

## Capítulo 7: Resonadores en microondas

Circuitos resonantes (en baja y alta frecuencia) son muy utilizados en electrónica en una gran variedad de aplicaciones: filtros, osciladores, sintonizadores de frecuencia y amplificadores sintonizados. El capítulo comienza con la teoría básica de circuitos resonantes, siendo la tecnología la que define los circuitos resonantes en las distintas bandas de frecuencia.

Tecnologías expuestas para realizar circuitos resonantes en microondas: líneas de transmisión, guías de onda formando cavidades resonantes y guías dieléctricas constituyendo resonadores dieléctricos.

# ÍNDICE

Introducción

Circuito resonante serie.

Circuito resonante paralelo.

Definiciones: factor de calidad cargado y descargado de un circuito.

Circuitos resonantes en alta frecuencia

Resonadores basados en líneas de transmisión.

Resonancia serie

Resonancia paralelo

Cavidades resonantes.

Cavidades rectangulares.

Cavidades cilíndricas.

Resonadores dieléctricos

Excitación de resonadores



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

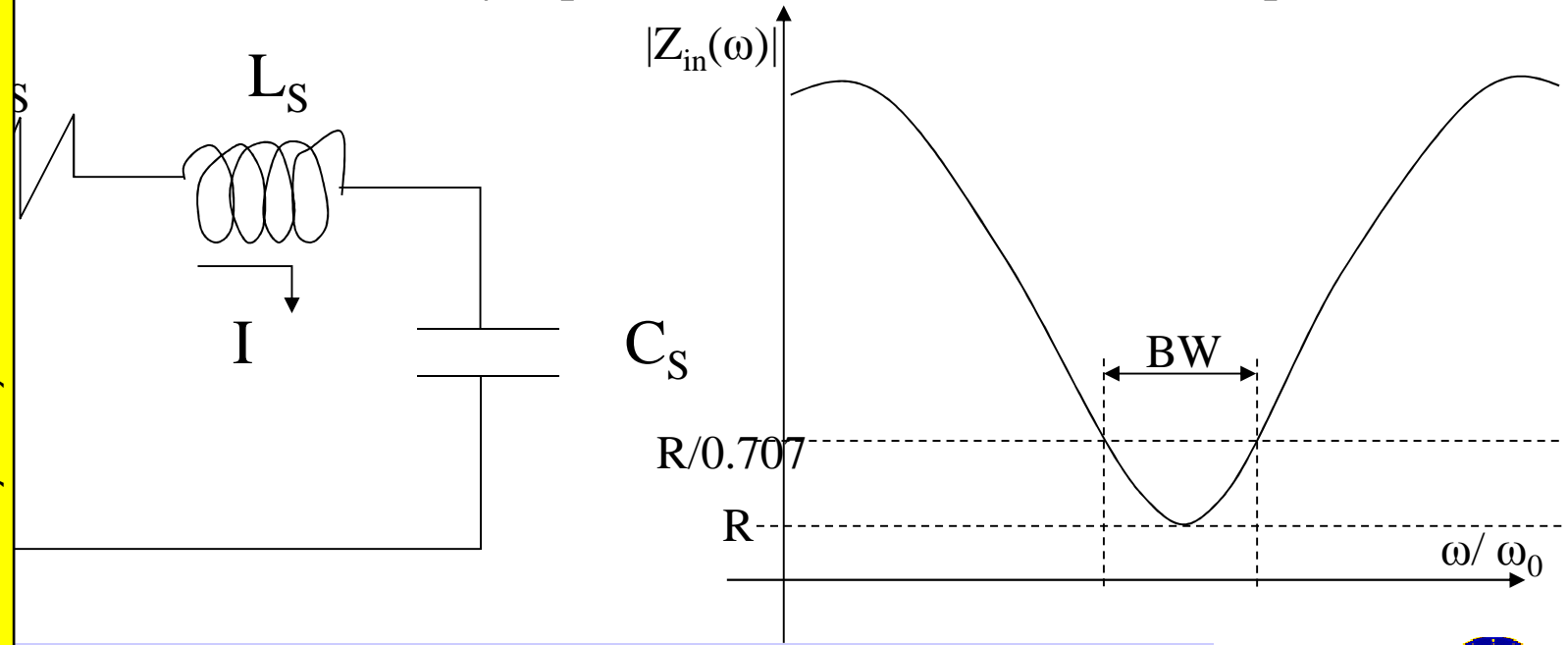
# PRODUCCIÓN I: CIRCUITO RESONANTE SERIE

1:

ancia serie o circuito resonante: en sus bornes hay mínimo de voltaje y máximo de corriente lo que supone mínimo del módulo de la impedancia.

ancia paralelo o circuito antirresonante: en sus bornes hay máximo de voltaje y mínimo de corriente lo que supone máximo del módulo de la impedancia.

Diagrama del circuito serie y representación del módulo de su impedancia



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# PRODUCCIÓN II: CIRCUITO RESONANTE SERIE

Impedancia de entrada al circuito resonante  $Z_{in} = R_s + j\omega \cdot L_s - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_s}$   
 Energía reactiva

$$P \cdot I^* = \frac{1}{2} \cdot Z_{in} \cdot |I|^2 = \frac{1}{2} \cdot |I|^2 \cdot \left( R_s + j\omega \cdot L_s - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_s} \right) = P_{loss} + 2j\omega \cdot (W_m - W_e)$$

$$P_{loss} = \frac{1}{2} \cdot R_s \cdot |I|^2$$

$$W_m = \frac{1}{4} \cdot |I|^2 \cdot L_s$$

$$W_e = \frac{1}{4} \cdot |V_c|^2 \cdot C_s = \frac{1}{4} \cdot |I|^2 \cdot \frac{1}{\omega^2 \cdot C_s}$$

El circuito resuena cuando la energía media almacenada por el campo magnético es igual a la almacenada por el campo eléctrico. Esto supone que la impedancia de entrada a dicha frecuencia de resonancia es real.

$$Z_{in} = \frac{P_{loss} + 2j\omega \cdot (W_m - W_e)}{|I|^2 / 2}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# INTRODUCCIÓN III: CIRCUITO RESONANTE SERIE, DEFINICIONES

de resonancia: aquella a la que se cumple la condición de resonancia.

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_s \cdot C_s}}$$

calidad o de sobretensión: relación existente entre la energía media almacenada en el circuito y la energía perdida por segundo.

$$Q = \omega \cdot \frac{\text{energía media almacenada}}{\text{energía disipada por segundo}} = \omega \cdot \frac{W_m + W_e}{P_{loss}}$$

en función del margen de frecuencias

$$Z_{in}(\omega) = R_s + j\omega \cdot L_s - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_s} = R_s + j \cdot f(\omega)$$

$$\left( j\omega_o \cdot L_s - j \cdot \frac{1}{\omega_o \cdot C_s} \right) + j \cdot (\omega - \omega_o) \cdot \left. \frac{df}{d\omega} \right|_{\omega=\omega_o} + j \cdot \frac{(\omega - \omega_o)^2}{2!} \cdot \left. \frac{d^2f}{d\omega^2} \right|_{\omega=\omega_o} + \dots$$

$$Z_{in}(\omega) = R_s + j \cdot (\omega - \omega_o) \cdot 2L_s = R_s + j \cdot (\Delta\omega) \cdot 2L_s$$

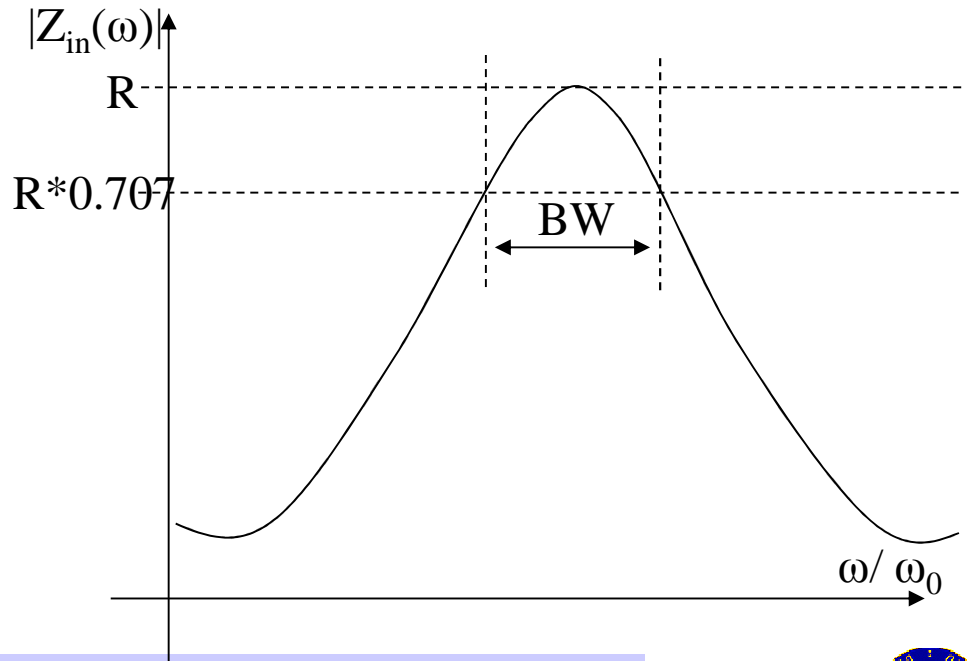
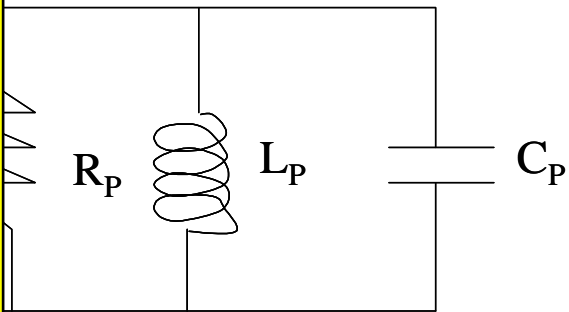
$$j \cdot (\Delta\omega) \cdot 2 \cdot \frac{R_s \cdot Q}{\omega_o} = R_s \cdot (1 + j \cdot Q \cdot \alpha) \quad \frac{(\Delta\omega) \cdot 2}{\omega_o} = \alpha$$

# INTRODUCCIÓN IV: CIRCUITO RESONANTE PARALELO

1:

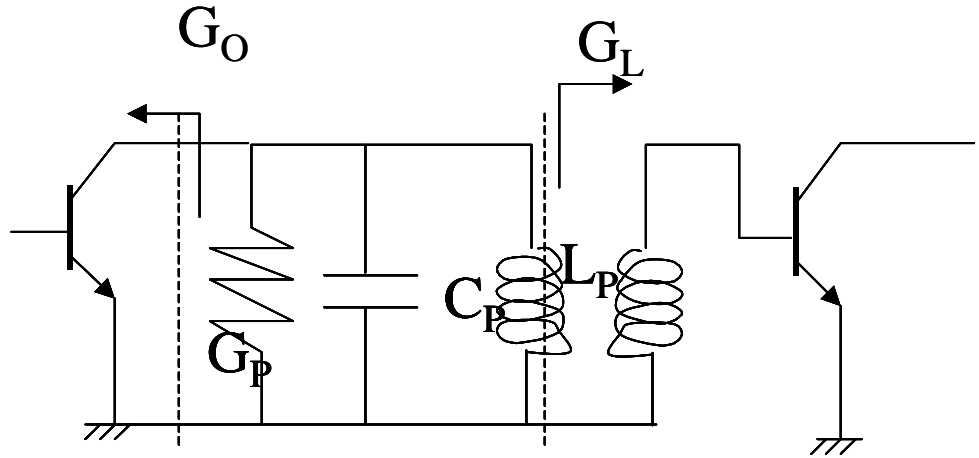
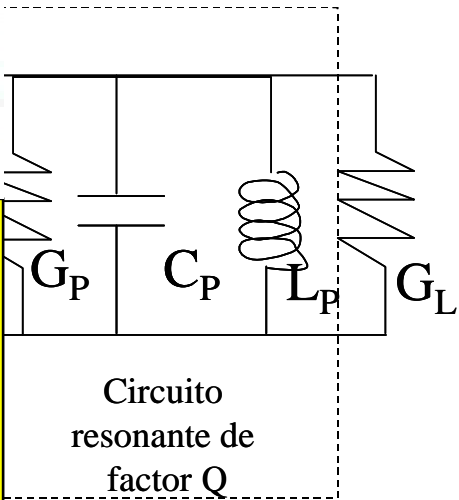
ancia paralelo o circuito antirresonante: en sus bornes hay máximo de voltaje y mínimo de corriente lo que supone máximo del módulo de la impedancia.

representación del circuito serie y representación del módulo de su impedancia. Las expresiones que rigen su funcionamiento son las duales de las del circuito serie.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# CTOR DE CALIDAD CARGADO, AISLADO Y EXTERIOR



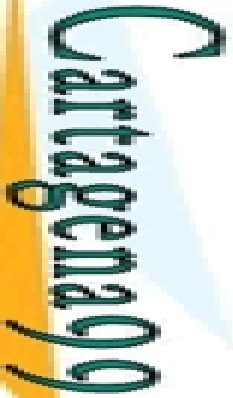
almacenada es única por lo que la variación del factor de calidad irá variación en las pérdidas que pueda haber.

En separarse los efectos de las pérdidas dependiendo de si la causa fuera externa al circuito tendríamos:

Factor de calidad aislado o en vacío,  $Q$ : las pérdidas se deben exclusivamente al resonador.

Factor de calidad exterior,  $Q_{ex}$ , las pérdidas se deben a los circuitos exteriores a que se conecte al resonador

Factor de calidad cargado: incluye todos los efectos de pérdidas, internos y externos, y es el que realmente se puede medir,  $Q_L$ .



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# FACTOR DE CALIDAD: CONEXIÓN DE RESONADORES

factores de calidad externos cuantas conexiones del resonador al exterior. Así se pueden clasificar los resonadores por su conexión:

Reflexión: solo existe un terminal que aporta energía al resonador.

Configuración tipo dipolo y hay un solo  $Q_{ext}$

Transmisión: se aporta energía al resonador por un terminal y se extrae

Tiene una configuración tipo cuadripolo y hay dos  $Q_{ext}$ :  $Q_{ext1}$  y  $Q_{ext2}$

La energía almacenada es común y las pérdidas han podido separarse el factor de calidad externo, que es el que se puede medir, viene dado por:

$$\frac{1}{Q_L} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{Q_{ex1}} + \frac{1}{Q_{ex2}}$$

Resistencias exteriores son  $R_{ex1}$  y  $R_{ex2}$   $Q_{ex1} = \frac{\omega_o \cdot L_s}{R_{ex1}} = \frac{\omega_o \cdot L_s \cdot R_s}{R_{ex1} \cdot R_s} = Q \cdot \frac{R_s}{R_{ex1}}$ ;

$$Q_{ex2} = \frac{\omega_o \cdot L_s}{R_{ex2}} = \frac{\omega_o \cdot L_s \cdot R_s}{R_{ex2} \cdot R_s} = Q \cdot \frac{R_s}{R_{ex2}}$$

En un circuito paralelo resulta:  $Q_{ex1} = \frac{\omega_o \cdot C_p}{G_{ex1}} = \frac{\omega_o \cdot C_p \cdot G_p}{G_{ex1} \cdot G_p} = Q \cdot \frac{G_p}{G_{ex1}} = \frac{R_{ex1}}{\omega_o \cdot L_p} = Q \cdot \frac{R_{ex1}}{R_p}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# FACTOR DE ACOPLAMIENTO

entre los factores de calidad externo e interior: s

$$Q_{ex} = \frac{\text{Pérdidas en el circuito exterior}}{\text{Pérdidas en el resonador}} = \begin{cases} \text{serie: } \frac{\frac{1}{2} \cdot |I|^2 \cdot R_{ex}}{\frac{1}{2} \cdot |I|^2 \cdot R_s} = \frac{R_{ex}}{R_s} \\ \text{paralelo: } \frac{\frac{1}{2} \cdot |V|^2 \cdot G_{ex}}{\frac{1}{2} \cdot |V|^2 \cdot G_p} = \frac{G_{ex}}{G_p} = \frac{R_p}{R_{ex}} \end{cases}$$

normaliza la resistencia exterior a un valor 1 resulta:

resonador serie:  $s = 1/r_s$

resonador paralelo:  $s = 1/g_p$

clasificación de resonadores atendiendo al factor de acoplamiento:

resonador subacoplado:  $s < 1 \rightarrow Q < Q_{ext}$  (pérdidas en el resonador mayores que en el exterior)  $\rightarrow r_s > 1$  (para circuito serie)

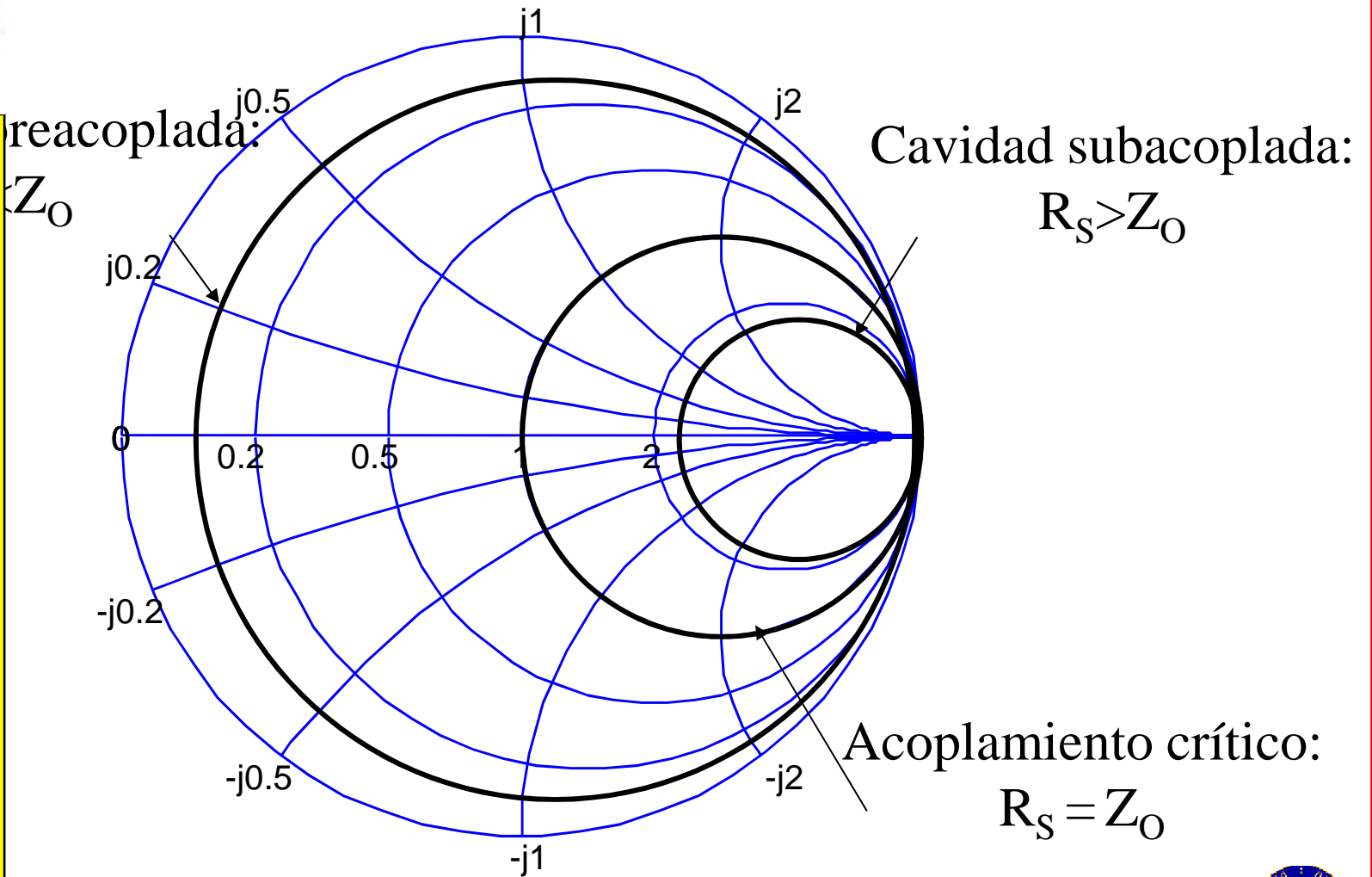
resonador sobreacoplado:  $s > 1 \rightarrow Q > Q_{ext}$  (pérdidas en el resonador menores que en el exterior)

acoplamiento crítico:  $s = 1$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# REPRESENTACIÓN DE LOS FACTORES DE ACOPLAMIENTO



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# RESONADORES EN ALTA FRECUENCIA

entes en alta frecuencia:

mento de la frecuencia de resonancia supone reducir la inductancia o capacidad:  
mite, reducción a un hilo, concepto de línea de transmisión.

obina acaba siendo auto resonante: capacidades parásitas y resistencias parásitas  
circuito no cerrado el efecto de la radiación se hace no despreciable.

nes sobre alta frecuencia:

cción de línea de transmisión puede resonar en determinadas circunstancias.

de reducir las pérdidas cerrando la estructura y pasando al concepto de cavidad  
nte.

nceptos de resonancia serie y paralelo siguen siendo válidos pero se repiten  
media longitud de onda.

resonadores en alta frecuencia:

os en líneas de transmisión

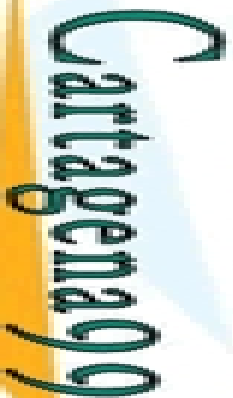
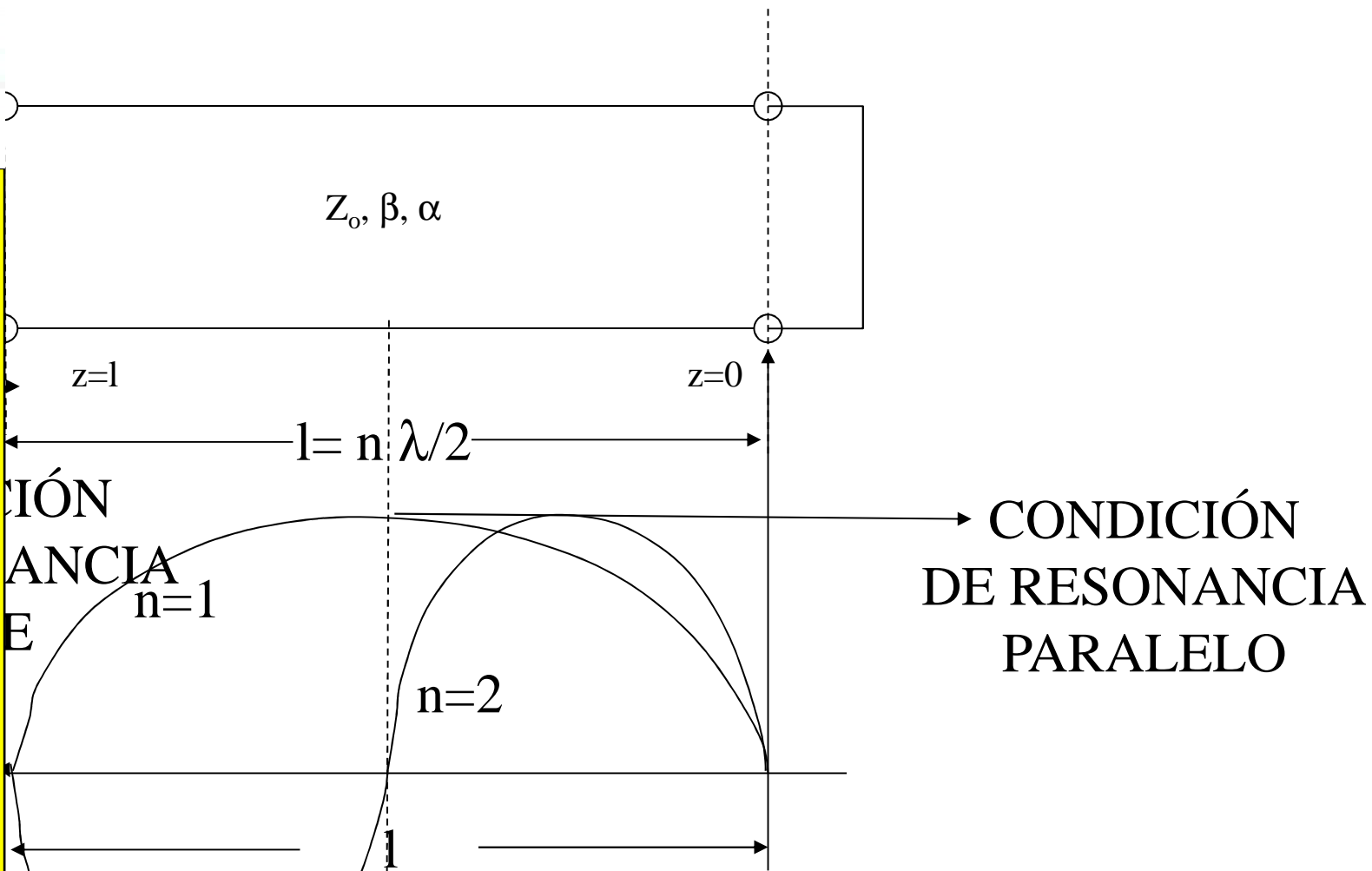
ides resonantes

adores dieléctricos

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# LINEAS DE TRANSMISIÓN RESONANTES



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ANÁLISIS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN RESONANTES

El voltaje y corriente en cualquier punto de la línea:

$$V(z) = V_o \cdot (e^{-j\beta \cdot z} + \Gamma \cdot e^{j\beta \cdot z})$$

$$I(z) = \frac{V_o}{Z_o} \cdot (e^{-j\beta \cdot z} - \Gamma \cdot e^{j\beta \cdot z})$$

En un extremo que está acabada en cortocircuito

$$V(z) = V_o \cdot (e^{-j\beta \cdot z} - e^{j\beta \cdot z}) = -2j \cdot V_o \cdot \text{sen } \beta \cdot z$$

$$I(z) = \frac{V_o}{Z_o} \cdot (e^{-j\beta \cdot z} + e^{j\beta \cdot z}) = \frac{2V_o}{Z_o} \cdot \text{cos } \beta \cdot z$$

En un extremo de resonancia:

$$W_H = \frac{1}{4} \cdot L \cdot \int_0^l I(z) \cdot I^*(z) = \frac{I_o^2 \cdot L \cdot l}{2} \cdot \left[ 1 + \frac{\text{sen}(2\beta \cdot l)}{2\beta \cdot l} \right]$$

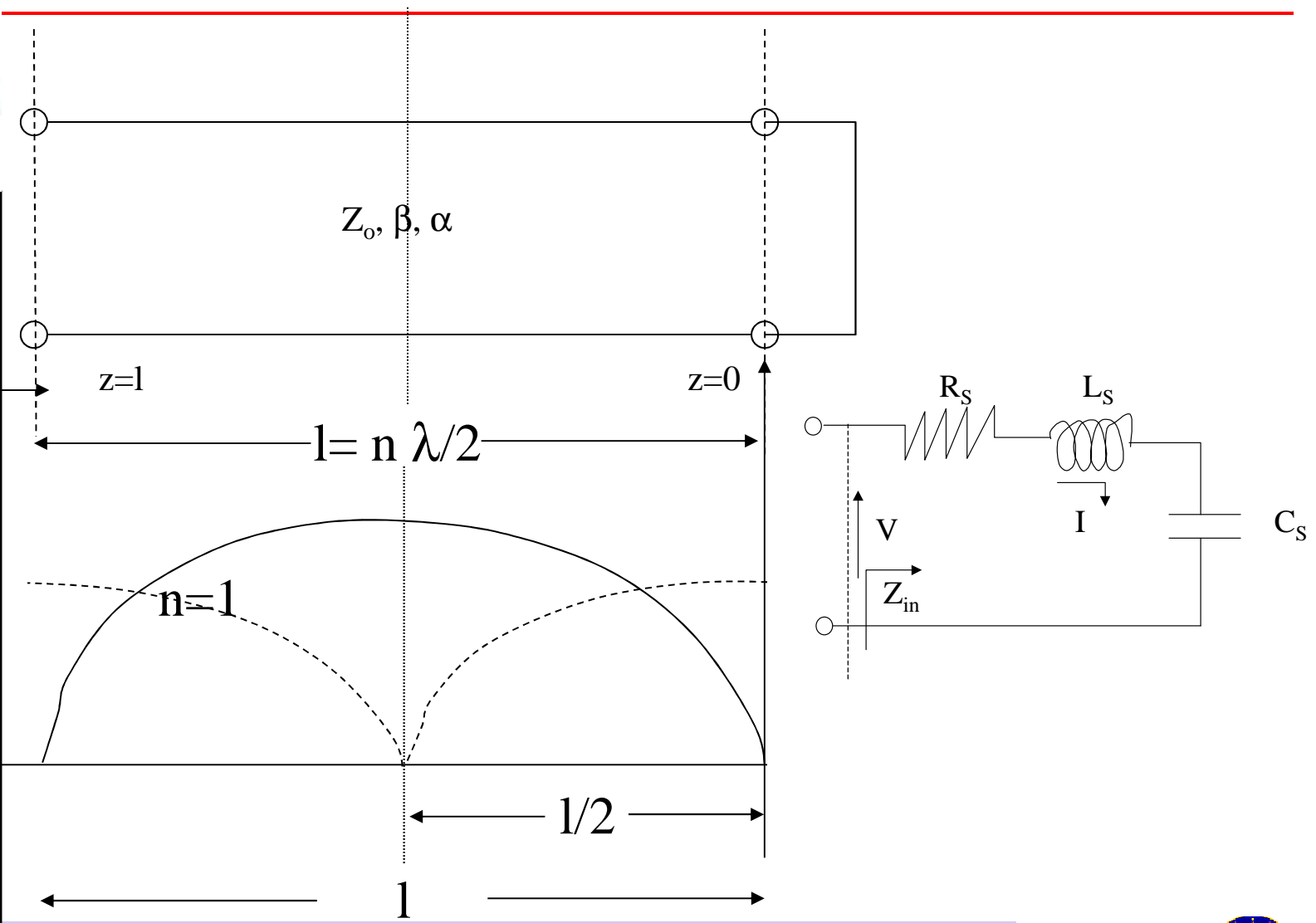
$$W_E = \frac{1}{4} \cdot C \cdot \int_0^l V(z) \cdot V^*(z) = \frac{I_o^2 \cdot L \cdot l}{2} \cdot \left[ 1 - \frac{\text{sen}(2\beta \cdot l)}{2\beta \cdot l} \right]$$

$$R \cdot \int_0^l I(z) \cdot I^*(z) + \frac{1}{2} \cdot G \cdot \int_0^l V(z) \cdot V^*(z) = I_o^2 \cdot l \cdot \left[ (R + G \cdot Z_o^2) + \frac{\text{sen}(2\beta \cdot l)}{2\beta \cdot l} \cdot (R - G \cdot Z_o^2) \right]$$

Condiciones de resonancia

$$l = 0 \Rightarrow l = n \cdot \frac{\lambda}{4}; n = 1, 2, 3, \dots \rightarrow l = n \cdot \frac{\lambda}{4} = n \cdot \frac{v_p}{4f_{on}} = n \cdot \frac{c}{4f_{on} \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}}; \Rightarrow f_{on} = n \cdot \frac{c}{4 \cdot l \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

# RESONANCIA SERIE (I)



# RESONANCIA SERIE (II)

a impedancia:

$$\left. \frac{Z_L + Z_o \cdot \operatorname{tgh}(\gamma \cdot l)}{Z_o + Z_L \cdot \operatorname{tgh}(\gamma \cdot l)} \right|_{Z_L=0} = Z_o \cdot \operatorname{tgh}((\alpha + j\beta) \cdot l) = Z_o \frac{\operatorname{tgh}(\alpha \cdot l) + j \cdot \operatorname{tg}(\beta \cdot l)}{1 + j \cdot \operatorname{tgh}(\alpha \cdot l) \cdot \operatorname{tg}(\beta \cdot l)}$$

ndo una línea de bajas pérdidas:

$$\alpha \cdot l \cong \alpha \cdot l \quad \operatorname{tg}(\beta \cdot l) = \operatorname{tg}\left(\pi + \frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}\right) \approx \frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}$$

a impedancia:

$$Z_{in} \approx Z_o \frac{\alpha \cdot l + j \cdot \left(\frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}\right)}{1 + j \cdot \alpha \cdot l \cdot \left(\frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}\right)} \Bigg|_{\alpha \cdot l \cdot \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_o}\right) \ll 1} \approx Z_o \cdot \left(\alpha \cdot l + j \cdot \frac{\Delta\omega \cdot \pi}{\omega_o}\right)$$

s del resonador

$$R_s = Z_o \cdot \alpha \cdot l; \quad L_s = \frac{Z_o \cdot \pi}{2\omega_o}$$

$$Q = \frac{\omega_o \cdot L}{R} = \frac{\pi}{2\alpha \cdot l} \Bigg|_{\text{resonancia}} = \frac{\beta}{2\alpha}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

...

## CLASES DE TRANSMISIÓN RESONANTES CERRADAS POR AMBOS EXTREMOS

Para que las líneas de transmisión se encuentren cerradas por ambos extremos, la resonancia existirá cuando se cumpla la condición en ambos lados. Es decir que será a múltiplos de media longitud de onda.

La condición de resonancia en este caso será:

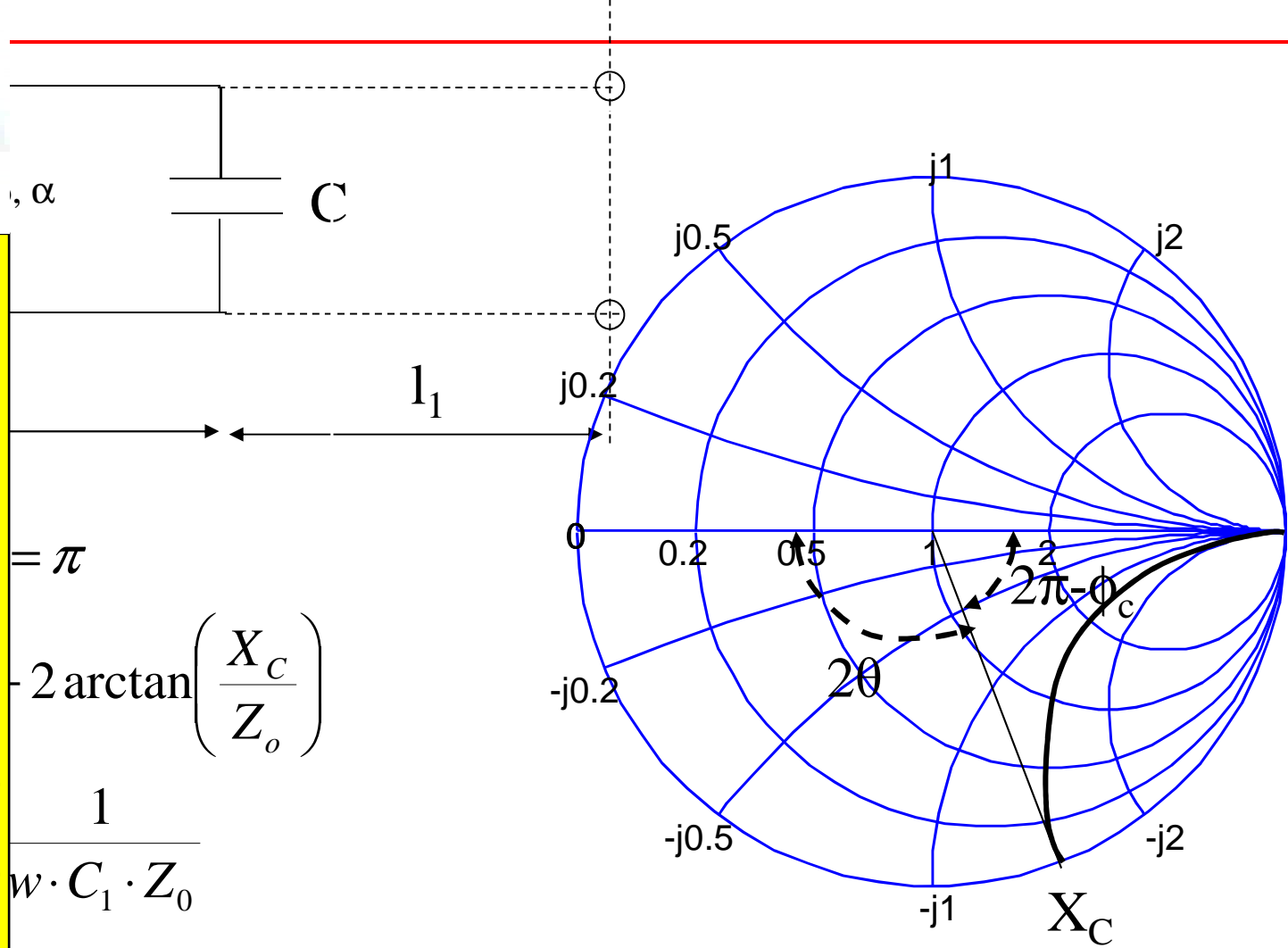
$$Z_{in}^d(x) + Z_{in}^i(x) = 0$$

--

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# LÍNEAS DE TRANSMISIÓN RESONANTES ACORTADAS



$$Z_{in} = \frac{1}{j\omega C_1} \cdot Z_0 = \frac{1}{\omega \cdot C_1 \cdot Z_0} = 2 \arctan\left(\frac{X_c}{Z_0}\right) = \pi$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# CAVIDADES RESONANTES (I)

1: volumen cerrado por paredes conductoras metálicas dentro del cual se y extrae energía por diversos métodos.

más complicado que en líneas de transmisión porque hay infinitos modos de propagación.

Los modos TEM existen voltajes y corrientes definidos de forma unívoca. El modo de propagación se hace a partir del modo de la guía y se particulariza para unas condiciones de contorno determinadas.

En una guía: 
$$\bar{E}_t(x, y, z) = \bar{e}(x, y) \left[ A^+ e^{-j\beta_{mn}z} + A^- e^{j\beta_{mn}z} \right]$$

El coeficiente de fase en una guía 
$$\beta_{mn} = \sqrt{k^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

Condición de contorno en  $z=0$  por un cortocircuito perfecto  $\bar{E}_t = 0 \quad A^+ = -A^-$

Condición de contorno en  $z=d$  por un cortocircuito perfecto  $-\bar{e}(x, y)A^+ 2j \sin \beta_{mn} d = 0 \quad \beta_{mn} d = l\pi \quad l = 1, 2, 3, \dots,$

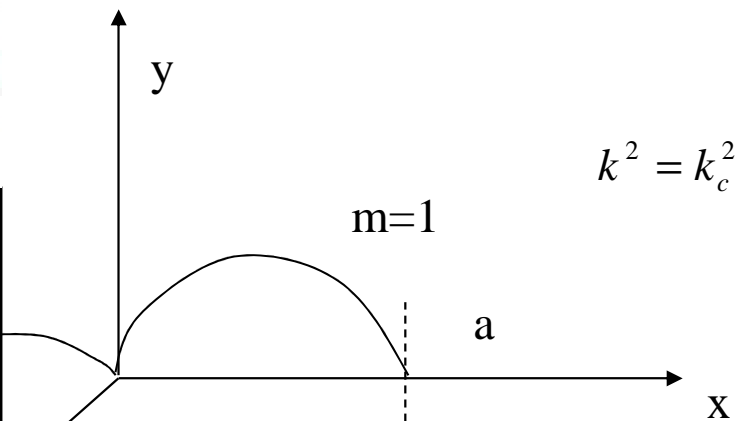
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

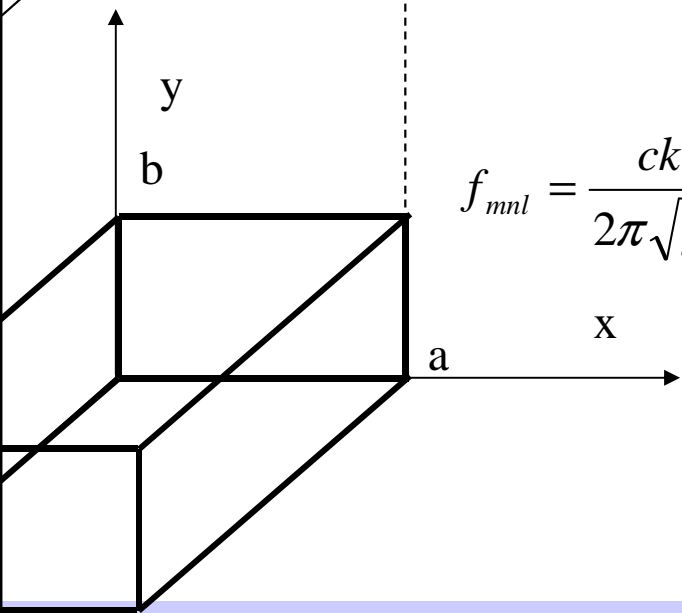


# CAVIDADES RESONANTES (II)

$$k^2 = k_c^2 + \beta^2 \Rightarrow k_{mnl} = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$$



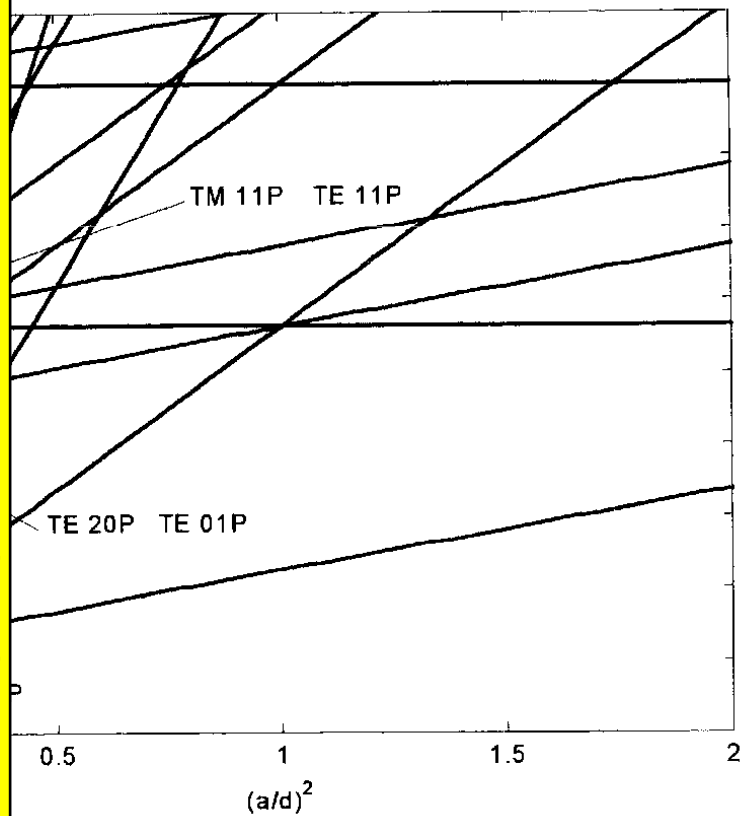
$$f_{mnl} = \frac{ck_{mnl}}{2\pi\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$$



# CAVIDADES RESONANTES (III)

la expresión  $k^2 = k_c^2 + \beta^2 \Rightarrow k_{mnl} = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$

o de onda de corte asociado al TE<sub>10</sub> resulta



$$\left(\frac{2af_0}{c}\right)^2 = \left(\frac{k_c}{k_{c10}}\right)^2 + l^2\left(\frac{a}{d}\right)^2$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# FACTOR DE CALIDAD DE UNA CAVIDAD RECTANGULAR CON EL MODO TE<sub>101</sub>



$$\frac{\pi x}{a} \sin \frac{l\pi z}{d}$$

$$\sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{l\pi z}{d}$$

$$\cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{l\pi z}{d}$$

$$\frac{k^3 abd\eta}{4\pi^2 R_s} \frac{1}{\left[ \left( \frac{l^2 ab}{d^2} + \frac{bd}{a^2} + \frac{l^2 a}{2d} + \frac{d}{2a} \right) \right]}$$

$$\frac{1}{\left[ \left( 2l^2 a^3 b + 2bd^3 + l^2 a^3 d + ad^3 \right) \right]}$$

$$W_e = \frac{\epsilon}{4} \int_V E_y E_y^* dv = \frac{\epsilon abd}{16} E_0^2$$

$$W_m = \frac{\mu}{4} \int_V (H_x H_x^* + H_z H_z^*) dv = \frac{\mu abd}{16} E_0^2 \left( \frac{1}{Z_{TE}^2} + \frac{\pi^2}{k^2 \eta^2 a^2} \right)$$

$$P_c = R_s \int_{y=0}^b \int_{x=0}^a |H_x(z=0)|^2 dx dy + R_s \int_{z=0}^d \int_{y=0}^b |H_z(x=0)|^2 dy dz + R_s \int_{z=0}^d \int_{x=0}^a \left[ |H_x(y=0)|^2 + |H_z(y=0)|^2 \right] dx dz = \frac{R_s E_0^2 \lambda^2}{8\eta^2} \left( \frac{l^2 ab}{d^2} + \frac{bd}{a^2} + \frac{l^2 a}{2d} + \frac{d}{2a} \right)$$

$$Q_d = \frac{2\omega W_e}{P_d} = \frac{\epsilon'}{\epsilon''} = \frac{1}{\tan \delta}$$

$$Q = \left( \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} \right)^{-1}$$

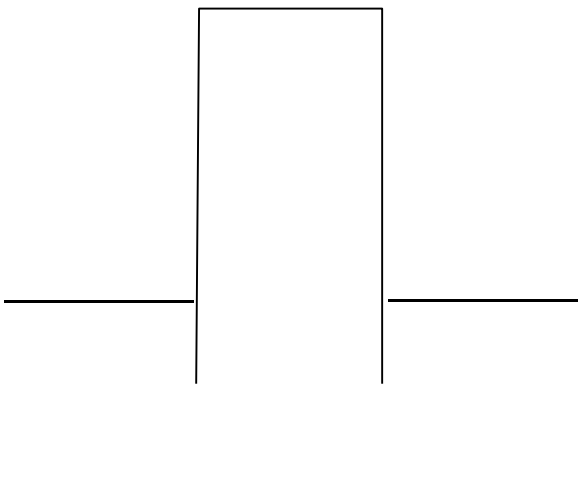
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



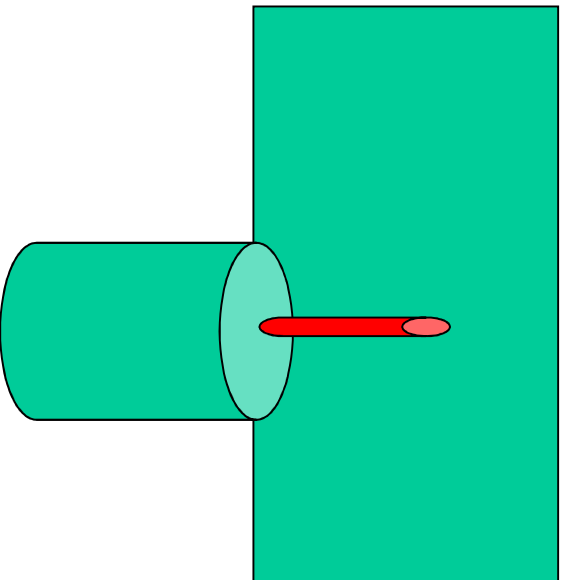
# EXCITACIÓN DE RESONADORES (I)



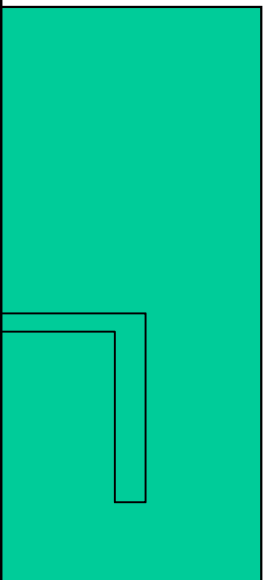
Apertura



Sonda eléctrica



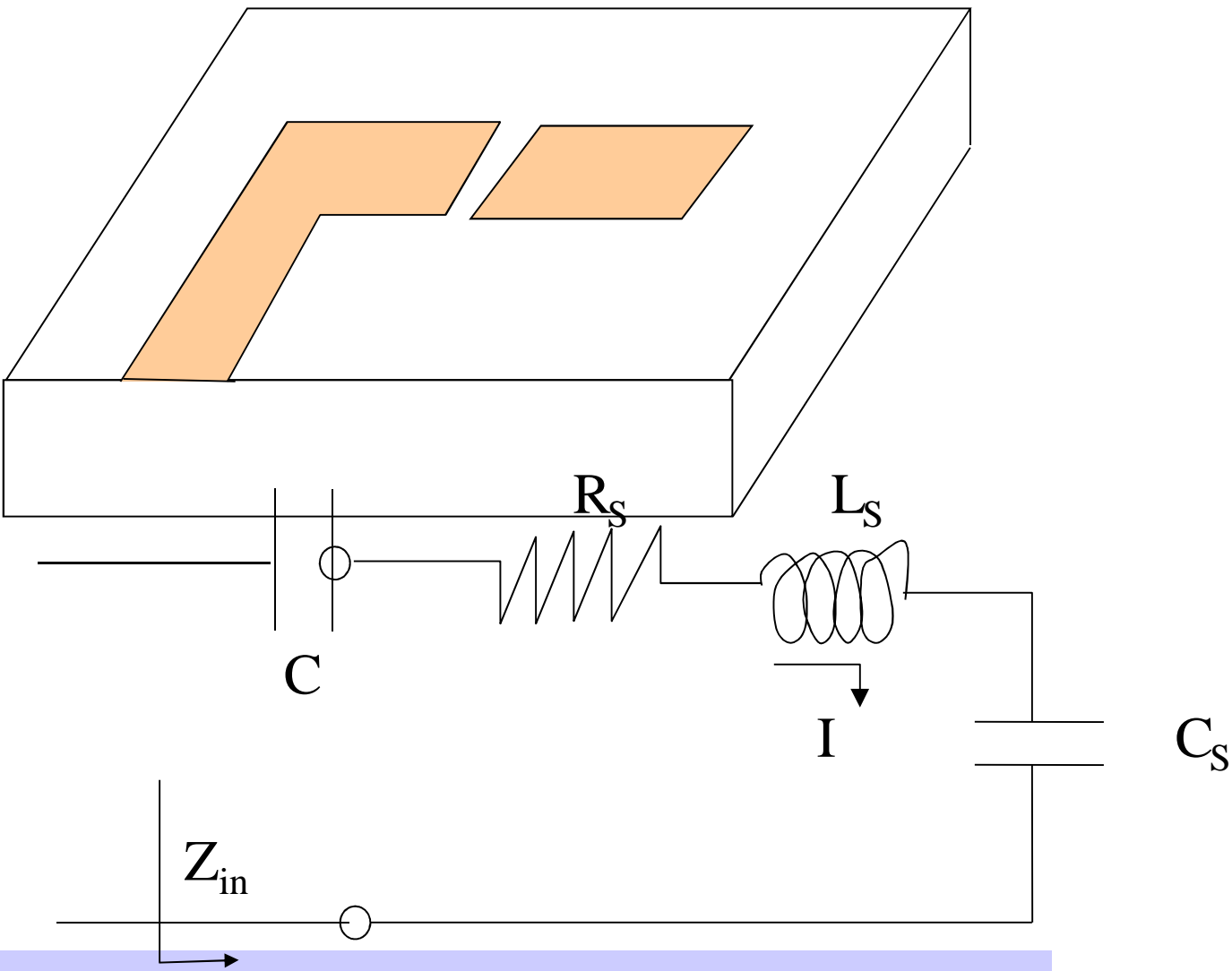
Magnética



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
- - -  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CITACIÓN DE RESONADORES IMPRESOS (I)



Grupo de Radiofrecuencia, Electromagnetismo, Microondas y Antenas, UC3M. Tema 7: Resonadores en microondas

Microondas-7- 23

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
...  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# BIBLIOGRAFÍA

e resonadores, Daniel Segovia

ítulo 6

ítulo 7

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

