

TIPOS DE CONDENSADORES: DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA

Jon Izkue Rodriguez

Product Management - Capacitors and Resistors

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

INFORMACIÓN SOBRE EL WEBINAR

Estarás en silencio durante la presentación

Puedes escribir preguntas en el chat en cualquier momento y serán respondidas al final

Duración: 45 Min

Preguntas: 15 Min

Otro tipo de preguntas?

Sugerencias para otros webinars?

Escribe a webinarteam@we-online.com

Próximas presentaciones en www.we-online.de/webinar

Presentaciones pasadas en nuestro canal de youtube:

Würth Elektronik Group youtube.com/c/wuerthelektronik



AGENDA

- El condensador eléctrico
- Tipos de condensadores
 - Condensadores cerámicos multicapa (MLCC)
 - Condensadores de película (Film)
 - Electrolíticos de aluminio
 - Supercondensadores (EDLC)
- Conclusión
- Preguntas



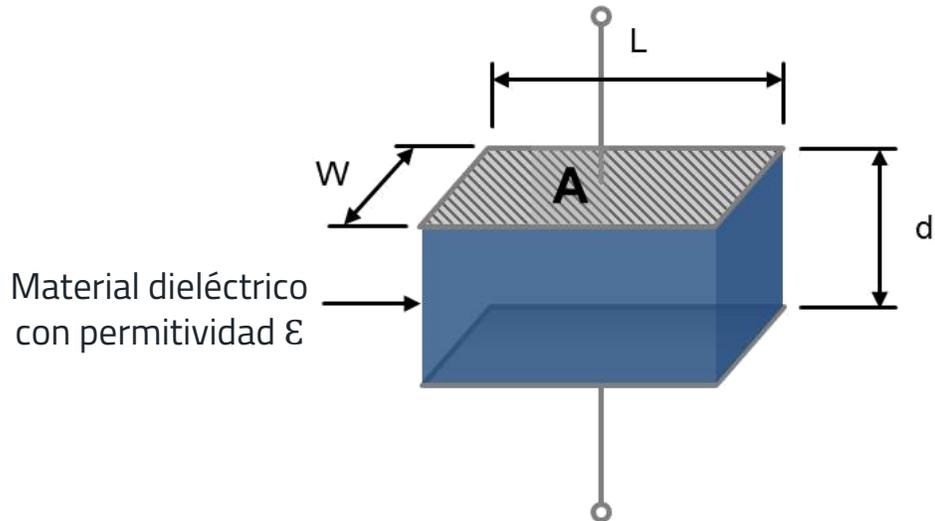
EL CONDENSADOR ELÉCTRICO / CAPACITOR

Teoría – construcción

- El condensador de placas paralelas

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \epsilon * \frac{A}{d} = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{A}{d}$$



C – Capacitancia [F]
A – Superficie [m²]
d – Distancia entre platos [m]
ε – Permitividad eléctrica
(antiguamente, constante dieléctrica)

ε₀ – Permitividad absoluta o de vacío
(Es una constante física:
*8.854 1878 188(14) * 10⁻¹² F·m⁻¹,
dada por la Ley de Coulomb*)

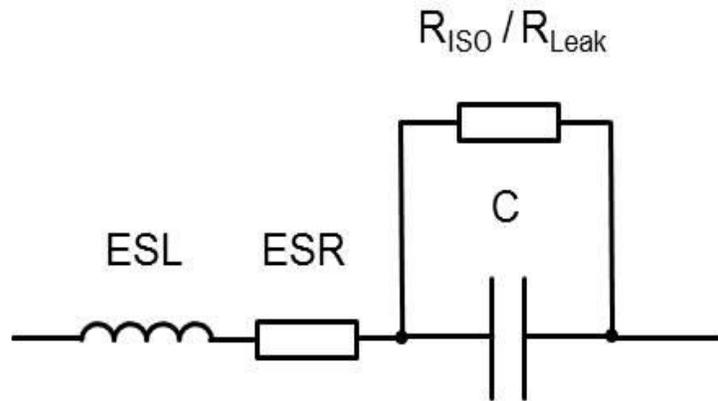
ε_R – Permitividad relativa del material

Material	relative Permittivity – (ε _R) (typical values @20°C)
Vacuum	1
Air	1,00059
Paper	1,6...2
Paraffin paper	2
Polystyrene	2,3
Polypropylene	2,5
Polyethylene	2,5 ...4,5
Glass	5
Aluminumoxide	9,3
Tantalumpentoxide	26
Niobiumpentoxide	42
Ceramic Class 1	10...500
Ceramic Class 2	700...>100000

EL CONDENSADOR ELÉCTRICO

El circuito equivalente

- Los componentes reales tienen un comportamiento no ideal
- El circuito equivalente es "solo" un buen modelo
- Compuesto por componentes parásitos:



Capacitancia

- Acumula energía en el campo eléctrico
- Se mide a bajas y medias frecuencias

ESR: Resistencia Equivalente en serie

- Modela pérdidas óhmicas en electrodos y dieléctrico
- Provoca una caída de tensión cuando fluye corriente (carga y descarga)

ESL: Inductancia equivalente en serie

- Depende de las interconexiones entre electrodos, terminales y PCB
- Se mide a altas frecuencias

Riso: Resistencia de aislamiento / de fuga

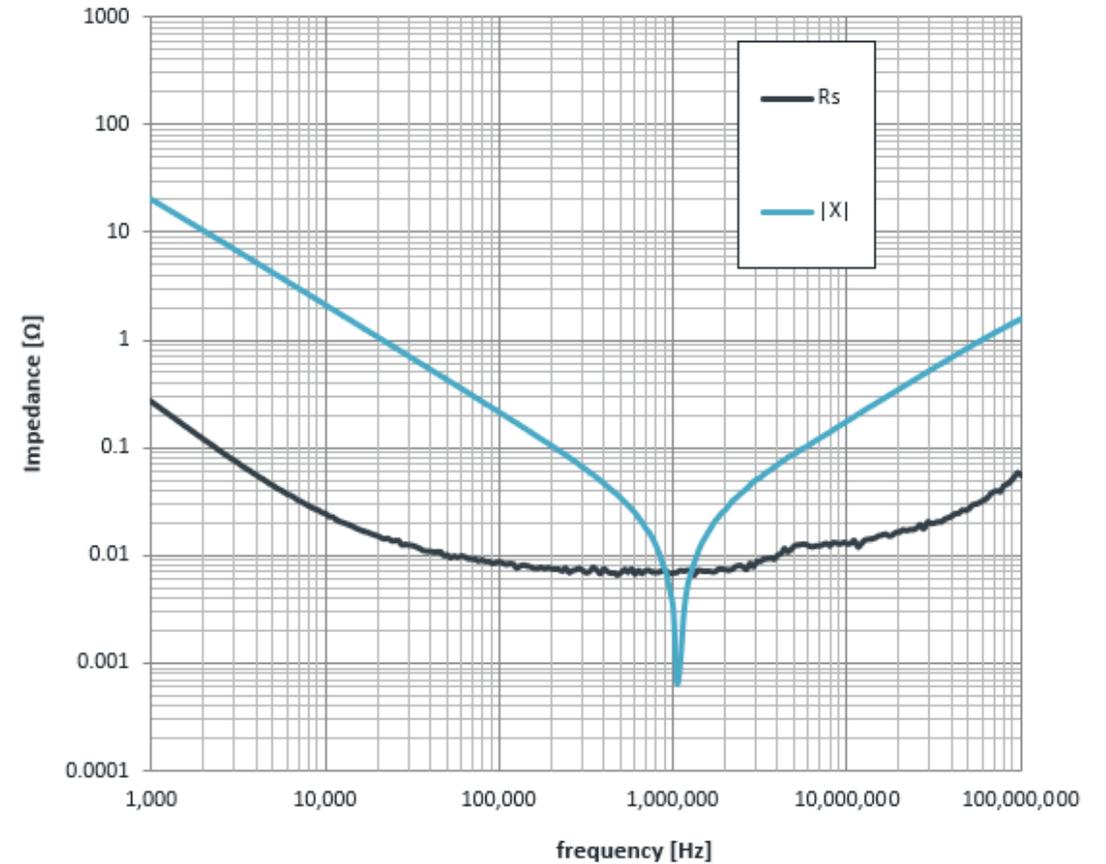
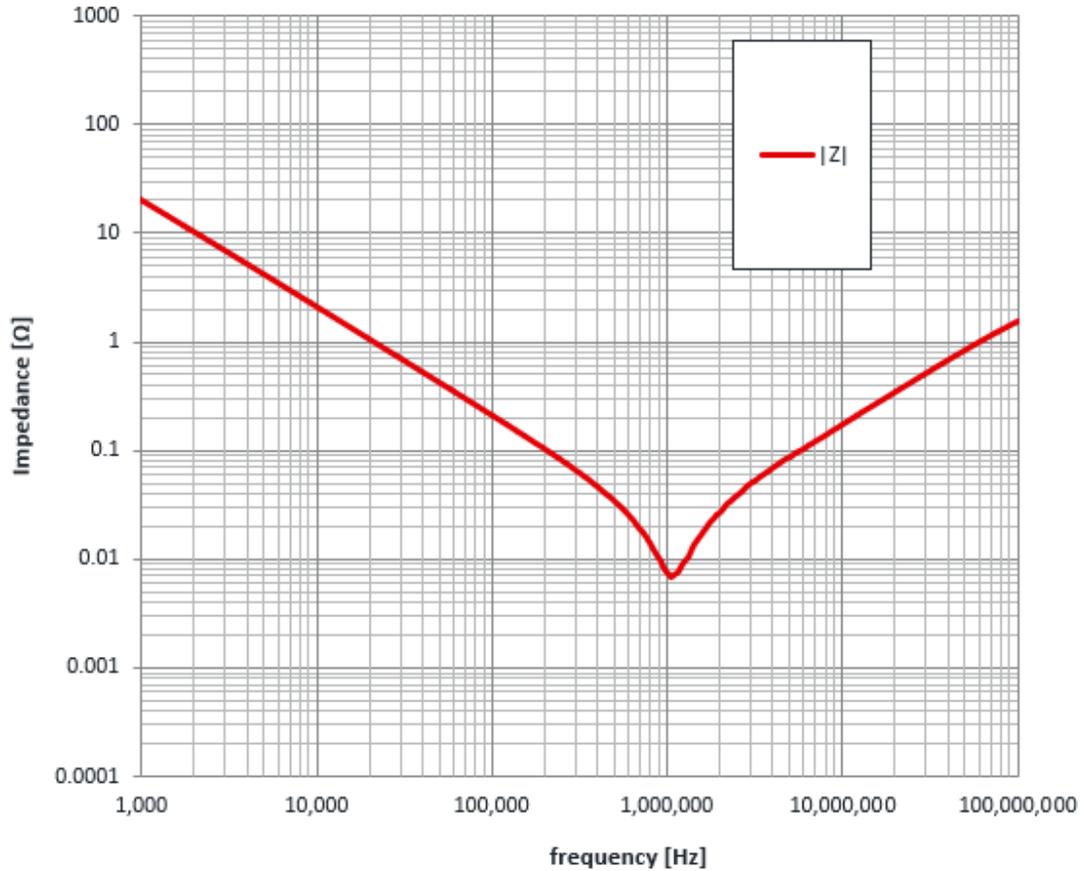
- Depende de la calidad del aislamiento entre electrodos
- Se mide con tensión constante

EL CONDENSADOR ELÉCTRICO

Curva de Impedancia vs frecuencia

$$Z = R + jX$$

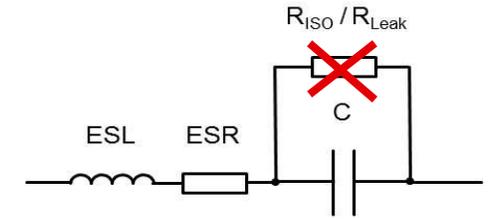
$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$



EL CONDENSADOR ELÉCTRICO

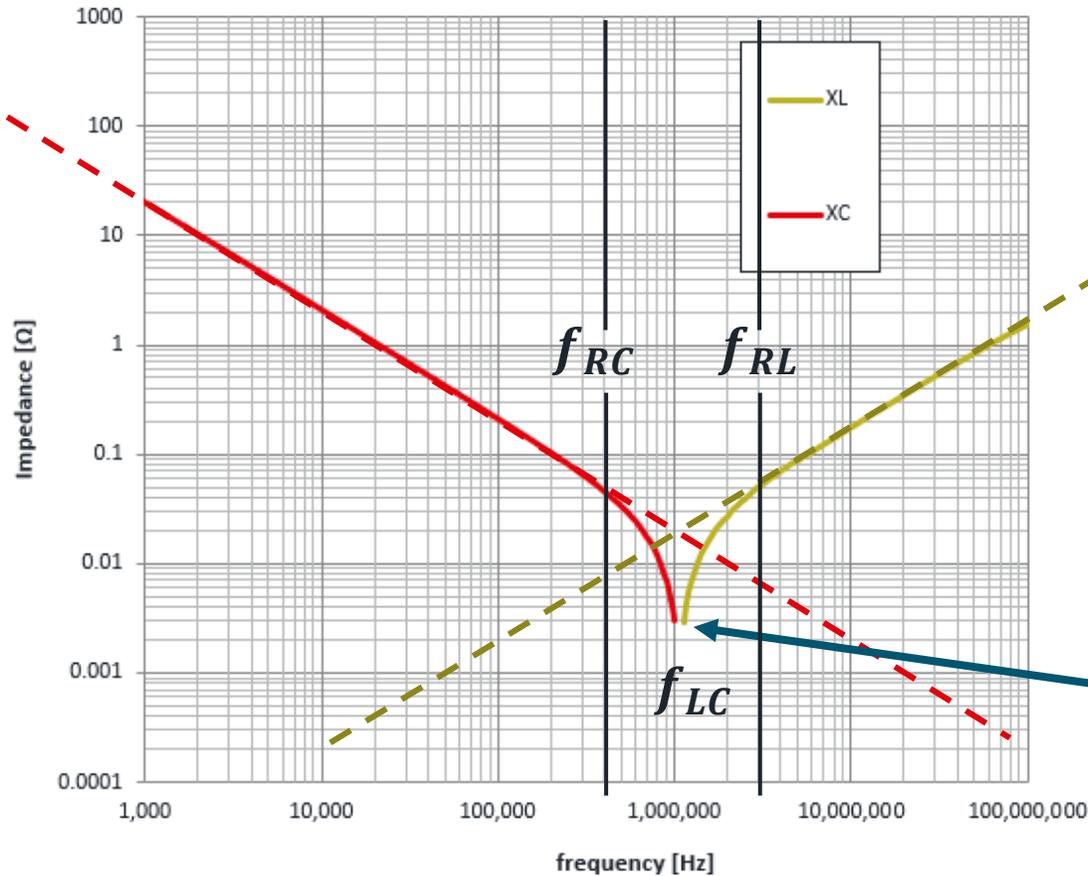
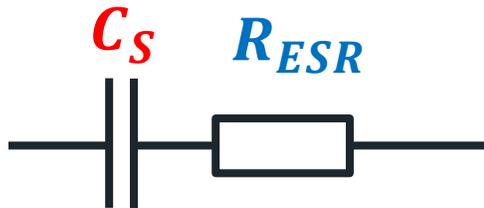
Curva de impedancia vs frecuencia

$$Z = R + jX$$



At frequency $< f_{RC}$

$$|Z| \sim |X_C| = \left| \frac{-1}{\omega * C_S} \right|$$



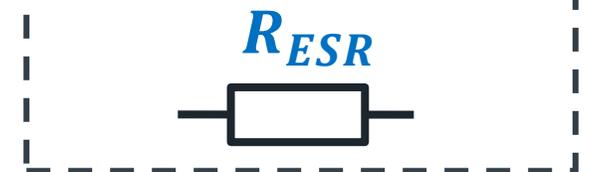
At frequency $> f_{RL}$

$$|Z| \sim |X_L| = |\omega * L_S|$$



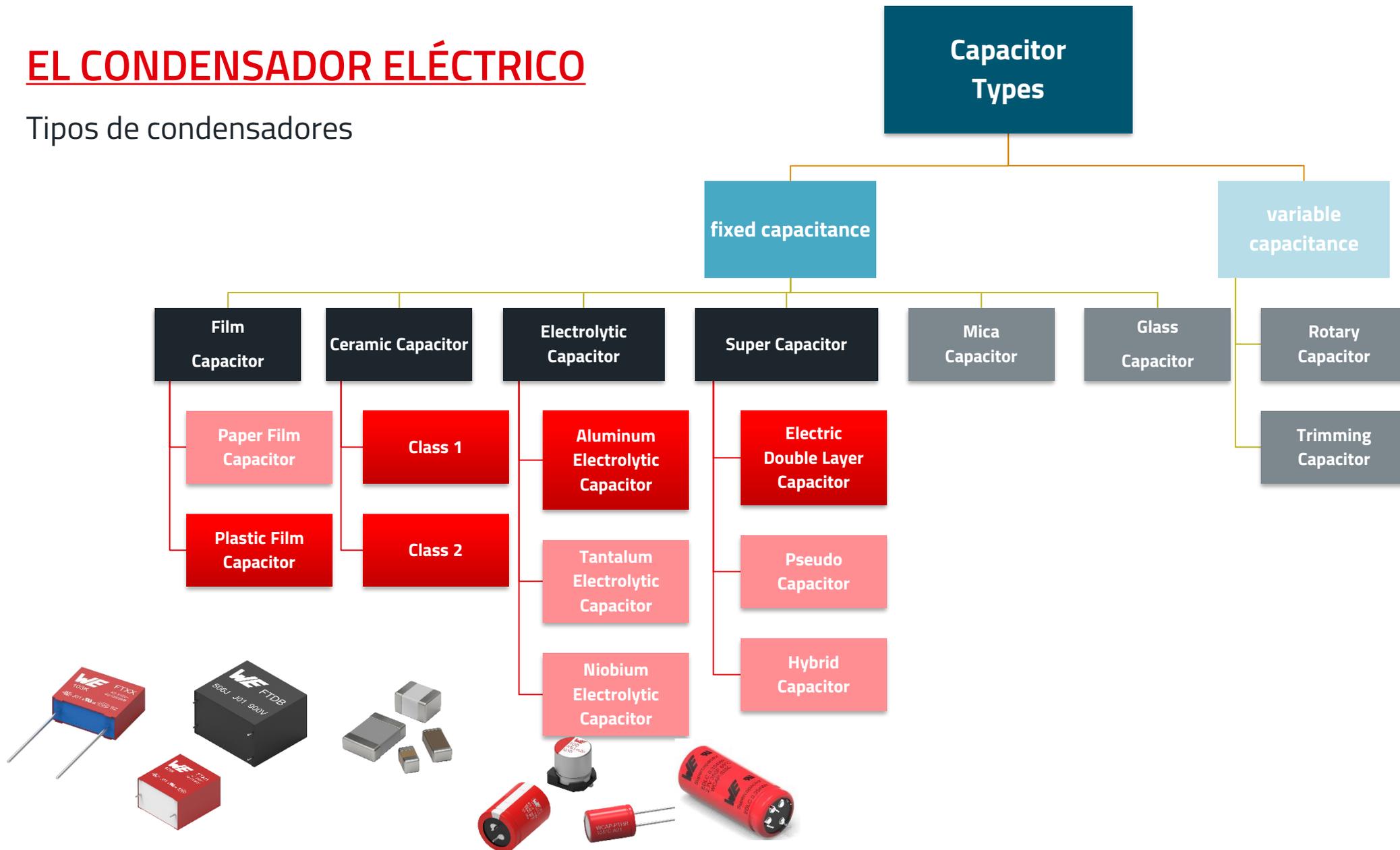
At frequency $\sim f_{LC}$

$$|Z| \sim R_S \text{ because } |X| \sim 0$$



EL CONDENSADOR ELÉCTRICO

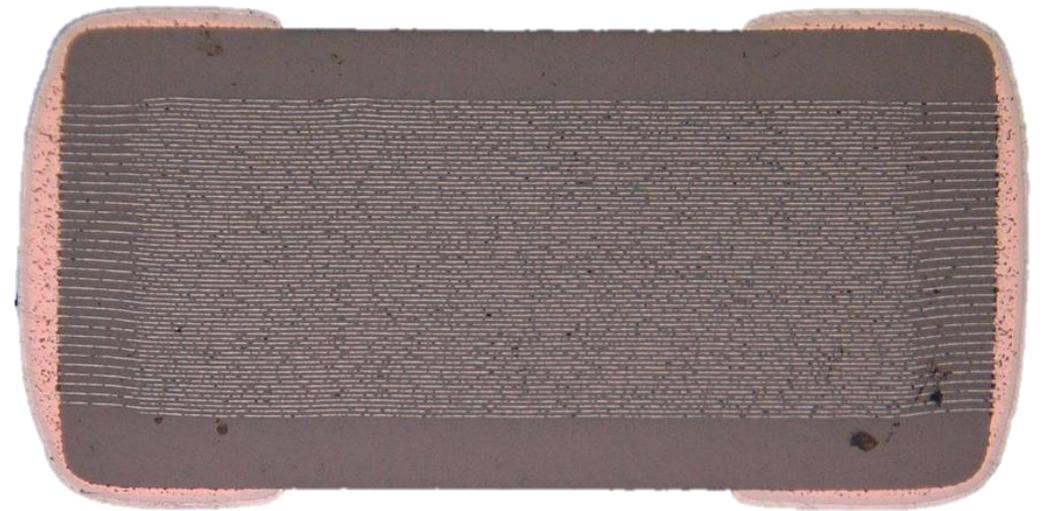
Tipos de condensadores



CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA - MLCC



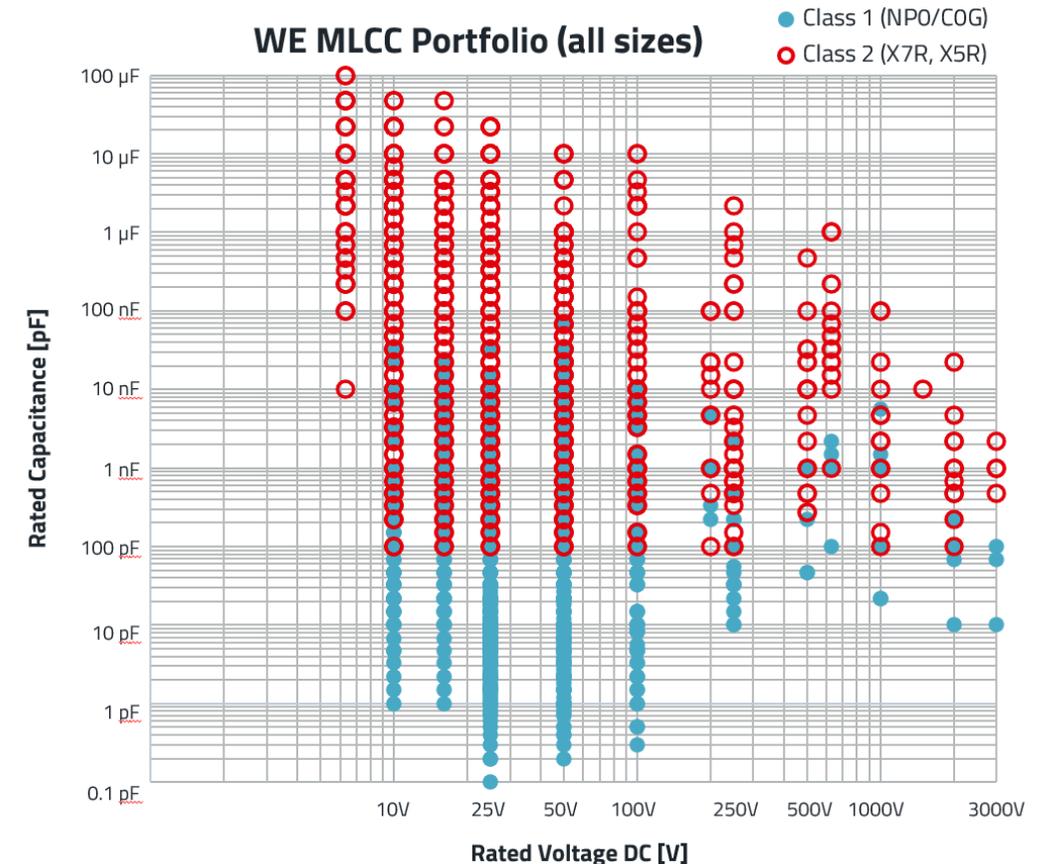
> 4.000.000.000.000 al año!



MLCC – CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA



- **Clase 1** – NPO / COG
 - Baja permitividad ϵ_r relativamente (10 a 500)
 - Bajos valores de capacitancia posibles
 - Capacitancia y ESR muy estables frente
 - Temperatura
 - Tensión de trabajo
 - Frecuencia
 - No Envejecimiento
 - Indicados cuando la capacitancia exacta es necesaria
- **Clase 2** – X7R, X6S, X5R, Y5V...
 - Muy alta permitividad ϵ_r (1000 hasta 100000)
 - Altas capacitancias posibles, alta densidad
 - Uso como almacenamiento
 - **Ferroelectricidad:** Dependencias no lineales frente a
 - Temperatura
 - Tensión (DC-Bias)
 - Frecuencia
 - Envejecimiento
 - Otros efectos indeseados como microfonía/piezoelectricidad

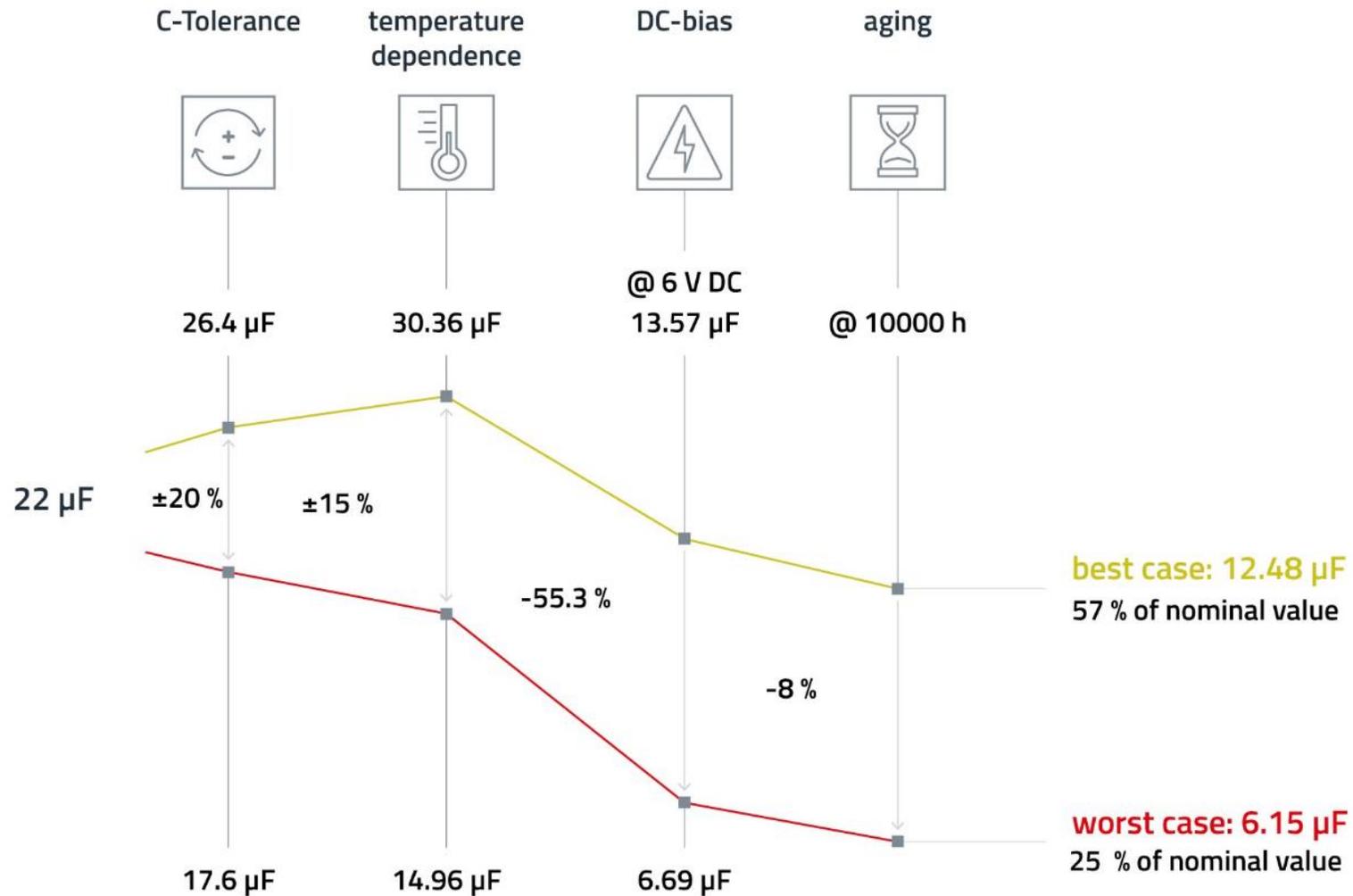


MLCC – CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA

Capacitancia en cerámicos de clase 2

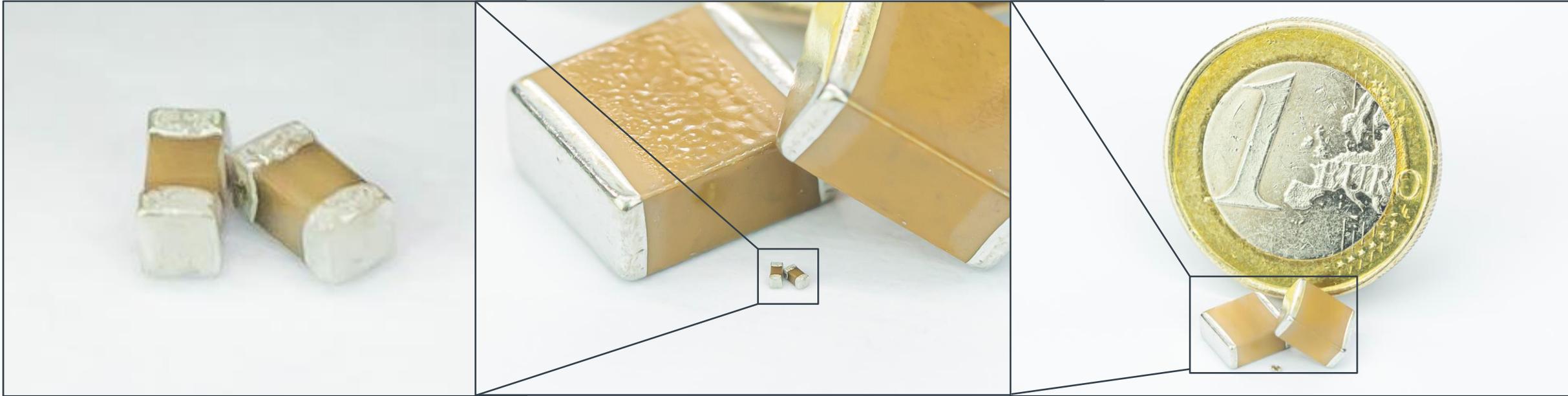


WCAP-CSGP
885012108011
Specification:
22 μF \pm 20%
X5R, 1206



MLCC – CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA

Tamaños de 0201 a 2220



2x 0201

L 1 mm
W 0.5 mm

2x 2220

L 5.7 mm
W 5 mm

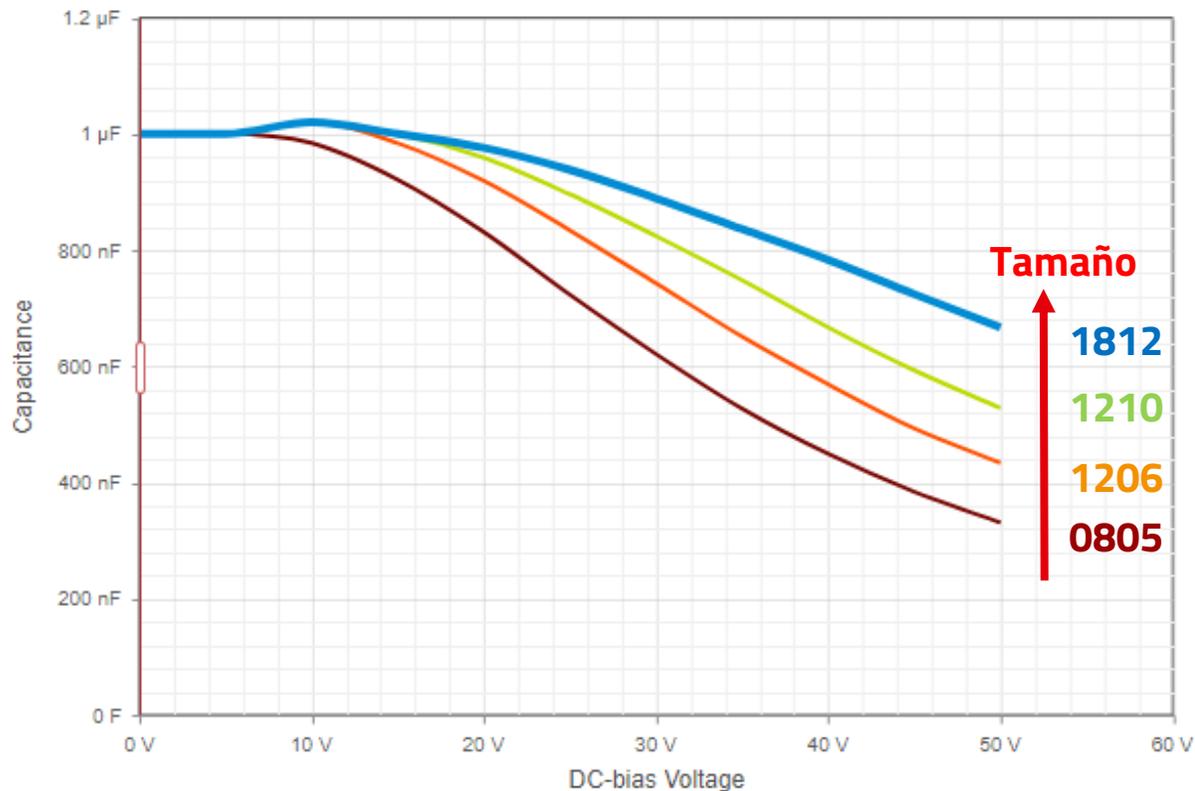
1€

Diametro 23.25 mm
Grosor 2.33 mm

MLCC – CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA

DC Bias: dependencia de la capacitancia con la tensión aplicada

885012210031 ✕ WCAP-CSGP · X7R · 1812 1.00 μ F · 50.0 V	885012209047 ✕ WCAP-CSGP · X7R · 1210 1.00 μ F · 50.0 V	885012208093 ✕ WCAP-CSGP · X7R · 1206 1.00 μ F · 50.0 V	885012207103 ✕ WCAP-CSGP · X7R · 0805 1.00 μ F · 50.0 V
--	--	--	--



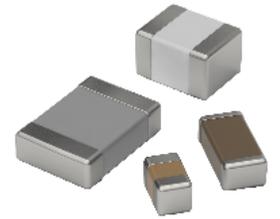
Find this and more measurements in
REDEXPERT[®]



- **Sólo afecta clase 2**
- Afecta más los componentes pequeños
- No hay especificación
- Mediciones de referencia en REDEXPERT
- Tenemos modelos de SPICE que incluyen la dependencia
- Más información en la [Nota de Aplicación ANP114 \(en Inglés\)](#)

MLCC – CONDENSADORES CERÁMICOS MULTICAPA

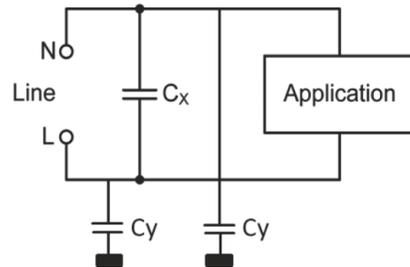
Tipos especiales



WCAP-CSSA

Safety Capacitors (X2 or X1/Y2)

for EMI Interference Suppression - IEC 60384-14



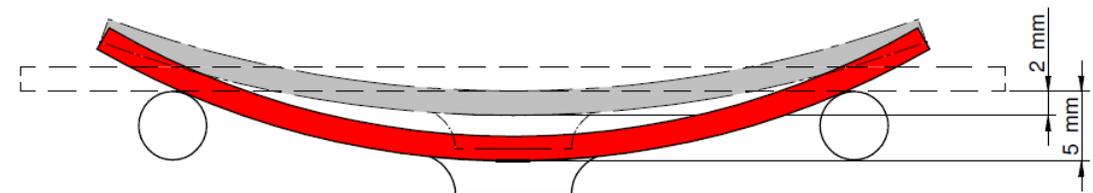
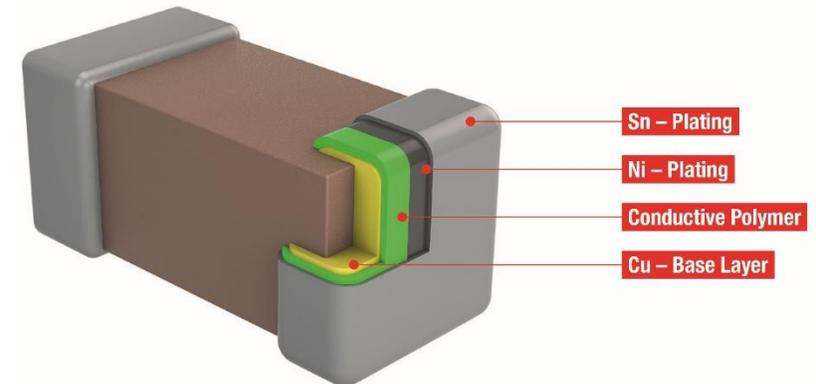
Coating

Cracking

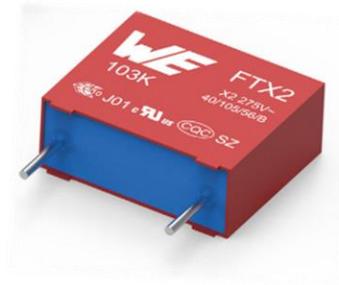
WCAP-CSST

Soft Termination MLCC

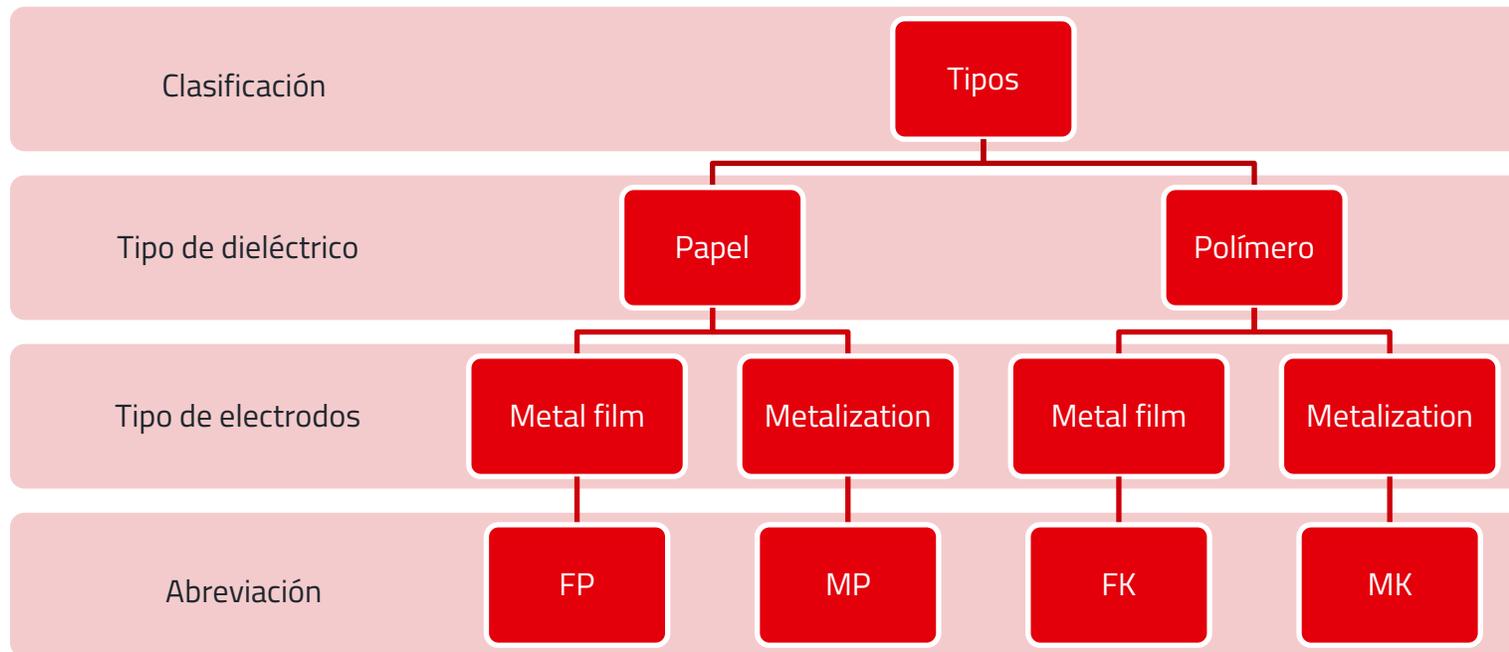
MLCC con terminales flexibles



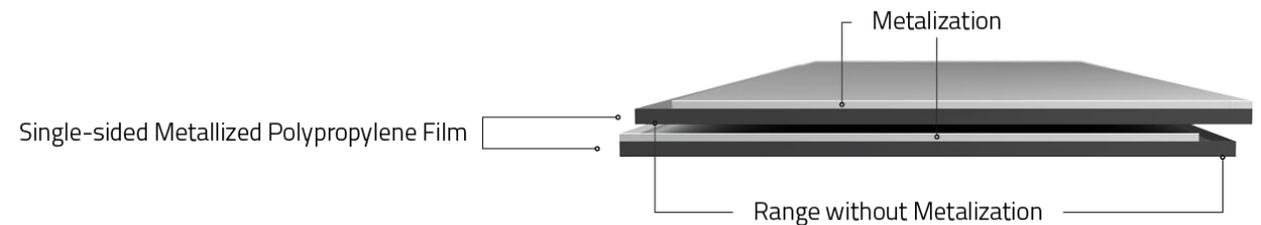
CONDENSADORES DE PELÍCULA



CONDENSADORES DE PELÍCULA

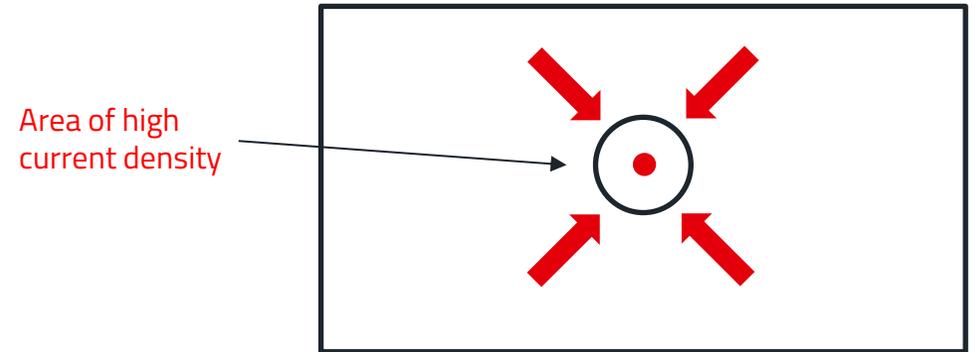
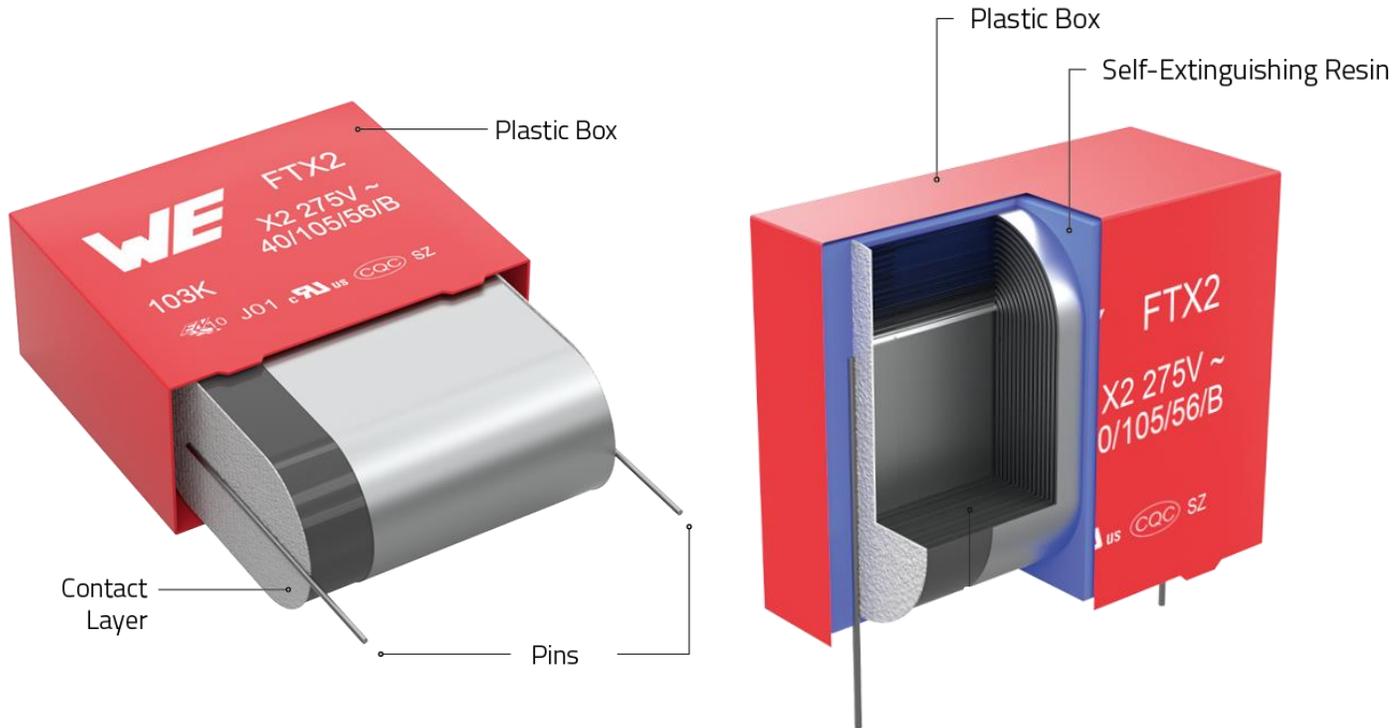
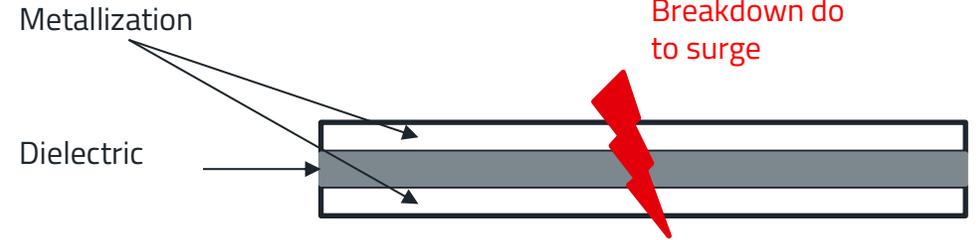
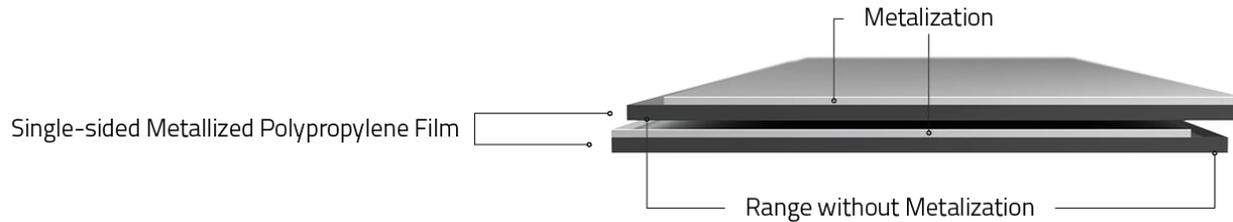


Dielectric	Code for the FK capacitor	Code for the MK capacitor
Polyester (PETP)	KT	MKT
Polycarbonate (PC)	KC	MKC
Polypropylene (PP)	KP	MKP
Polystyrene (PS)	KS	MKS



CONDENSADORES DE PELÍCULA

Construcción de un condensador de film y proceso de auto-curado (self-healing)

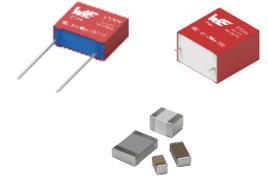
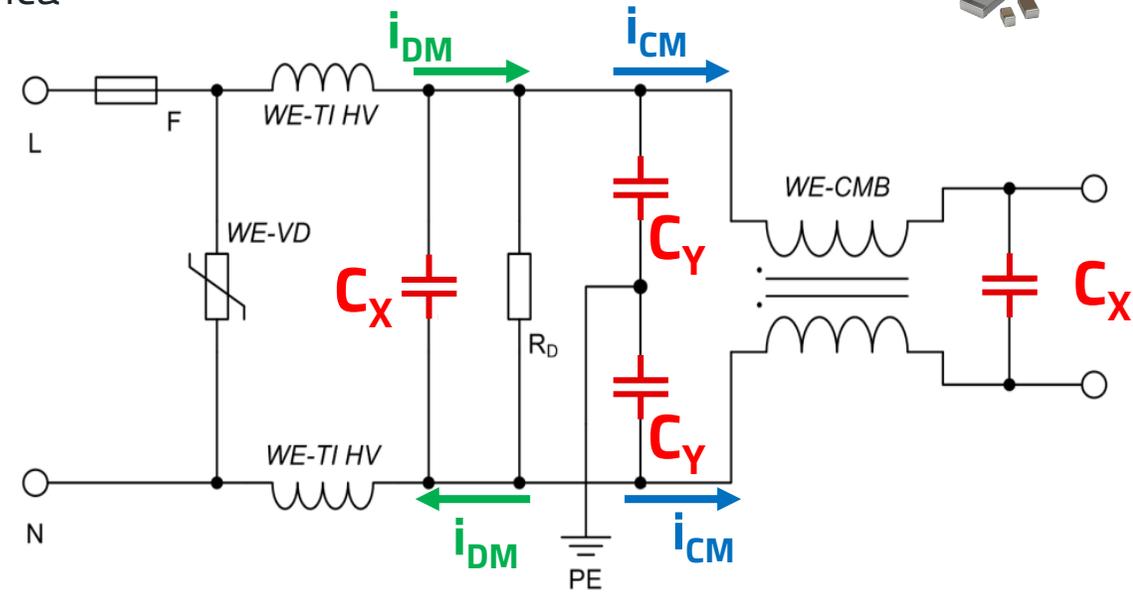


CONDENSADORES DE PELÍCULA

Uso en filtrado de interferencias en el suministro de red eléctrica

- **Condensadores clase X**
 - Se conectan entre fase y neutro
 - Filtrado de interferencia en **modo diferencial**
 - Protección frente a pulsos y picos de tensión
 - La norma permite daños en el condensador sin incendios
- **Condensadores de clase Y**
 - Se conectan entre fase o neutro y tierra
 - Filtrado de ruido en **modo común**
 - Protección frente a pulsos y picos de tensión
 - Deben fallar siempre en abierto (nunca cortocircuito)
 - Un cortocircuito podría poner en riesgo al usuario
 - Mecanismos para evitarlo como electrodos flotantes o intermedios

Típico filtro EMI monofásico



Safety Class	Max. Impulse according to IEC - 60384-14
X1	4kV ($C \leq 1\mu\text{F}$)
X2	2,5 kV ($C \leq 1\mu\text{F}$)
Y1	8 kV
Y2	5 kV

CONDENSADORES DE PELÍCULA



Degradación THB: Alta humedad + alta temperatura

Prueba THB
(Temperature Humidity Bias)

Temperatura: 85 °C
Humedad relativa: 85%
Voltaje: V_R
Duración: 1000 horas



CONDENSADORES DE PELÍCULA

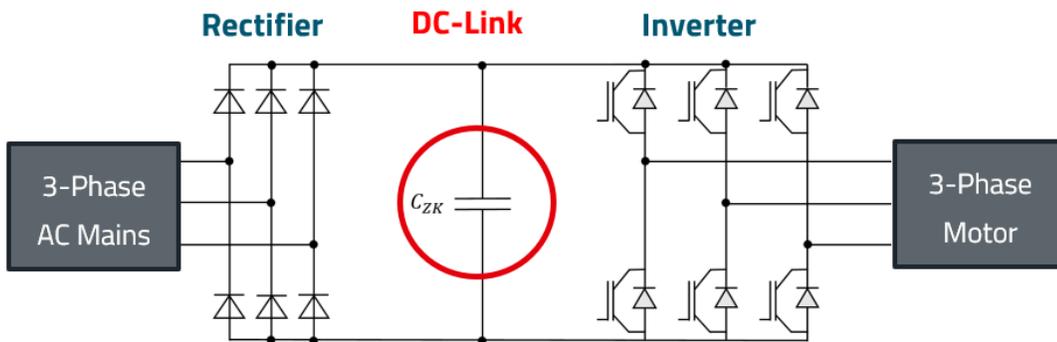
Uso como capacitancia de DC-Link o DC-Bus

WCAP-FTDB DC-Link Series

- Capacitancia: de 1 μF a 75 μF
- Voltaje: desde 500 V_{DC} a 1200 V_{DC}



Control de motor trifásico



Cargador de Vehículo Eléctrico Bidireccional

25 kW Fast DC Bidirectional Charger
3-Phase Rectifier / PFC + Dual Active Bridge (DAB) Bidirectional DC-DC



© ON Semiconductor Corporation

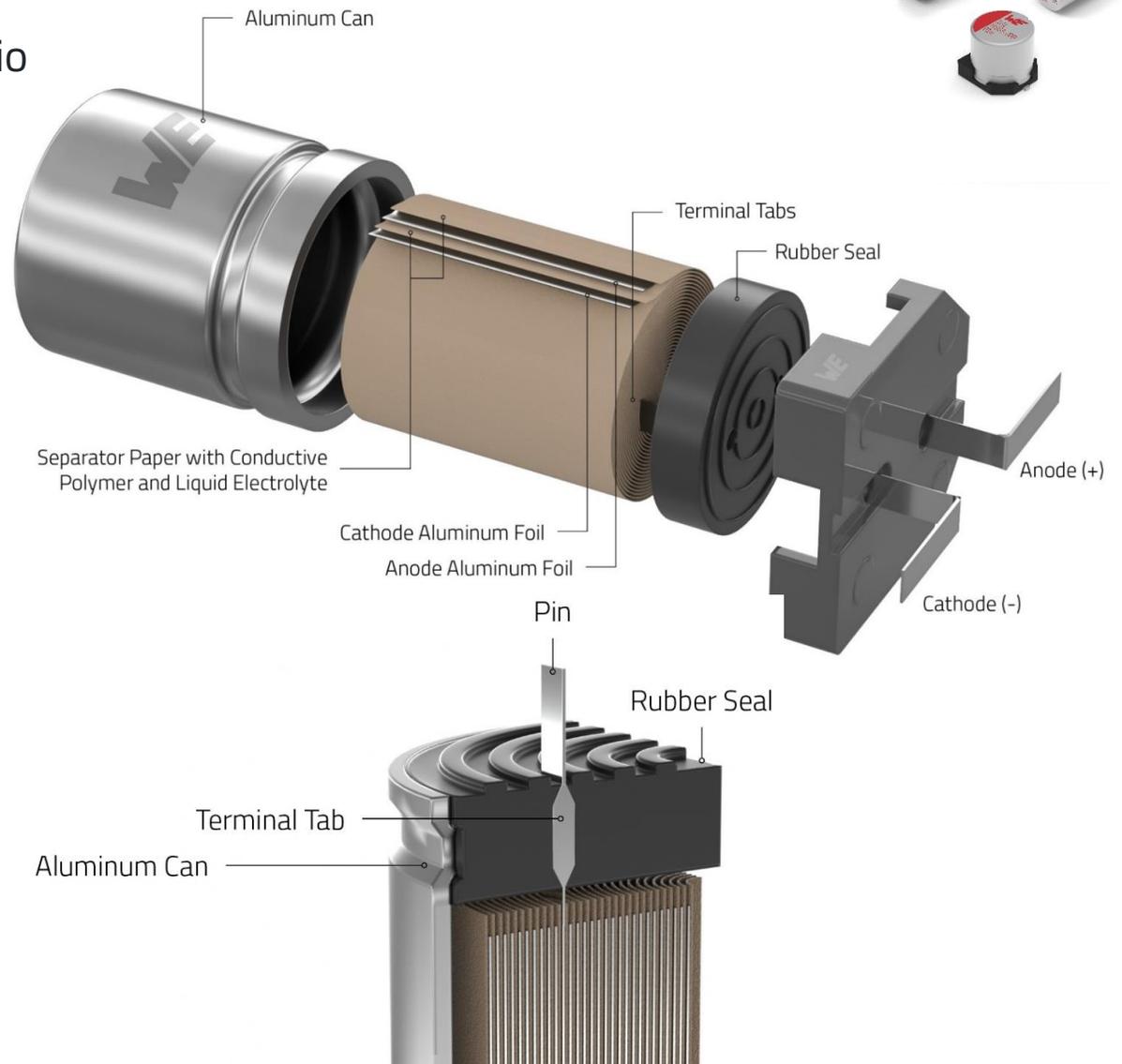
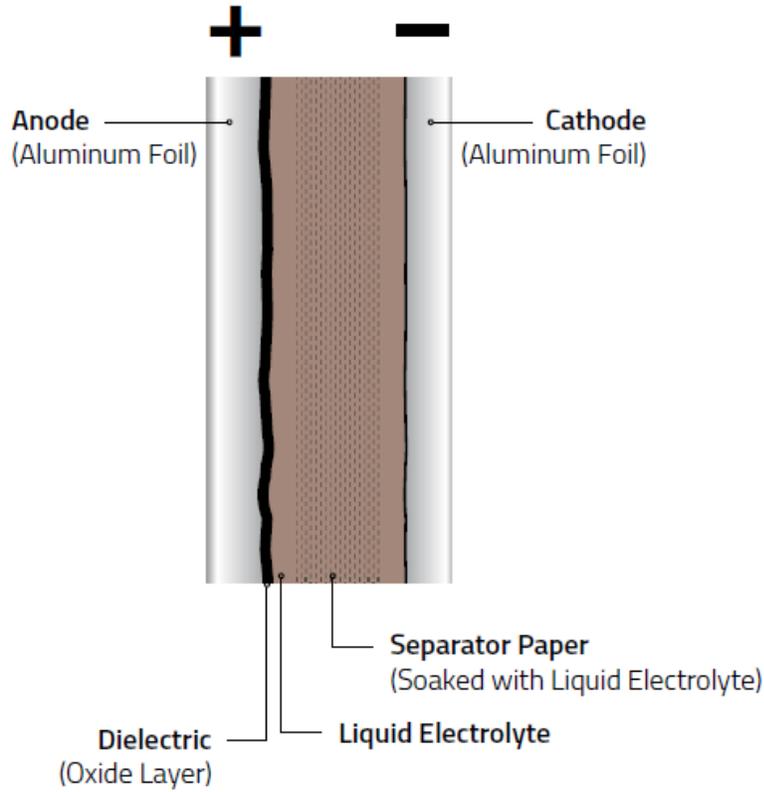


CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS DE ALUMINIO



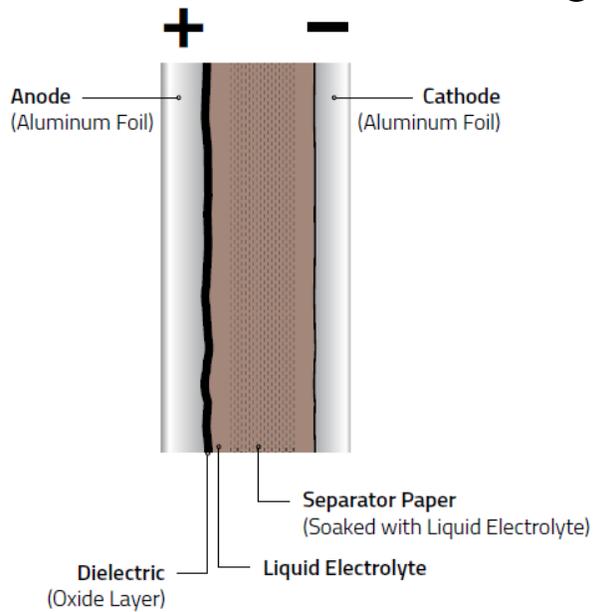
CONDENSADORES DE ALUMINIO

Construcción del condensador electrolítico de aluminio

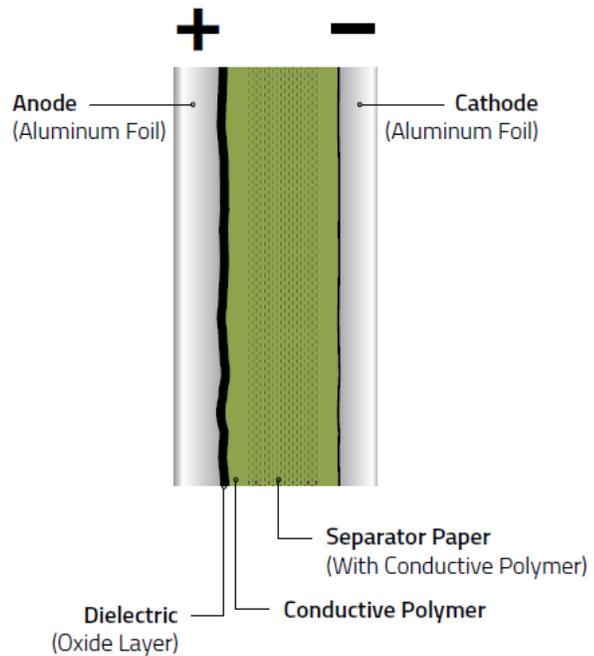


CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

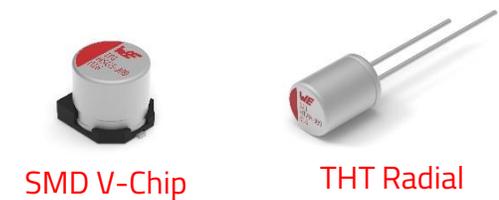
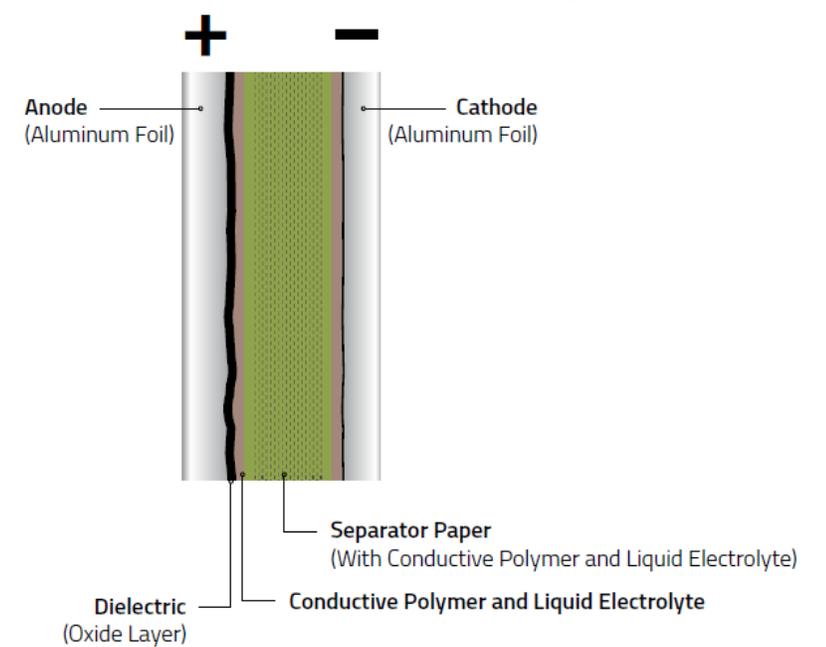
Electrolítico de aluminio



Electrolítico polimérico



Polímero híbrido



CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

Electrolítico de aluminio



- + Auto regeneración del dieléctrico
- + Tensiones elevadas
- + Mayores tamaños
- + Baja corriente de fuga
- Secado de electrolito a altas temperaturas puede causar vida de útil reducida
- Bajo rendimiento a temperaturas muy bajas (<-20°C)

Electrolítico de polímero



- + Muy baja resistencia ESR
- + Altas corrientes
- + Vida útil extensa
- + Estables a muy bajas temperaturas
- Tamaños reducidos
- Baja tensión
- Corriente de fuga elevada
- Puede ser sensible a vibración

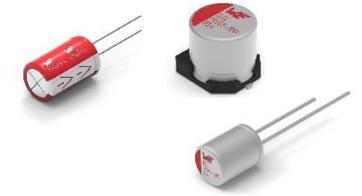
Polímero híbrido



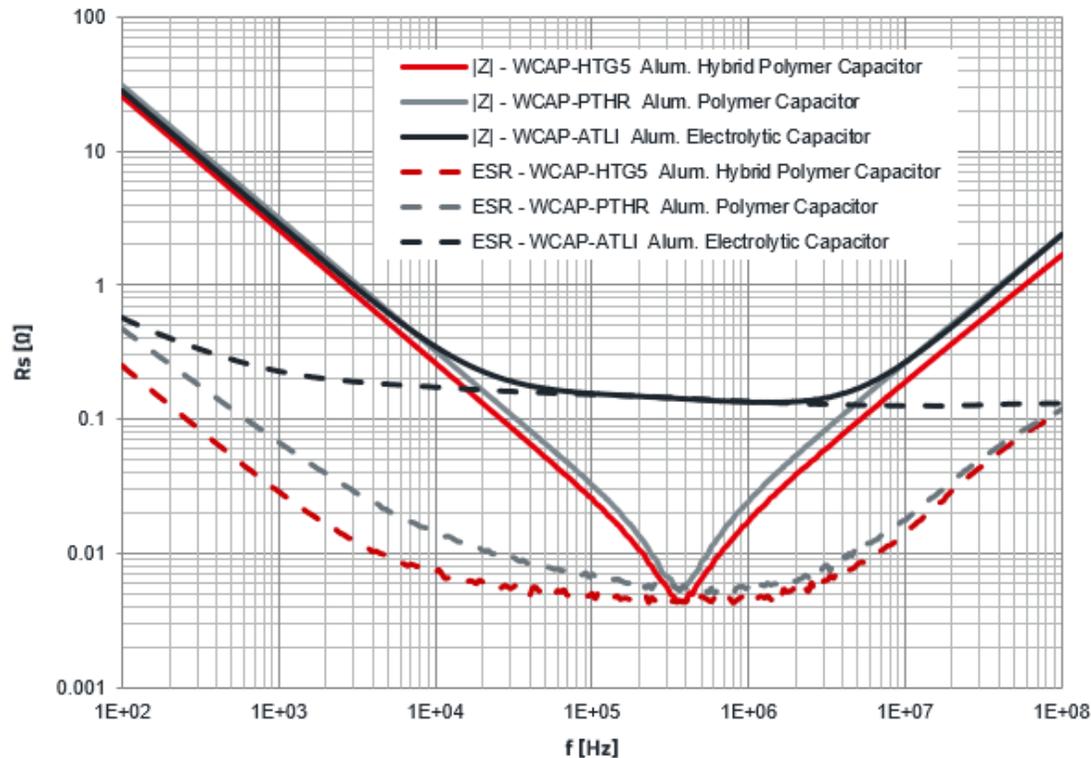
- + Baja resistencia ESR
- + Altas corrientes posibles
- + Vida útil muy larga
- + Baja corriente de fuga
- + Mejor estabilidad en todo el rango de temperatura
- + Vida útil superior a electrolíticos
- Tamaños reducidos
- Baja tensión
- Producción más compleja (precios)

CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

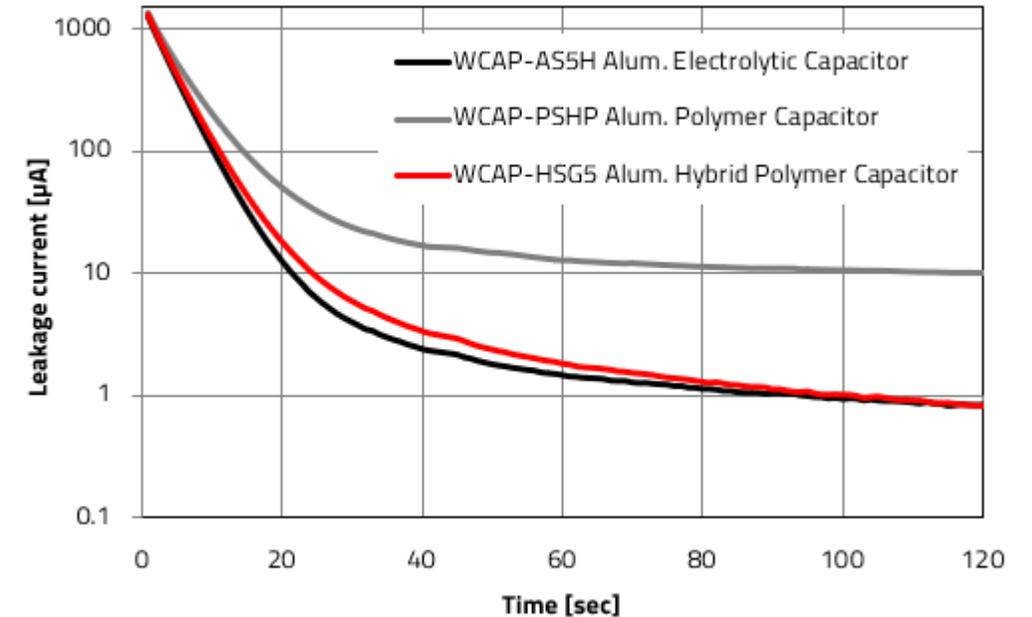
Comparación de tecnologías - ejemplo SMD 330 μF , 63 V(DC), 105 $^{\circ}\text{C}$



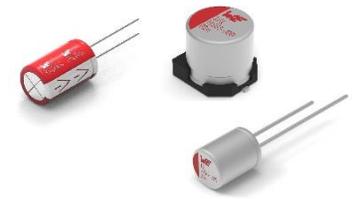
Impedance and ESR vs Frequency



Leakage Current over 2 minutes

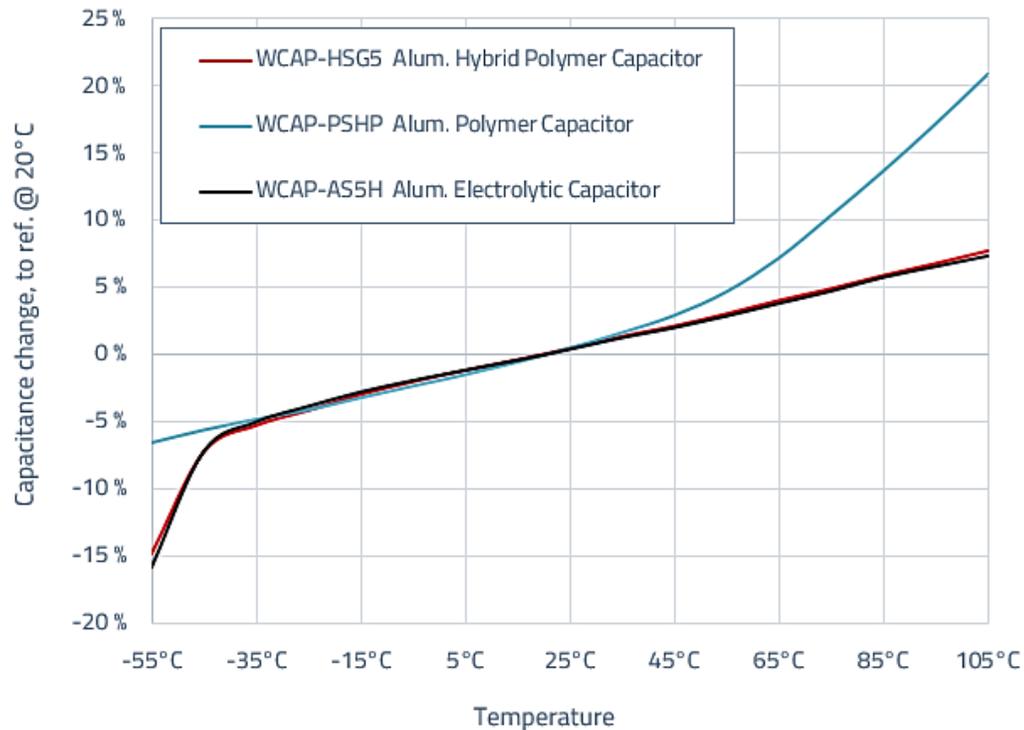


CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

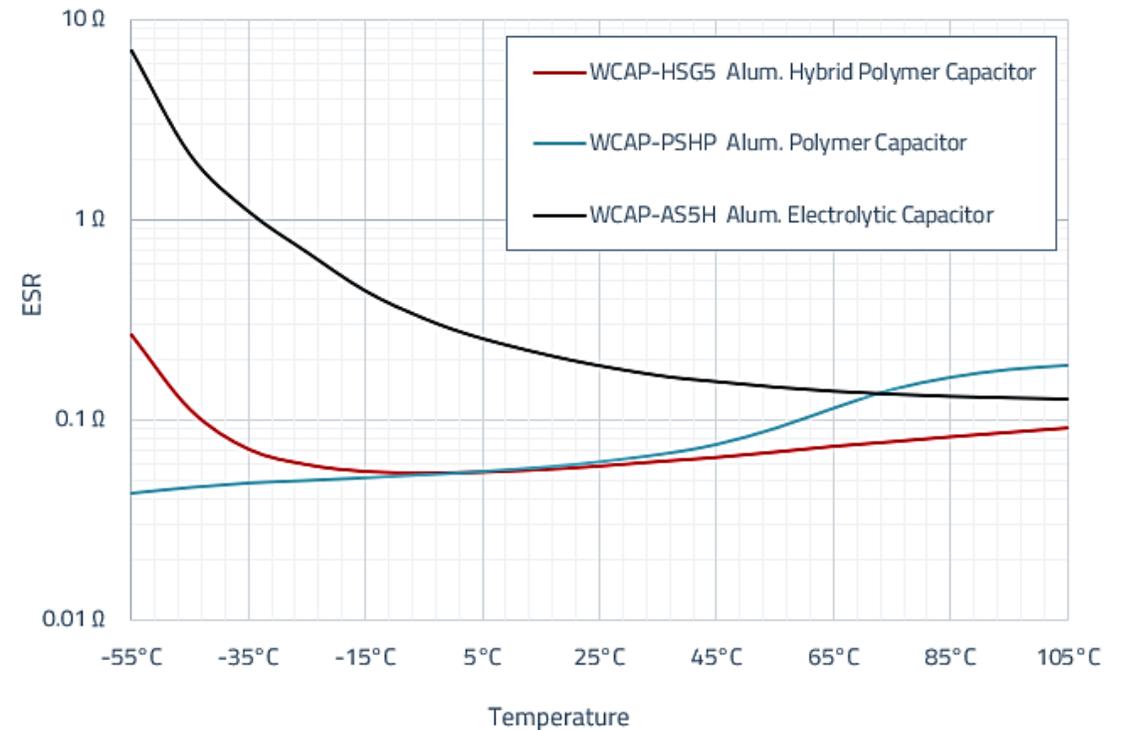


Comparación de tecnologías - ejemplo SMD 100 μF , 16 V, 6.3 x 6.6 mm, hasta 105°C

Capacitance change vs. Temperature



ESR vs. Temperature



CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

Vida útil en diferentes tecnologías

$$L_x = L_{Nom} * 2^{\frac{T_{MAX} - T_A}{10}}$$

- Alum. Electrolytic Capacitors
- Alum. Hybrid Capacitors
- Alum. Polymer Capacitors (SMD H-Chip construction only)

$$L_x = L_{Nom} * 10^{\frac{T_{MAX} - T_A}{20}}$$

- Alum. Polymer Capacitors (THT and V-Chip SMD)

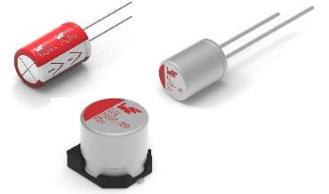
L_x = Expected lifetime of component

L_{Nom} = Endurance of component (see datasheet)

T_{max} = Maximum allowed temperature of component

T_A = Component ambient temperature within application

Endurance conditions



Lifetime Performance:

Test Conditions	Endurance
Lifetime	10000 h @ 105 °C
Voltage	V_R applied
Current	I_R applied
ΔC	$\leq \pm 30$ % of initial measured value
DF	≤ 200 % of the initial specified value
ESR	≤ 200 % of the initial specified value
Leakage Current	\leq the initial specified value

End-of-life definition

Lifetime Performance:

Test Conditions	Useful Life	Endurance
Lifetime	6000h, @ 105°C	4000h, @ 105°C
Voltage	U_R applied	U_R applied
Current	I_R	I_R
ΔC	$\leq \pm 20$ % of initial value	$\leq \pm 10$ % of initial value
DF	≤ 200 % of initial specified limit	≤ 130 % of the initial specified limit
Leakage Current	\leq the initial specified value	\leq the initial specified value

SUPERCONDENSADORES

Condensadores con estructura de doble capa (EDLC)

- Capacidades elevadas desde F hasta cientos de F
- Bajo voltaje (hasta 3.0V)
- Rangos máximos de temperatura 65°C - 85°C
- Baja ESR
- La vida útil no se ven afectada por los ciclos de carga

WCAP-STSC

THT 2.7 V

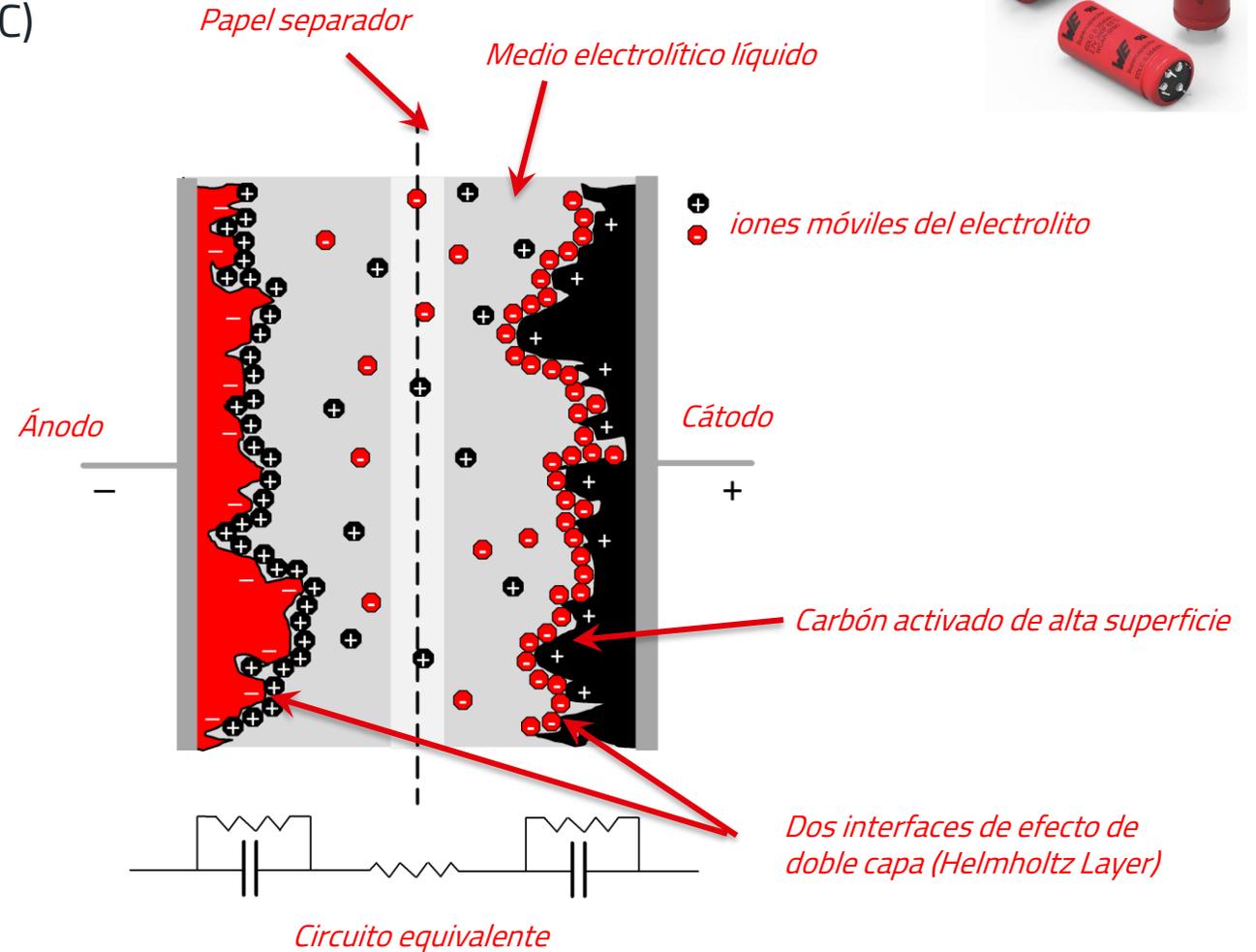
1 F hasta 50 F



WCAP-SISC

Snap In 2.7 V

100 F y 350 F

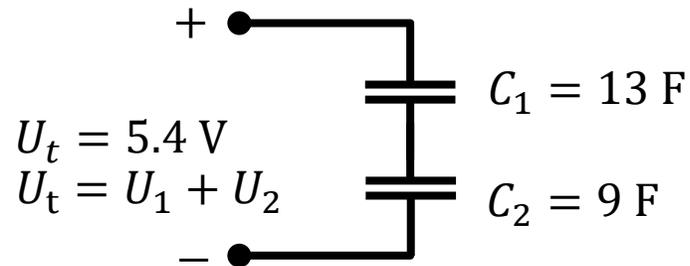


SUPERCONDENSADORES

Conexión en serie de condensadores y equilibrado

Peor escenario:

- 2x Supercondensadores con capacitancia 10 F (tolerancia -10% a +30%) conectados en serie
- Tensión aplicada máxima de 5.4 V
- Peor escenario: $C_1 = 13\text{ F (+30%)}$, $C_2 = 9\text{ F (-10%)}$



Formula

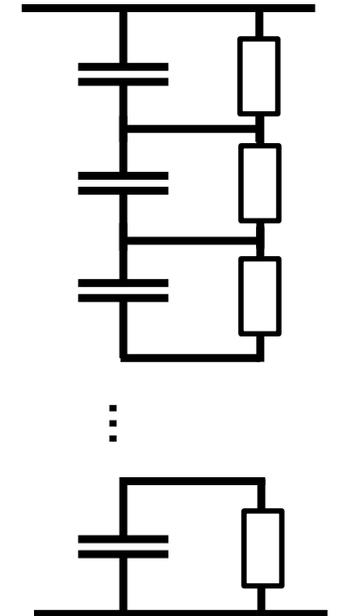
$$U_2 = \frac{C_1}{C_2 + C_1} U_t$$

Resultado

$$U_2 = \frac{13\text{ F}}{9\text{ F} + 13\text{ F}} * 5.4\text{ V} = 3.19\text{ V} \quad \text{(Atención!)}$$

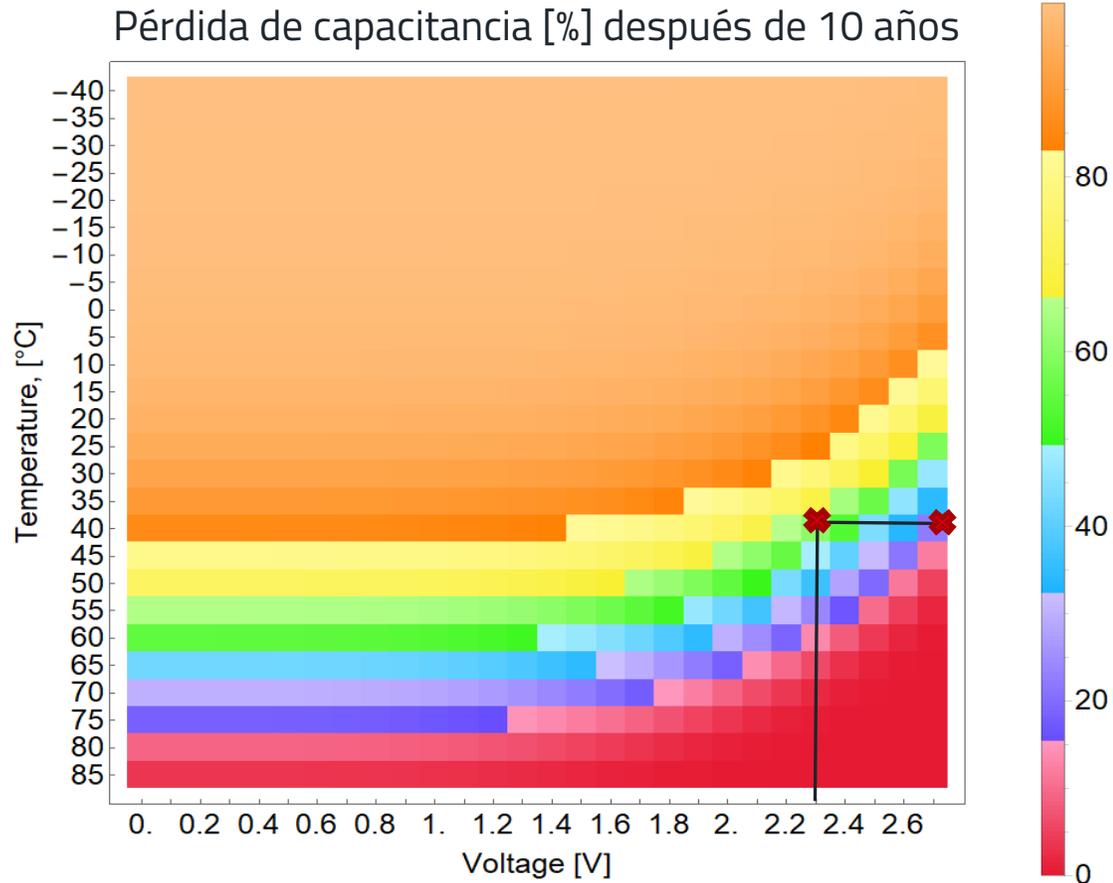
Equilibrado (Balancing):

- Siempre se deben utilizar condensadores del mismo lote**
- Equilibrado recomendado para asegurar la distribución de la tensión
- Equivalente a baterías químicas
- Equilibrado pasivo (imagen)
- [Disponible Appnote ANP090](#)



SUPERCONDENSADORES

Vida útil de supercondensadores



Tensión y temperatura de trabajo, son los factores que afectan principalmente la degradación del supercondensador.

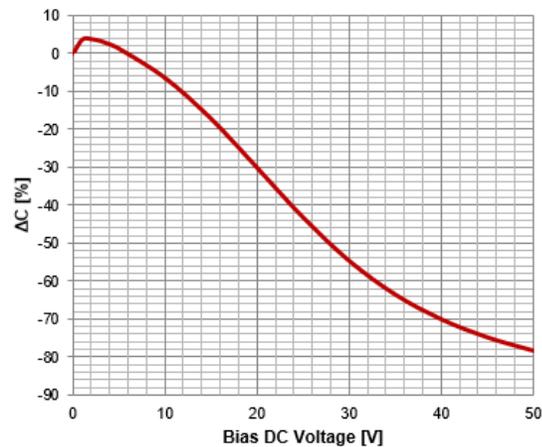
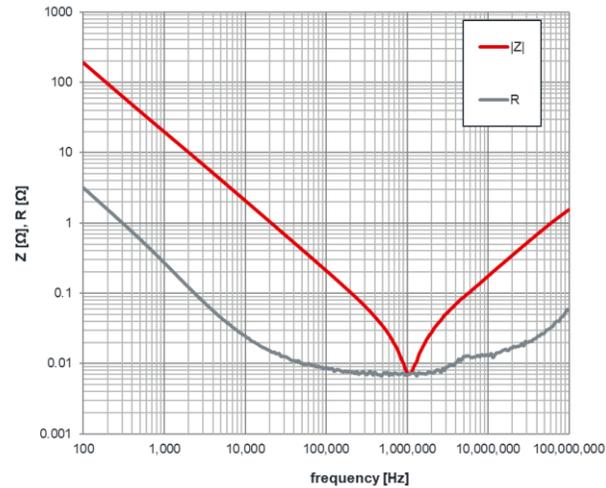
Ejemplos:

- Con 2,3 V y 40°C capacitancia prevista después de 10 años: 60% aproximadamente
- At 2,7 V and 40°C capacitancia prevista después de 10 años: 20% aproximadamente

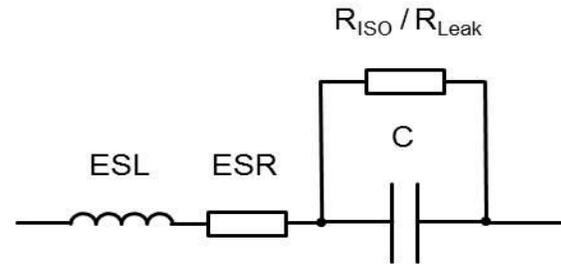
Documentación disponible en nuestra web

MODELO EQUIVALENTE PARA SIMULACIÓN

Mediciones



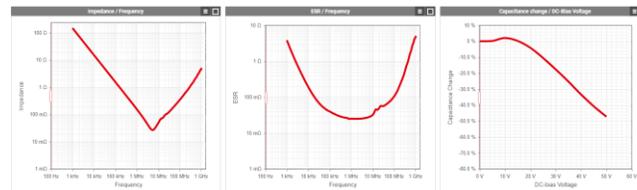
Circuito equivalente / Modelo



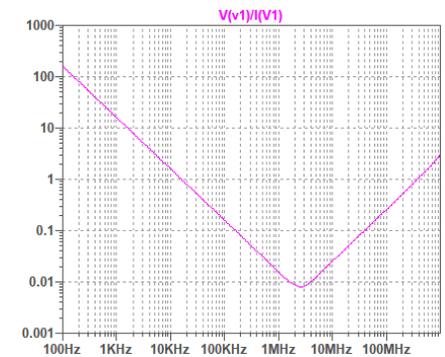
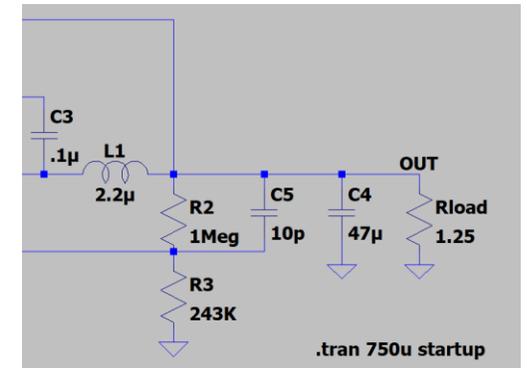
```

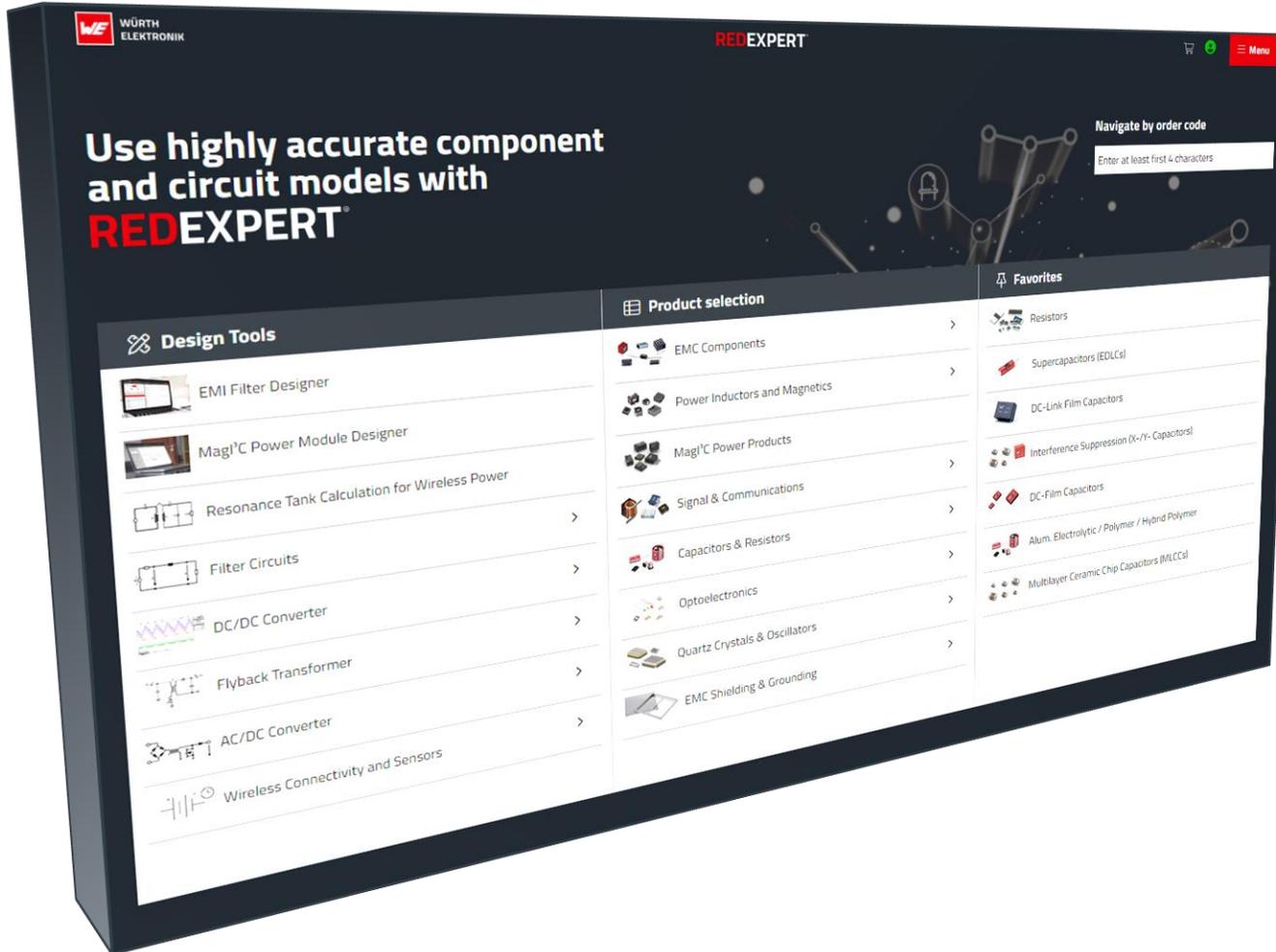
.subckt 1210_885012209073_10uF 1 2
Rser 1 3 0.00803494307495
Lser 2 4 4.01881911E-10
C1 3 4 0.00001
Rpar 3 4 5000000
.ends 1210_885012209073_10uF
*****
    
```

REDEXPERT®



Simulación





redexpert.we-online.com

- Sin coste
- Algunas funciones requieren registro
- Mismo perfil de usuario que **MyWE**
- Solicitud de muestras gratuitas con un solo click
- Herramientas para el diseño y simulación
- Módulos de condensadores:
 - MLCC
 - Aluminum Caps (Electrolytic, Polymer, Hybrid)
 - Calculadora de vida útil
 - Safety EMC Capacitors (X2, Y2/X1)
 - Supercapacitors
 - DC-Link Film Capacitors
 - DC-Film Capacitors

Filters: 1.00 $\mu\text{F} \leq C \leq 1.00 \mu\text{F}$ 50.0 V $\leq V_R \leq 50.0 \text{ V}$ Not Internal

Order Code	Spec	Series	Description	Size	L...	Ce...	C	Tol...	V _R	R _{iso}	ESR @150 kHz	Z@150 kHz	C(V _{DC-Bias}) @24.0 V	DF	Q	T _{min}	T _{max}	TCC	Length	Width	Height	Technica
885012210031		WCAP-CSGP	General Purpose	1812		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 500 M Ω	14.5 m Ω	1.19 Ω	946 nF	2.5 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	4.50 mm	3.20 mm	2.00 mm	X7R1812
885012209047R		WCAP-CSGP	General Purpose	1210		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 500 M Ω	35.2 m Ω	1.06 Ω	909 nF	2.5 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	3.20 mm	2.50 mm	1.25 mm	X7R1210
885012209047		WCAP-CSGP	General Purpose	1210		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 500 M Ω	35.2 m Ω	1.06 Ω	909 nF	2.5 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	3.20 mm	2.50 mm	1.25 mm	X7R1210
885382208005		WCAP-CSST	Soft Termination	1206		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 500 M Ω	37.2 m Ω	1.14 Ω	708 nF	3.0 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	3.20 mm	1.60 mm	1.60 mm	X7R1206
885012208093		WCAP-CSGP	General Purpose	1206		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 500 M Ω	16.1 m Ω	1.19 Ω	851 nF	3.0 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	3.20 mm	1.60 mm	1.60 mm	X7R1206
885012207103R		WCAP-CSGP	General Purpose	0805		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 100 M Ω	9.59 m Ω	1.10 Ω	745 nF	10 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	2.00 mm	1.25 mm	1.25 mm	X7R0805
885012207103		WCAP-CSGP	General Purpose	0805		X7R	1.00 μF	$\pm 10\%$	50.0 V	> 100 M Ω	9.59 m Ω	1.10 Ω	745 nF	10 %		-55.0°C	125°C	$\pm 15\%$	2.00 mm	1.25 mm	1.25 mm	X7R0805

885382208005 X WCAP-CSST · X7R · 1206 1.00 μF · 50.0 V

885012209047 X WCAP-CSGP · X7R · 1210 1.00 μF · 50.0 V

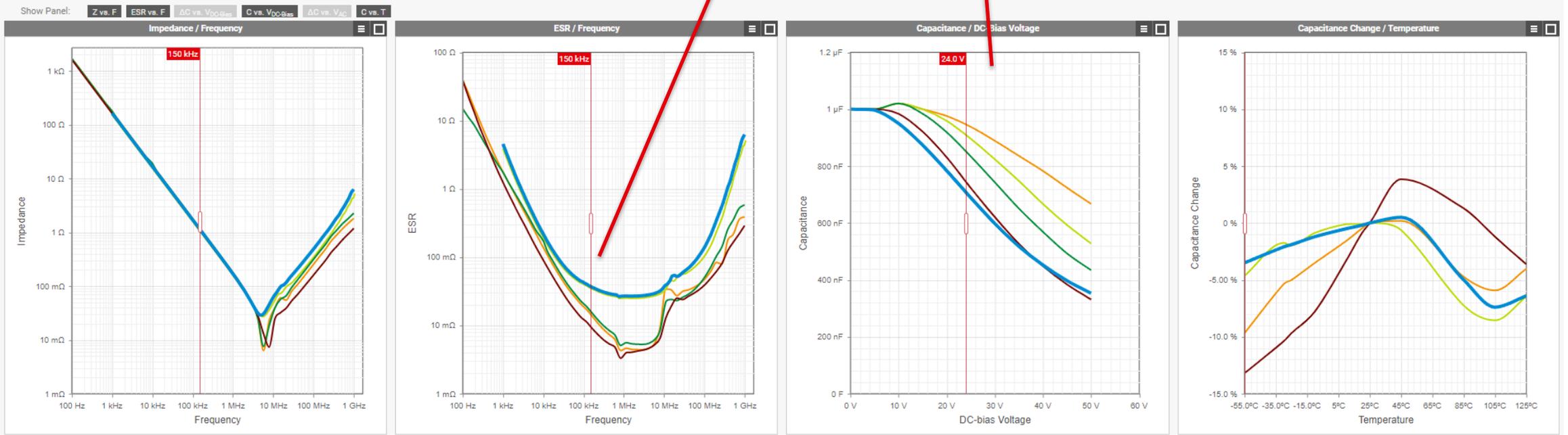
885012207103 X WCAP-CSGP · X7R · 0805 1.00 μF · 50.0 V

885012210031 X WCAP-CSGP · X7R · 1812 1.00 μF · 50.0 V

885012208093 X WCAP-CSGP · X7R · 1206 1.00 μF · 50.0 V

Click and type or drop an Order Code here

ADD MORE



Expected Lifetime

SELECTION

Actual Operating Temperature
T 65°C

Applied Frequency
f 20 kHz

Applied Voltage
V 380 V

Applied Ripple Current
I_r 2 A

Do not apply Ripple Current filter

861021483008

Maximum Expected Lifetime of 7 years

Endurance Conditions

- Capacitance Drop ≤ ±15% of initial value
- Dissipation Factor ≤ 175% of the initial specified value
- Leakage Current ≤ the initial specified value

Introducir condiciones de trabajo

Filters: V_R ≥ 380 V Maximum I_R ≥ 2.00 A 100 μF ≤ C ≤ 200 μF 33 items

Order Code	Series	Spec	Technology	Series Description	C	To...	V _R	DF	I@65°C @20 ...	Specified Max
861021483007	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	120 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.06 A	820 mA @12V
861021483008	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +10...	150 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.41 A	960 mA @12V
861021484014	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	120 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.06 A	820 mA @12V
861021484015	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	150 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.41 A	960 mA @12V
861021484016	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	180 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.86 A	1.14 A @12V
861021485021	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	120 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.06 A	820 mA @12V
861021485022	WCAP-AIG5	PDF	Alum. Electrolytic	Snap-In - General Purpose +105...	150 μF	±20%	450 V	< 20 %	2.41 A	960 mA @12V

Primero seleccionar el componente

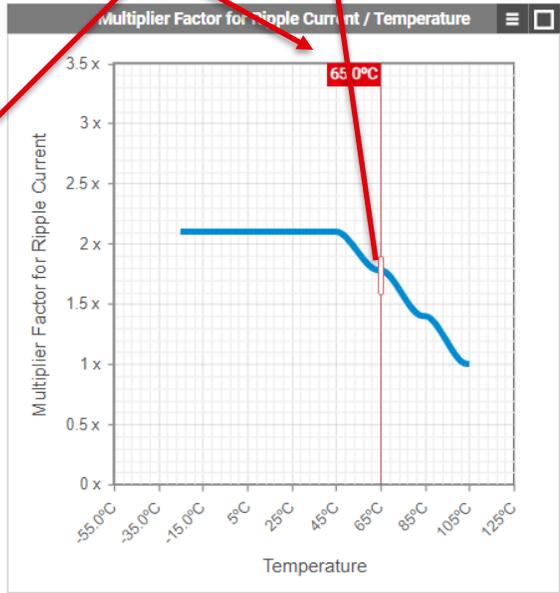
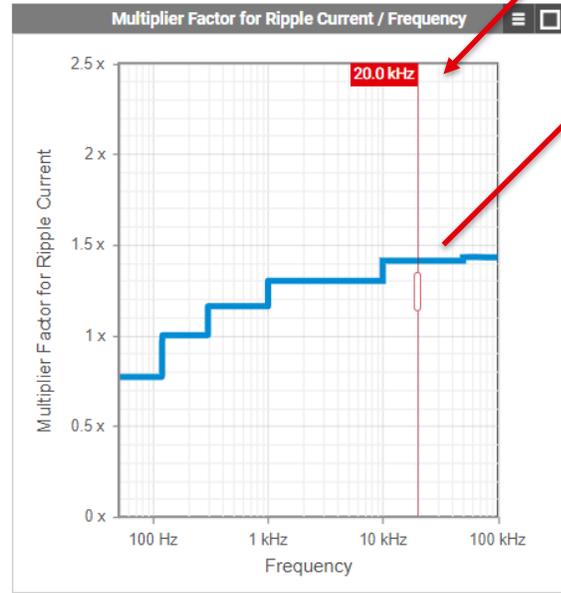
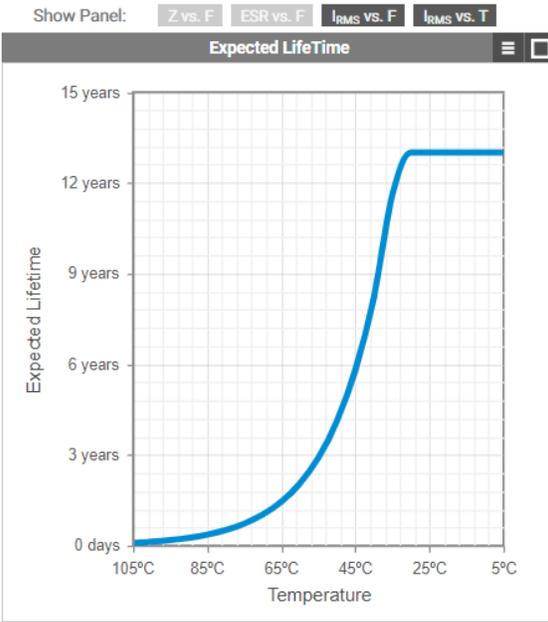
... o mover las barras!

861021483008 ×
WCAP-AIG5
150 μF - 450 V

Click and type or drop

ADD

MORE



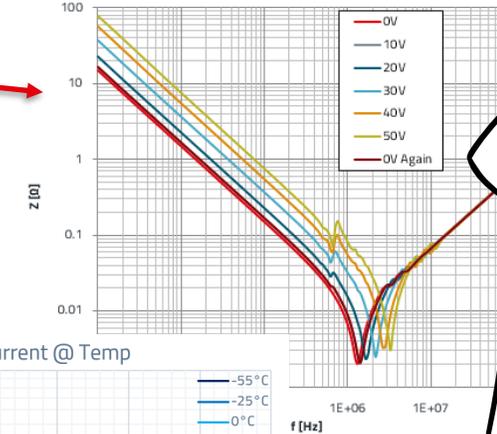
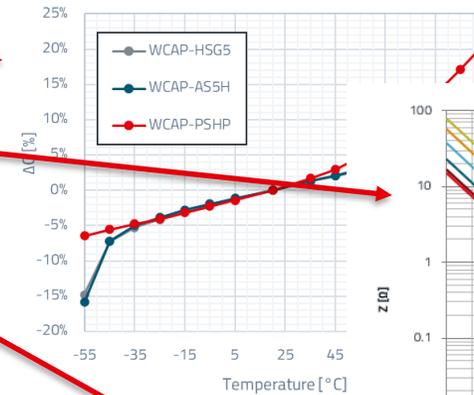
Resultado en años de vida útil

MORE THAN YOU EXPECT

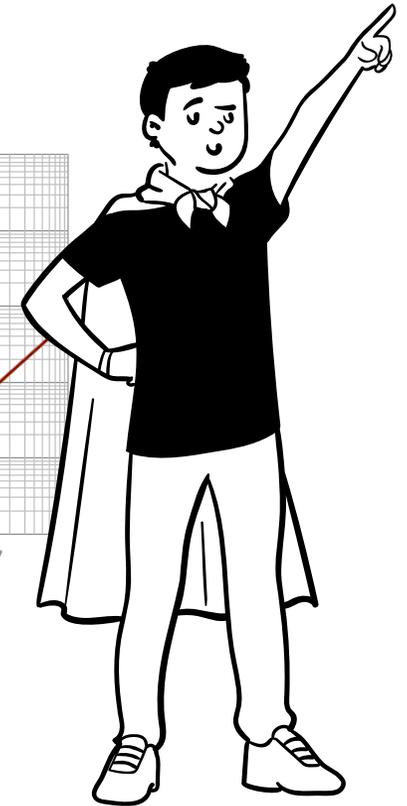
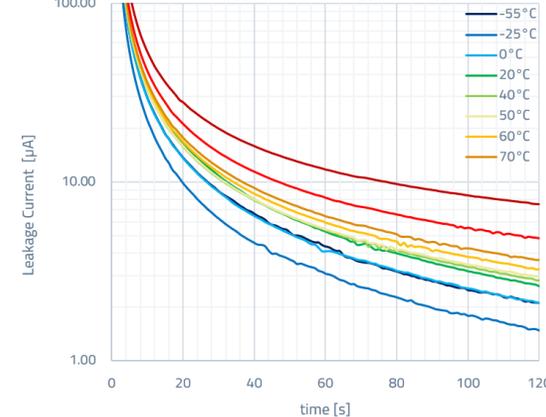
Que puedes esperar de nuestro equipo de Product Management

- Mediciones especiales:
 - Comportamiento vs Temperatura
 - Espectro de impedancia con DC-Bias
 - Corriente de fuga a diferentes temperaturas
 - DC Bias a lo largo del tiempo
 - Pruebas de carga y calentamiento
 - Y mucho más...
- Otras cuestiones técnicas y de asesoramiento
- Cálculos de vida útil o durabilidad
- Proyectos de componentes customizados
 - Fundas y colores personalizados
 - Doblado de pines, cortados
 - Prototipos con sensores de temperatura
- Tamaños y valores fuera del catálogo estándar

Capacitance change vs Temperature



Leakage Current @ Temp



TIPOS DE CONDENSADORES: DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA

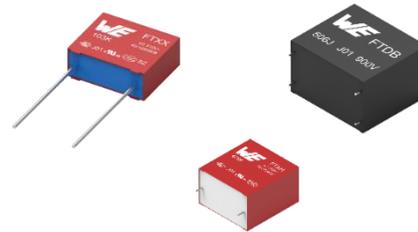
Cerámicos Multicapa (MLCC)

- Los componentes de menor tamaño y usados en mayor cantidad
- Clase 1: muy estables frente a temperatura, corriente y tiempo
- Clase 2: altas capacitancias disponibles pero con fuertes bajadas en trabajo
- Disponibles con altísima densidad de capacitancia en bajas tensiones
- Disponibles para muy altas tensiones de hasta 3000 V



Condensadores de Film

- Apropriados para altas tensiones
- Autoreparación
- Uso en tensión de red
- Sensibles a humedad y temperatura



Supercondensadores (EDLC)

- Altísimas capacitancias hasta 350 F
- Tensión muy baja 2.7 V
 - Conectar en serie
 - Equilibrado necesario



Condensadores Electrolíticos

- Electrolíticos (liquido)
 - Rentables y versátiles
 - Todos los tamaños
 - Vida corta a altas temperaturas
- Polímeros (solido)
 - Larga vida útil
 - Bajo ESR / altas corrientes
 - No son apropiados para
 - Conectados a baterías
 - Alta vibración
- Polímeros Híbridos
 - Combina ventajas de ambos
 - Alta longevidad y corriente
 - Apropriados para altas temperaturas



Preguntas

& Respuestas



Escríbenos tus preguntas ahora o mándalas por email a:

Jon.lzkue-Rodriguez@we-online.com
webinarteam@we-online.com



Próximas presentaciones en español:
(fechas provisionales)

16.04.2025 – De la teoría a la práctica: tipos de condensadores y sus aplicaciones

21.05.2025 - Introducción a los productos de frecuencia: cristales de cuarzo y osciladores

10.06.2025 - Fundamentos de optoelectrónica

15.07.2025 - Impacto de la degradación en inductores moldeados de potencia en un convertidor DC-DC

04.09.2025 - Conectores para aplicaciones de alta corriente

08.10.2025 - Tipos de CMC e integración para aplicaciones de bajo voltaje y datos

13.11.2025 - Fundamentos de Componentes de protección contra sobretensiones