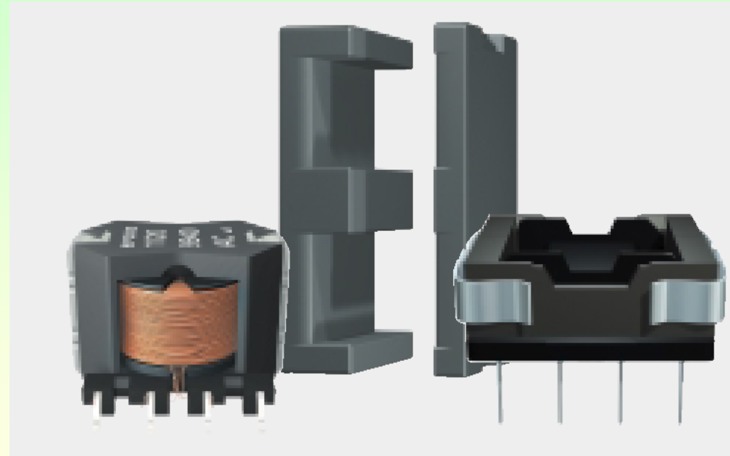
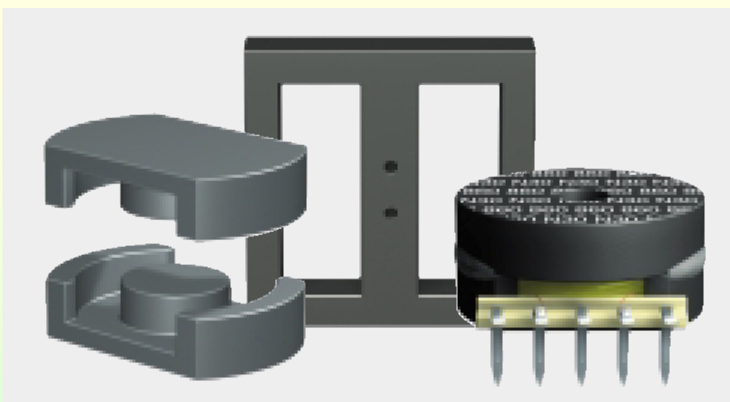
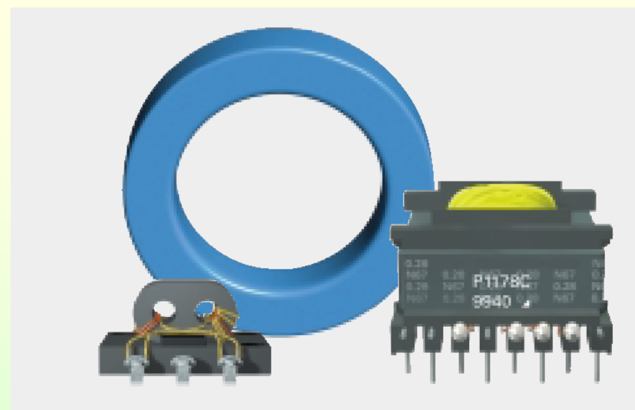
Diseño de Bobinas y transformadores



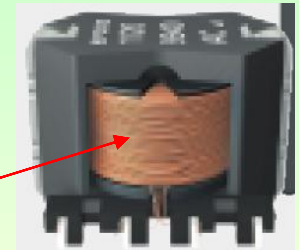




ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Los núcleos en E son los mas habituales

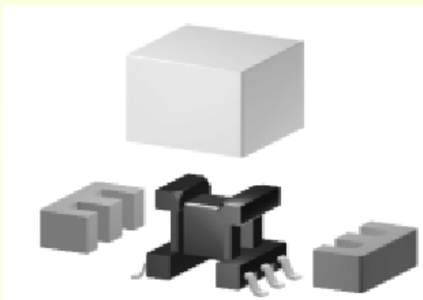
DEVANADOS

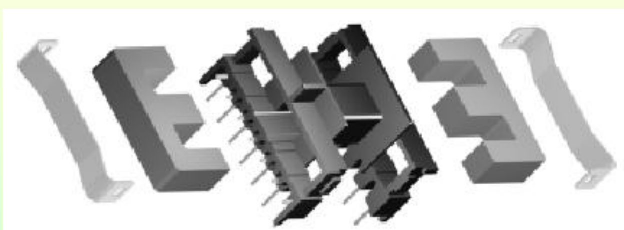


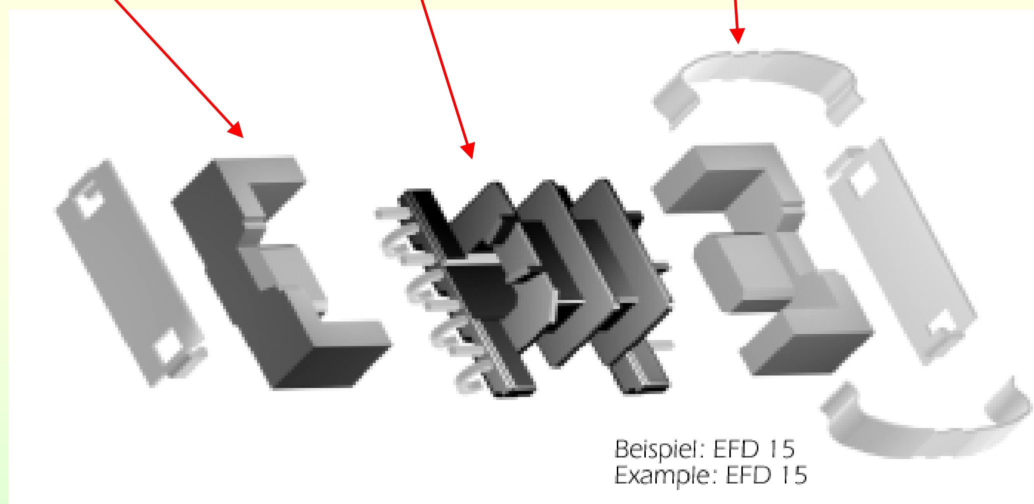
FERRITA

CARRETE

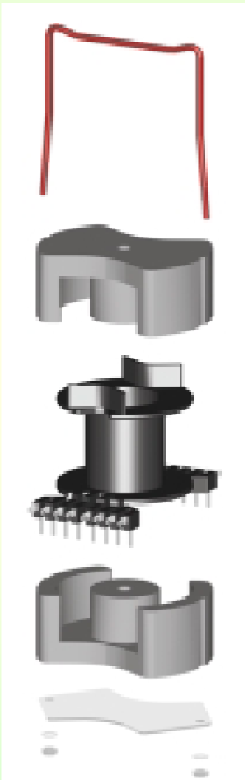
CLIPS Y
ELEMENTOS DE MONTAJE

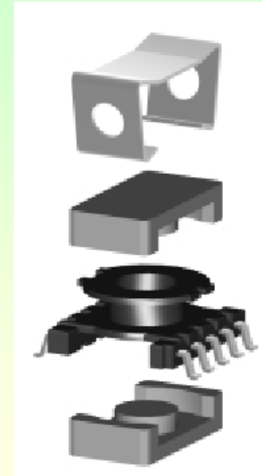


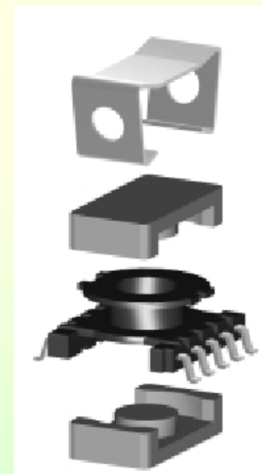




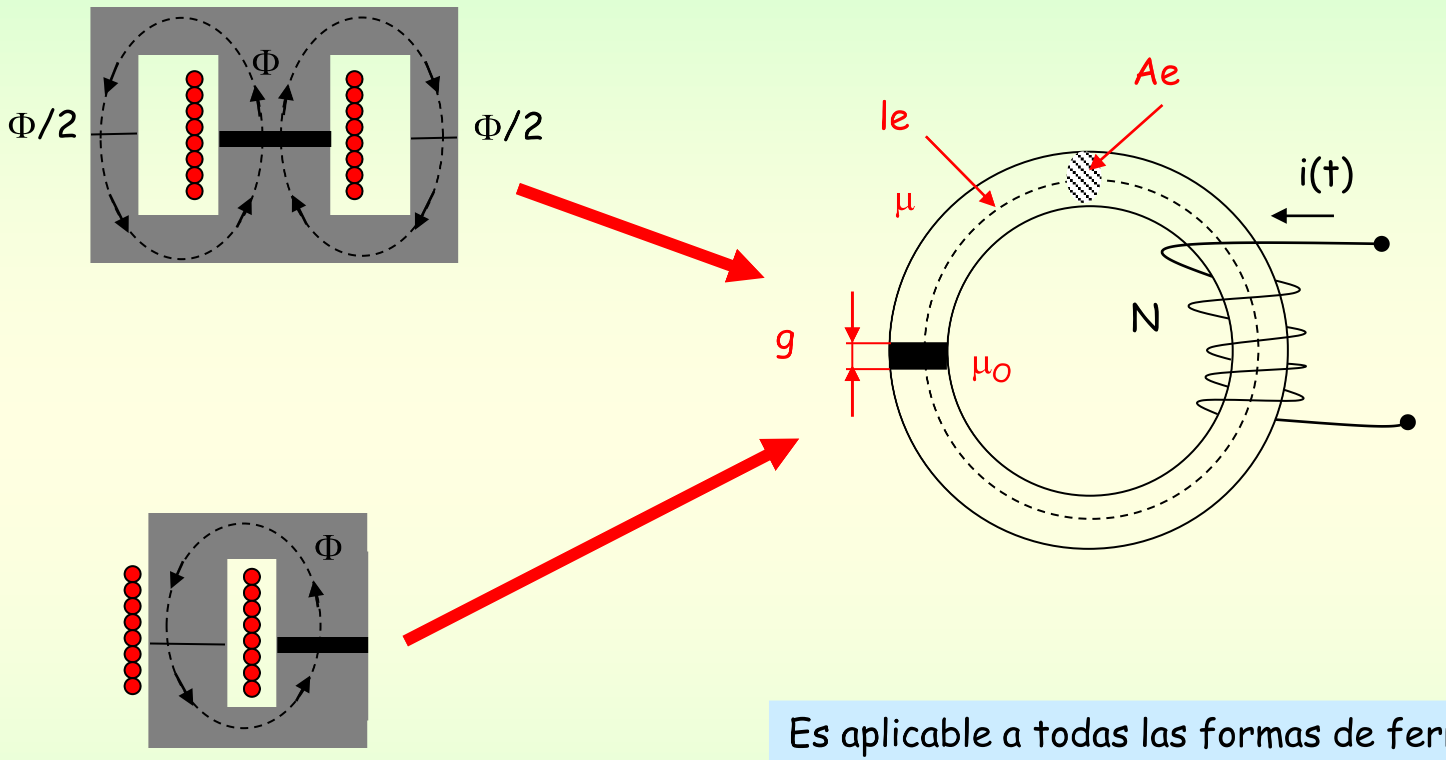
Otras formas constructivas (Pot, RM, ETD,...)







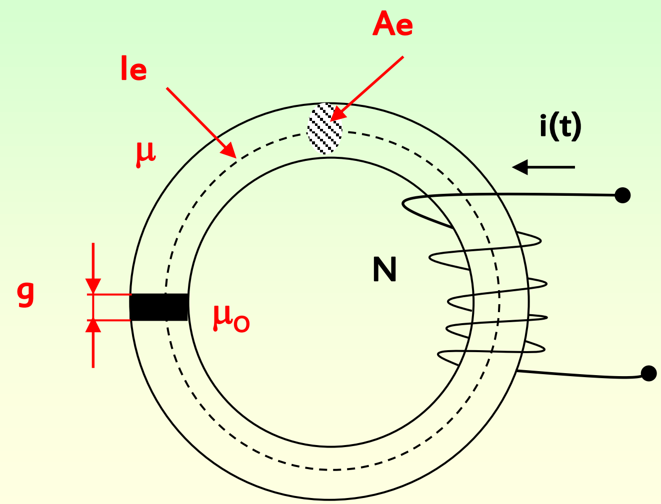
APROXIMACIÓN A UN TOROIDE EQUIVALENTE



Es aplicable a todas las formas de ferrita
U, E, POT, RM, ETD, etc

DISEÑO SIMPLIFICADO DE INDUCTANCIAS (MÉTODO DEL TOROIDE EQUIVALENTE)

(Justificación de las fórmulas)



$$\oint \overline{H}(t)\cdot d\overline{l} = \sum N\cdot i(t)$$

$$\Phi(t) = \iint_S B(t)\cdot dS$$

$$\overline{B}(t) = \mu\cdot\overline{H}(t)$$

$$B(t)\cdot\left[\frac{g}{\mu_o}+\frac{le}{\mu}\right] = N\cdot i(t)$$

$$B(t) = \frac{\Phi(t)}{Ae}$$

Derivando tenemos:

$$\frac{d\Phi(t)}{dt}\cdot\frac{1}{Ae}\cdot\left(\frac{g}{\mu_O}+\frac{le}{\mu}\right)=N\cdot\frac{di(t)}{dt}$$

Y como:

$$L\cdot\frac{di(t)}{dt}=N\frac{d\Phi(t)}{dt}$$

$$\boxed{L=\frac{Ae}{\frac{g}{\mu_O}+\frac{le}{\mu}}\cdot N^2}$$

Permeabilidad relativa

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_O$$

$$B(t) = \frac{\mu_O \cdot N}{g + \dfrac{le}{\mu_r}} \cdot i(t)$$

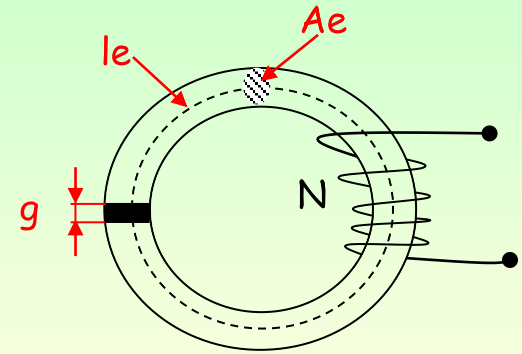
$$L = \frac{\mu_O \cdot Ae}{g + \dfrac{le}{\mu_r}} \cdot N^2$$

$$B_{max} = \frac{\mu_O \cdot N}{g + \dfrac{le}{\mu_r}} \cdot i_{max}$$

RESUMEN DE ECUACIONES OBTENIDAS

$$L = \frac{\mu_O \cdot Ae}{g + \frac{le}{\mu_r}} \cdot N^2$$

$$B_{max} = \frac{\mu_O \cdot N}{g + \frac{le}{\mu_r}} \cdot i_{max}$$



$$\boxed{L = \frac{B_{max} \cdot Ae \cdot N}{i_{max}}}$$

Permeabilidad del aire:

$$\mu_O = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \quad \frac{H}{m}$$

Como normalmente μ_r es grande las formulas a utilizar se pueden simplificar:

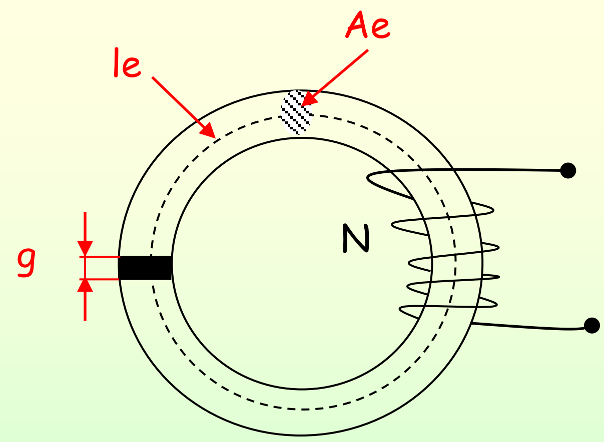
FORMULAS SIMPLIFICADAS

$$L = \frac{Bmax \cdot Ae \cdot N}{imax}$$

$$Bmax \approx \frac{\mu_O \cdot N}{g} \cdot imax$$

Incógnitas:

N y g



Datos habituales:

Del circuito: imax, L

Del material magnético que voy a utilizar: Bmax, μ_r

Del tipo de núcleo: Ae, le

Incógnitas:

N y g

Comprobaciones y decisiones posteriores:

- Tipo de hilo a utilizar
  - Pérdidas el el cobre
  - Comprobar que cogen
- Pérdidas en el núcleo

$$P_{CU} = \rho_{CU} \cdot \frac{L_{media} \cdot N}{\pi \cdot \left(\frac{D_{hilo}}{2}\right)^2} \cdot i_{rms}^{\;2}$$

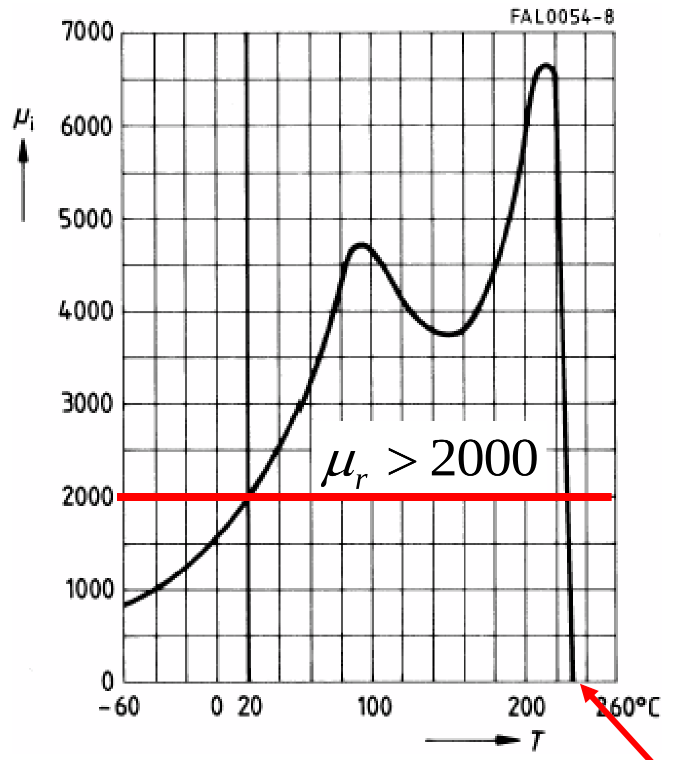
$$\rho_{CU} = 2{,}07 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$$

Cobre recocido industrial a 20°C aumenta un 0,39% cada °C.

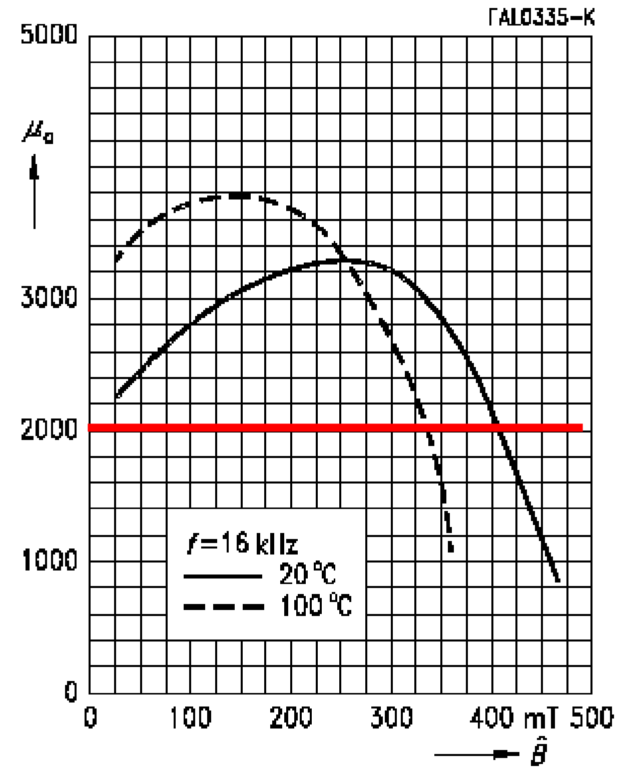
a 100 °C vale 2,03. 10^{-8}

Datos de material magnético (p.e. N27 de Siemens)

Initial permeability μ_i
versus temperature
(measured on R10 toroids, $\hat{B} \leq 0{,}25$ mT)



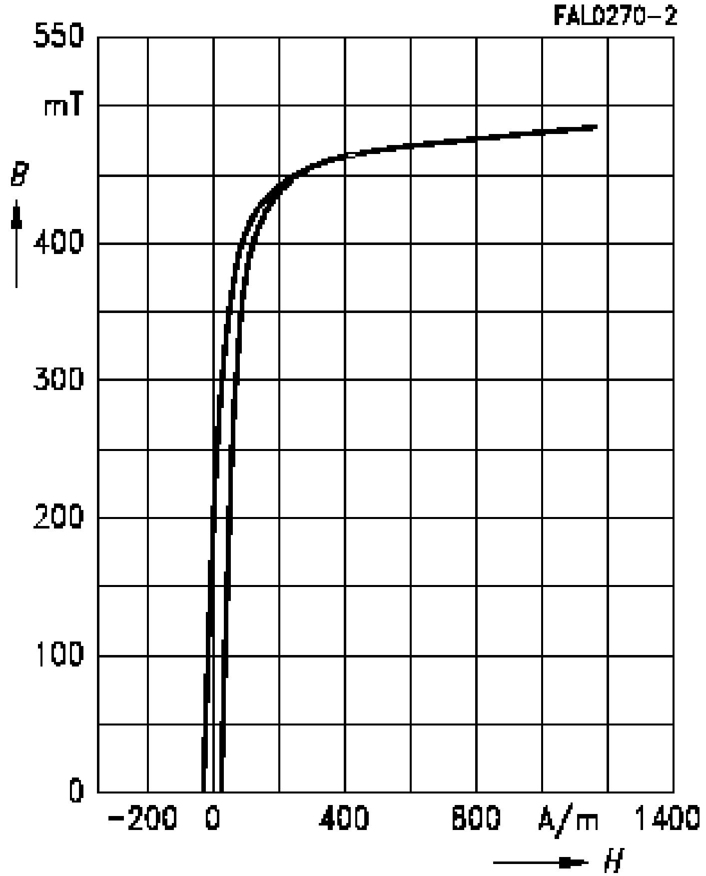
Amplitude permeability versus AC field
flux density
(measured on ungapped E cores)



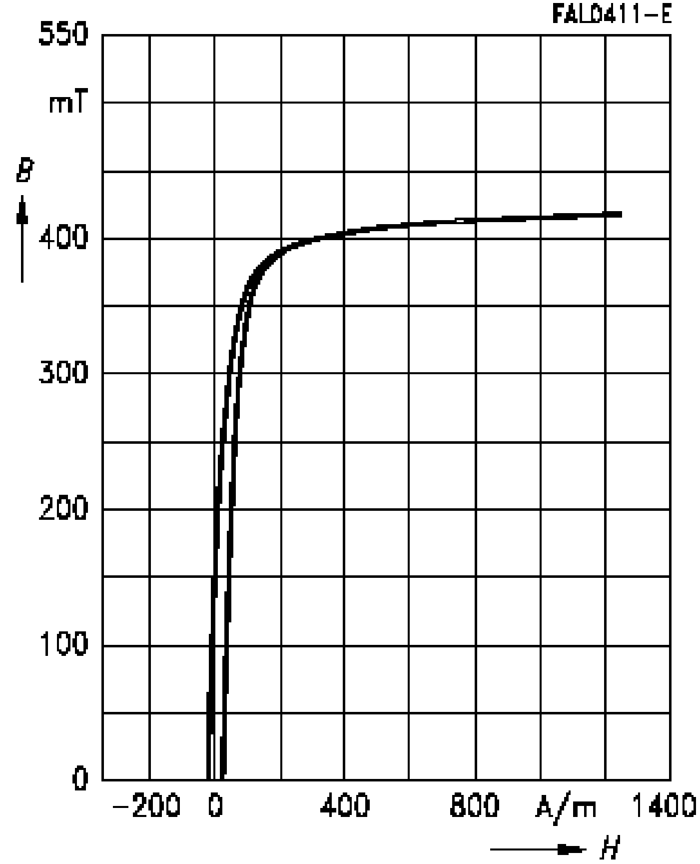
Temperatura de Curie
¡Ojo!

Datos de material magnético (p.e. N27 de Siemens)

Dynamic magnetization curves
(typical values)
(f = 10 kHz, T = 25 °C)

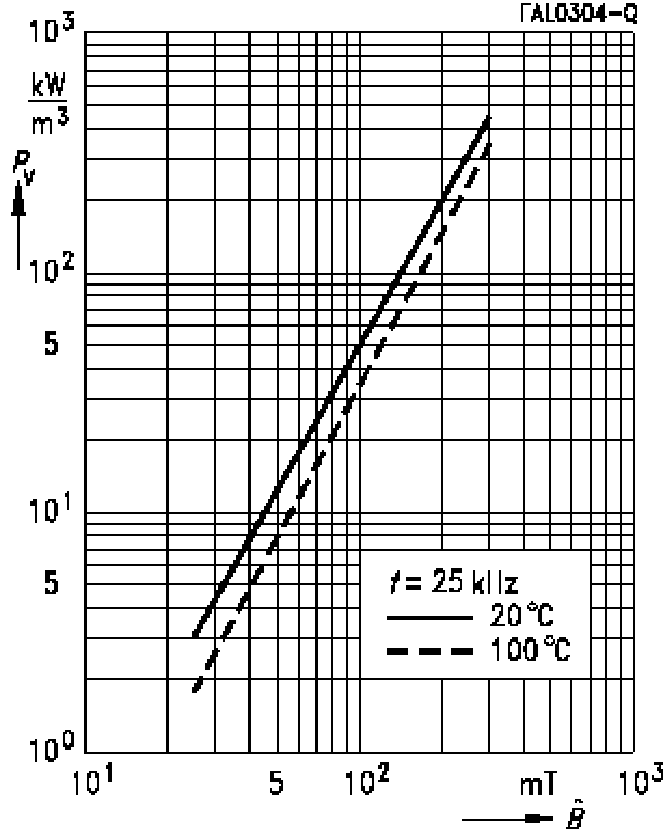


Dynamic magnetization curves
(typical values)
(f = 10 kHz, T = 100 °C)

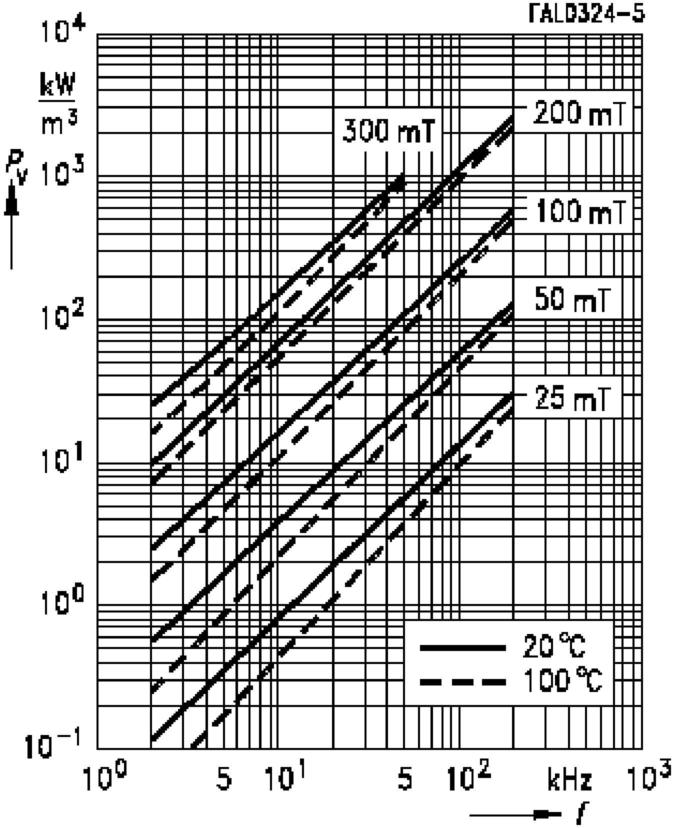


Datos de material magnético (p.e. N27 de Siemens)

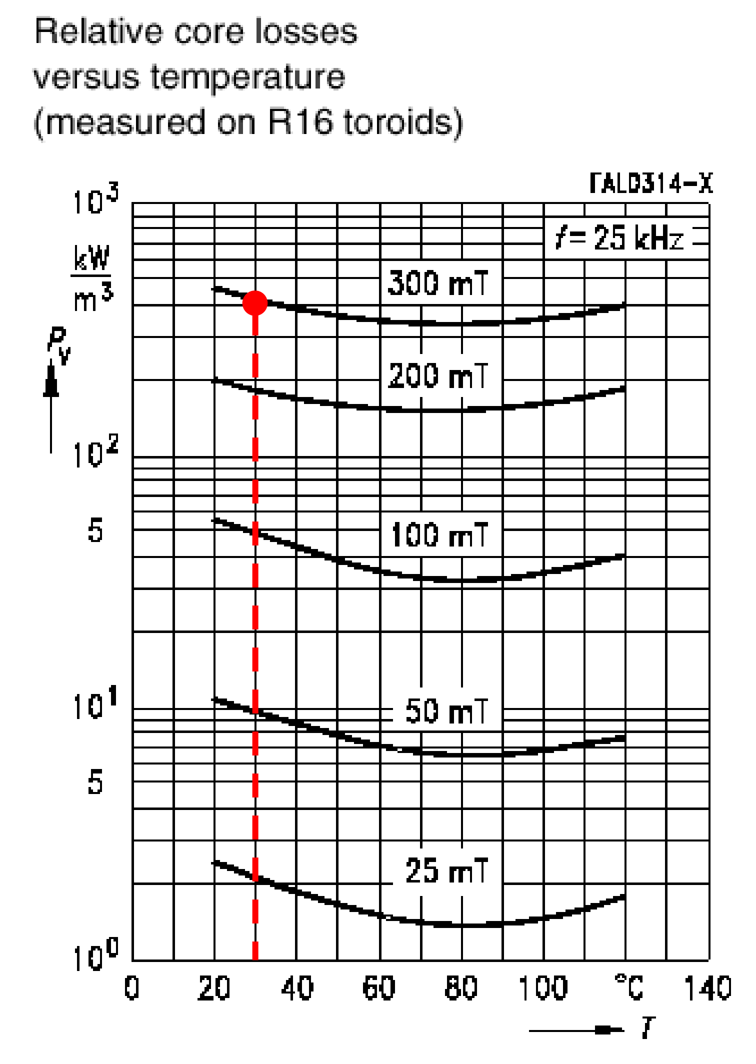
Relative core losses versus AC field flux density
(measured on R16 toroids)



Relative core losses versus frequency
(measured on R16 toroids)



Datos de material magnético (p.e. N27 de Siemens)



Ejemplo:

núcleo E30 4000 mm^3
con Bmax de 300 mT

$$4000\ mm^3 \cdot \frac{1\,m^3}{10^9\ mm^3} \cdot 400\ \frac{kW}{m^3} = 1.6\,W$$

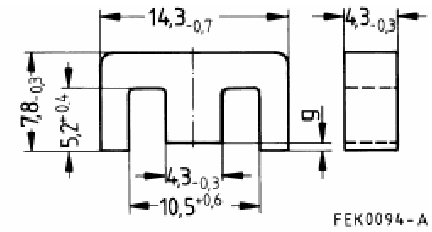
Pérdidas en el núcleo = 1.6 W
E30 con Bmax 300 mT a una
frecuencia de 25 KHz y a 30°C

Datos del núcleo:

E 14/8/4

Core **B66219**

- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

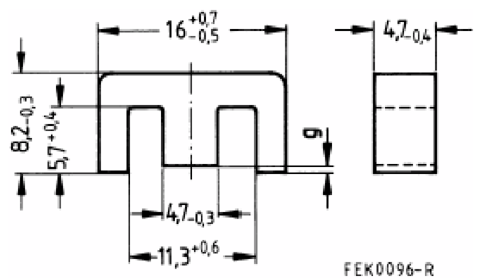
$\Sigma l/A$ = 2,19 mm^{-1}
l_e = 33,9 mm
A_e = 15,5 mm^2
A_{min} = 13,1 mm^2
V_e = 525 mm^3

Approx. weight 2,8 g/set

E 16/8/5 (EF 16)

Core **B66307**

- In accordance with IEC 61246
- E cores with high permeability for common-mode chokes and broadband applications
- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 1,87 mm^{-1}
l_e = 37,6 mm
A_e = 20,1 mm^2
A_{min} = 19,4 mm^2
V_e = 756 mm^3

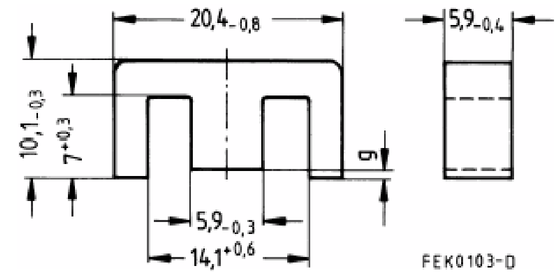
Approx. weight 3,6 g/set

Datos del núcleo:

E 20/10/6 (EF 20)

Core **B66311**

- In accordance with IEC 61246
- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

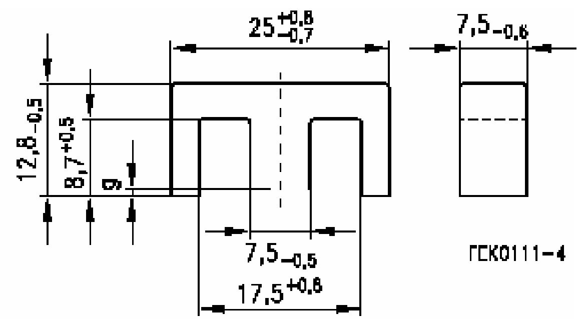
$\Sigma l/A$ = 1,44 mm^{-1}
l_e = 46,3 mm
A_e = 32,1 mm^2
A_{min} = 31,9 mm^2
V_e = 1 490 mm^3

Approx. weight 7,3 g/set

E 25/13/7 (EF 25)

Core **B66317**

- In accordance with IEC 61246
- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 1,1 mm^{-1}
l_e = 57,5 mm
A_e = 52,5 mm^2
A_{min} = 51,5 mm^2
V_e = 3 020 mm^3

Approx. weight 16 g/set

Datos del núcleo:

E 30/15/7

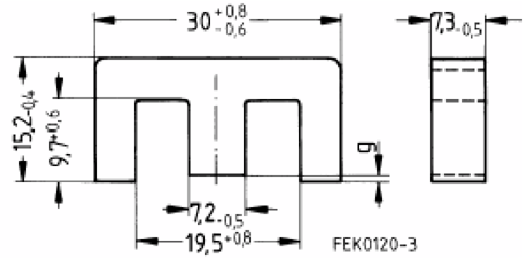
Core B66319

- E cores are supplied as single units

Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 1,12 mm^{-1}
l_e = 67 mm
A_e = 60 mm^2
A_{min} = 49 mm^2
V_e = 4 000 mm^3

Approx. weight 22 g/set



E 32/16/9 (EF 32)

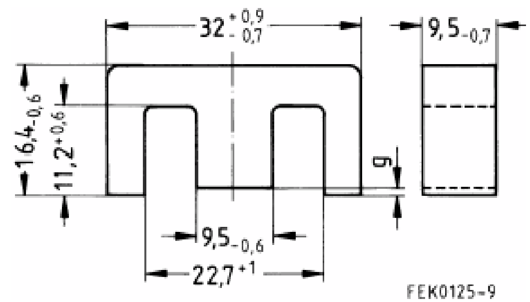
Core B66229

- In accordance with IEC 61246
- E cores are supplied as single units

Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 0,89 mm^{-1}
l_e = 74 mm
A_e = 83 mm^2
A_{min} = 81,4 mm^2
V_e = 6 140 mm^3

Approx. weight 30 g/set

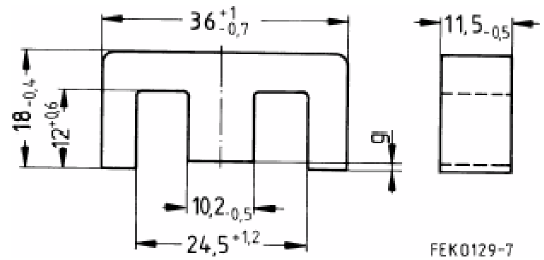


Datos del núcleo:

E 36/18/11

Core **B66389**

- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

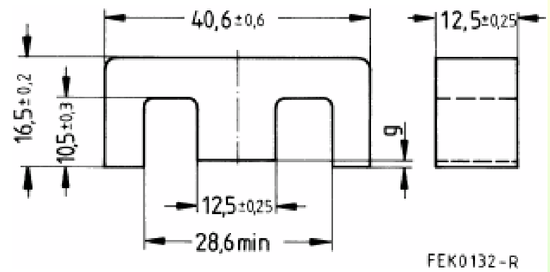
$\Sigma l/A$ = 0,68 mm^{-1}
l_e = 81 mm
A_e = 120 mm^2
A_{min} = 112 mm^2
V_e = 9 670 mm^3

Approx. weight 50 g/set

E 40/16/12

Core **B66381**

- Size based on US lam. size E cores
  US designation E 21
- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 0,52 mm^{-1}
l_e = 77 mm
A_e = 149 mm^2
A_{min} = 143 mm^2
V_e = 11 500 mm^3

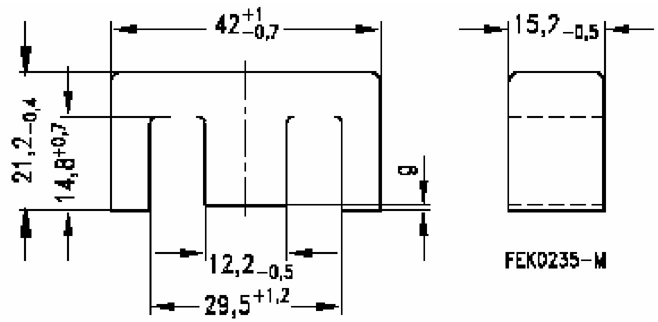
Approx. weight 58 g/set

Datos del núcleo:

E 42/21/15

Core B66325

- In accordance with IEC 61246
- E cores are supplied as single units



Magnetic characteristics (per set)

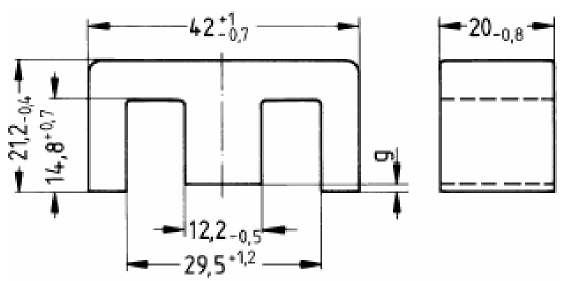
$\Sigma l/A$ = 0,54 mm^{-1}
l_e = 97 mm
A_e = 178 mm^2
A_{min} = 175 mm^2
V_e = 17 300 mm^3

Approx. weight 88 g/set

E 42/21/20

Core B66329

- In accordance with IEC 61246
- E cores are supplied as single units



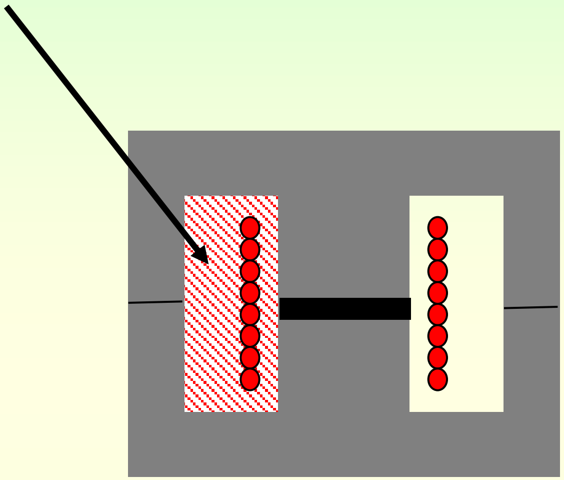
Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A$ = 0,41 mm^{-1}
l_e = 97 mm
A_e = 234 mm^2
A_{min} = 229 mm^2
V_e = 22 700 mm^3

Approx. weight 116 g/set

Comentario: Espacio que tenemos para devanar

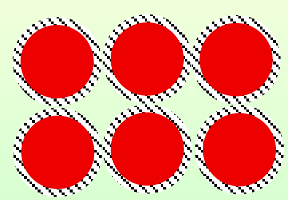
Área de ventana (Aw)

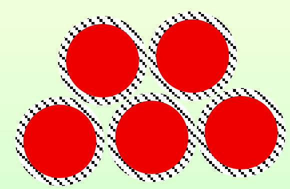


Debe de verificarse obviamente

$$N \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_{HILO}}{2} \right)^2 < A_W$$

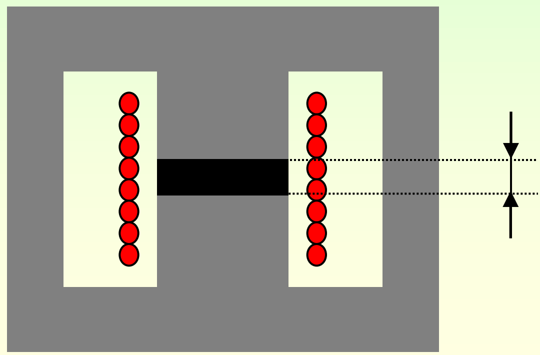
IMPORTANTE:
Debido a que nos es posible aprovechar todo el espacio, el espacio perdido por el carrete, los aislantes y las imperfecciones en el empaquetado. El aprovechamiento del área de ventana ronda el 50%.





NOTA:
Los carretes suelen dar una información mas precisa del área realmente disponible para devanar

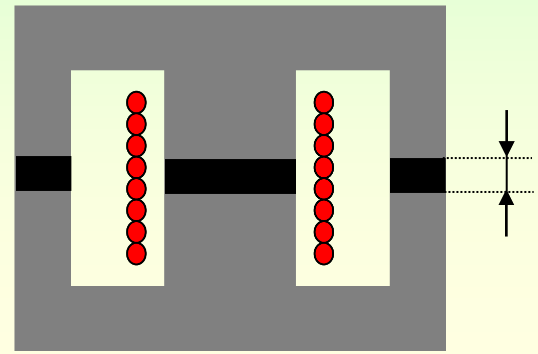
Comentario respecto al entrehierro (g)



Entrehierro central.
Productos finales.

Rebajes estandarizados en la pata central del núcleo

$$g = g_{CENTRAL}$$



Entrehierro lateral
Prototipos.

Núcleos sin rebajes

$$g = 2.\ g_{LATERAL}$$

UO-M²T

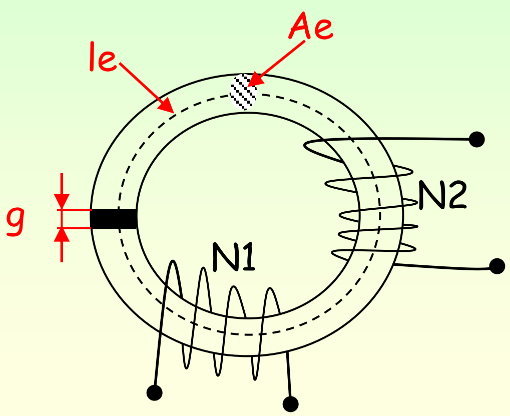
Magnetic Modeling Tool V1.0

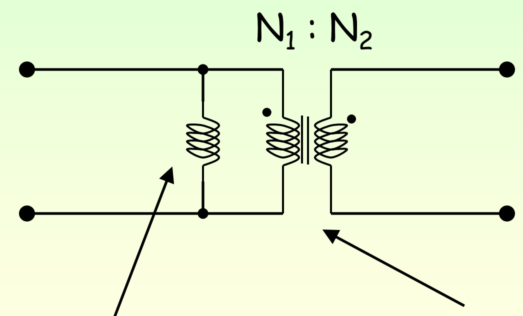
Universidad de Oviedo - ATE

UO-M2T: Programa gratuito de simulación de elementos magnéticos.

- ✓ Permite comprobar el diseño realizado sin construir el elemento magnético
- ✓ Proporciona un circuito equivalente para ser utilizado en PSPICE
- ✓ Incluye efectos de alta frecuencia y pérdidas en el núcleo y en el cobre
- ✓ Es muy sencillo de utilizar
- ✓ Se puede descargar en: www.ate.uniovi.es

Comentario al diseño de transformadores





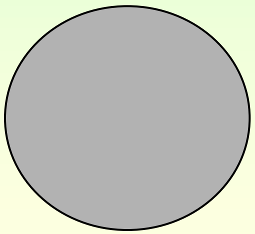
La inductancia magnetizante representa al núcleo.

Puede pasarse al otro lado del transformador:

$L'm = K.N_2^2$ (Notar que la K es la misma en ambos casos)

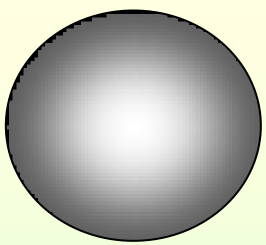
Efectos en alta frecuencia

EFECTO SKIN



Baja frecuencia

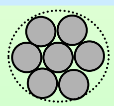
La corriente se distribuye uniformemente por el conductor



Alta frecuencia

La corriente tiende a circular por la periferia
(mal aprovechamiento de cobre)

HILO LITZ:
hilo de varios conductores aislados entre si.



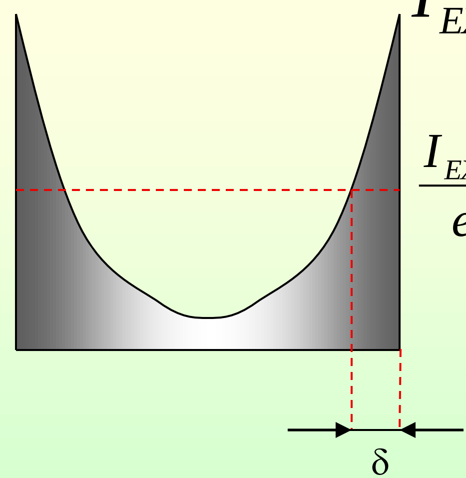
Profundidad Skin

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \rho \cdot \mu}} = \frac{K}{\sqrt{f}}$$

Para el cobre a 100 ºC tenemos

$$\delta(cm) = \frac{7{,}5}{\sqrt{f(Hz)}}$$

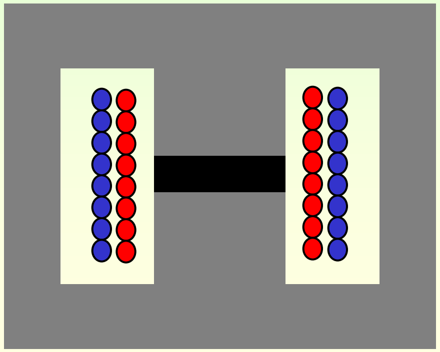
I_{EXT}

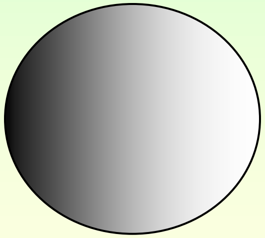


$$\frac{I_{EXT}}{e} = \frac{I_{EXT}}{2{,}7}$$

Efectos en alta frecuencia

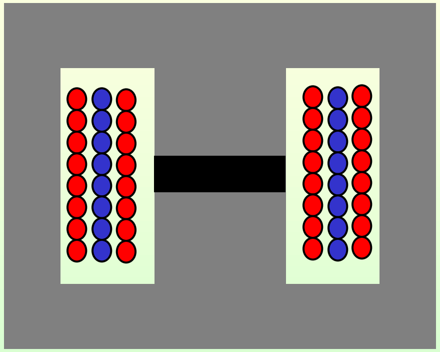
Efecto proximidad: Influencia de unos devanados en otros (transformadores)





La corriente tiende a circular por uno de los lados del conductor

La combinación del efecto SKIN y del efecto proximidad implica un mal aprovechamiento de los devanados a frecuencia elevadas y puede llegar a ser un problema importante



El entrelazado de los devanados (interleaving) reduce el efecto proximidad.

Reducir el número de capas superpuestas es también beneficioso.

COMENTARIO: Algunas veces el aumentar la sección del hilo redunda en mayores perdidas (aumento del número de capas)