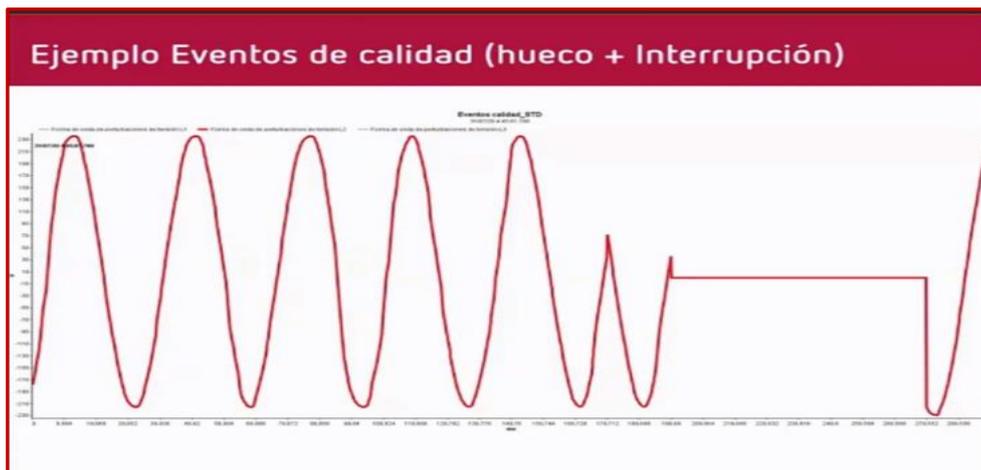
Fuente: Nvent/ERICO

Gráfica N° 29: EVENTOS DE CALIDAD; FUENTE IEC 6100-4-30



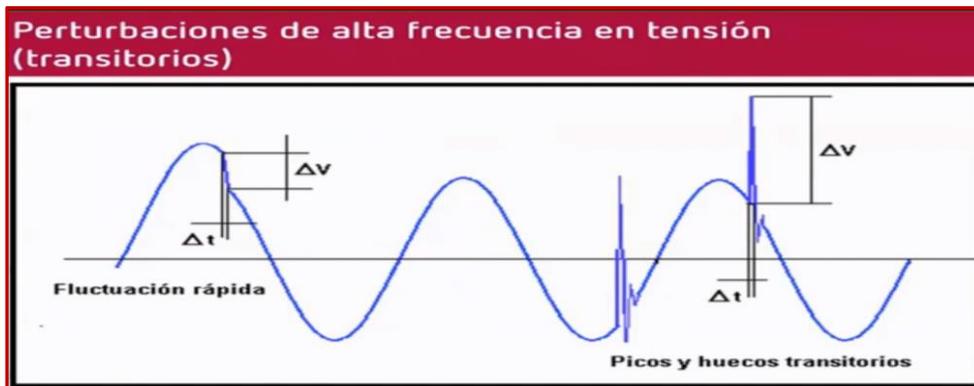
Fuente: IEC

Gráfica N° 30: EVENTOS DE CALIDAD (HUECO + INTERRUPCIÓN); FUENTE IEC 6100-4-30



Fuente: IEC

**Gráfica N° 31: Perturbaciones de alta frecuencia Transitorios:
FUENTE IEC 6100-4-30**



Fuente: IEC

6. PROTECCIÓN INTERNA

5.1 OBJETIVO:

Impedir que cantidades altas de energía alcancen partes vulnerables aterrizando o desconectando el equipo afectado.

IEEE (Libro Esmeralda 1992) recomienda que los dispositivos de protección contra picos sean coordinados en enfoque escalonado o en cascada. IEEE y NFPA 780 dicen que el punto inicial es la acometida. El primer dispositivo de protección contra picos debe colocarse aquí para suprimir un gran porcentaje del evento inicial, es decir, el protector contra picos de primer nivel se coloca en un centro de carga (acometida) para reducir un pico de tensión a un nivel aceptable para dispositivos. Aguas abajo incluyendo dispositivos de protección contra picos más pequeños para manejar cualquier tensión residual, se debe colocar un segundo dispositivo de protección contra picos justo antes de cargas críticas, por ejemplo, el tablero de energía en un centro de cómputo de una industria o edificio. Este enfoque en dos etapas reduce un pico de rayo de 20 kV a picos muy por debajo de 330 volts, que es el límite recomendado impuesto por el IEEE.

Gráfica N° 32. El Enfoque en Dos Etapas según IEEE es Extremadamente Efectivo



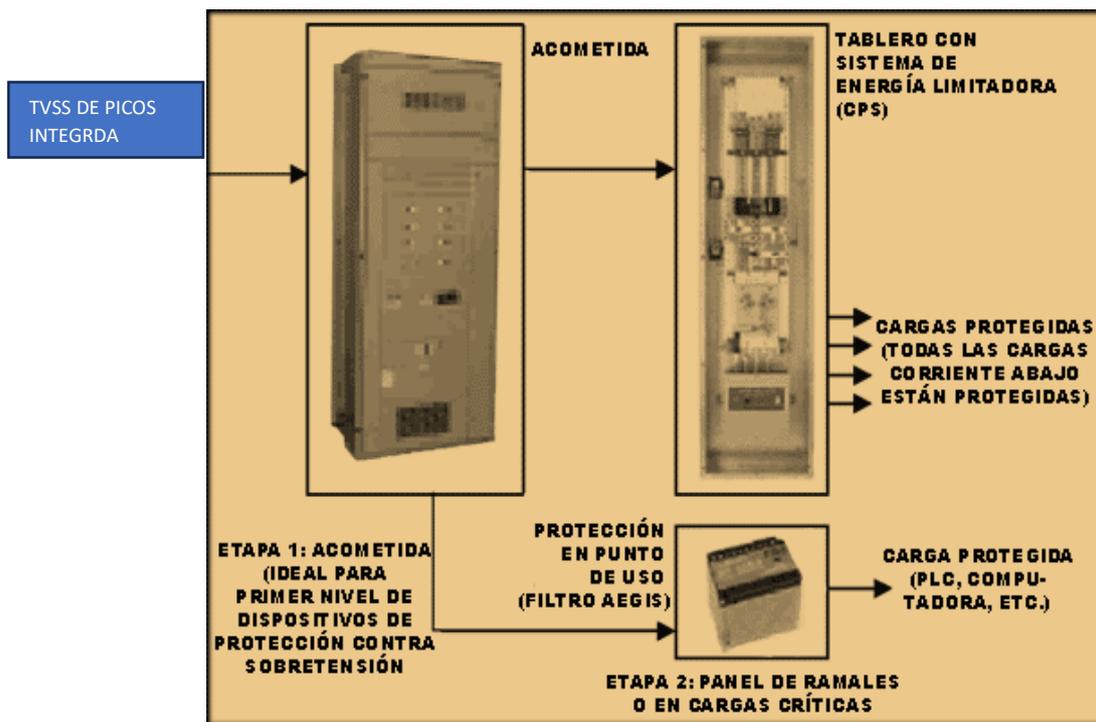
Fuente: EATON

En el caso de una aplicación residencial, la protección de segunda etapa puede tomar la forma de un equipo de protección contra transitorios, es decir, a condición de que ofrezca protección para todas las cargas expuestas: línea de suministro de energía eléctrica CA, líneas telefónicas y/o cable coaxial.

La primera etapa sería un dispositivo directamente instalado en el tablero eléctrico para desviar con seguridad la mayor parte del transitorio de las cargas críticas (electrodomésticos y electrónicos).

En el caso de una aplicación industrial. La primera etapa de protección es ofrecida en la acometida, con un dispositivo de protección contra transitorios integrada en el Switchboard o en el Tablero principal. La protección de segunda etapa puede tomar la forma de un protector de cargas críticas (por ejemplo: un dispositivo de filtración), o bien un dispositivo de protección contra transitorios en el tablero de energía que alimenta las cargas críticas.

Gráfica N° 33. Protección en Dos Etapas en una Aplicación Industrial; EATON



Fuente: EATON

6. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

EVENTOS DE CALIDAD (HUECO + INTERRPCIÓN): FUENTE IEC 6100-4-30

Frente de subida: Tiempo comprendido entre el 10% y el 90% de su amplitud máxima.

Frente de bajada: Intervalo de tiempo comprendido entre la amplitud máxima del impulso y el 50% de esta amplitud en la zona de decrecimiento (cola del transitorio).

Duración: Diferencia absoluta entre los instantes de inicio y final del transitorio. Como antes se ha señalado, oscila entre varios microsegundos y algunos milisegundos.

Valor de pico: Amplitud máxima del transitorio, siendo el orden de su magnitud de 1 a 5 veces el valor nominal de la tensión.

Energía: Capacidad de disipación de potencia del transitorio sobre una impedancia dada. Depende de la duración y del valor de pico.

Cuadro N° 11 : VALORES DE REFERENCIA

Nivel de tensión	Causa	Duración	Frecuencia de oscilación	Valor de pico
Alta (1 kV<V<36 kV)				
	Actuación elementos de corte	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	(*)
	Transferidas de un nivel superior de tensión	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	(*)
	Descarga atmosférica	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	(*)
	Reencendido	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	(*)
Baja (<1 kV)				
	Actuación de elementos de corte	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	$V_p < 1 \text{ kV}$
	Transferidas de un nivel superior de tensión	$t > 100 \mu\text{seg}$	$F < 10\text{kHz}$	$V_p < 1 \text{ kV}$
	Descarga atmosférica	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	$V_p < 5 \text{ kV}$
	Reencendido	$1 \mu\text{seg} < t < 100 \mu\text{seg}$	$10\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$	$V_p < 5 \text{ kV}$

(*) Limitado por el nivel de protección de la red.

Frecuencia de oscilación: Frecuencia asociada a la oscilación amortiguada de un transitorio de forma compleja. Se sitúa por encima de 1 kHz.

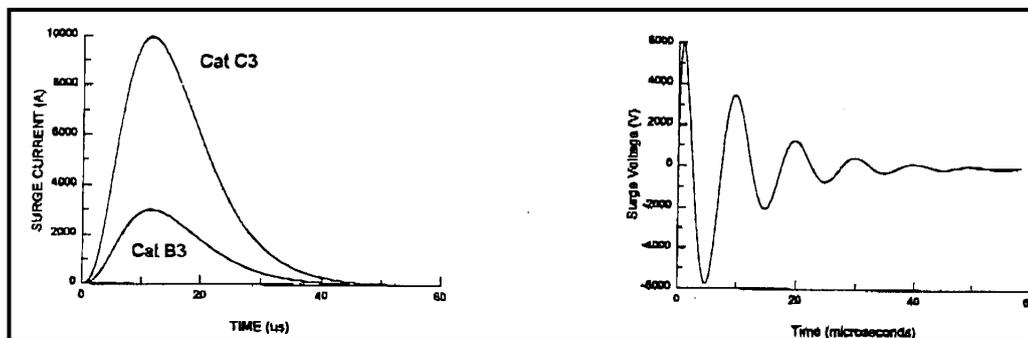
Las sobretensiones transitorias, de acuerdo con la norma UNE-EN 50160, generalmente no sobrepasan los 6 kV de valor de cresta, pero a veces, pueden tomar valores más elevados. El tiempo de subida puede variar desde unos microsegundos a varios milisegundos.

7. NORMAS UTILIZADAS PARA PROTECCIÓN INTERNA:

- UL 1449 (1987)
- UL 1449 (2da. Edición 1996)
- UL 1283 (1996)
- IEEE C62.41 (1991)
- IEEE C62.45 (1992)
- NEMA LS-1
- NEC
- NFPA 780
- NORMAS UL 1449 (1987) Transient Voltage Surge Suppressors (TVSS)
- NORMA UL 1283 (1996) Electromagnetic interference filters. EMI Filters. **Cubre instalación de filtros electromagnéticos en el TVSS a 600V o menos revisando los componentes internos y encerramientos, material de aislamiento, características de flamabilidad, cableado, temperatura, rigidez dieléctrica etc.**

- **ANSI/IEEE C62-41 (1991), Recommended practice on surges voltages in Low Voltage ac circuits.**
Esta es la norma más importante que incluye los parámetros de medición en TVSS.
 - ✓ Formas de onda de voltaje y corriente.
 - ✓ Categoría de localización.
 - ✓ Niveles de exposición.
- **ESTÁNDAR IEEE C62-41: TEST WAVE FORMS**
 - ✓ Ondas combinadas típicas a la entrada.
 - ✓ Onda interna del sistema (ringwave)
 - ✓ La amplitud de la onda depende de: Localización del equipo y el nivel de exposición de disturbio.

Gráfica N° 34: Categorías: IEEE C62-41



- **ESTANDAR IEEE C62-41 LOCATION CATEGORIES**
 - Categoría -A**
Tomas y circuitos a más de **10mts** de Categoría -B. Y más de **20mts**. De Categoría -C.
 - Categoría -B**
Paneles de distribución, barrajes y alimentadores de Distribución, tomas Heavy duty.
 - Categoría -C**
Servicio de entrada al sistema.

8. ANSI/IEEE C62.41 (2002)

Práctica recomendada sobre sobretensiones en circuitos de alimentación de CA de baja tensión (ANSI)

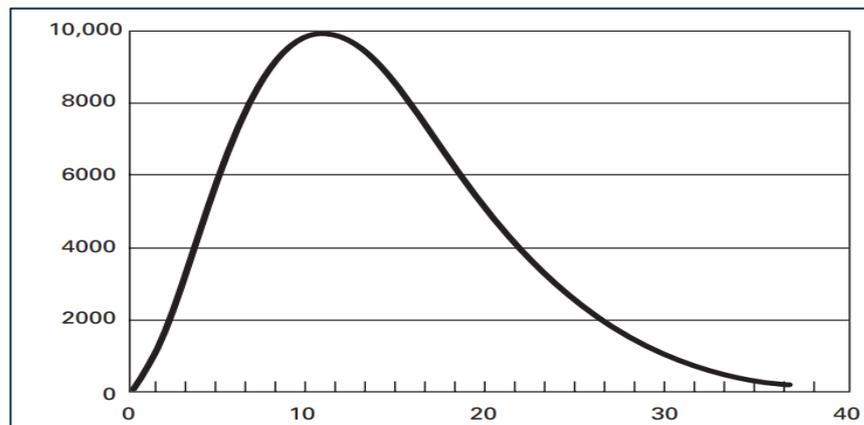
Esta norma describe un entorno típico de sobretensión basado en la ubicación dentro de una instalación, la impedancia de la línea eléctrica a la sobretensión y la longitud total del cable; otros parámetros incluyen la proximidad, el tipo de cargas eléctricas, la calidad del cableado y la ubicación geográfica.

La norma solo describe los entornos de sobretensión típicos y no especifica una prueba de rendimiento, las formas de onda incluidas en la norma están pensadas como formas de onda estandarizadas que se pueden utilizar para probar equipos de protección. **Cualquier declaración en la que un fabricante anuncie que su "protector cumple con el requisito de" o está "certificado según IEEE C62.41", es inapropiada y engañosa.**

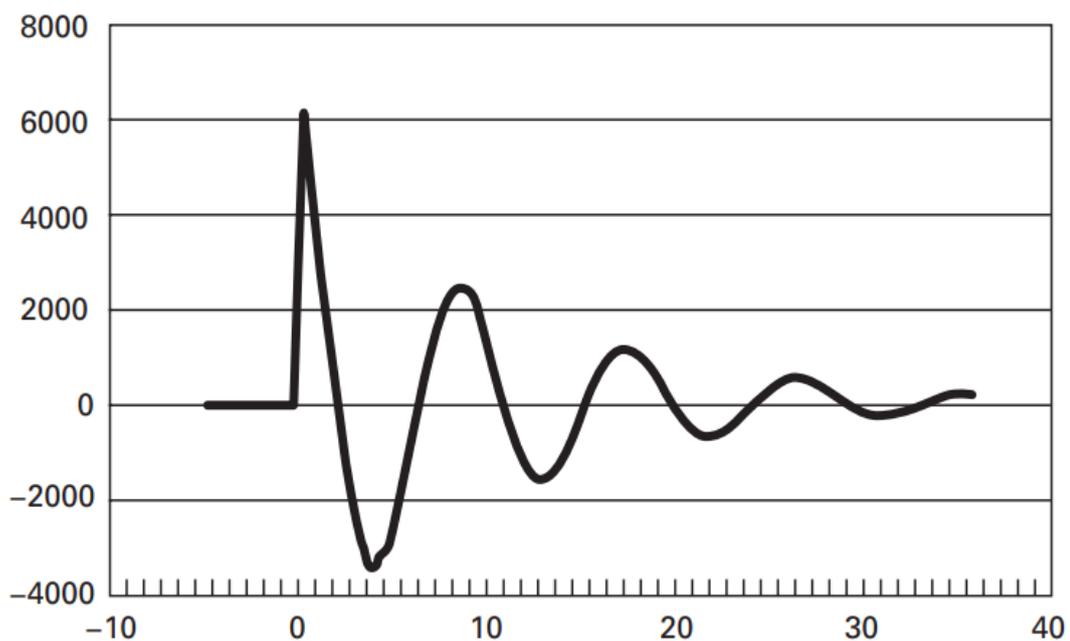
Se identifican dos formas de onda de voltaje/corrientes seleccionadas (ver Figuras 22 y 23) como representativas de entornos eléctricos típicos:

1. **Onda combinada:** un pulso unipolar que ocurre con mayor frecuencia fuera de una instalación (por ejemplo, un rayo)
2. **Onda anular de 100 kHz:** una forma de onda oscilante que se produce con mayor frecuencia dentro de una instalación.

Gráfica 35: Onda combinada



Gráfica 36. Onda anular de 100 kHz



La amplitud y la energía disponible de las formas de onda estándar dependen de la ubicación dentro de una instalación. Como se **muestra en la Figura 36**, las ubicaciones se clasifican en tres categorías:

Categoría A: tomas de corriente y circuitos de derivación larga

- Todos los puntos de venta a más de 10 m (30 pies) de la categoría B
- Todos los puntos de venta a más de 20 m (60 pies) de la categoría C

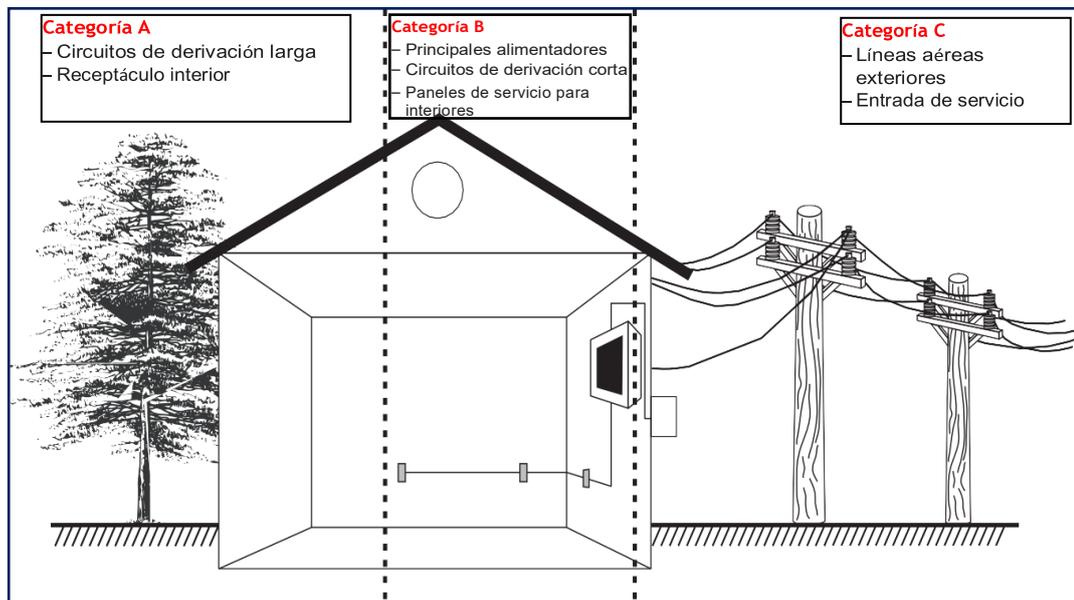
Categoría B: alimentadores y circuitos de derivación corta

- Dispositivos de panel de distribución
- Distribución de buses y alimentadores
- Tomacorrientes de electrodomésticos pesados con conexiones "cortas" a la entrada de servicio
- Sistemas de iluminación en grandes edificios

Categoría C: entradas exteriores y de servicio

- El servicio cae del poste al edificio
- Corre entre el medidor y el panel
- Líneas aéreas a edificios independientes
- Líneas subterráneas para bombear pozos

Gráfica N° 37: CATEGORÍAS DE UBICACIÓN IEEE C62.41



Las sobretensiones de categoría C pueden ingresar al edificio por la entrada de servicio. **Los SPD/TVSS deben tener el tamaño adecuado para soportar este tipo de sobretensiones cuando se instalan en una instalación eléctrica o en el tablero de distribución de la entrada de servicio.**

La segunda variable utilizada para clasificar el entorno de una perturbación eléctrica es la exposición. Como se muestra en la Figura 37, **IEEE ha definido tres niveles de exposición** que caracterizan la tasa de ocurrencia de

sobretensiones frente al nivel de voltaje en un sitio desprotegido. Las tres categorías de exposición incluyen:

- **Baja exposición:** aplicaciones conocidas por su baja actividad de rayos, poca conmutación de carga
- **Exposición media:** sistemas y áreas geográficas conocidos por una actividad de rayos de media a alta o con transitorios de conmutación significativos, o ambos.
- **Alta exposición:** aquellas raras instalaciones que tienen una mayor exposición a sobretensiones que las definidas como baja o media.

9. ¿CÓMO FUNCIONAN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES (TVSS)?

9.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Un dispositivo de protección contra sobretensiones (TVSS) está diseñado para proteger los sistemas y equipos eléctricos de eventos de sobretensión limitando los voltajes transitorios y desviando las corrientes de sobretensión. Las sobretensiones pueden originarse externamente, más intensamente por un rayo, o internamente por la conmutación de cargas eléctricas.

Las fuentes de estas sobretensiones internas, que representan el 65% de todos los transitorios, pueden incluir cargas que se encienden y apagan, relés y/o disyuntores en funcionamiento, sistemas de calefacción, motores y equipos de oficina.

Sin el TVSS adecuado, los eventos transitorios pueden dañar los equipos electrónicos y causar costosos tiempos de inactividad. La importancia de estos dispositivos en la protección eléctrica es innegable, pero ¿cómo funcionan realmente estos dispositivos? ¿qué componentes y factores son fundamentales para su rendimiento?

9.2 ¿CÓMO FUNCIONA UN TVSS?

En el sentido más básico, cuando se produce un voltaje transitorio en el circuito protegido, un TVSS **limita el voltaje transitorio y desvía la corriente de regreso a su fuente o tierra.**

Para que funcione, **debe haber al menos un componente no lineal del TVSS**, que en diferentes condiciones haga la transición entre un estado de alta y baja impedancia.

A voltajes de funcionamiento normales, los TVSS están en un estado de alta impedancia y no afectan al sistema. Cuando se produce un voltaje transitorio en el circuito, el TVSS pasa a un estado de conducción (o baja impedancia) **y desvía la sobrecorriente de regreso a su fuente o tierra.** Esto limita o restringe el voltaje a un nivel más seguro. Después de desviar el transitorio, el TVSS se restablece automáticamente a su estado de alta impedancia.

9.3 CATEGORÍAS O TIPOS DE TVSS

Los dos tipos principales de **TVSS** son los componentes de limitación de voltaje y conmutación de voltaje. Los componentes limitadores de voltaje cambian en impedancia a medida que aumentan los voltajes, lo que resulta en la amortiguación del voltaje transitorio. Los componentes de conmutación de voltaje se "encienden" una vez que se excede un voltaje umbral e inmediatamente caen a una impedancia baja. La mayoría de los sistemas actuales incorporan ambos tipos de componentes juntos para agregar las fortalezas y limitar las debilidades de cada parte individual.

Ejemplos de componentes limitadores de voltaje son los varistores de óxido metálico (MOV) y los diodos de supresión de voltaje transitorio (TVS). Los componentes de conmutación de voltaje incluyen tubos de descarga de gas (GDT) y brechas de chispa.

9.4 CÓMO COMPARAR LAS CATEGORÍAS DE TVSS

Los componentes de sobretensión se pueden comparar en su rendimiento de acuerdo con los siguientes factores.

9.4.1 TIEMPO DE RESPUESTA

El tiempo de respuesta de un componente determinado simplemente significa la rapidez con la que reacciona el componente cuando se supera el umbral de sobretensión. Los componentes limitadores de voltaje, en particular los diodos TVS, tienen tiempos de respuesta más rápidos que los componentes de conmutación de voltaje (es decir, chispas).

9.4.2 CORRIENTE DE SEGUIMIENTO

Esta ocurrencia se limita a los dispositivos de conmutación de voltaje. La corriente de seguimiento ocurre cuando un dispositivo de protección contra sobretensiones no se "apaga" (es decir, vuelve a un estado de alta impedancia) después del evento transitorio debido a la baja caída de voltaje en el componente. Esto permite que la corriente continúe fluyendo a través del dispositivo durante el funcionamiento normal.

Este fenómeno es menos preocupante en los sistemas de CA, ya que el cruce por cero permite que el componente se apague y vuelva a un estado de alta impedancia. Sin embargo, un sistema de CC que utiliza dispositivos de conmutación de voltaje requiere una mayor consideración.

9.4 3 VOLTAJE DE PASO

En caso de sobretensión, la tensión de paso es la cantidad de tensión que el componente permite que llegue al equipo conectado. Para el voltaje de paso, los diodos limitan el voltaje mejor y lo mantienen más bajo, pero esa ventaja está restringida porque los diodos no son tan efectivos para manejar sobre corrientes más grandes.

Un componente que no se mencionó anteriormente como uno de los mejores o peores en cualquiera de estas tres áreas es un MOV, porque los MOV

generalmente se consideran útiles en todas las categorías, operando como un todoterreno, pero no el mejor en una sola.

Tenga en cuenta que la mayoría de los productos TVSS/SPD en el mercado hoy en día son diseños híbridos que son una combinación de múltiples componentes de sobretensión. Estos productos equilibran los pros y los contras de cada componente individual para proporcionar a las instalaciones una protección equilibrada contra varios tipos de sobretensiones.

Características de rendimiento del dispositivo de protección contra sobretensiones que debe conocer

Es útil comprender los componentes individuales de sobretensión, pero lo que impulsa los estándares de los TVSS son los aspectos de rendimiento o las características de cada dispositivo.

9.4.4 DESPUÉS DE IDENTIFICAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA AL QUE SE VA A CONECTAR EL SPD/TVSS, SE DEBEN COMPARAR LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS DISPONIBLES DE LA SIGUIENTE MANERA:

- 1) Tensión máxima de funcionamiento continuo (MCOV). El MCOV es el voltaje máximo que el dispositivo puede soportar y continuar funcionando correctamente. En general, el MCOV debe estar al menos un 25% por encima de la tensión de alimentación nominal, pero se rige por las normas pertinentes. **Por ejemplo, los SPD nVent ERICO diseñados para dispositivos de 120 voltios nominales tienen un MCOV de 170, y para sistemas de 240 voltios nominales, el MCOV del SPD es de 275 voltios nominales.**
- 2) Clasificación de protección de voltaje (VPR) o nivel de protección de voltaje (pico). La clasificación de protección de voltaje y el nivel de protección de voltaje son **clasificaciones definidas por UL e IEC**, respectivamente, que se relacionan con el voltaje de paso del dispositivo. **UL1449 incluye una prueba que aplica una forma de onda combinada de 6 kV/3 kA al dispositivo** y mide el voltaje dejado, determinando la clasificación de protección de voltaje (VPR). IEC 61643-11 tiene una prueba similar y se refiere a ella como nivel de protección de voltaje (Up).
- 3) Corriente nominal de descarga (In) nominal. Se define como el valor máximo de una corriente que se puede conducir a través del SPD/TVSS con **una forma de onda de 8/20 µs** donde el SPD/TVSS sigue funcionando **después de 15 sobretensiones aplicadas**. Según UL 1449, **los fabricantes deben elegir una corriente de descarga nominal de una lista predefinida (3kA, 5kA, 10kA o 20kA) para esta prueba.**
- 4) Estado de la indicación. El indicador de estado, que puede ser un indicador mecánico, un LED o una alarma remota, proporciona un indicador simple de pasa/no pasa.

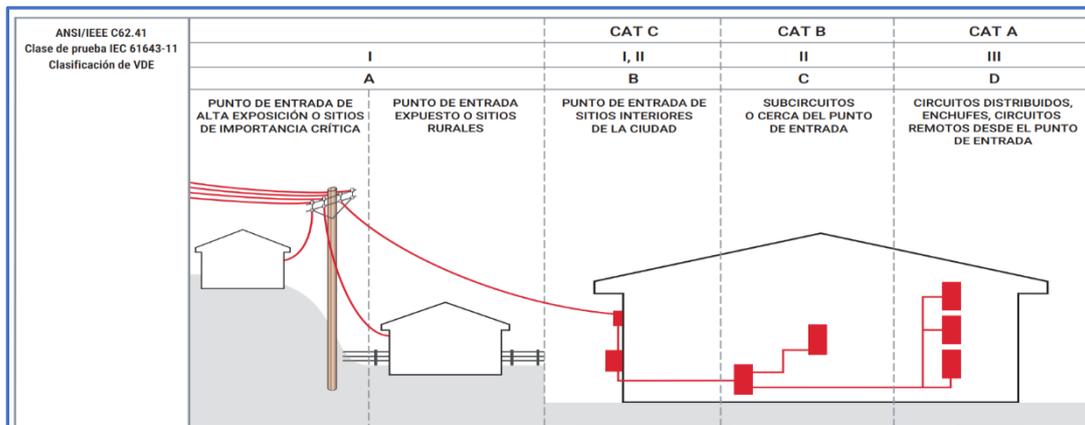
- 5) La clasificación de sobretensión es algo que muchos consideran un factor clave para la especificación SPD/TVSS. Sin embargo: la capacidad de sobrecorriente o clasificación máxima de sobretensión.
- 6) Los fabricantes a menudo enumeran estas clasificaciones como una indicación de la resistencia de por vida del dispositivo o de la sobrecorriente máxima única que el dispositivo puede manejar.
- 7) Aunque estas clasificaciones aparecen en muchos sitios web y hojas de datos de los fabricantes, UL o IEEE no definen estas clasificaciones. **Esto permite a cada fabricante crear sus propios requisitos de prueba (si los hay), lo que en última instancia los convierte en indicadores de rendimiento menos fiables.**

Nota: Existe una prueba de descarga máxima opcional definida en IEC 61643-1

10. CLASES O TIPOS DE SPD/TVSS

Los SPD/TVSS se clasifican por tipo (UL) o clase de prueba (IEC) según los estándares. Las condiciones de prueba para cada tipo y clase de prueba se especifican para evaluar y asegurar el funcionamiento adecuado en diferentes ubicaciones e instalaciones. La clase de prueba recomendada o el tipo de SPD/TVSS depende de la ubicación y considera la vulnerabilidad de la instalación a grandes magnitudes de sobrecorriente y la importancia de limitar el voltaje de paso a la carga que se está protegiendo.

La siguiente Gráfica 38: proporciona las clasificaciones y categorías de los SPD/TVSS según ANSI/IEEE C62.41, IEC 61643-11 y la clasificación VDE.

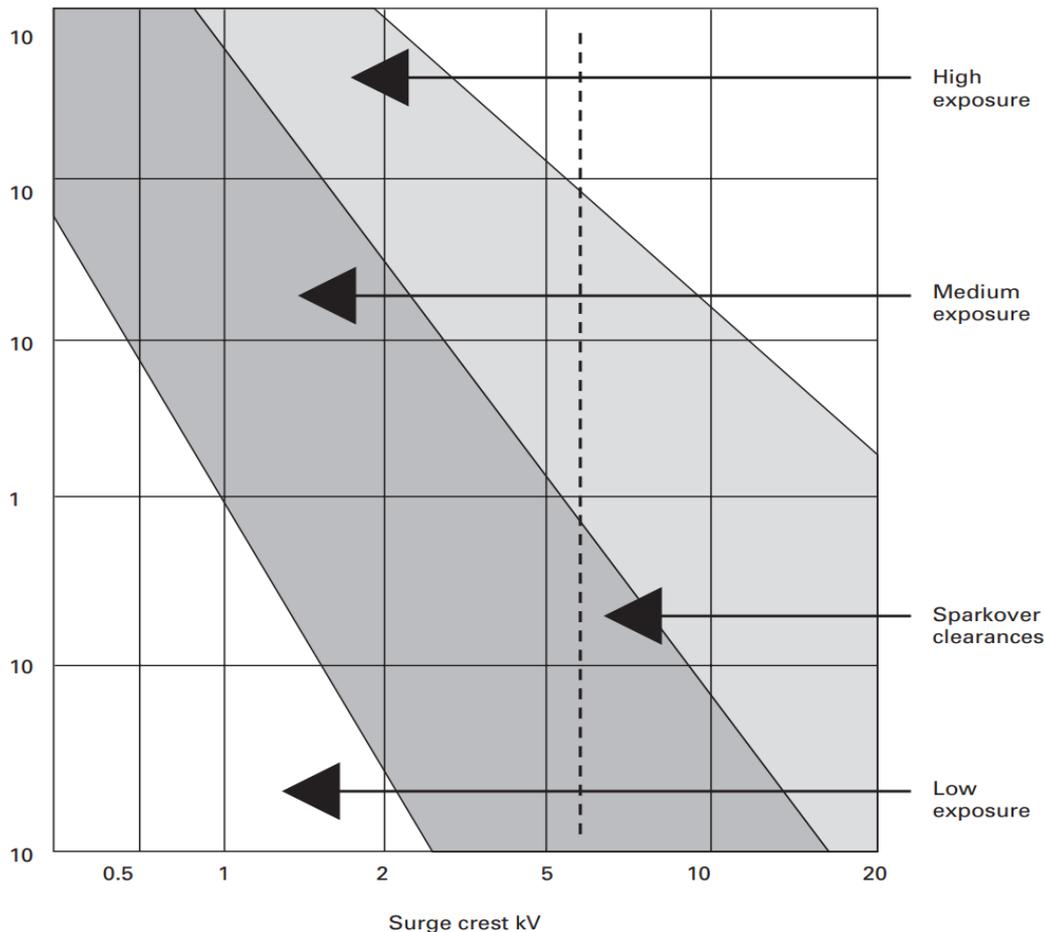


Se recomienda un enfoque coordinado con SPD/TVSS en cascada en toda la instalación. Esto permite seleccionar el SPD/TVSS ubicado en la entrada de servicio principal para manejar las corrientes de sobretensión máximas, al tiempo que permite seleccionar un SPD/TVSS de punto de uso para minimizar el voltaje de paso. Los dos SPD/TVSS trabajando juntos proporcionan la mejor protección a la carga.

En conclusión, los SPD/TVSS están formados por varios componentes, cada uno con sus propias fortalezas y debilidades. Los estándares de la industria proporcionan los niveles de rendimiento que debe cumplir un SPD/TVSS determinado, y la clase o el tipo define la aplicación para la que es adecuado un SPD/TVSS.

Gráfica N° 39: Tasa de ocurrencia de sobretensiones; fuente: ANSI/IEEE C62.41, IEC 61643-11
Number of surges per year

exceeding surge crest of abscissa

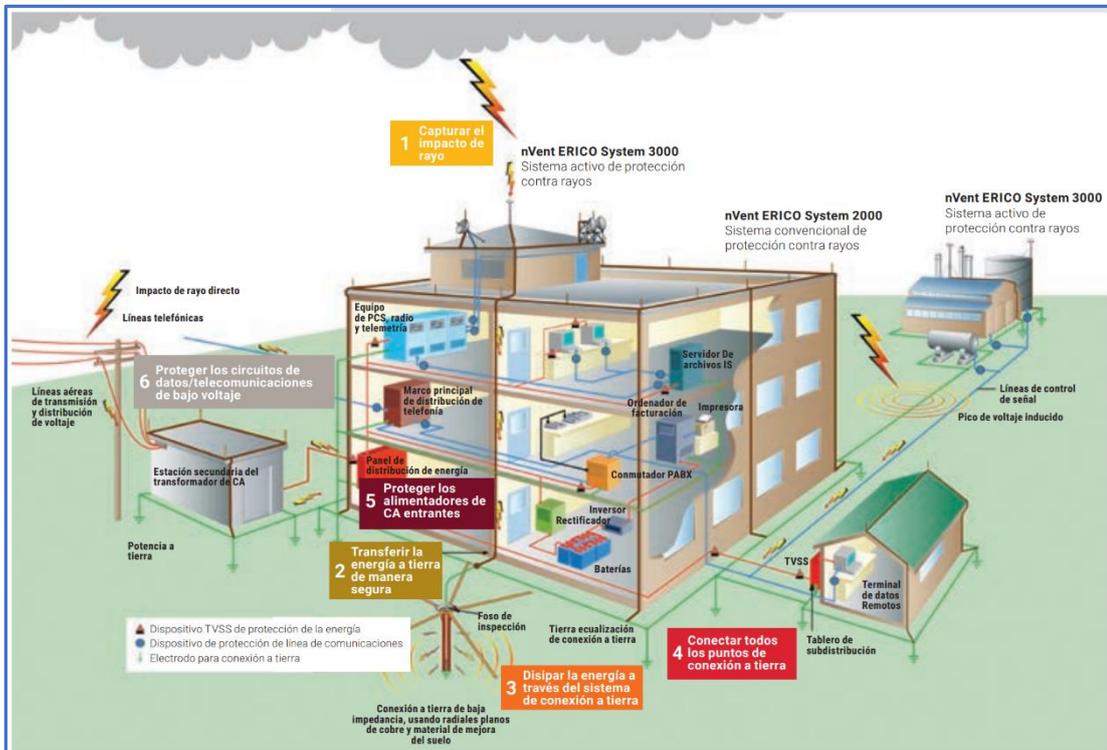


11. EL PLAN DE PROTECCIÓN DE SEIS PUNTOS

1. **Capturar el impacto de rayo:** Capturar el impacto de rayo en un punto de fijación conocido y preferido, utilizando un sistema de terminal aéreo diseñado específicamente.
2. **Transferir esta energía a tierra:** Conducir la energía al suelo a través de un conductor de bajada diseñado específicamente.
3. **Disipar la energía a través del sistema de conexión a tierra:** Disipar la energía a través de un sistema de conexión a tierra de baja impedancia.
4. **Conectar todos los puntos de conexión a tierra:** Conectar todos los puntos de tierra para eliminar los bucles de conexión tierra y crear un plano equipotencial.
5. **Proteger los alimentadores de CA entrantes:** Proteger el equipo contra sobretensiones y transitorios en las líneas de alimentación entrantes para evitar daños en el equipo y costosos paros operativos.

6. **Proteger los circuitos de datos/telecomunicaciones de bajo voltaje:** Proteger el equipo contra sobretensiones y transitorios en las líneas de alimentación entrantes para evitar daños en el equipo y costosos paros operativos.

Gráfica N° 40: PROTECCIÓN DE SEIS PUNTOS SPD/TVSS



Fuente: nVent ERICO

✚ Si las instalaciones de los diferentes usuarios están separadas por menos de 30 metros, los sistemas de conexión a tierra deben unirse.

12. LA HOMOGENEIZACIÓN DE LA MEDIDA DE CALIDAD DE ENERGÍA.

Todos los equipos eléctricos están diseñados para funcionar de forma óptima con un nivel de tensión constante y lo más cercano posible al valor nominal.

Los equipos industriales en su mayoría funcionan con tensión trifásica y requieren niveles de tensión trifásica iguales (equilibrados). La mala calidad de la energía da lugar a un funcionamiento ineficaz e incluso peligroso de los sistemas eléctricos y puede provocar daños en los equipos conectados y riesgos de incendio o cortos circuitos, así como pérdidas de producción y costos financieros adicionales directos.

Por esta razón, el control de la calidad de la energía es cada vez más importante para los sistemas eléctricos modernos y es un elemento clave de la red inteligente del futuro.

Las normas establecen requisitos específicos en términos de la calidad de la tensión, frecuencia y la forma de onda de un sistema eléctrico y su conformidad con las especificaciones establecidas.

13. CARACTERÍSTICAS DE LA TENSIÓN SUMINISTRADA POR LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN IEC 61000-4-30

Esta norma da los límites o los valores de las características de la tensión que todo cliente tiene derecho a esperar, y no da los valores típicos en la red general de distribución.

Esta norma no se aplica en las situaciones de explotación anormales, incluidas en los casos siguientes:

- condiciones que siguen a una avería o condiciones provisionales de alimentación previstas para mantener el suministro a los clientes durante trabajos de mantenimiento o de construcción en la red, o para limitar la extensión y la duración de una interrupción de alimentación;
- no conformidad de la instalación o de los equipos del cliente a las normas aplicables o a los requisitos técnicos de conexión de cargas establecidos, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad, que incluyen los límites de emisión de perturbaciones conducidas;
- no conformidad de los medios de producción a las normas aplicables o a las condiciones técnicas de conexión a la red eléctrica de distribución establecidas, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad (autoproductores);
- condiciones excepcionales, que no son dominadas por el distribuidor, tales como:
 - condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales;
 - hechos provenientes de terceros;
 - decisiones gubernativas;
 - acciones de huelga (sujetas a obligaciones legales);
 - fuerza mayor;
 - interrupciones debidas a causas externas.

Por tanto, es muy importante las mediciones sean realizadas con mucho cuidado, para que estos estudios sean perfectamente comparables, de un fabricante a otro, y de un país a otro.

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha establecido la norma internacional IEC 61000-4-30. Esta norma define los métodos para medir los parámetros de calidad de las fuentes de alimentación de las redes de energía eléctrica, en corriente alterna, a una frecuencia fundamental declarada y cómo interpretar los resultados.

Los métodos de medida se describen para cada parámetro aplicable en términos que proporcionan resultados fiables y repetibles independientemente de la aplicación del método.

Los parámetros de calidad de la energía considerados en esta norma son:

- La frecuencia industrial.
- La amplitud de la tensión de alimentación.
- El parpadeo («flicker»).
- Los huecos y subidas temporales de la tensión de alimentación.

- Las interrupciones de la tensión.
- Las tensiones transitorias.
- El desequilibrio de la tensión de alimentación.
- Los armónicos e Inter armónicos de la tensión.
- Las señales transmitidas en la tensión de alimentación,
- Los cambios rápidos de tensión y
- Las medidas de corriente.

13.1 CLASES DE RENDIMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 61000-4-30

La norma IEC 61000-4-30 define 3 clases de rendimiento, a saber:

- **Clase A** - debe alcanzar el máximo nivel de rendimiento y precisión para lograr resultados reproducibles y comparables.
- **Clase S** - los niveles de precisión son menos estrictos. Los analizadores de calidad de la potencia de **clase S** pueden utilizarse para estudios estadísticos y aplicaciones contractuales en las que no se requieren medidas comparables.
- **Clase B** - esta clase se introdujo en la 1ª y 2ª edición de la norma, para evitar que un instrumento quedara obsoleto. **En esta clase, la norma exigía que el método de medida y la precisión fueran definidos por el fabricante en la ficha técnica del instrumento.**

En la edición 3º de la norma, esta clase de rendimiento se ha reubicado **en el anexo.**

Los usuarios deben equiparse con un instrumento de la clase que necesitan, según su o sus aplicaciones, en función del tipo de problema.

Los parámetros de calidad de la energía que se definen la norma son:

- Frecuencia de la red
- Amplitud de la tensión de alimentación
- Amplitud de la corriente
- El parpadeo (flicker) (relacionado con la norma IEC 61000-4-15)
- Los huecos y sobretensiones
- Cortes de tensión
- Desequilibrio de tensión
- Desequilibrio de la corriente
- **Armónicos de tensión (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)**
- **Armónicos de corriente (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)**
- Inter armónicos de tensión (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Inter armónicos de corriente (relacionados con la norma IEC 61000-4-7)
- Las corrientes portadoras
- Los cambios rápidos de tensión (RVC)
- Registro de la corriente y de la tensión durante lo eventos

Los valores RMS medidos y calculados se basan en varios métodos y tiempos.

En la 3º edición se considera los siguientes parámetros:

- ✓ Cambios rápidos de voltaje
- ✓ Clase de parpadeo F1
- ✓ Magnitud de la corriente

- ✓ Desequilibrio actual
- ✓ Armónicos actuales (por referencia a IEC 61000-4-7)
- ✓ Inter armónicos actuales (por referencia a IEC 61000-4-7)
- ✓ Grabación de corriente junto con tensión durante eventos

13.2 LOS VALORES RMS ACTUALIZADOS POR SEMIPERODO

Se trata de valores de la tensión (o corriente) RMS medidos a lo largo de un periodo, **empezando por un pase por cero de la componente fundamental**, y actualizados cada semiperiodo.

Esta técnica es independiente en cada canal de medida y producirá valores RMS en tiempos sucesivos en cada canal en el caso de redes polifásicas.

Este valor sólo se utiliza para la detección y evaluación de huecos de tensión, sobretensiones temporales de frecuencia de alimentación, cortes y cambios rápidos de tensión (RVC) en la clase A.

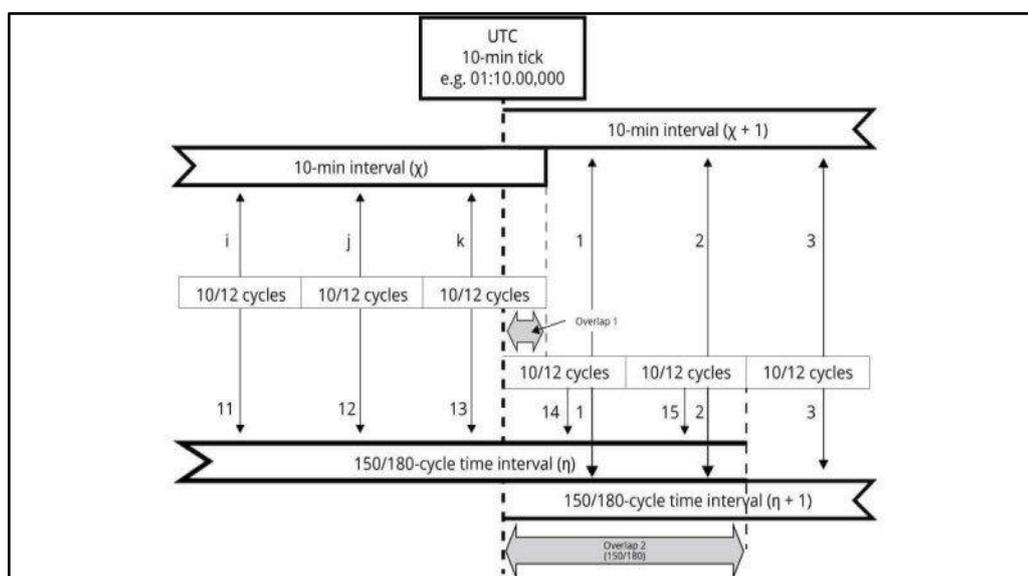
13.3 INTERVALOS DE AGREGACIÓN DE TIEMPO

La clase A IEC 61000-4-30 define varios intervalos de agregación:

- 10/12 ciclos (200 ms) a 50/60Hz respectivamente. El tiempo de intervalo varía con la frecuencia real.
- 150/180ciclos (3 segundos) a 50/60Hz respectivamente. El tiempo de intervalo varía con la frecuencia real.
- **El intervalo de 10 minutos comienza en un tiempo absoluto de 10 minutos**
- **El intervalo de 2 horas comienza en un tiempo absoluto par 2h.**

En la 2ª edición de la técnica de resincronización estándar se introdujo para alinear las agregaciones basadas en frecuencia (10/12 ciclos, 150/180 ciclos) con agregaciones basadas en tiempo (10min y 2 horas). **La resincronización ocurre exactamente cada 10 min absoluto y la desviación del bloque de 10/12 ciclos se superponen como se ilustra en la figura N° 41.**

Gráfica N° 41

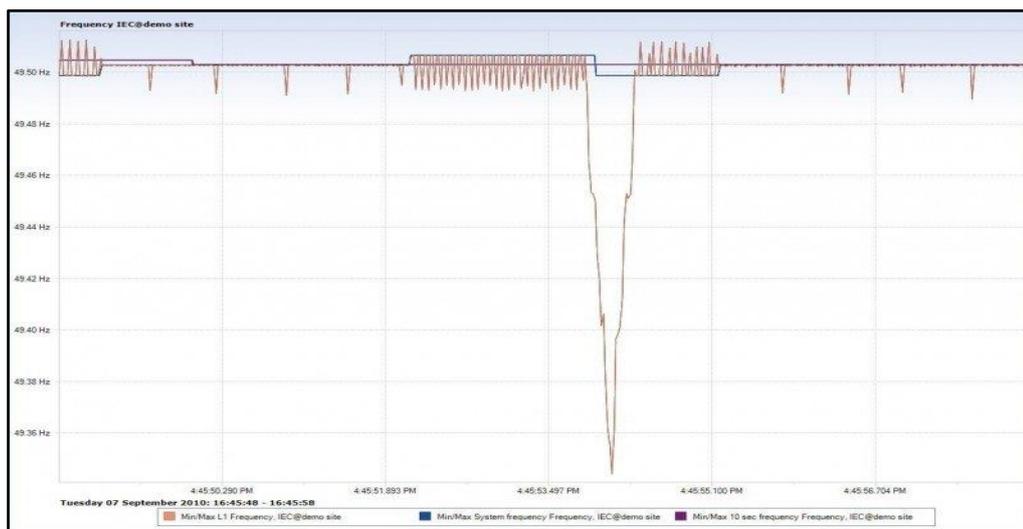


Sincronización de intervalos de agregación para la clase A: Fuente: IEC 61000-4-30

13.4 EJEMPLOS DE REQUERIMIENTOS PARA CLASE A SEGÚN LA IEC 61000-4-30 FRECUENCIA DE LA POTENCIA

La resolución de medición de la frecuencia de potencia se establece en 10 segundos con tolerancia de 10 mHz sobre rangos de medición de 42,5 – 57,5Hz/51 – 69Hz a 50/60 Hz respectivamente. Los intervalos de agregación no son obligatorios para esta sección. En algunas aplicaciones, la resolución requerida no es suficiente y se requiere una resolución más alta, ya que se requieren 1ciclo (generación de energía), 10/12 ciclos (turbinas eólicas) y 1 segundo (en alguna norma nacional). En la figura N° 42 muestra variaciones de lectura de la misma señal medidas en diferentes resoluciones:

Gráfica N° 42



Nótese que la **IEEE C37.118.1** sugiere un método diferente para el cálculo de la frecuencia de potencia a una mayor resolución.

13.5 MAGNITUD DEL SUMINISTRO DE TENSIÓN

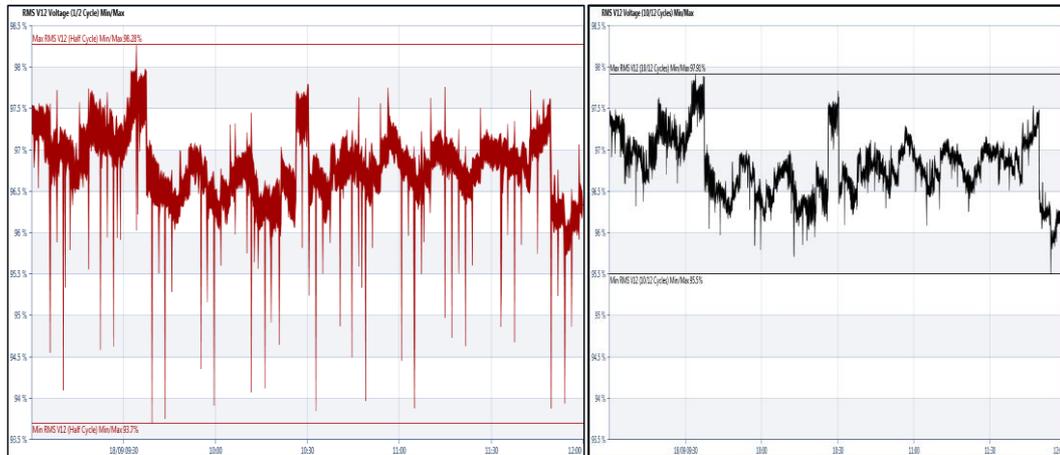
La magnitud de la tensión de alimentación es el intervalo de tiempo de los valores RMS sobre 10/12 ciclos (200msec) para un sistema de alimentación de 50/60 Hz respectivamente. También se requieren agregaciones de 150/180 ciclos (3 segundos), 10 minutos y 2 horas. La incertidumbre de medición se establece en 0,1% de Udin (la tensión de entrada declarada) en el rango de 10 – 150 % de Udin.

Es importante tener en cuenta que la norma no especifica ningún requisito para la resolución de grabación. **Por lo tanto, es muy importante mirar las especificaciones del fabricante para verificar su capacidad de grabación.** En un PQA típico (Power Quality Analyzer) **sin una grabación de forma de onda continua**, el período de grabación depende de la resolución de grabación. **Por lo tanto, la grabación de 1 semana se puede hacer sólo a 10min resolución. Aumentar la resolución a 10/12 ciclo acortará el período de grabación a unos pocos minutos solamente.**

También es importante tener en cuenta que este método de medición se utiliza para señales cuasi estacionarias y no para la detección de eventos de calidad de energía tales como caídas (Sags), oleajes, interrupciones, transitorios y RVC (Cambios rápidos de voltaje).

En el ejemplo siguiente (figura N° 32): el lado izquierdo muestra valores de 1/2 ciclo RMS (coloreados en rojo), el lado derecho muestra valores RMS de 10 ciclos (coloreados en negro), ver la influencia de la resolución en las salidas de medición:

Gráfica N° 43



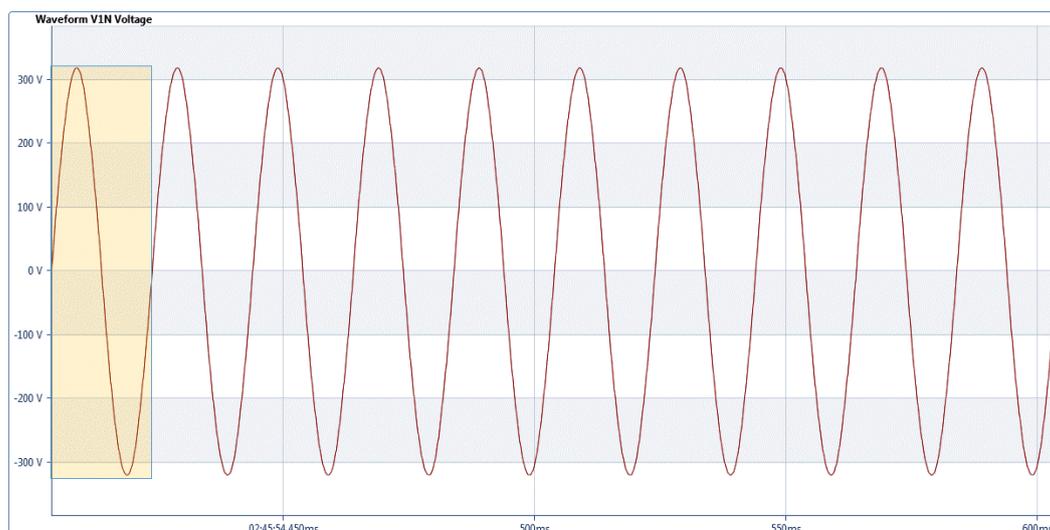
Fuente: PMI

13.6 EVENTOS DE CALIDAD DE ENERGÍA

Dips (Sags), swells, interruptions, transient and RVC events must be measured in a sliding window of 1 cycle width updated every 1/2 cycle and synchronized to zero crossing as illustrated below:

Las caídas (hundimientos), aumentos, interrupciones, eventos transitorios y RVC deben medirse en una ventana deslizante de 1 ciclo de ancho, actualizada cada 1/2 ciclo y sincronizada con el cruce por cero, como se ilustra Gráfica N°33 a continuación:

Gráfica N° 44



Fuente: PMI

La evaluación de eventos se realiza mediante dos parámetros: desviación de tensión de la tensión de referencia y duración.

El estándar IEC 61000-4-30 no especifica lo que se debe grabar cuando ocurre el evento o la duración de la grabación antes y después del evento.

Al mirar las especificaciones de los fabricantes es importante entender cuáles son las capacidades de grabación del instrumento. Por ejemplo, los PQA de bajo costo sólo registrarán el URMS(1/2) de la fase realizada durante una duración muy corta, mientras que los analizadores más avanzados registrarán tanto el URMS(1/2) como el IRMS(1/2) de todas las fases (tanto fase a fase como fase a tierra) . Además, en muchos casos es importante registrar la señal de forma de onda en sí antes durante y después del evento. En este caso, es importante entender cuáles son las capacidades de resolución de grabación de forma de onda y cuánto tiempo puede mantener dicha grabación de alta resolución.

Tener un analizador de calidad de energía con una grabación de forma de onda continua elimina la necesidad de establecer cualquier disparador o umbral para capturar el evento y grabar tanto RMS1/2 como forma de onda a alta resolución continuamente.

14. CONCLUSIONES.

Un SPD y un TVSS o supresores de picos de tensiones, sólo filtra y elimina transitorios de tensiones, otros problemas de calidad de energía deben ser resueltos con otros dispositivos.

15. BENEFICIOS

- Reducción de costos por fallas.
- Averías y mantenimiento.
- Reduce los costos por pérdida y corrupción de datos.
- la adquisición de un supresor de picos es una inversión que mantendrá de manera segura y protegida su equipo y maquinaria eléctrica contra todo tipo de transitorios de tensión.

BIBLIOGRAFÍA:

- ✚ **ALLTEC: Grounding and Bonding Solutions; solutions, Lighting Protection**
- ✚ **Guía de Eaton para la supresión de sobretensiones**
- ✚ **Catálogo de productos NVENT/ERICO**
- ✚ **UNE-EN 61000-4-30: Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 4-30: Técnicas de ensayo y de medida**
- ✚ **IEEE Libro Esmeralda**
- ✚ **PMI**
- ✚ **IEEE**
- ✚ **IEC.**