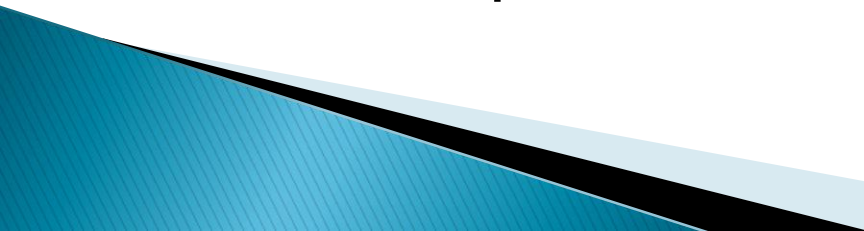


Tecnología Electrónica

Ingeniería en Electrónica

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba

Capacitores

- ▶ Un capacitor es un dispositivo que tiene la propiedad de almacenar energía, la que podrá ser liberada posteriormente.
 - ▶ En forma elemental consta de dos placas metálicas paralelas aisladas entre sí por un material dieléctrico.
 - ▶ La capacitancia dependerá de la forma, tamaño, y tipo de material dieléctrico.
 - ▶ Una capacitancia de 1 Farad es cuando con una tensión aplicada de 1 V se almacena 1 Coulomb.
- 

Capacitores

$$Q(t) = C * V(t)$$

$$\text{Farad} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}} = \frac{\text{Coulomb}^2}{\text{Joule}}$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 * K_d * A}{d} [pF] \rightarrow \text{capacitancia capacitor placas paralelas}$$

C → capacitancia [pF]

A → Area [m]

ε_0 → Constante dieléctrica absoluta (≈ 8.85)

K_d → Constante dieléctrica material empleado

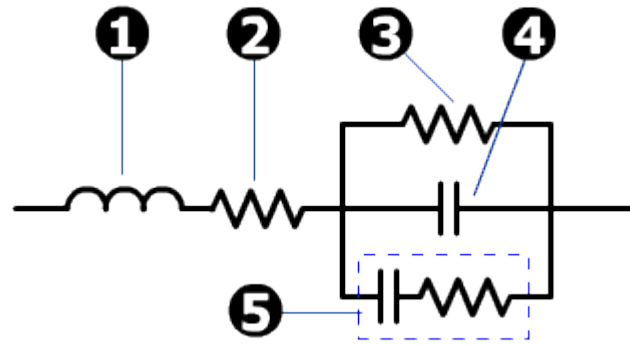
d → distancia entre placas [m]

$$C = \frac{\varepsilon_0 * K_d * A}{d} [pF] \rightarrow \text{capacitor poliester}$$

$$C = \frac{8.85 * 3 * 0.06}{0.010} = 159.3 pF$$

CIRCUITO EQUIVALENTE

- ▶ Se debe considerar en modelo equivalente



- ▶ 1 – Inductancia que se debe a los terminales y arrollamientos de los electrodos $\rightarrow L$
- ▶ 2 – Resistencia de los electrodos y terminales de conexión $\rightarrow R_s$
- ▶ 3 – Resistencia de Aislamiento $\rightarrow R_p$
- ▶ 4 – Capacidad Nominal $\rightarrow C$
- ▶ 5 – Absorción Dieléctrica

Factores Generales

▶ Eléctricas

- Tolerancia de la Capacidad
- Tensión Nominal
- Capacidad de Conducción de AC
- Resistencia de Aislamiento o Pérdidas
- Factor de Disipación
- Efectos de la Frecuencia
- Coeficiente de Voltaje
- Variación de la Capacidad con respecto a la Temperatura
- Absorción del Dieléctrico

▶ Mecánicas

- Tamaño
- Tipo de Terminal
- Montaje

◦ Ambientales

- Rango de Temperatura de Trabajo
- Resistencia a Hongos
- Resistencia a golpes y vibraciones
- Altitud
- Radiación

◦ Confiabilidad

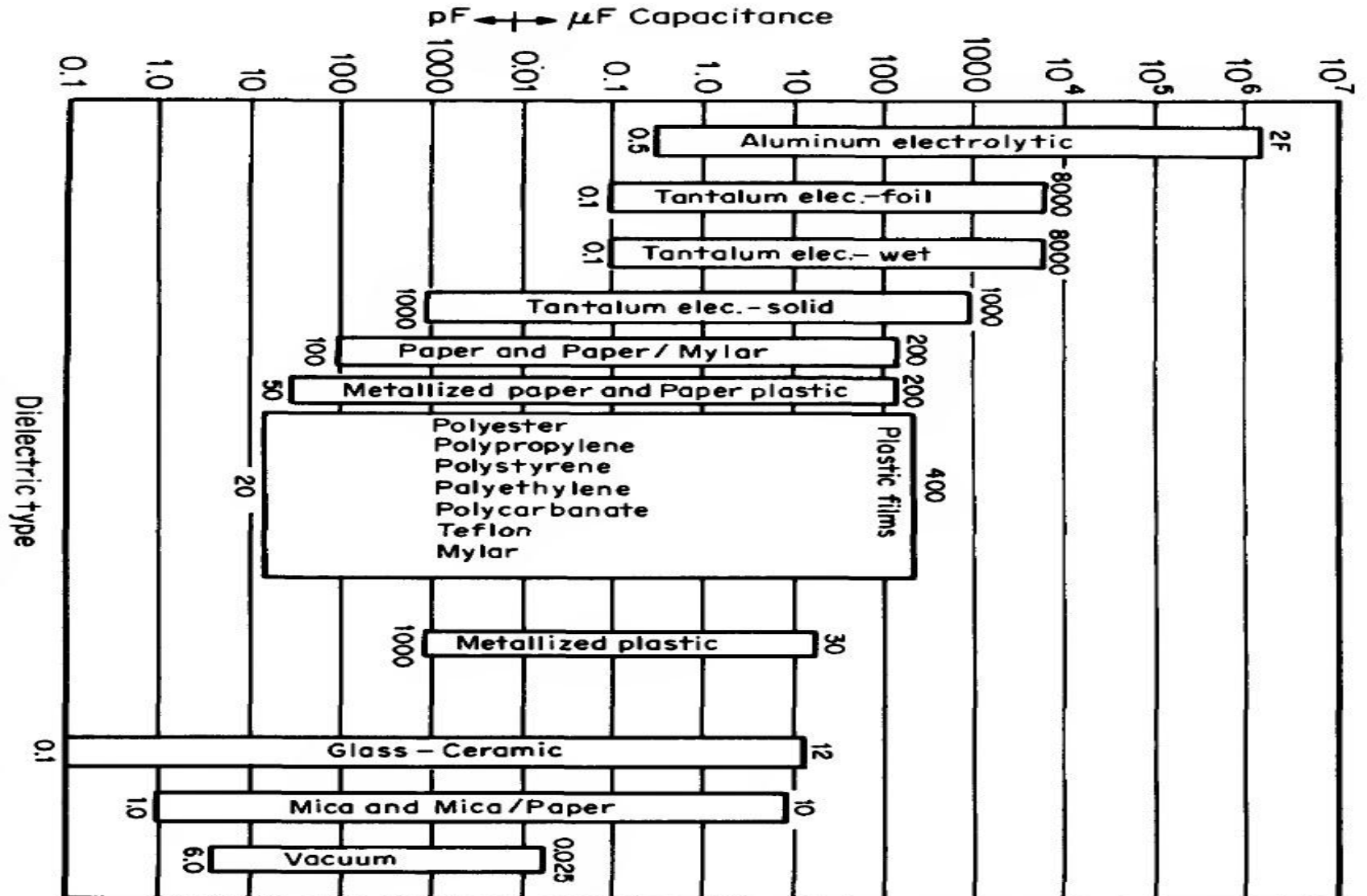
- Reducción de la probabilidad de falla
- Modos de falla
- Estabilidad
- Vida Útil

Capacidad y Tolerancia

- ▶ La capacidad y tolerancia dependerá del material.

Tipo	Capacidad	Tolerancia
Vidrio Mica	< 10.000 pF	Hasta $\pm 1\%$
Cerámica		10% a 20%
Papel Plástico	5nF – 22uF	$\pm 0.5\%$ a $\pm 20\%$
Cerámica (algunos)		10% a 20%
Electrolíticos	> 1 uF	> $\pm 5\%$

Capacidad – Dieléctrico



Tensión Nominal

- ▶ Es importante que la tensión (CC) seleccionada para el capacitor sea lo suficientemente alta para evitar reducir su confiabilidad.
- ▶ Se deben tener presentes los transitorios y las sobretensiones.

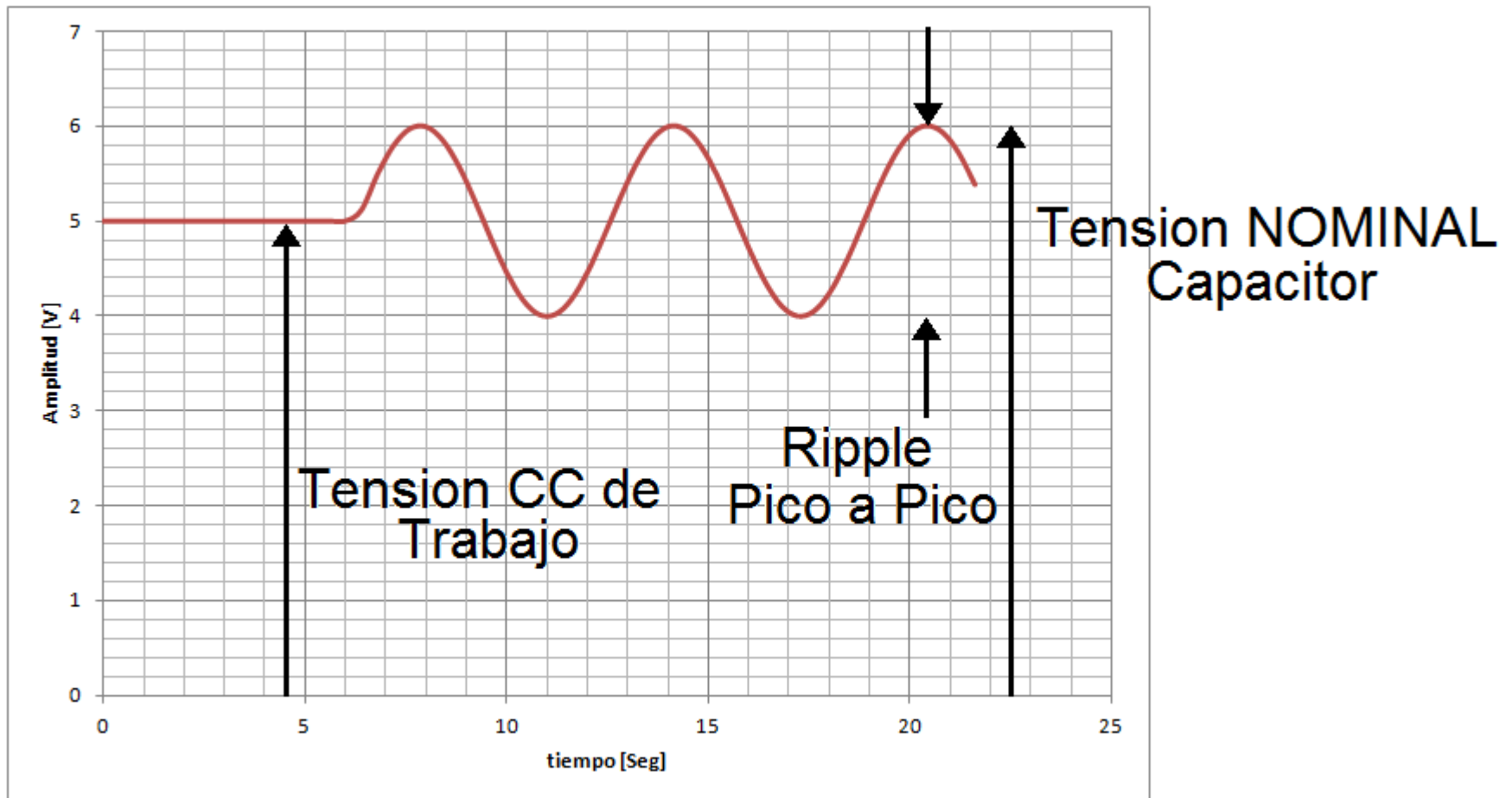
Tipo	Tensión Nominal
Vidrio	100V– 500V
GP – Cerámica (Disco Cerámico General $\pm 10\%$)	50V – 1600V
TC – Cerámica (Temperatura Compensada)	50V – 500V
Plástico – Papel	30V – 1000V
Tantalio Sólido	6V – 100V
Lámina de Tantalio – Tantalio Húmedo	6V – 450V

Tensión Nominal

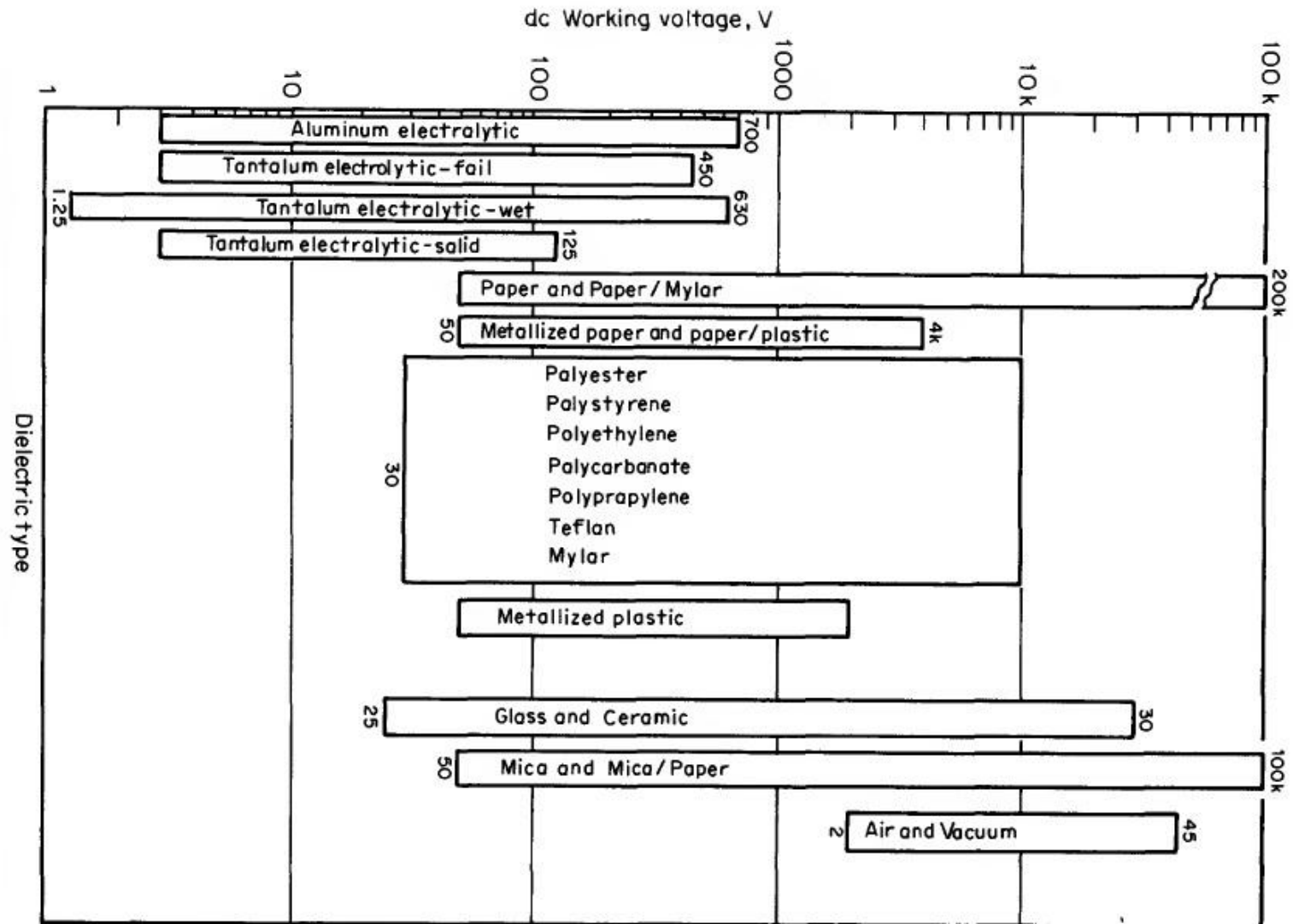
- ▶ Para aplicaciones en AC se debe determinar la corriente, la forma de la onda, y los requerimientos de temperatura.
 - Tensión Pico
 - Tensión Pico a Pico
 - Corriente Eficaz
 - Corriente Pico
 - Formas de Onda No sinusoidales
 - Dibujar la onda para determinar los parámetros antes mencionados.

Tensión Nominal

- ▶ Para aplicaciones en DC con AC superpuesta.

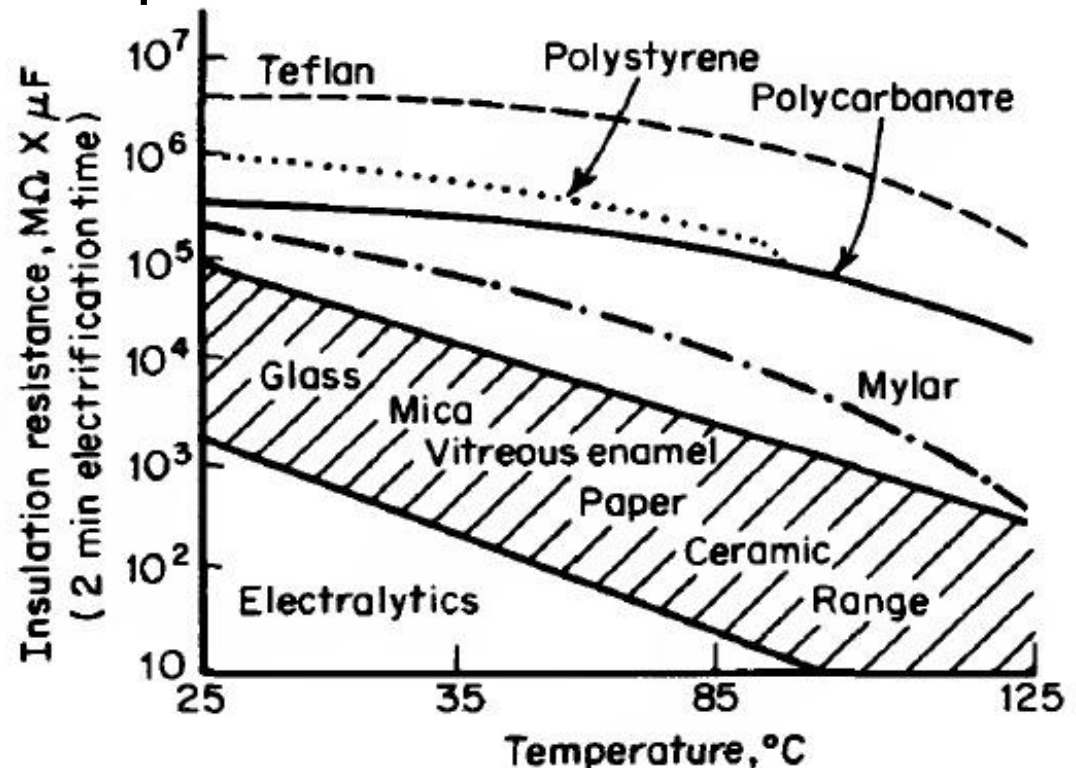


Tensión Nominal



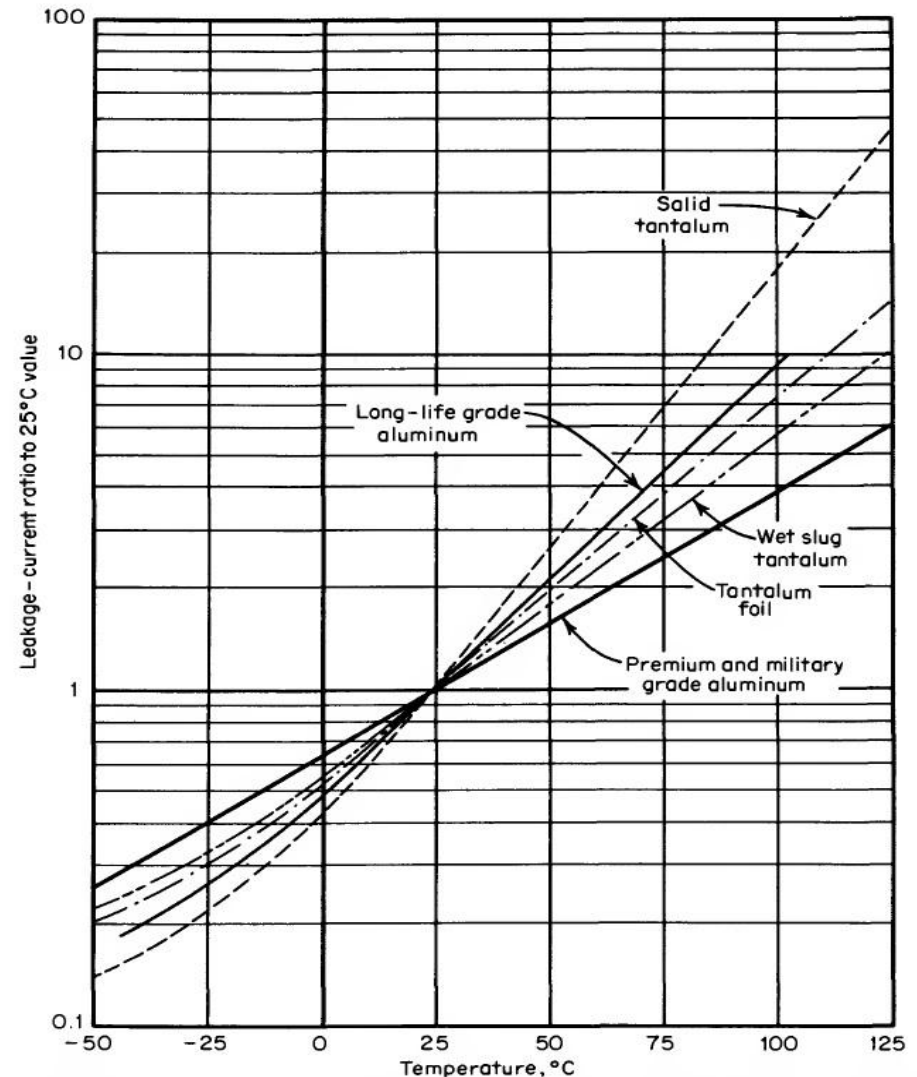
Resistencia de Aislamiento IR

- ▶ Se expresa en $M\Omega$ o $M\Omega/\mu F$ para dieléctrico convencional. Se expresa en μA para los de tipo electrolítico (corriente de fuga).
- ▶ Disminuye con la temperatura.



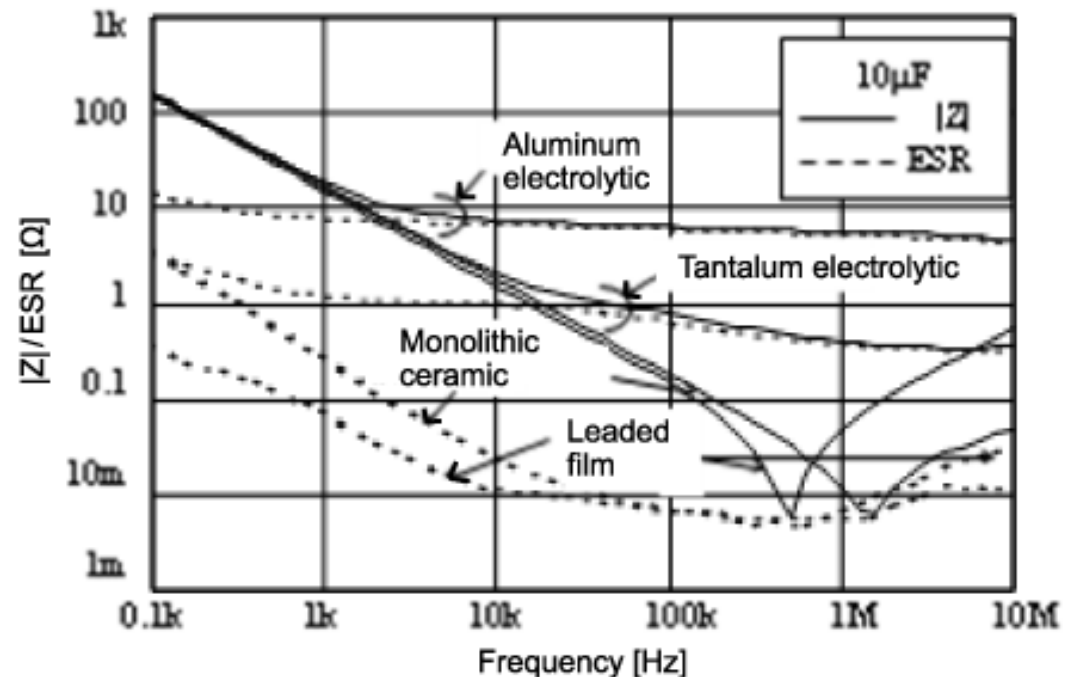
Corriente de Fuga

- ▶ En capacitores de tipo electrolíticos se expresan las corrientes de fuga en cuenta de la resistencia de aislamiento IR.
- ▶ Aumenta con la temperatura.



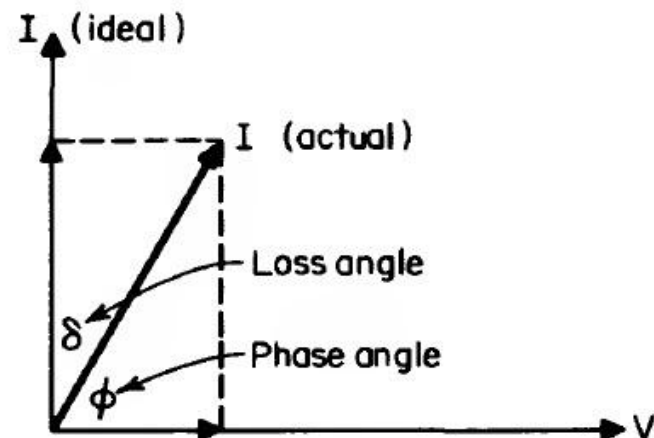
Resistencia ESR

- ▶ Resistencia Equivalente Serie ESR
- ▶ Esta representada por las R_s y R_p del circuito equivalente.
- ▶ Es un valor que se tiene en cuenta en capacitores de tipo Electrolítico.

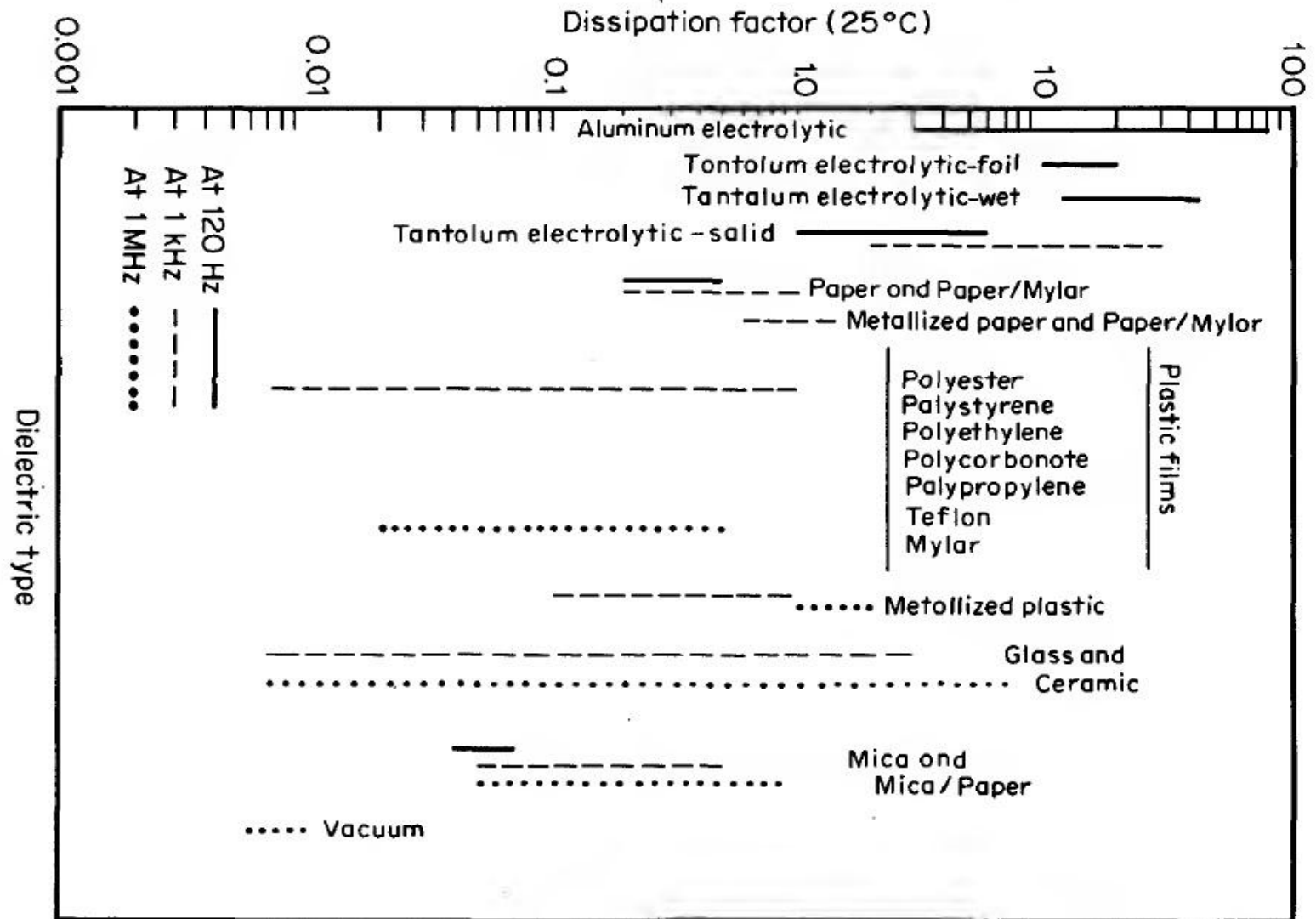


Factor de Disipación DF

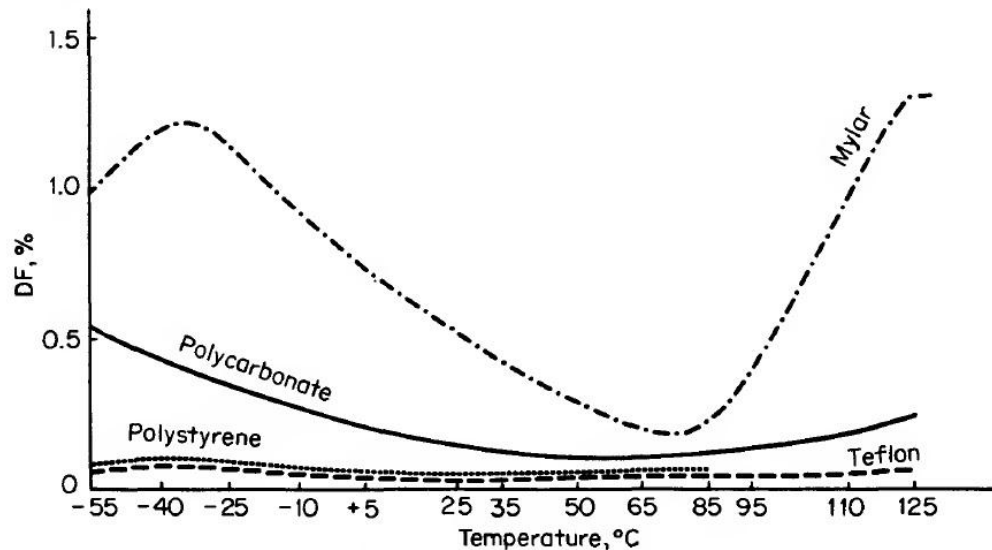
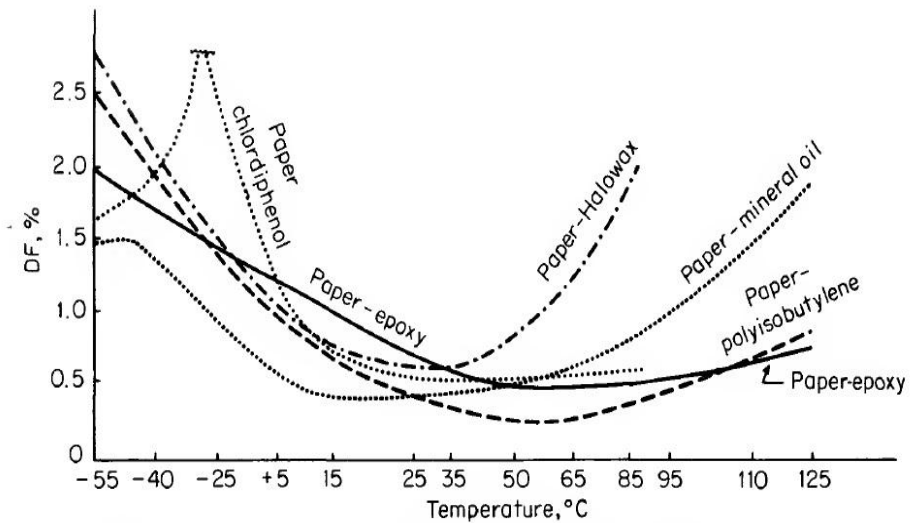
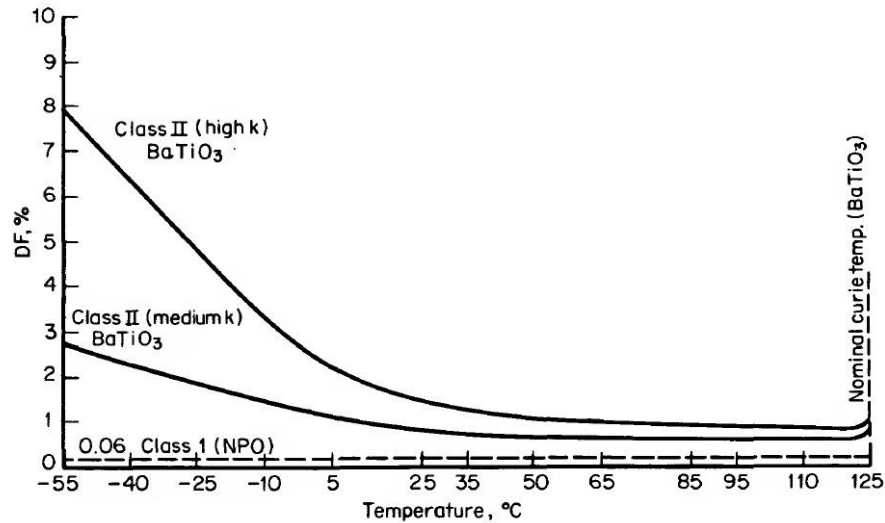
- ▶ Es función de la Capacidad, la ESR y la Frecuencia.
- ▶ Se mide en las siguientes frecuencias
 - 1Mhz $\rightarrow C < 100\text{pF}$
 - 1Khz $\rightarrow C > 100\text{pF}$
 - 120Hz \rightarrow Capacitores Electrolíticos
- ▶ Varía con la temperatura.
- ▶ $DF = \text{tg } \delta$ (Ángulo de Pérdidas)



Factor de Disipación DF

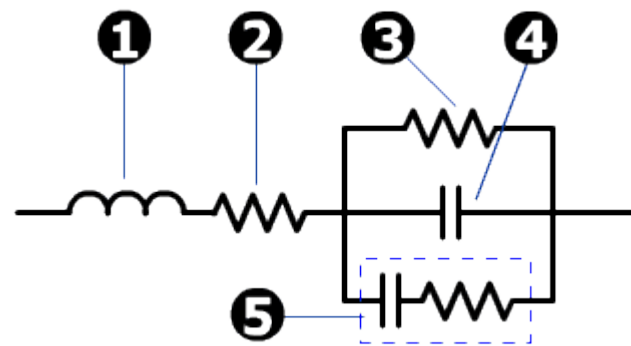


Factor de Disipación DF



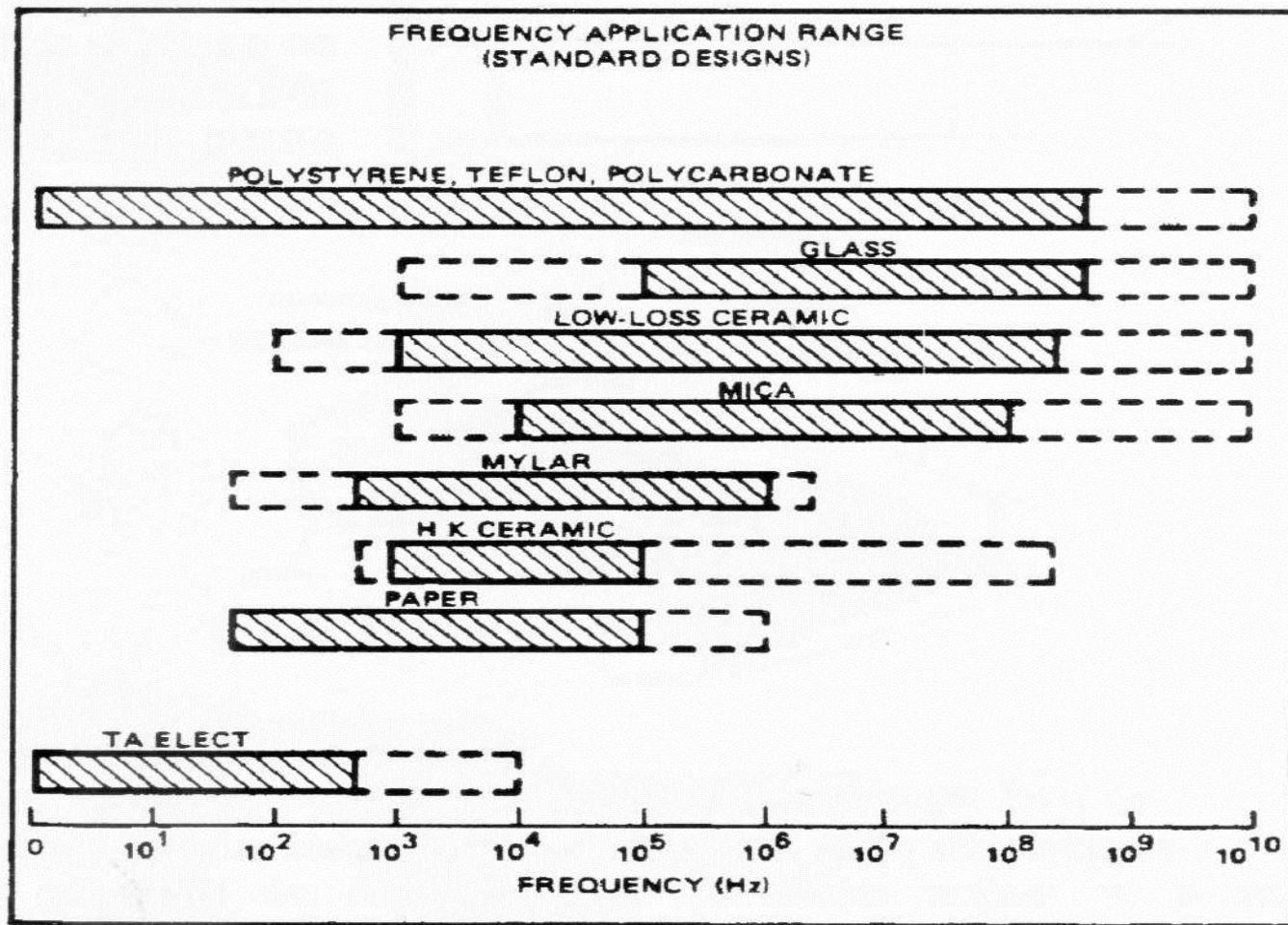
Efecto de la Frecuencia

- ▶ En DC, L y R_s son de bajo valor.
- ▶ Cuando aumenta la frecuencia L y R_s afectan al valor real de C .
- ▶ En un punto se tendrá que el sistema entra en resonancia, con lo cual el componente se asemeja a una R .
- ▶ Si aumento aun más la frecuencia el componente se asemeja a L .



Efecto de la Frecuencia

- ▶ Grafica para selección de tipo de capacitor

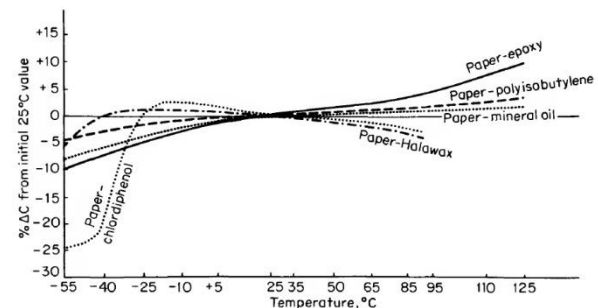
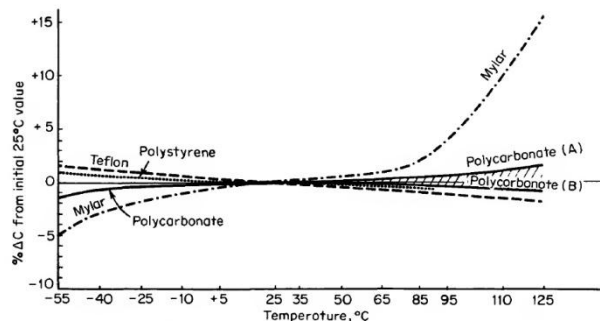
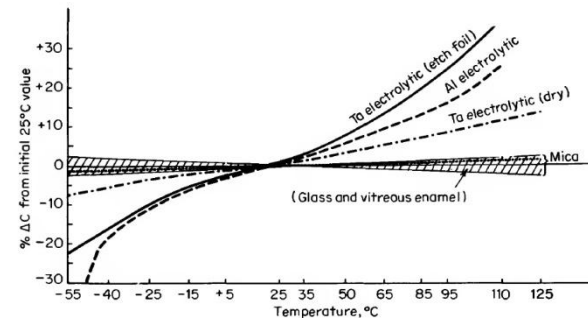
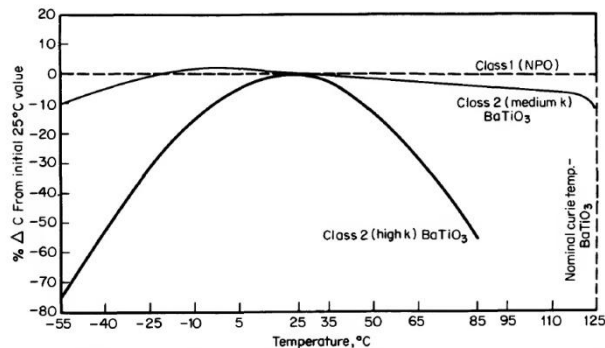


Coeficiente de Tensión

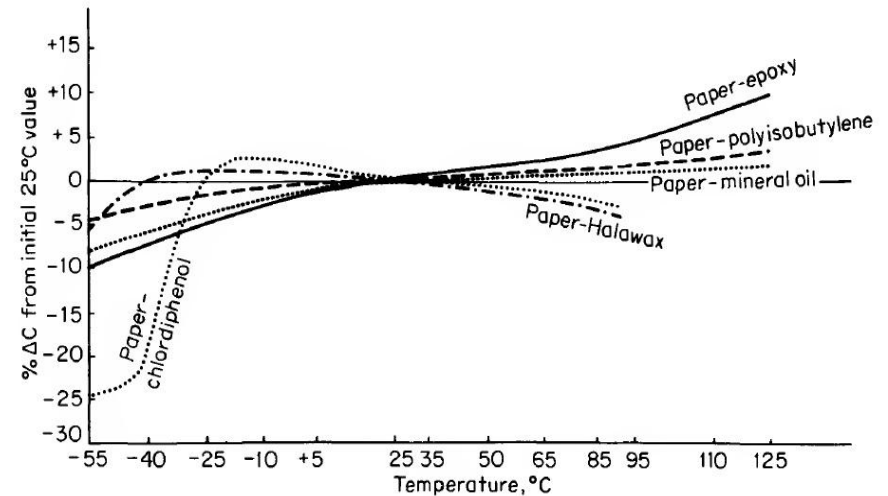
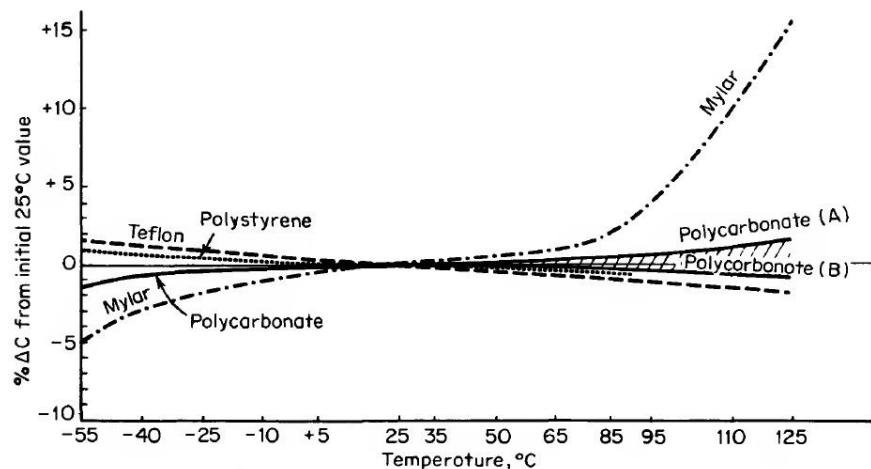
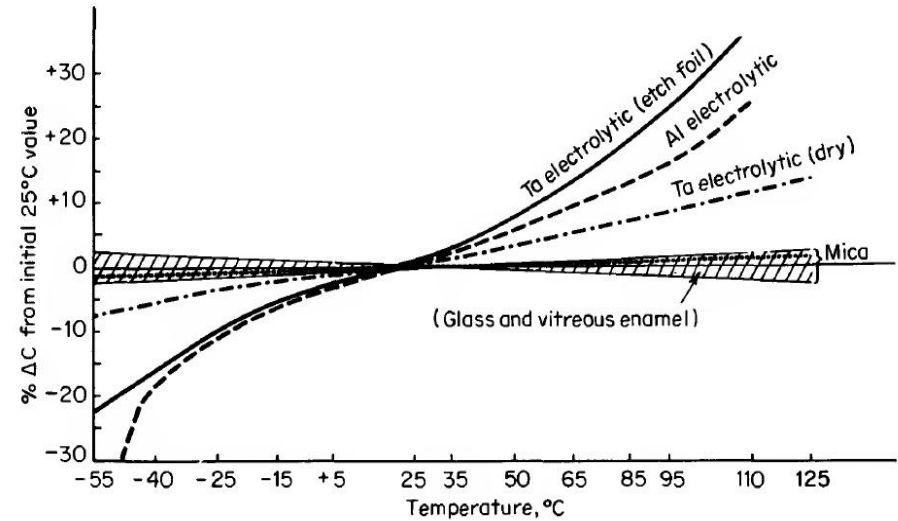
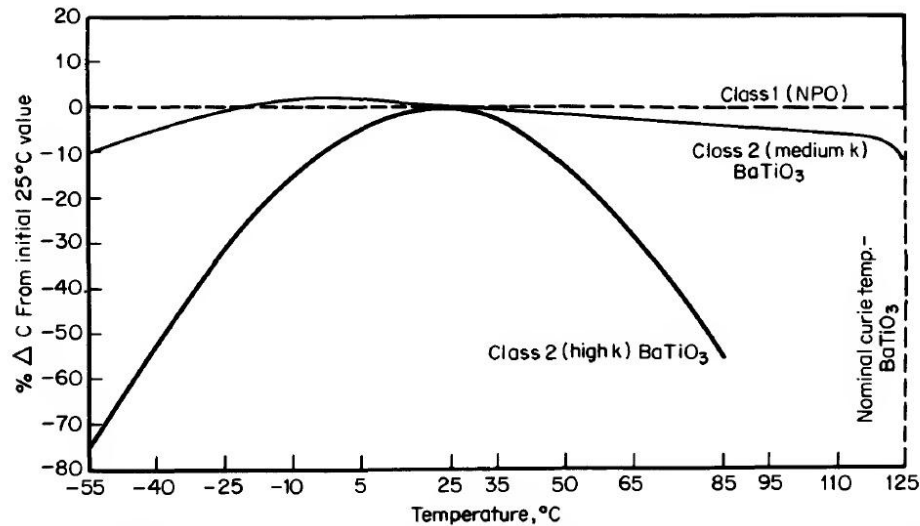
- ▶ La variación de capacitancia versus la tensión aplicada es insignificante en Clase I.
- ▶ En capacitores de cerámica CLASE II se aprecia el efecto de cambio de capacidad.

Efectos de la Temperatura

- ▶ La variación de temperatura provoca una variación de la capacitancia.
- ▶ En los capacitores de dieléctrico impregnado se busca disminuir las película de aire. Se tienen las graficas resultantes:



Efectos de la Temperatura



Absorción Dieléctrica

- ▶ Es la tendencia de retener electrones por parte del dieléctrico.
- ▶ Cuando se realiza una descarga, aparece en los terminales una tensión de recuperación.
- ▶ Es un porcentaje en relación con la tensión nominal.

Absorción Dieléctrica

Dieléctrico	% DA
Aire	0
Poliestireno - Teflón	0.02
Polycarbonato	0.08
Mylar	0.20
Mica	0.70
Papel Impregnado con Aceite	2.0

Voltaje de Carga : 200Vdc
Tiempo Carga: 1 minuto
Tiempo Descarga: 2 segundos
Tiempo antes de Medición: 1 minuto
Temperatura: 25°C

Factores Generales

► Consideraciones Ambientales

- Temperatura
 - Afecta: capacitancia, variaciones del dieléctrico, corriente de fuga, tensión de ruptura, valor máximo de corriente. Además provoca fuga de electrolitos.
 - Acorta la vida útil.
- Humedad
 - Afecta: la corriente de fuga, la tensión de ruptura, factor de potencia y el factor de calidad.
- Presión Barométrica
 - Afecta: la tensión de ruptura y fuga de electrolitos.
- Vibración, golpes, aceleraciones
 - Si no esta preparado para estas condiciones puede afectar: capacitancia, dieléctrico, la resistencia de aislamiento, fatiga de los terminales. Puede aparecer efecto piezoeléctrico en condensadores cerámicos

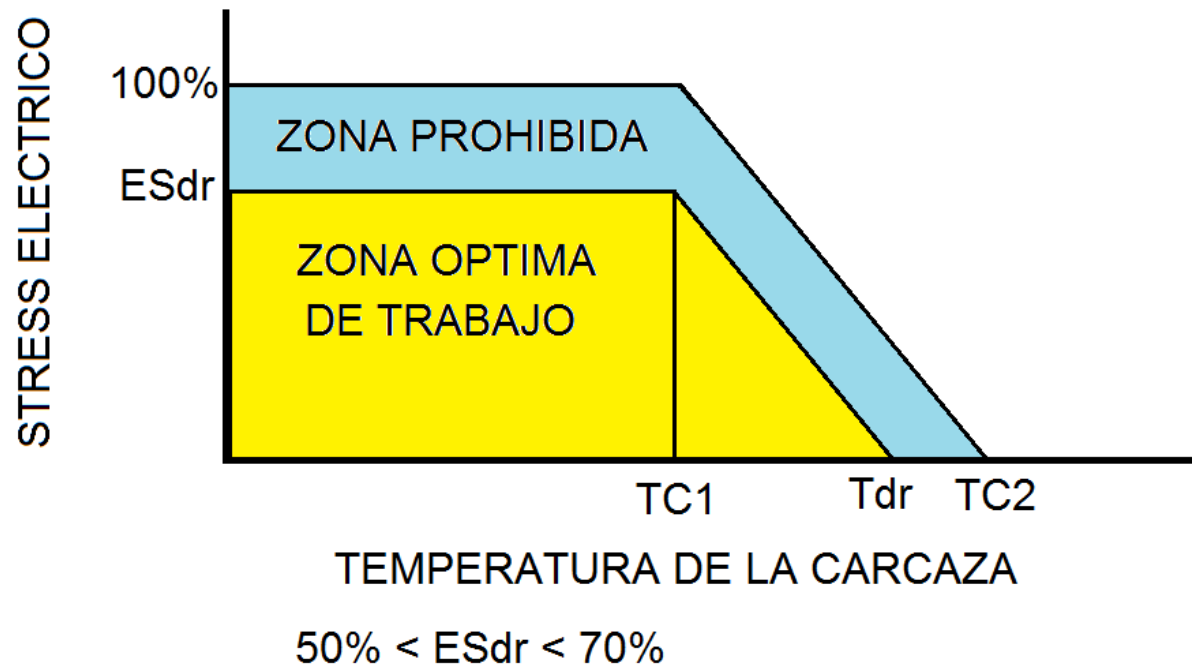
Factores Generales

► Consideraciones Ambientales

- Tensión Aplicada
 - Puede afectar: corriente de fuga, elevación de temperatura, ruptura dieléctrica, la frecuencia, el efecto corona y el aislamiento.
- Confiabilidad – Modos de Falla
 - Abierto
 - Cerrado
 - Intermitente en abierto y cerrado
 - Baja resistencia del dieléctrico
 - Variación de la capacitancia
 - Alta corriente de pérdida

Factores Generales

- ▶ Consideraciones Ambientales
 - Degradación
 - Es función del tiempo, la temperatura y el voltaje.





Capacitores – TIPOS

▶ FIJOS

- Cerámicos
 - Clase I → NP0
 - Clase II → BX
 - Con K Medio
 - Con K elevado
- Mica
- Vidrio
- Plástico
 - Poliéster Film → Mylar
 - Naftalato Polietileno
 - Sulfuro de Polifenileno
 - Policarbonato Film
 - Polipropileno Film
 - Politetrafluoroetileno → Teflón
 - Papel Film

▶ FIJOS

- Electrolíticos
 - De aluminio
 - De tantalio
 - Sólido
 - Húmedo
 - Lámina
 - Polarizados
 - No Polarizados

▶ VARIABLES

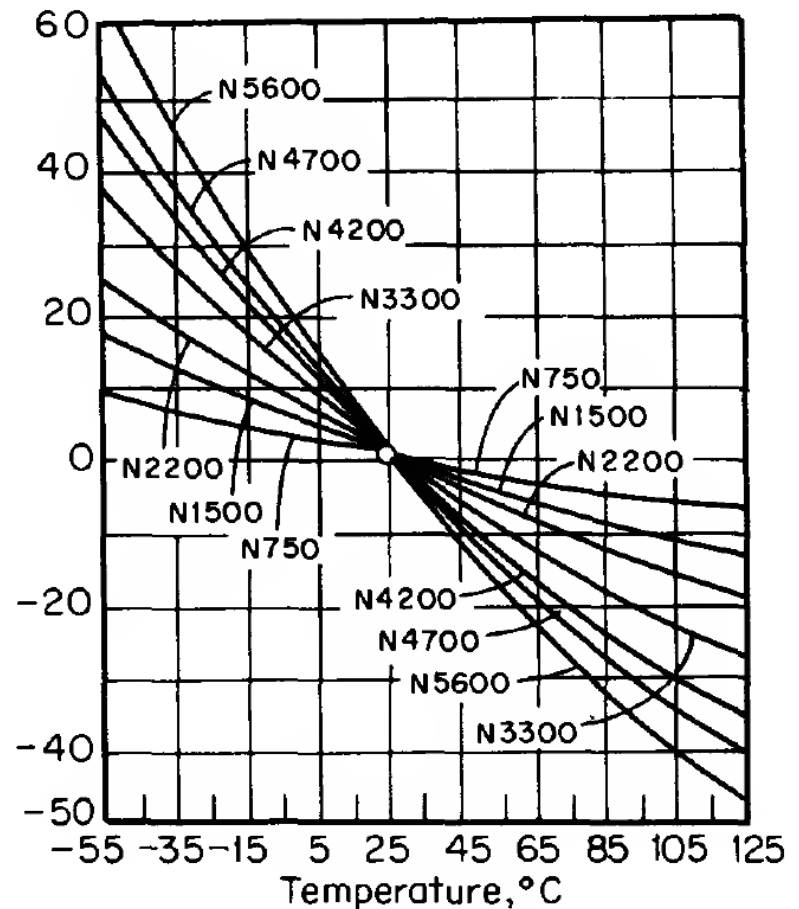
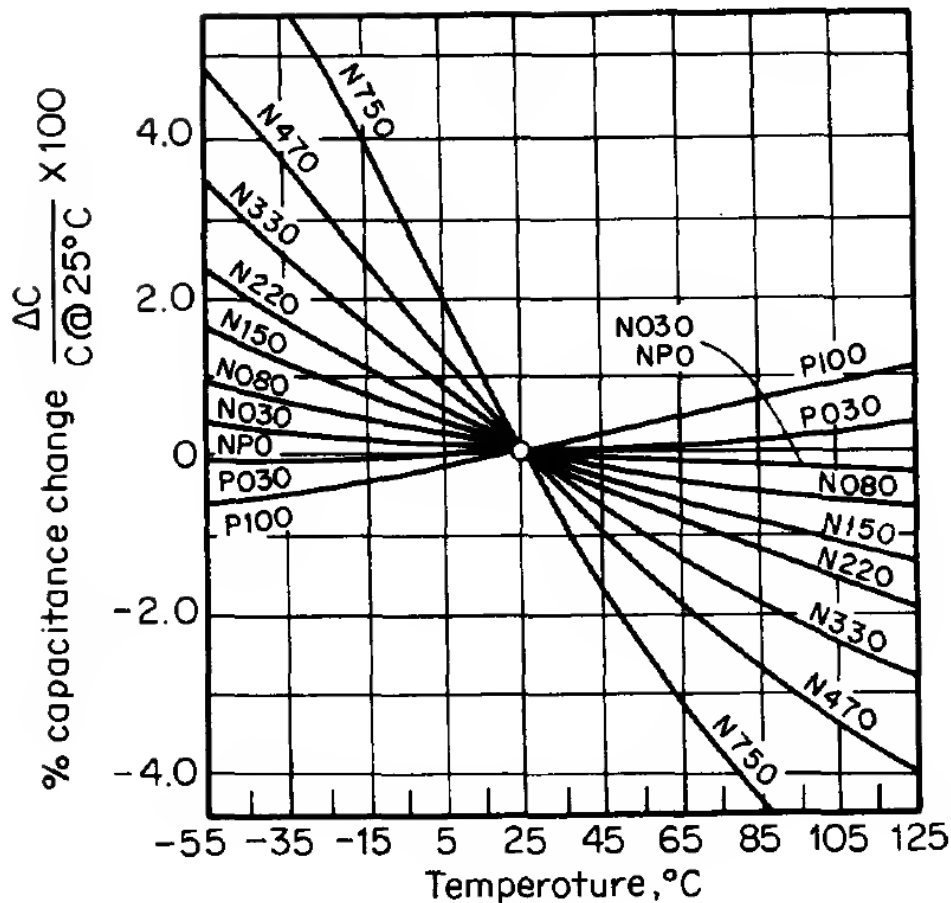
- Cerámica
- Vidrio
- Aire
- Teflón
- Mica

Capacitores – Cerámicos

- ▶ Clase I → NP0
 - Compensados en Temperatura
 - NP0 coeficiente de temperatura 0
 - Dieléctrico de Bajo K (entre 6 y 500)
- ▶ Clase II → BX
 - Cuando se necesita Miniaturización.
 - No están diseñados para aplicaciones de precisión.
 - Cambios en la constante dieléctrica.
 - Temperatura,
 - Intensidad de campo eléctrico
 - Frecuencia de trabajo
 - Envejecimiento
 - Tipo Estables
 - Dieléctrico de K entre 250 y 2400.
 - Tipo Inestables
 - Dieléctrico de K entre 3000 y 10000

Capacitores – Cerámicos

► Variación de Capacitancia vs Temperatura



Capacitores – Cerámicos

- ▶ Usos
 - En DC.
 - Si es Alterna, la tensión máxima no debe superar la Nominal.
 - No superar 35°C de variación.

Circuito	NPO	BX
Bloqueo de DC	NO	SI
Acoplamiento entre etapas	NO	SI
ByPass	NO	SI
Discriminación de Frecuencias	SI	SI
Transitorios	NO	SI
Supresión de Arcos	NO	SI
Circuitos de Tiempo	SI	NO

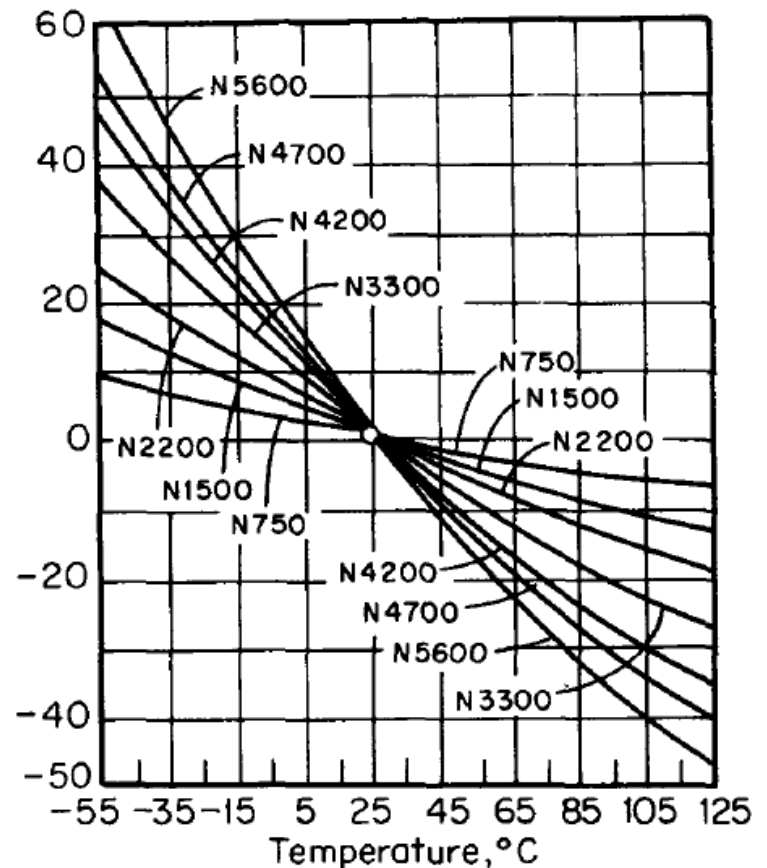
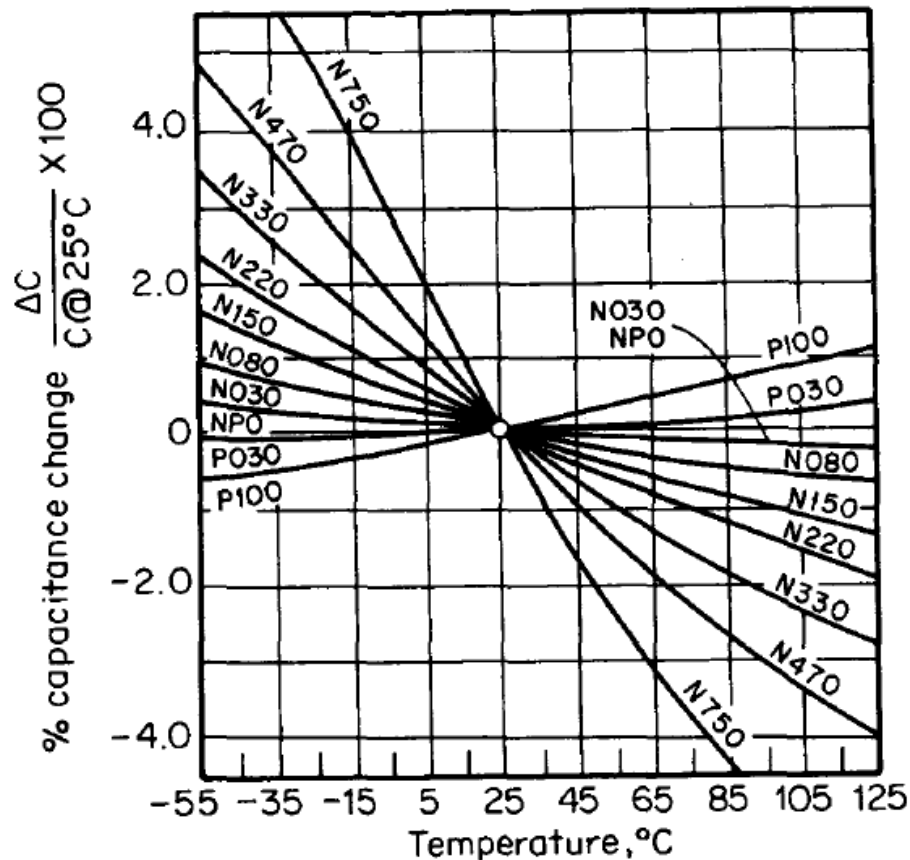
Capacitores – Cerámicos

- Resumen de Parámetros

Circuito	NPO Clase I	BX Clase II
Capacitancia [pF]	10 a 68.000	12.0 a 1.000.000
Tolerancia	0.1 pF a $\pm 10\%$	0.5 pF a $\pm 20\%$
Voltaje [V]	50	50 a 160
Coeficiente de Temperatura	30 ppm/°C	+15 a +25%
Resistencia de Aislación M Ω /μF	1.000 mínima	1.000 mínima
Temperatura de Trabajo °C	-55 a 125	-22 a 125

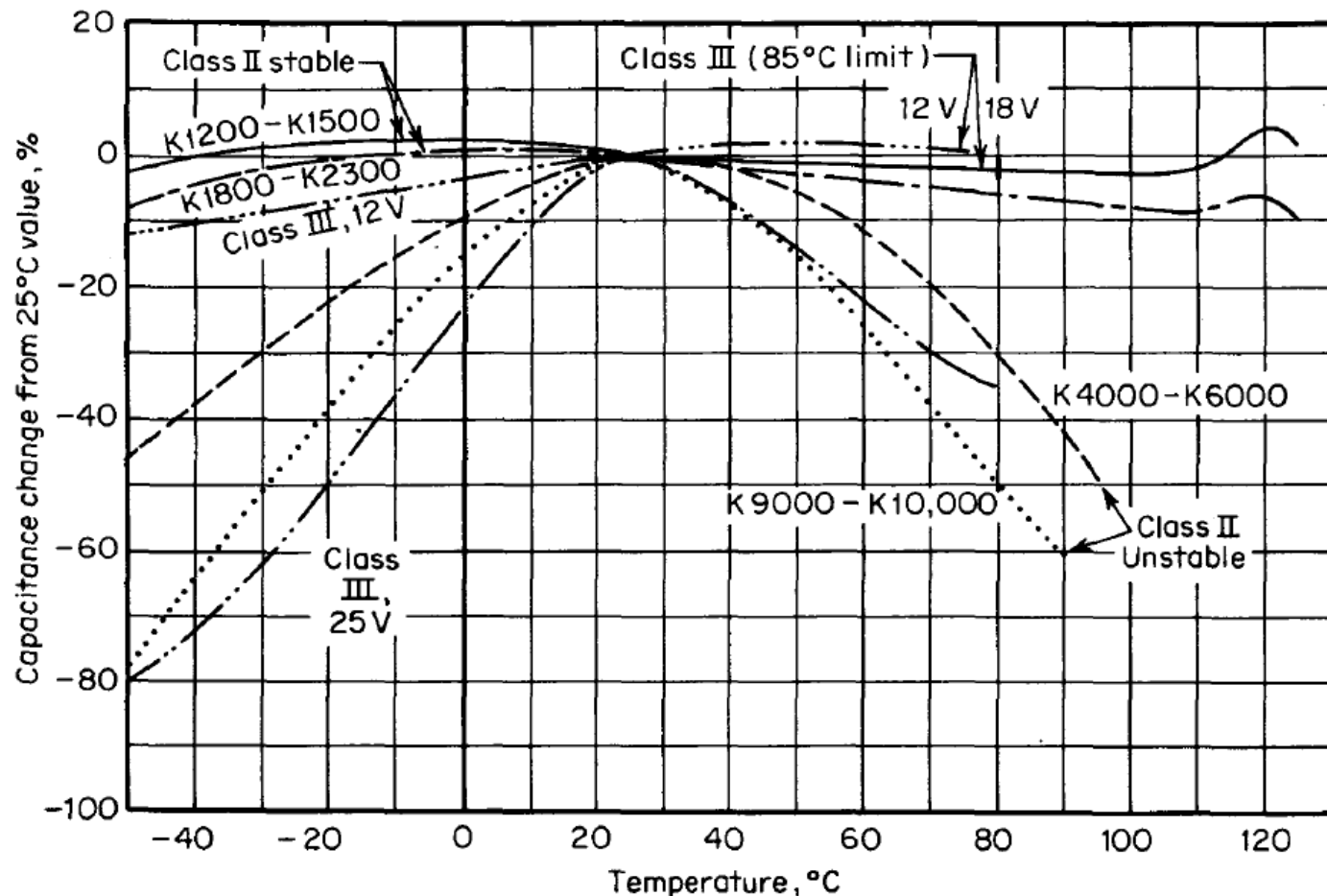
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función de la Temperatura Clase I



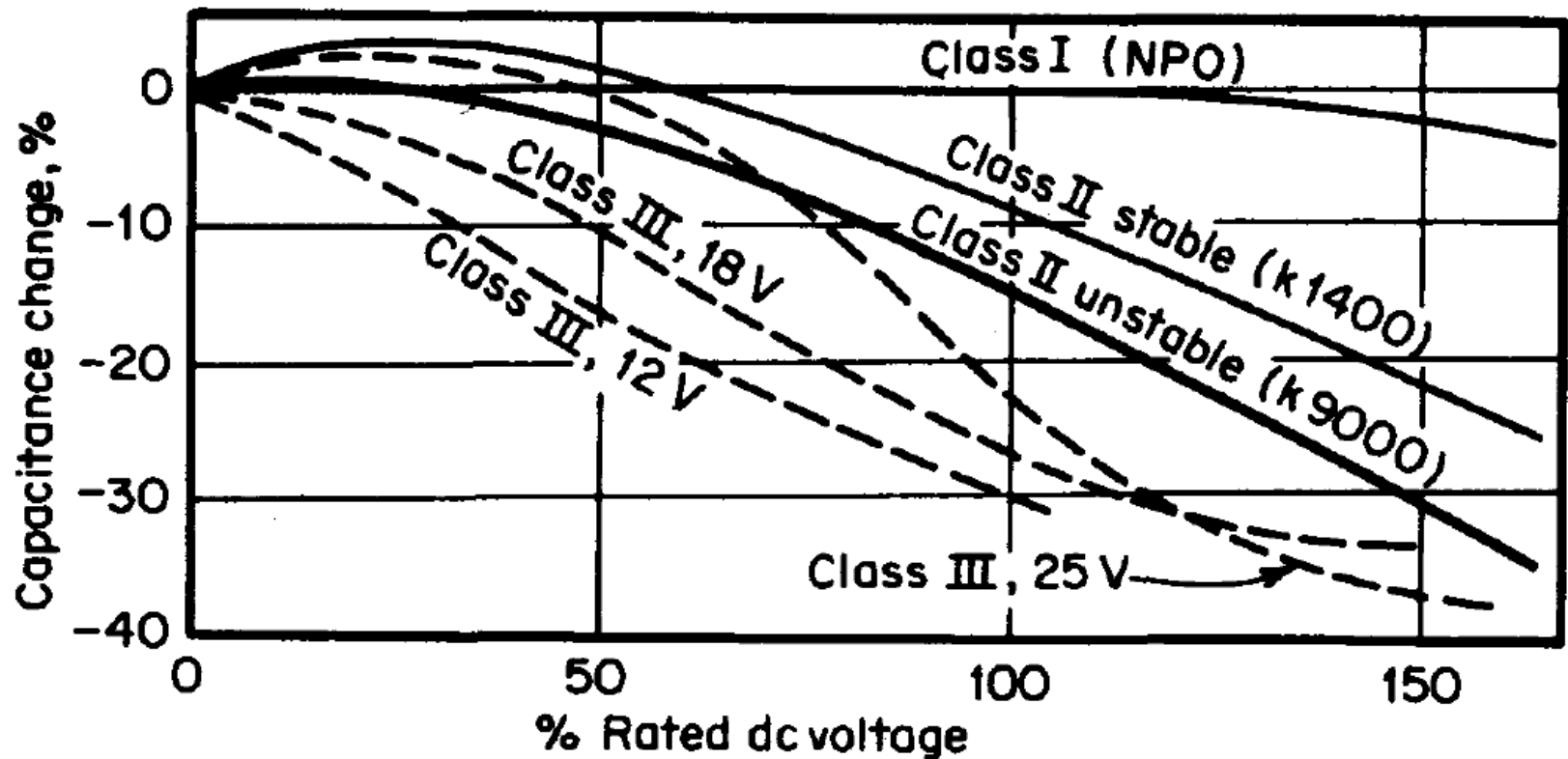
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función de la Temperatura Clase II



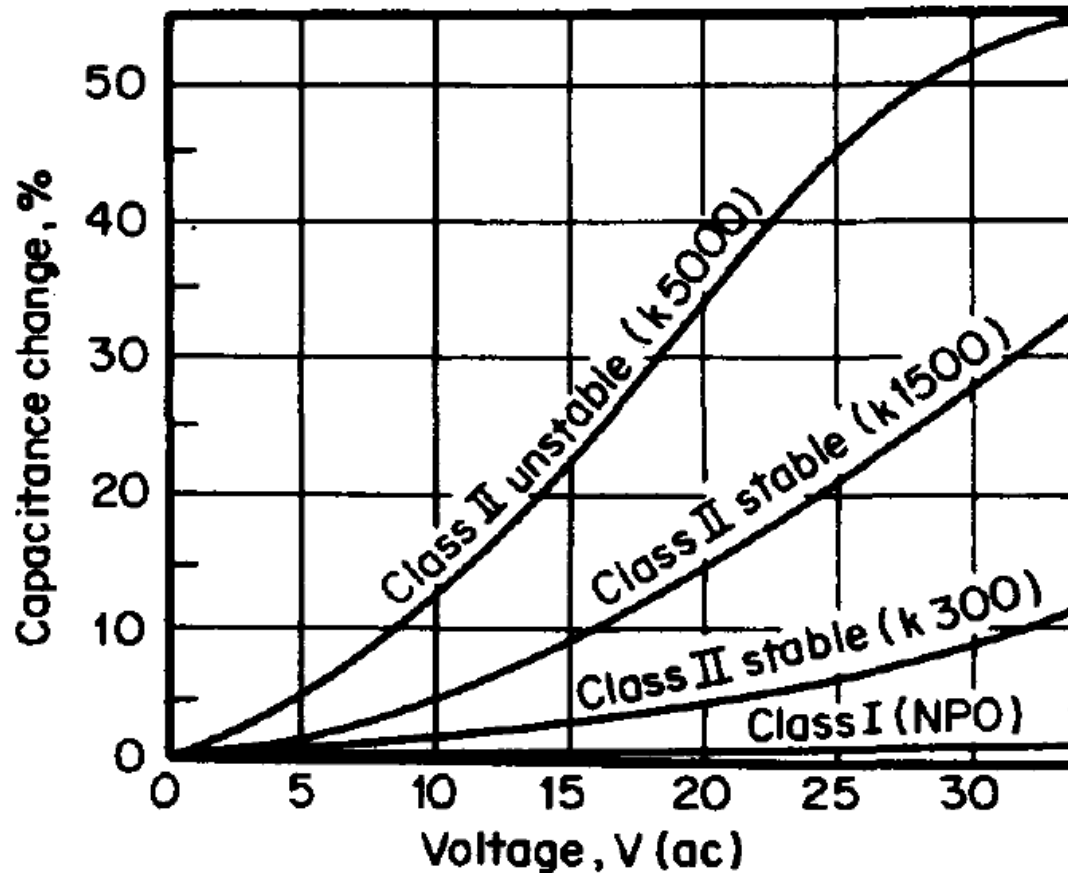
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función de la Tensión Aplicada DC



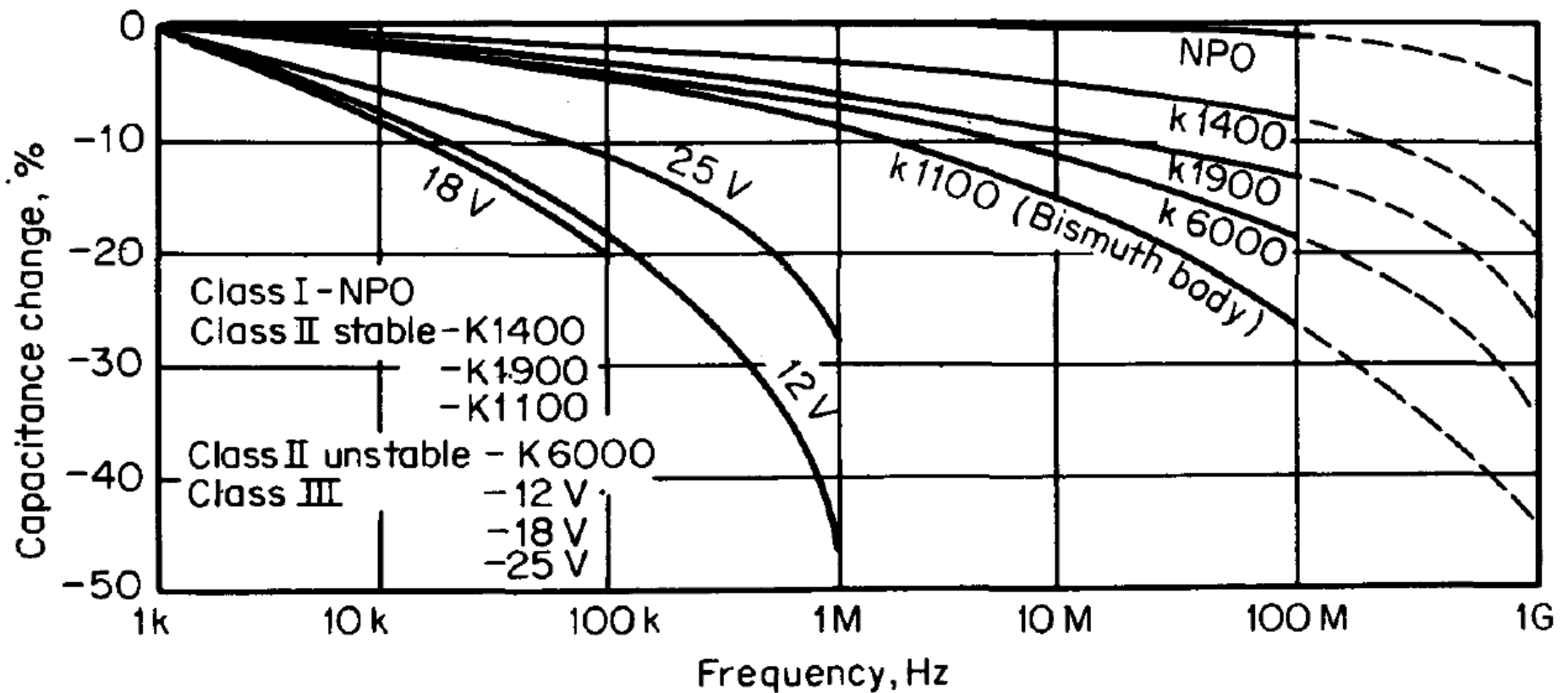
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función de la Tensión Aplicada AC



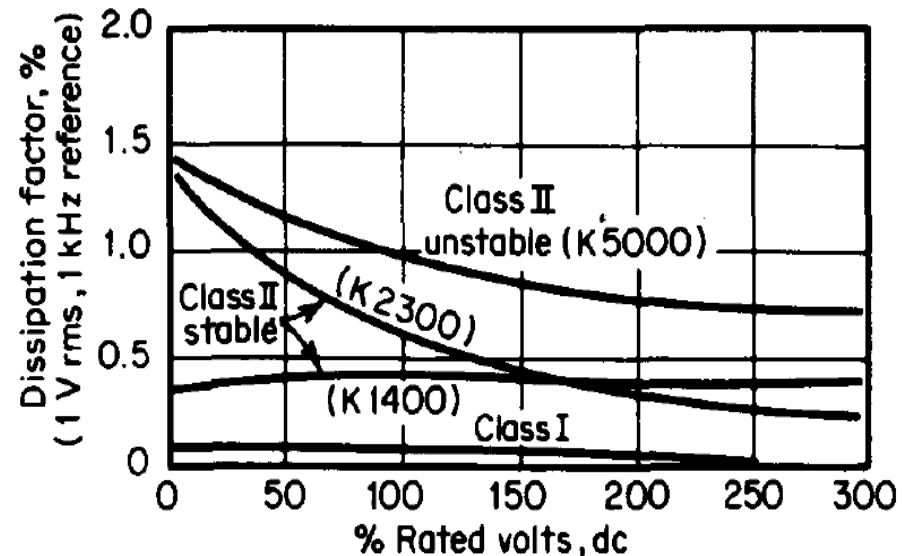
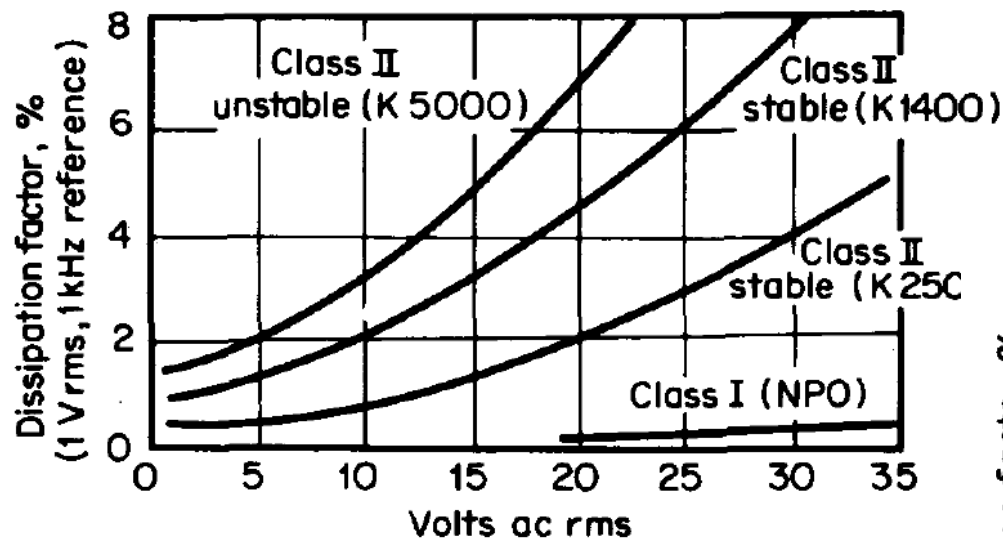
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función de la Frecuencia



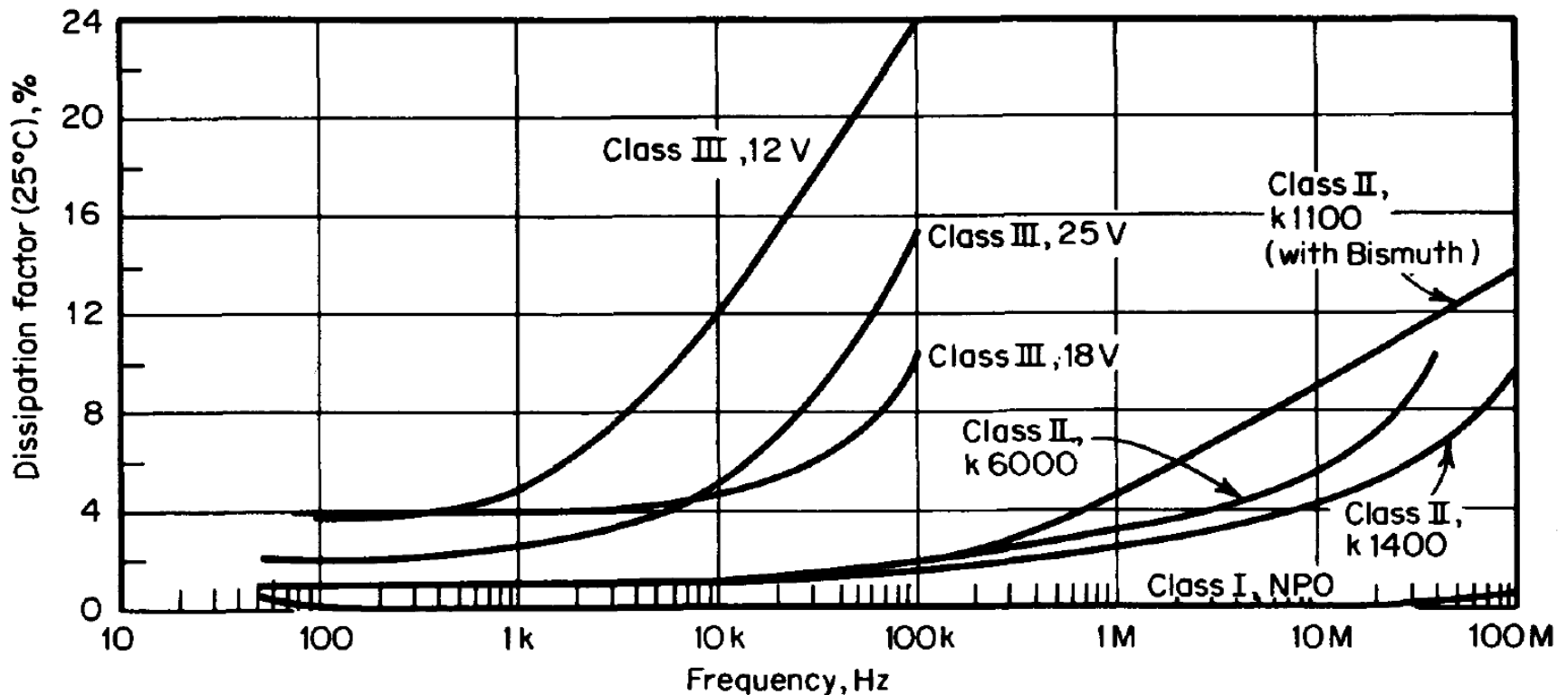
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función del Factor de Disipación
 - Se debe tener presente cuando se requiere alto Q



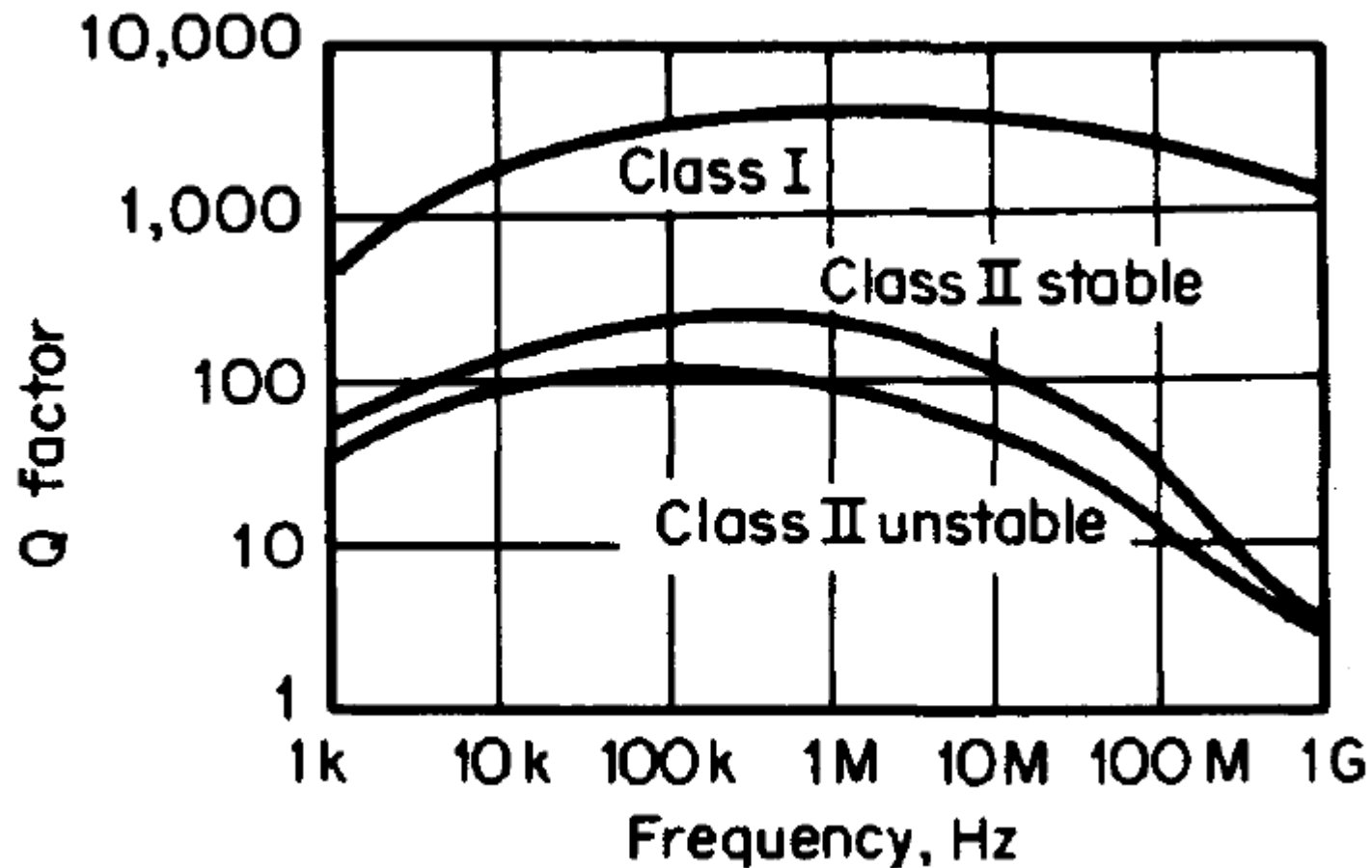
Capacitores – Cerámicos

- Variación de la Capacidad en función del Factor de Disipación



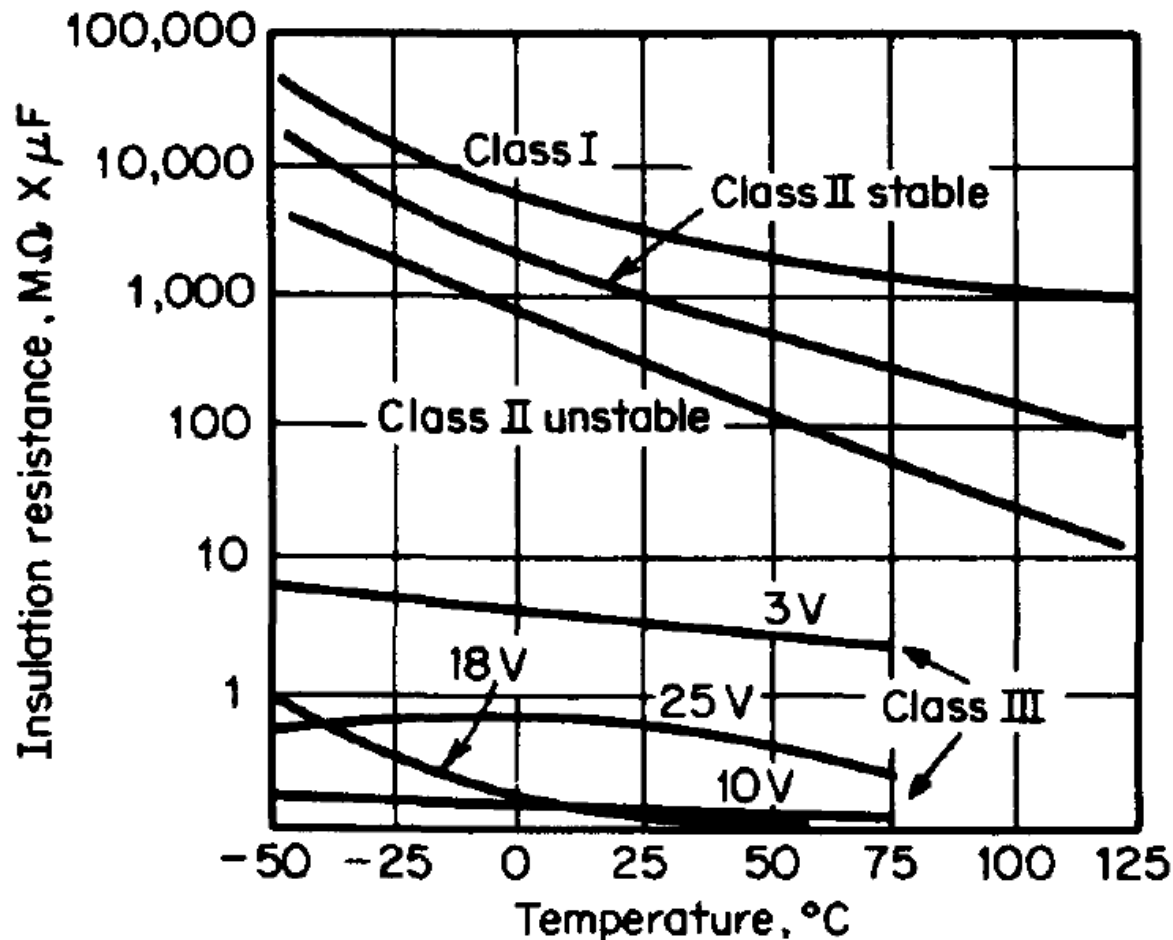
Capacitores – Cerámicos

- Variación del Q en función de la Frecuencia



Capacitores – Cerámicos

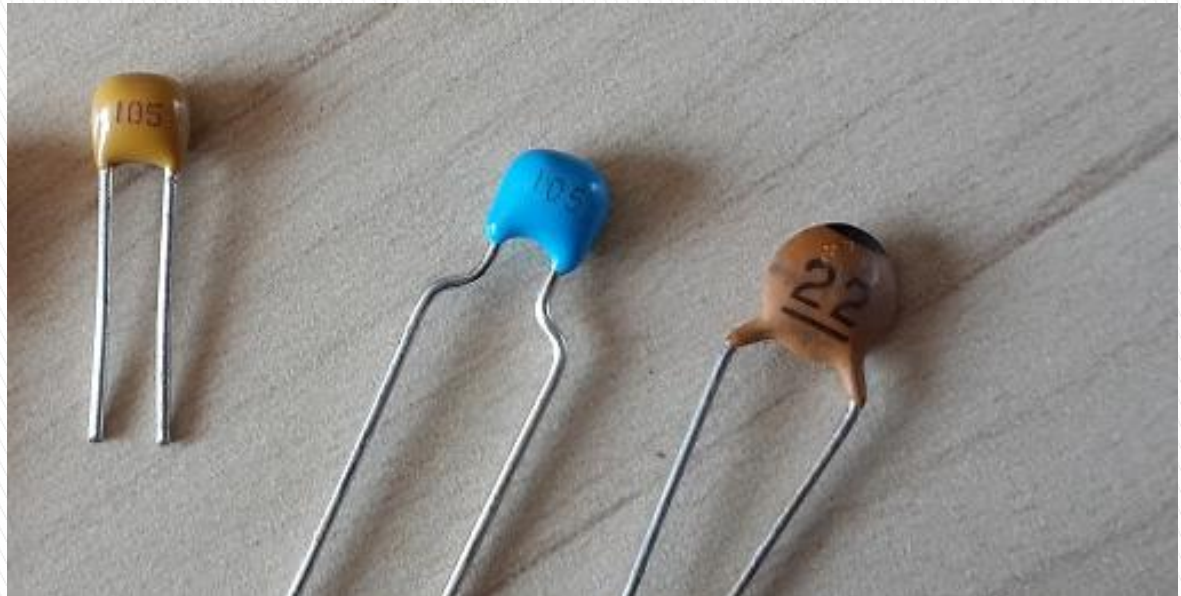
- Variación de IR en función de la Temperatura



Capacitores – Cerámicos

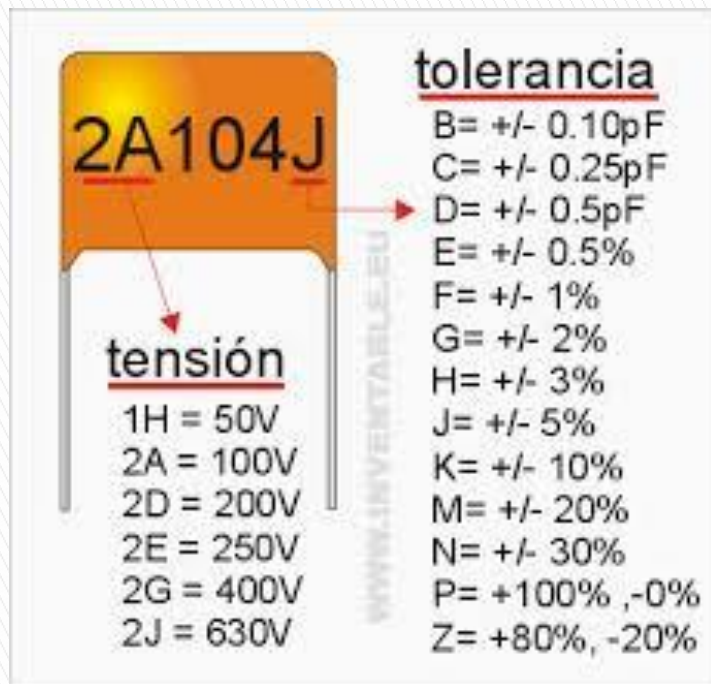
- Encapsulados

- Disco
 - Pintura Negra → Tipo NPO
 - Subrayado → Se emplea para valores pequeños de capacidad
 - 220 subrayado = 22pF
 - 220 = 220pF
- Tubo
- Monolítico



Capacitores – Cerámicos

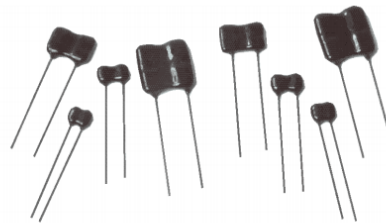
- Codificación



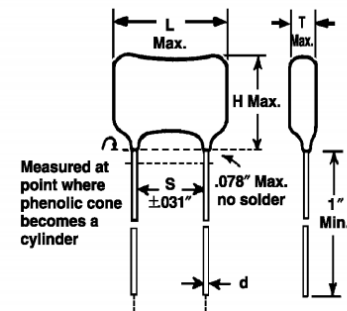
Capacitores – Mica

- Excelente característica de coeficiente de temperatura.
- Bajo envejecimiento
- Baja capacidad
- Alto Q
- Buena estabilidad en frecuencia
- Aplicaciones de Alta frecuencia.

High-Reliability Dipped Capacitors/MIL-PRF-39001



Type CMR meets requirement of MIL-PRF-39001, Type CMR high-reliability dipped silvered mica capacitors are ideal for high-grade ground, air-borne, and spaceborne devices, such as computers, jetcraft, and missiles.

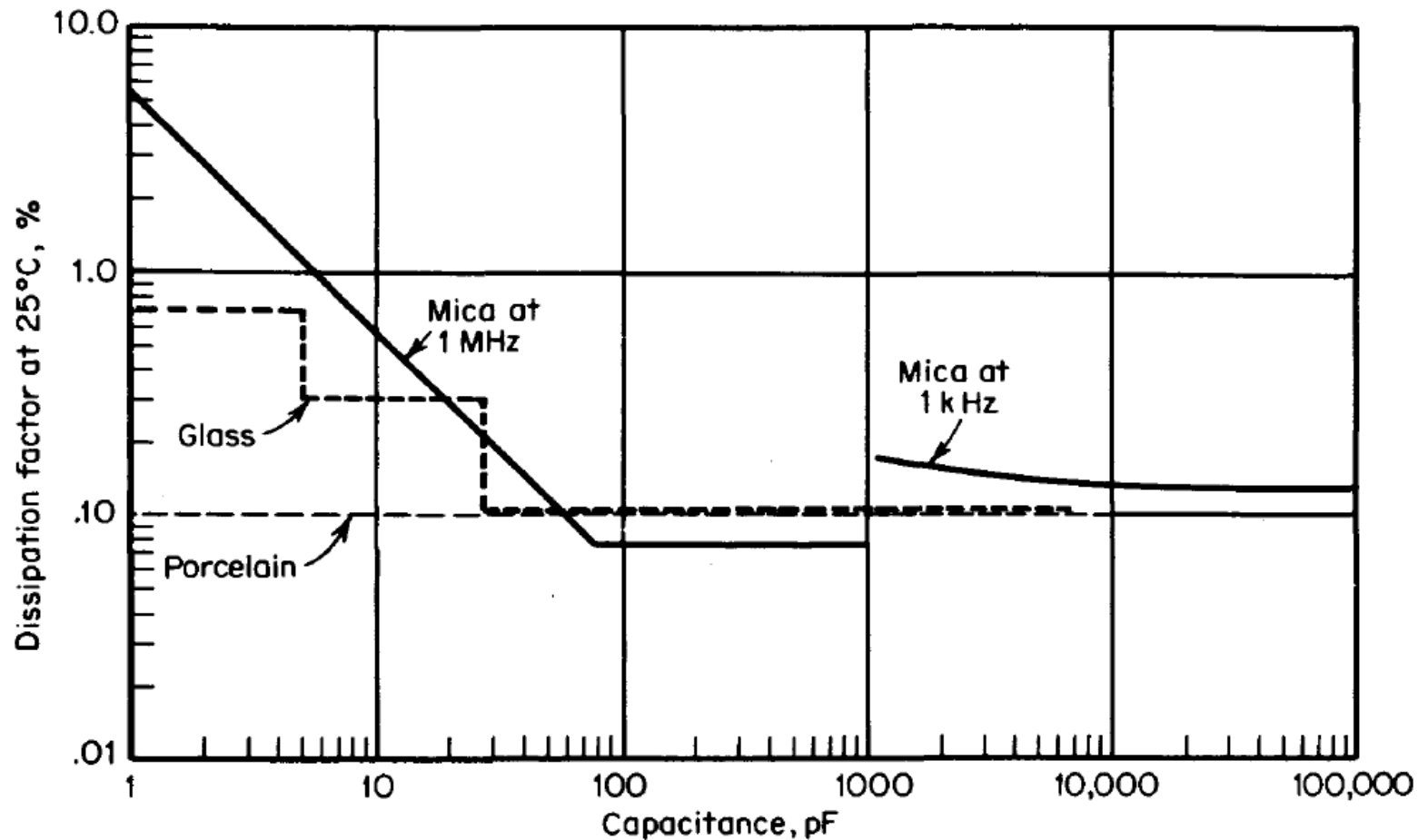


Specifications

Voltage Range:	50 Vdc to 500 Vdc
Capacitance Range:	1 pF to 91,000 pF
Capacitance Tolerance:	±½ pF (D), ±1% (F), ±2% (G), ±5% (J)
Temperature Range:	-55 °C to +125 °C (O), -55 °C to 150 °C (P) P temperature range available only for CMR04, CMR05, CMR06, CMR07, CMR08

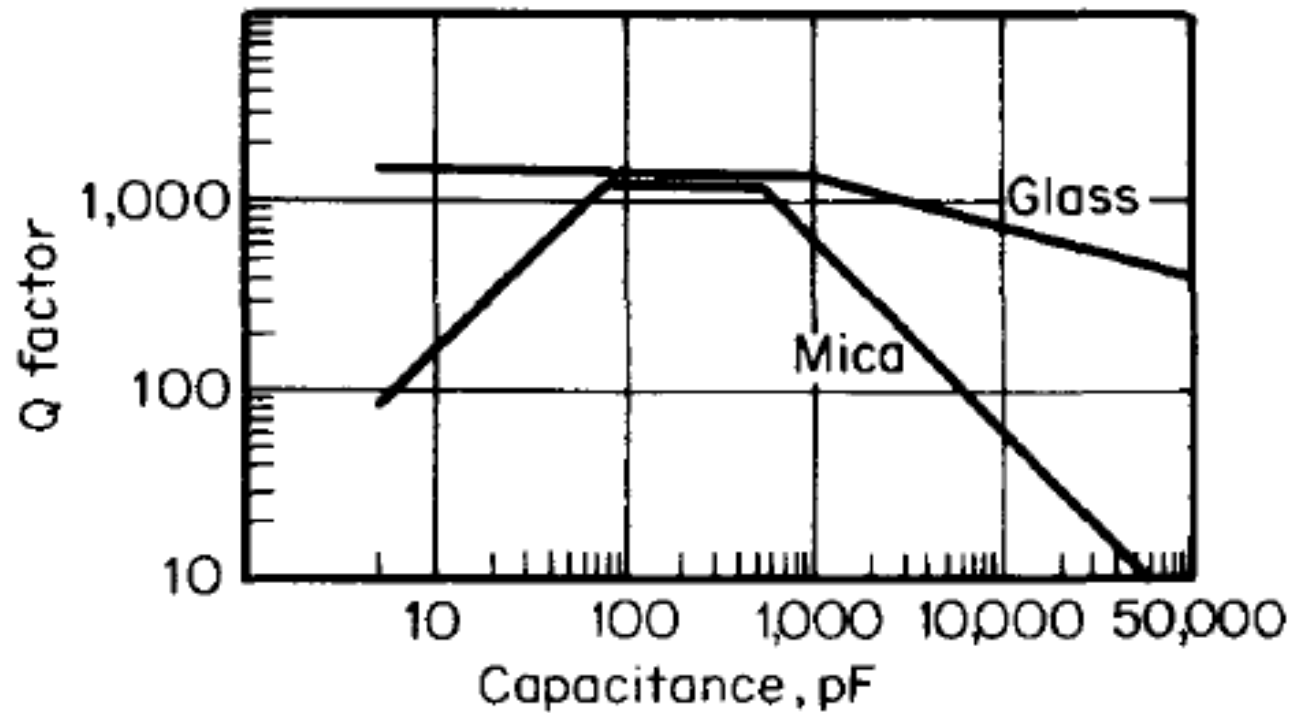
Capacitores – Mica

- Factor de Disipación



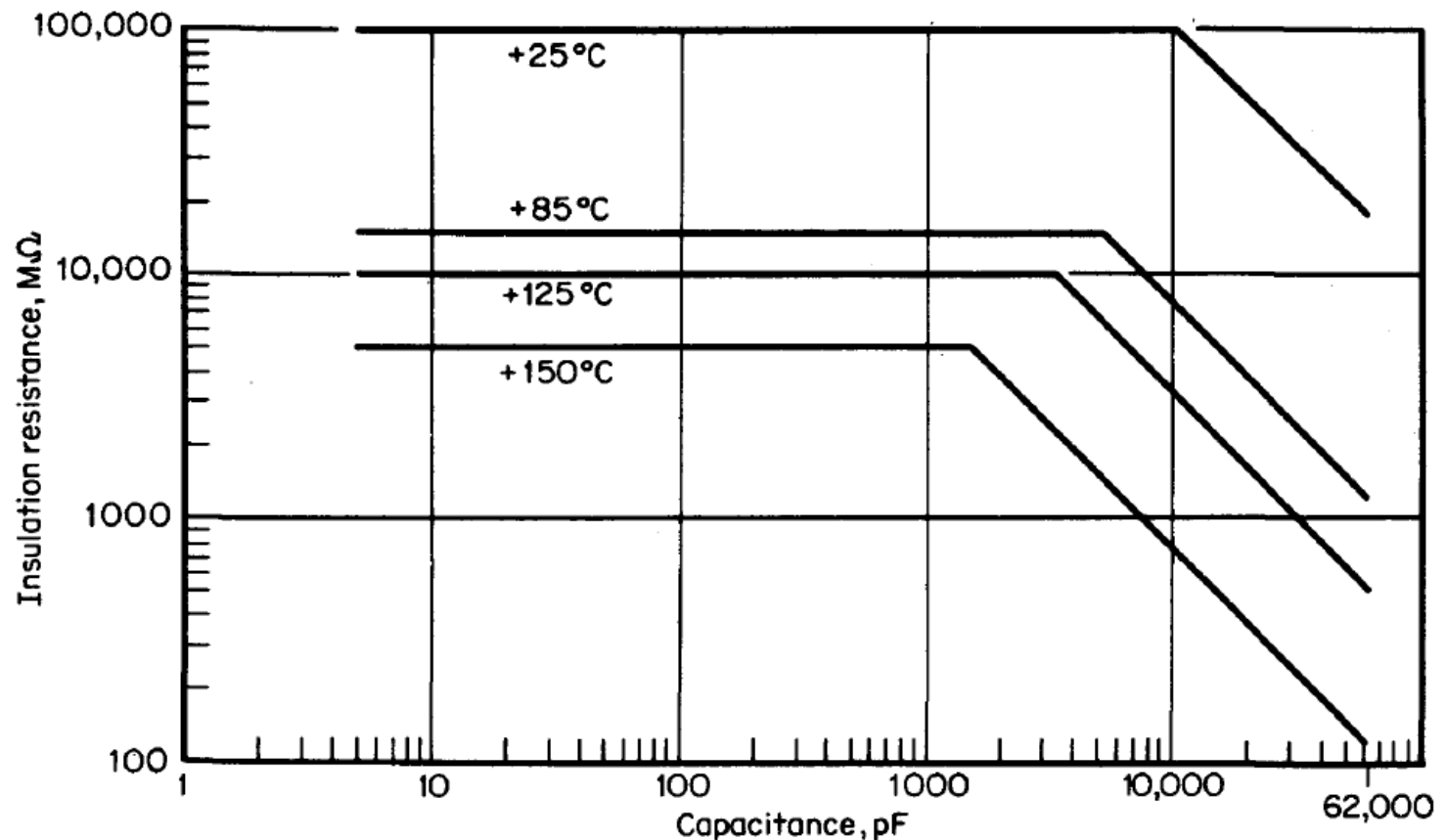
Capacitores – Mica

- Factor de Q



Capacitores – Mica

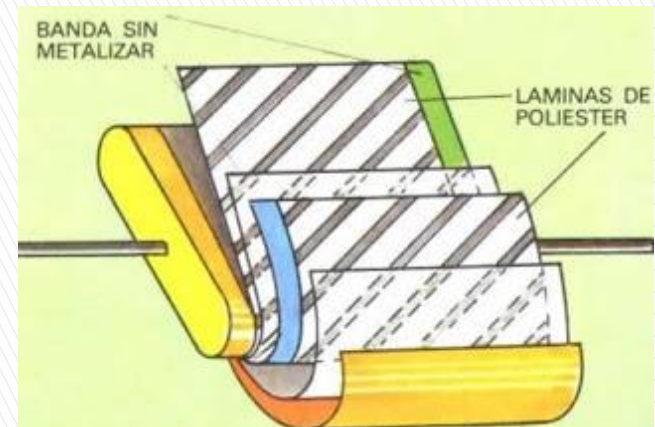
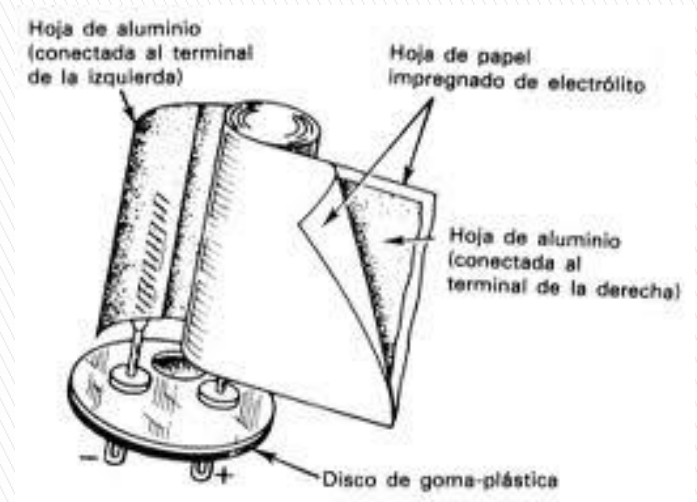
- Valor de IR



Capacitores – Papel

- Consideraciones Generales

- Se arrollan dos hojas de papel.
- Papel Kraft impregnado
 - Ceras
 - Aplicaciones en DC
 - Aceites Minerales
 - Aplicaciones en AC y DC
 - Aceite de Ricino
 - Aplicaciones en AC y DC
 - Askarel



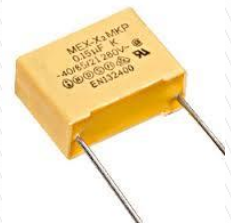
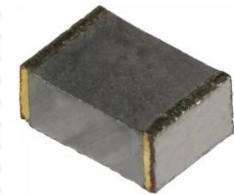
Capacitores – Plástico

- Consideraciones Generales

- Se reemplaza el papel por una capa de material sintético.
 - Menor porosidad.
 - Baja humedad.
 - Alta rigidez dieléctrica.

- Materiales Usados

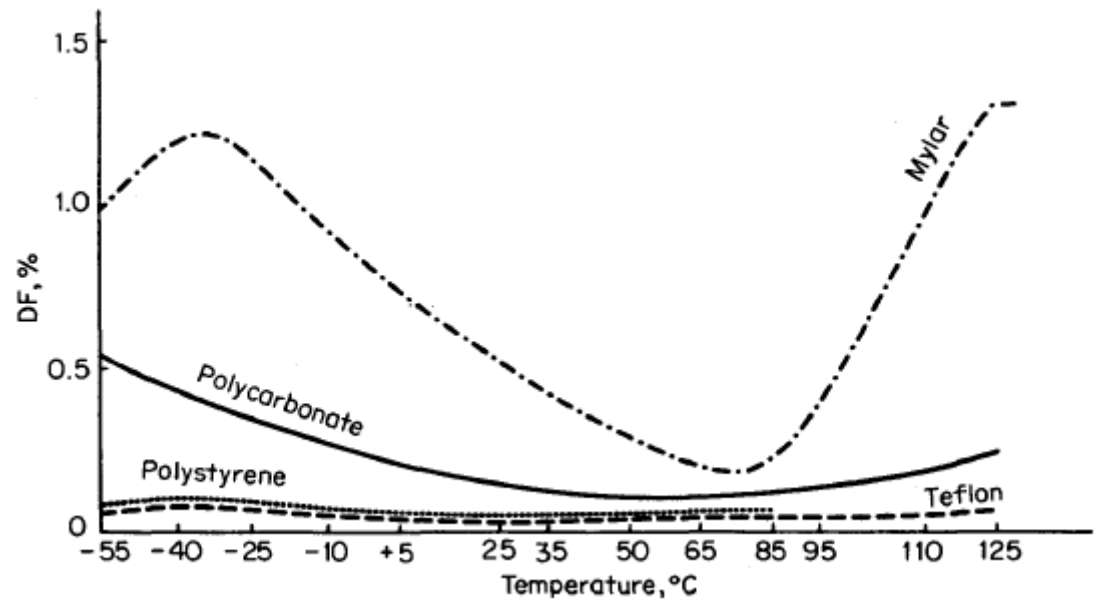
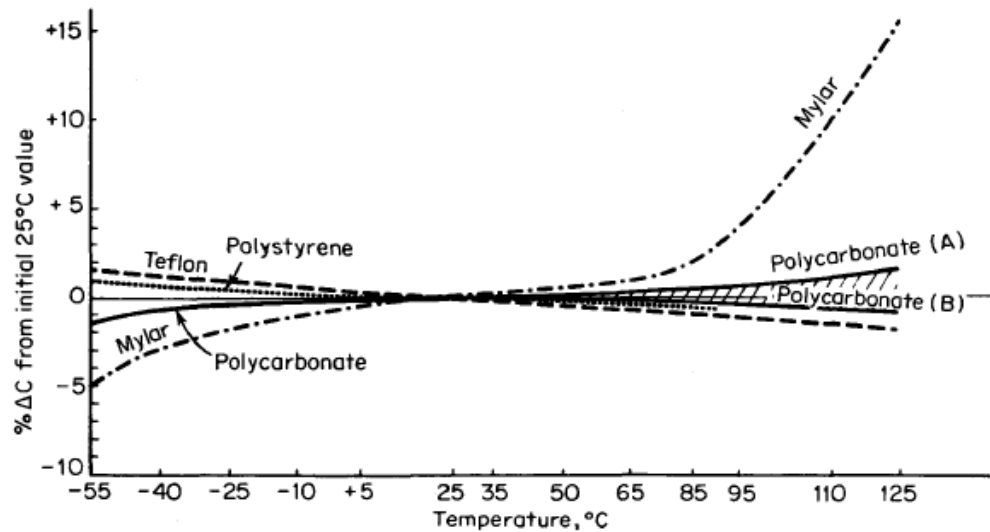
- Poliéster Film (PET) → Mylar
- Naftalato Polietileno (PEN)
- Sulfuro de Polifenileno (PPS)
- Policarbonato Film (PC)
- Polipropileno Film (PP)
- Politetrafluoroetileno (PTFE) → Teflón
- Papel Film Poliestireno (P)



Capacitores – Plástico

Característica	PET Poliéster Film Mylar	PEN Naftalafó Polietileno	PPS Sulfuro de Polifenileno	PP Polipropileno Film	PTFE Politetrafluoroetileno
Voltaje DC	50–1000	16–250	16–100	40–2000	40–2000
Capacidad	100pF–22uF	100pF–1uF	100pF–0.47uF	100pF–10uF	100pF–10uF
Temperatura	–55 a +125	–55 a 150	–55 a 150	–55 a 105	hasta 250°C
Uso	DC Propósito General	Buena estabilidad en frecuencia	Buena Estabilidad con la temperatura	CA	CA

Capacitores – Plástico



Capacitores – Electrolíticos

- Clasificación

- Electrolíticos de Aluminio

- Dos tiras de aluminio donde una de ellas tiene aislante de óxido y separadas por papel impregnado.
 - Son polarizados.
 - Para aumentar la capacidad de hacen las placas mas rugosas.
 - Si se polariza en forma inversa, se afecta la integridad del dieléctrico.
 - Se debe tener presente el valor de polarización.
 - Verificar Tensión de trabajo cuando se reemplazan.



- Lámina de Tantalio

- Polarizados y No polarizados
 - Rango de Tensión: 3 – 450V
 - Elevada variación de Capacitancia vs Temperatura.
 - Usos Polarizados
 - Eliminación de componentes AC.
 - Soportan hasta 3 veces la magnitud de tensión inversa
 - Usos No polarizados
 - Aplicaciones en AC

Capacitores – Electrolíticos

◦ Clasificación

• Tantalio Sólido

- Alta eficiencia volumétrica
- Buena estabilidad en el tiempo
- Buena estabilidad con la temperatura
- Alta corriente de fuga
- Rango de voltaje limitado: 6 – 100V
- Se usan para filtrar componentes de CC pulsante de baja frecuencia.



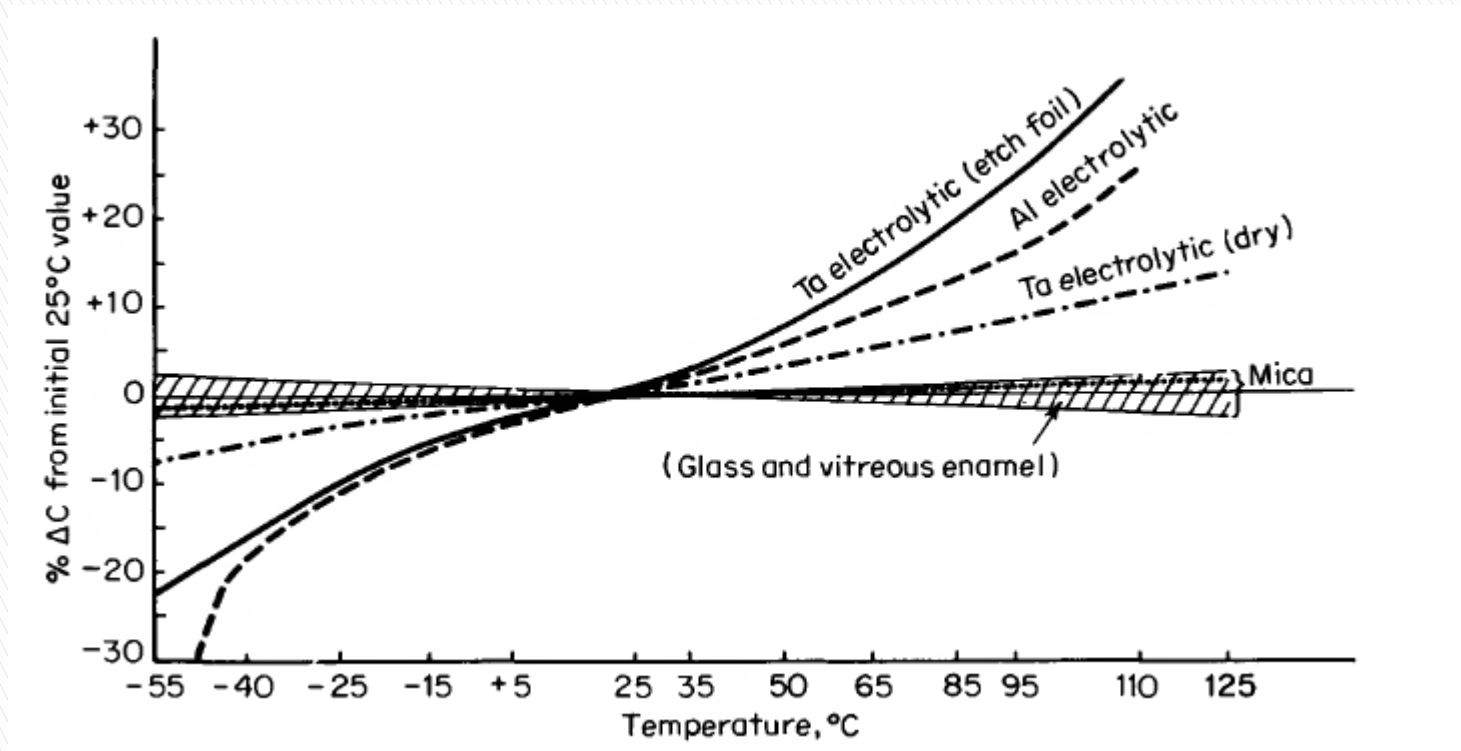
• Tantalio Húmedo

- Alta eficiencia volumétrica
- Electrolito altamente corrosivo
- No se puede conectar en forma inversa



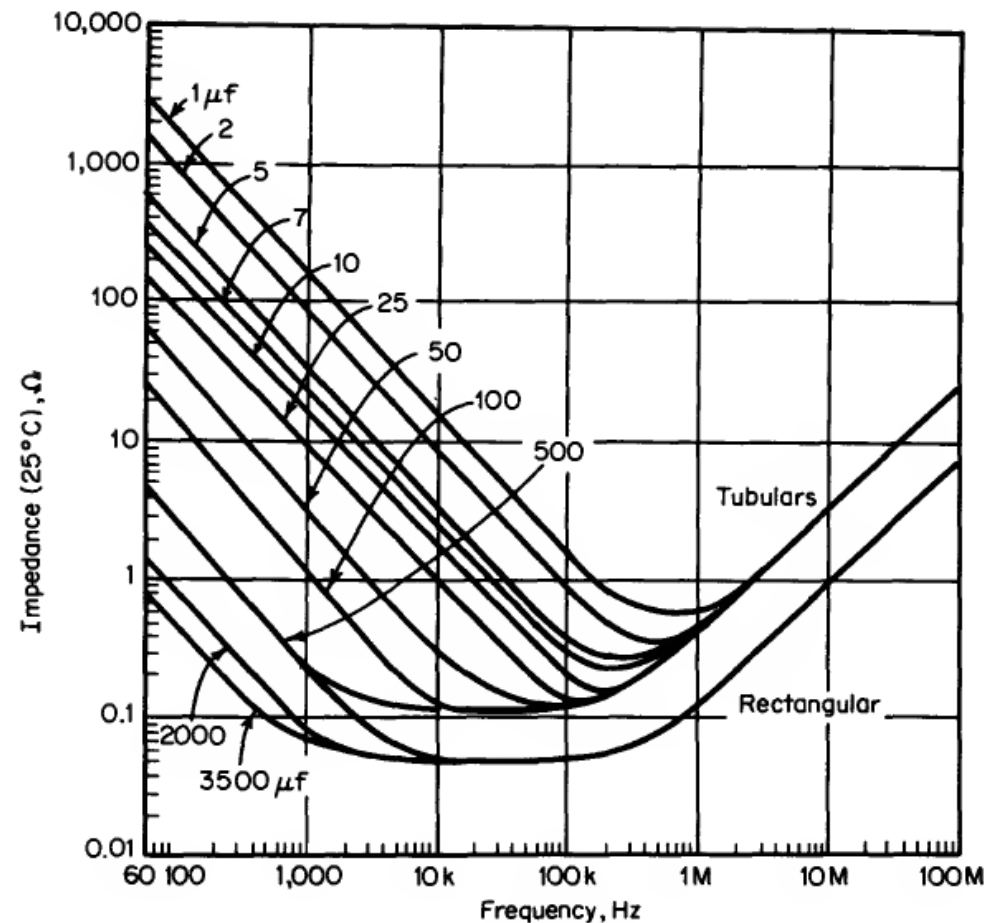
Capacitores – Electrolíticos

- Variación de Capacidad vs Temperatura



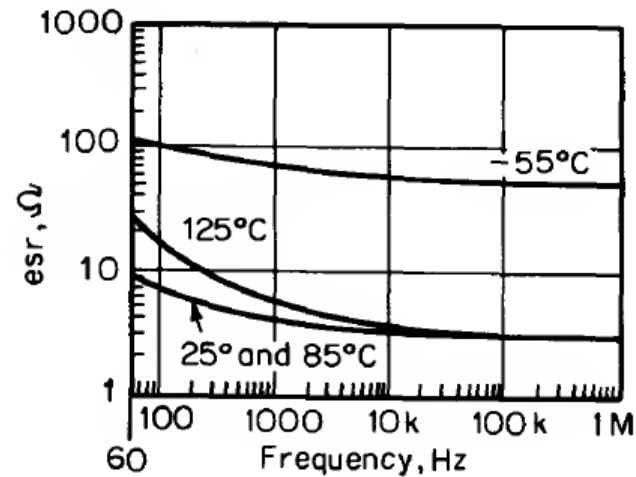
Capacitores – Electrolíticos

- Variación de Impedancia vs Frecuencia
- Lámina de Tantalio



Capacitores – Electrolíticos

- Lamina de Tantalio



(a)

Basic esr for case size 1*, 10 V

- Tantalio Seco

