

## • Notas del Ejercicio •

• Pasar todo a  $\cos()$ , ya que así podremos trabajar con exponenciales.

$$\cos l = \sin\left(l + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$\sin l = \cos\left(l - \frac{\pi}{2}\right)$$

• Coeficiente de reflexión  $\rightarrow p = \frac{v_{ref}}{v_{inc}}$

• Fijarse en las exponenciales o fases en el signo de  $\beta z \rightarrow$  indica parte de la onda incidente (+) y reflejada (-)  $\rightarrow$  según esquema.

•  $l_2 \rightarrow$  Desfase entre onda incidente y reflejada.

• Para conocer distancias a máximos y mínimos cuando no conocemos el valor de la carga:

$$\cos(l_2 - 2\beta z) = +1; \quad l_2 - 2\beta z = 2m\pi$$

Distancia entre máximo y mínimo consecutivo  $\rightarrow \frac{\lambda}{4}$

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$

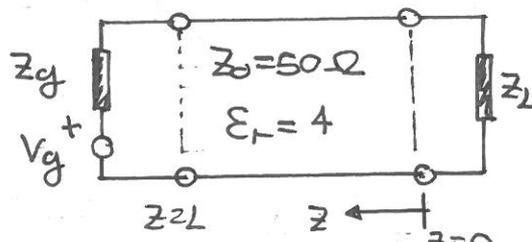
# Cartagena99

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

Julio 2012



$f = 100 \text{ MHz}$

$V(t) = 10 \cos(\omega t + \beta z) - 5 \sin(\omega t - \beta z) \text{ V}$

$v_\phi = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{c_0}{\sqrt{4}} = 1.5 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \rightarrow \lambda = \frac{v_\phi}{f} = \frac{1.5 \cdot 10^8}{10^8} = 1.5 \text{ m} \rightarrow \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{4\pi}{3} \text{ rad/m}$

¿d I(z)?

Calculamos en primer lugar el valor fasorial de V(t).

CLAVE  
Para toda cosa por  $\text{Re}[e^{j\omega t}]$

$V(t) = 10 \cos(\omega t + \beta z) - 5 \cos(\omega t - \beta z - \frac{\pi}{2})$   
 $V(z) = 10 e^{j\omega t + j\beta z} - 5 e^{j\omega t - j\beta z} \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} = (10 e^{+j\beta z} + j 5 e^{-j\beta z}) e^{j\omega t}$

$= 10 e^{j(\omega t + \beta z)} + 5 j e^{j(\omega t - \beta z)}$

Como la onda incidente va hacia las z negativas:

$V_{inc} = 10 e^{+j\beta z} e^{j\omega t}$   
 $V_{ref} = +j 5 e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$

Agr pues:

$I(z) = \frac{V_{inc} - V_{ref}}{Z_0} = \frac{1}{Z_0} (10 e^{+j\beta z} e^{j\omega t} - j 5 e^{-j\beta z} e^{j\omega t})$

Finalmente:

$I(t) = \text{Re}(I(z)) = \frac{1}{50} [10 \cos(\omega t + \beta z) + 5 \sin(\omega t - \beta z)]$  A siendo  $\omega = 2\pi \cdot 10^8 \text{ rad/s}^{-1}$   
 $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{4\pi}{3} \text{ rad/m}$

¿d p2 y zL?

$p_L = \frac{z_L - z_0}{z + z_0}$   
 $z_L = \frac{1 + p_L}{1 - p_L}$

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



$$c) |V(z)| = |V^+| \cdot \sqrt{1 + |p_L|^2 + 2|p_L| \cos(\phi_L - 2\beta z)}$$

$$|I(z)| = \frac{|V^+|}{Z_0} \cdot \sqrt{1 + |p_L|^2 - 2|p_L| \cos(\phi_L - 2\beta z)}$$

$$|V(z)| = 10 \cdot \sqrt{1 + 0,5^2 + 2 \cdot 0,5 \cos(\pi/2)} = 5\sqrt{5} \text{ V}$$

$$|I(z)| = \frac{10}{50} \cdot \sqrt{1 + 0,5^2 - 2 \cdot 0,5 \cos(\pi/2 - \phi)} = \frac{\sqrt{5}}{10} \text{ A}$$

Siendo:  $|V^+| = 10 \text{ V}$

$|p_L| = 0,5$

$\phi_L = \pi/2$

$Z_0 = 50 \Omega$

$$z(z) = \frac{V(z)}{I(z)}$$

$$z(z) = Z_L = \frac{|V(z)|}{|I(z)|} = 50 \Omega$$

$$d) |V(z)|_{\max} = |V^+| \cdot (1 + |p_L|) = 10 \cdot (1 + 0,5) = 15 \text{ V}$$

$$|V(z)|_{\min} = |V^+| \cdot (1 - |p_L|) = 10 \cdot (1 - 0,5) = 5 \text{ V}$$

$$|I(z)|_{\max} = \frac{|V(z)|_{\max}}{Z_0} = \frac{15 \text{ V}}{50} = \frac{3}{10} \text{ A} = 300 \text{ mA}$$

$$|I(z)|_{\min} = \frac{|V(z)|_{\min}}{Z_0} = \frac{5}{50} = \frac{1}{10} \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

$$Z_{\max} = Z_0 \cdot \frac{1 + |p_L|}{1 - |p_L|} = 50 \cdot \frac{1 + 0,5}{1 - 0,5} = 50 \cdot 3 = 150 \Omega$$

$$Z_{\min} = \frac{Z_0}{\text{ROE}} = \frac{50}{3} \Omega$$

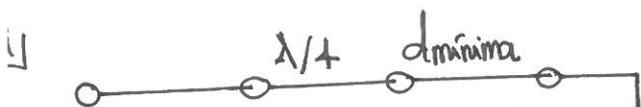
$$p_{\max} = \frac{Z_{\max} - Z_0}{Z_{\max} + Z_0} = \frac{150 - 50}{150 + 50} = \frac{1}{2} \quad p_{\min} = \frac{Z_{\min} - Z_0}{Z_{\min} + Z_0} = \frac{\frac{50}{3} - 50}{\frac{50}{3} + 50} = -\frac{1}{2}$$

$$e) \lambda = 1,5 \text{ m} \quad \text{Posiciones de los máximos: } \cos(\phi_L - 2\beta z) = +1 \rightarrow \phi_L - 2\beta z = n\pi$$

Si  $n=0$ ;  $z = \frac{\phi_L}{2\beta} = \frac{\pi/2}{2 \cdot \frac{2\pi}{\lambda}} = \frac{\lambda}{8} = \frac{1,5}{8} \text{ m} = 18,75 \text{ cm}$

Observamos que el mínimo más cercano estará a  $z = \frac{\lambda}{8} + \frac{\lambda}{4} = \frac{3\lambda}{8} = \frac{3 \cdot 1,5}{8} = \frac{9}{16} \text{ m} = 56,25 \text{ cm}$

$$f) P_L = P_{\text{inc}} (1 - |p_L|^2) = \frac{|V^+|^2}{2Z_0} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{10^2}{2 \cdot 50} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} \text{ W}$$



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

Cartagena99

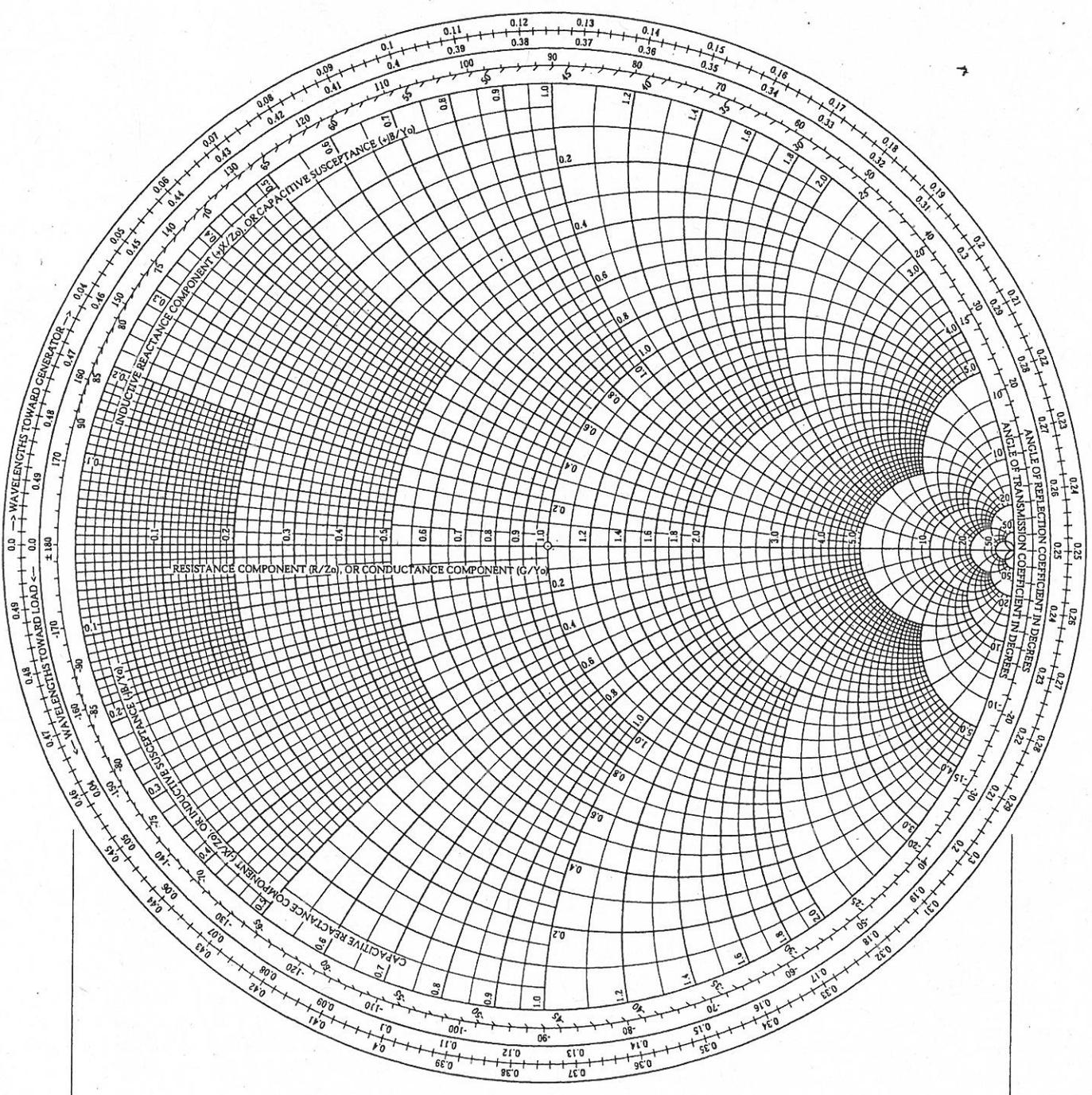
$$Z_0 \lambda/4 = \sqrt{50 \cdot 50} = 50\sqrt{3} \Omega$$

La distancia a la que hay que ponerlo es  $\lambda/8$ .

July 2012

# The Complete Smith Chart

## Black Magic Design



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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that resembles a stylized arrow or a drop shadow pointing to the right. Below the text, there is a horizontal orange bar that also tapers to the right, creating a sense of motion or direction.

**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**

PROBLEMA 2 ( 2 puntos) Junio 2011

- a) Calcule los parámetros  $S$  referidos a  $Z_0$  de una línea sin pérdidas de impedancia característica  $Z_0$  y longitud eléctrica  $\phi$
- b) Compruebe que la matriz de parámetros  $S$  obtenida corresponde a la de un cuadripolo sin pérdidas

PROBLEMA 2 ( 2 puntos) Julio 2011

- a) Calcule los parámetros  $S$  de una reactancia serie

- b) Calcule las cantidades:

$$|s_{11}|^2 + |s_{12}|^2$$

$$s_{11}s_{21}^* + s_{12}s_{22}^*$$

y compruebe que los resultados obtenidos corresponden al de un cuadripolo sin pérdidas

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

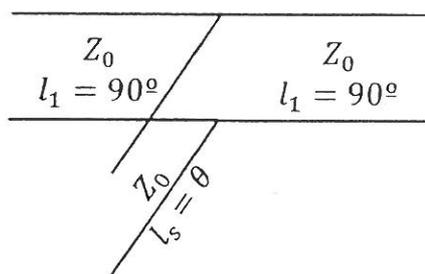
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



PROBLEMA 1 (5 puntos)

La siguiente figura representa un cuadripolo donde todas las líneas de transmisión son de la misma impedancia característica  $Z_0$



1.- Calcule  $s_{11}$

2.- Halle el valor de  $|s_{21}|$

3.- Encuentre las longitudes eléctricas del stub ( $\theta$ ) que producen que las pérdidas de retorno sean nulas y aquellas longitudes que producen que las pérdidas de retorno sean infinitas.

4.- Encuentre la matriz de scattering

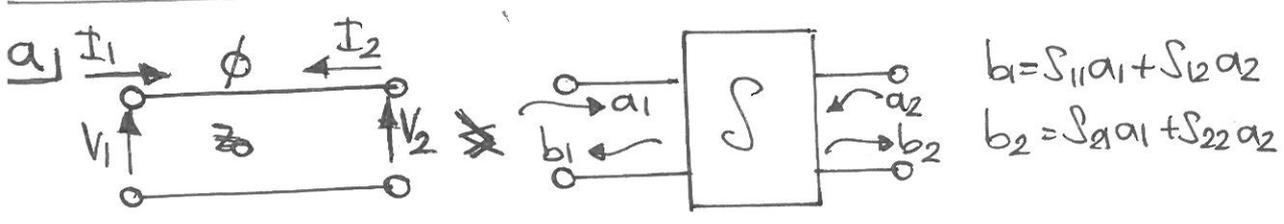
Cartagena99

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

Junio 2011. Problema 2.

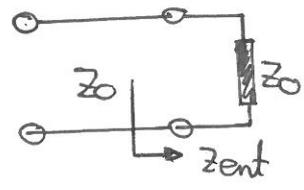


$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2$$

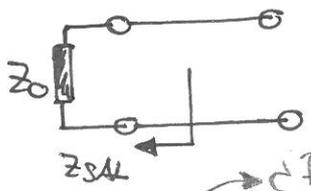
Para calcular  $S_{11}$ :

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{z_{ent} - z_0}{z_{ent} + z_0} = \frac{z_0 - z_0}{z_0 + z_0} = 0$$

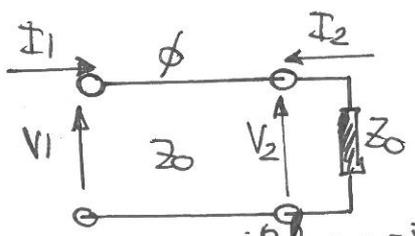


Para calcular  $S_{22}$ :

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{z_{sd} - z_0}{z_{sd} + z_0} = \frac{z_0 - z_0}{z_0 + z_0} = 0$$



Para calcular  $S_{21}$ :



$$V_1 = V_1^+ + V_1^- \quad V_2 = V_2^+ + V_2^- \quad \rightarrow \quad V_1 = V_1^+$$

$$I_1 = I_1^+ + I_1^- \quad \text{② adoptado } V_2 = V_2^-$$

$b_1 = 0$  porque no hay refl.

Por otro lado sabemos que:  $V_2^- = V_1^+ e^{-j\beta l} = V_1^+ e^{-j\phi}$

$$\frac{V_2^-}{V_1^+} = e^{-j\phi} \text{ y operando } \rightarrow \frac{V_2^-}{V_1^+} = \frac{(V_2^- / \sqrt{Z_0})}{(V_1^+ / \sqrt{Z_0})} = \frac{b_2}{a_1} = S_{21} \rightarrow S_{21} = e^{-j\phi}$$

Para calcular  $S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} \rightarrow$  Es análogo a  $S_{21}$  cambiando 2 por 1 y viceversa y se llega a  $S_{12} = e^{-j\phi}$

Por tanto para una línea de transmisión de longitud  $\phi$ :  $S = \begin{pmatrix} 0 & e^{-j\phi} \\ e^{-j\phi} & 0 \end{pmatrix}$

Nota  
Si la línea tuviera pérdidas  $\rightarrow S = \begin{pmatrix} 0 & e^{-\alpha l} \cdot e^{-j\phi} \\ -e^{-\alpha l} \cdot e^{-j\phi} & 0 \end{pmatrix}$   $\phi = \beta \cdot l$   
longitud eléctrica



**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**

\*Ver en apuntes de teoría como se hace una matriz 3x3 traspuesta.  
 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.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white arrow pointing to the left, creating a sense of motion or direction.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

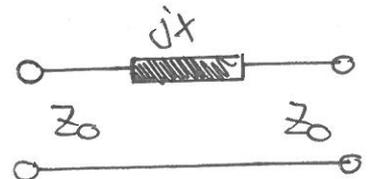
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Julio 2011

Problema 2

2) Reactancia serie

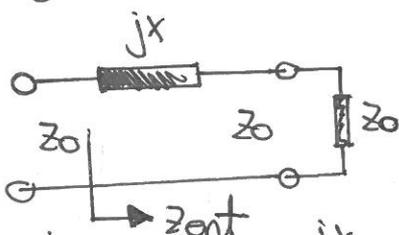


$$b_1 = S_{11} a_1 + S_{22} a_2$$

$$b_2 = S_{21} a_1 + S_{22} a_2$$

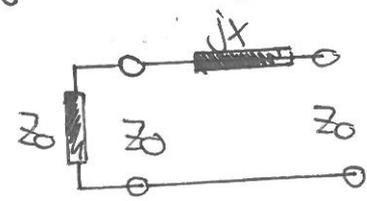
Reactancia  $\rightarrow jX$

Para calcular  $S_{11}$ :



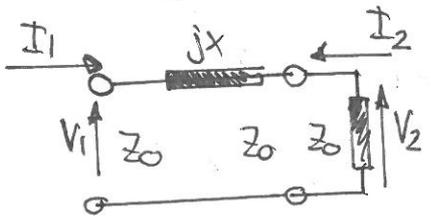
$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \Big|_{a_2=Z_0} = \frac{Z_{ent} - Z_0}{Z_{ent} + Z_0} = \frac{jX + Z_0 - Z_0}{jX + Z_0 + Z_0} = \frac{jX}{jX + 2Z_0}$$

Para calcular  $S_{22}$ :



$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \Big|_{a_1=0} = \frac{Z_{sal} - Z_0}{Z_{sal} + Z_0} = \frac{jX + Z_0 - Z_0}{jX + Z_0 + Z_0} = \frac{jX}{jX + 2Z_0}$$

Para calcular  $S_{21}$ :



$$V_1 = V_1^+ + V_1^-$$

$$V_2 = V_2^+ + V_2^-$$

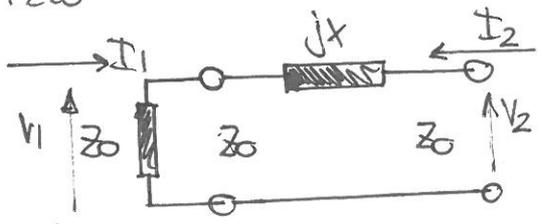
② adaptada

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2=Z_0} = \frac{(V_2^- / \sqrt{Z_0})}{(V_1^+ / \sqrt{Z_0})} = \frac{V_2^-}{V_1^+} = \frac{2Z_0}{jX + 2Z_0}$$

$$I_1 = -I_2; \frac{V_1^+ - V_1^-}{Z_0} = \frac{-(V_2^+ - V_2^-)}{Z_0}; V_1^+ - V_1^- = V_2^-; 1 - \frac{V_1^-}{V_1^+} = \frac{V_2^-}{V_1^+}; \frac{V_2^-}{V_1^+} = 1 - S_{11} = 1 - \frac{jX}{jX + 2Z_0} =$$

$$= \frac{(jX + 2Z_0) - jX}{jX + 2Z_0} = \frac{2Z_0}{jX + 2Z_0}$$

Para calcular  $S_{12}$ :



$$V_1 = V_1^+ + V_1^-$$

$$V_2 = V_2^+ + V_2^-$$

① adaptada



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

$$S = \frac{2Z_0 + jX}{2Z_0 + jX}$$

b) Como se trata de un cuádrupolo sin pérdidas se cumplirá que...  $S_1^* \cdot S = I$

$$S_1^* \cdot S = I \rightarrow \begin{pmatrix} S_{11}^* & S_{21}^* \\ S_{12}^* & S_{22}^* \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Con la matriz del apartado a:

$$|S_{11}|^2 + |S_{12}|^2 = \frac{x^2}{(\sqrt{4z_0^2 + x^2})^2} + \frac{4z_0^2}{(\sqrt{4z_0^2 + x^2})^2} = \frac{x^2 + 4z_0^2}{4z_0^2 + x^2} = 1$$

Truco → Trabaja fila a fila  
 $|S_{11}|^2 = S_{11}^* \cdot S_{11}$

$$S_{11} \cdot S_{21}^* + S_{12} \cdot S_{22}^* = \frac{jx}{2z_0 + jx} \cdot \frac{2z_0}{2z_0 - jx} + \frac{2z_0}{2z_0 + jx} \cdot \frac{-jx}{2z_0 - jx} = \frac{jx}{2z_0 + jx} \cdot \frac{2z_0}{2z_0 - jx} - \frac{2z_0}{2z_0 + jx} \cdot \frac{jx}{2z_0 - jx} = 0$$

Para comprobar que los resultados corresponden a un cuádrupolo sin pérdidas, tendremos en cuenta:

$$S_1^* \cdot S = I \quad \text{Cuádrupolo simétrico: } S_{12} = S_{21}$$

$$S_{11}^* \cdot S_{11} + S_{21}^* \cdot S_{21} = |S_{11}|^2 + |S_{21}|^2 = |S_{11}|^2 + |S_{12}|^2 = 1$$

$$S_{12}^* \cdot S_{11} + S_{22}^* \cdot S_{21} = S_{11} \cdot S_{21}^* + S_{12} \cdot S_{22}^* = 0$$

Cuádrupolo es simétrico  $S_{12} = S_{21}$

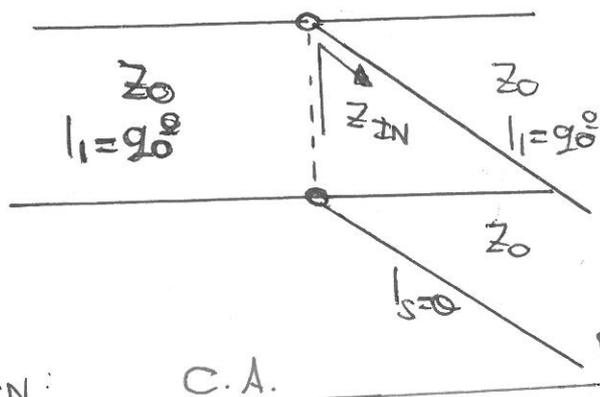
Cartagena99

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

• Problema 1 Enero 2012



Trabajamos en paralelo (stub //) por lo que habrá que usar admitancia.

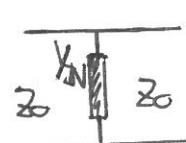
a) Calculamos  $Z_{IN}$ :

$$Z_{IN} = Z_0 \frac{Z_0 + j Z_0 \tan(\theta)}{Z_0 - j Z_0 \tan(\theta)} = \frac{Z_0}{j \tan \theta} = -j Z_0 \cot \theta \rightarrow Y_{IN} = \frac{1}{Z_{IN}} = j \frac{\tan \theta}{Z_0}$$

De momento:



Calculamos los parámetros S de este circuito:



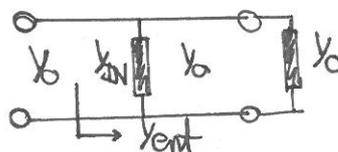
(de momento, quíbrinde las longitudes).

$$a_1 = S_{11} a_1 + S_{12} a_2$$

$$a_2 = S_{21} a_1 + S_{22} a_2$$

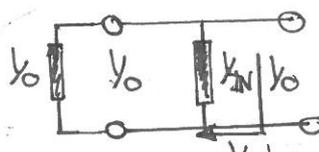
Para calcular  $S_{11}$ :

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \rho_{ent} = \frac{Z_{ent} - Z_0}{Z_{ent} + Z_0} = \frac{\frac{1}{Y_{ent}} - \frac{1}{Y_0}}{\frac{1}{Y_{ent}} + \frac{1}{Y_0}} = \frac{Y_0 - Y_{ent}}{Y_0 + Y_{ent}}$$



$$= \frac{Y_0 - Y_0 - Y_{IN}}{Y_0 + Y_0 + Y_{IN}} = \frac{-Y_{IN}}{2Y_0 + Y_{IN}}$$

Para calcular  $S_{22}$ :  $S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \rho_{sal} = \frac{Z_{sal} - Z_0}{Z_{sal} + Z_0} = \frac{\frac{1}{Y_{sal}} - \frac{1}{Y_0}}{\frac{1}{Y_{sal}} + \frac{1}{Y_0}} = \frac{Y_0 - Y_{sal}}{Y_0 + Y_{sal}} = \frac{Y_0 - Y_0 - Y_{IN}}{Y_0 + Y_0 + Y_{IN}} = \frac{-Y_{IN}}{2Y_0 + Y_{IN}}$

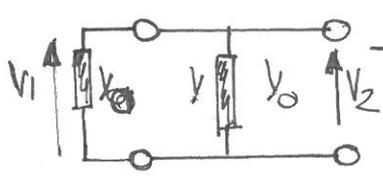


Cartagena99

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

• Para calcular  $S_{12}$ :



Por simetría déctica:

$$S_{12} = \frac{2Y_0}{2Y_0 + Y_{IN}}$$

De tal forma que llamamos a la matriz del cuádruplo del enunciado:

$$S' = \begin{pmatrix} S'_{11} & S'_{12} \\ S'_{21} & S'_{22} \end{pmatrix}$$

en la que sabemos que:  $S'_{11} = S_{11} e^{-j2\phi_{IN}}$ ,  $S'_{12} = S_{12} e^{-j(\phi_{IN} + \phi_{SAZ})}$ ,  $S'_{21} = S_{21} e^{j(\phi_{IN} + \phi_{SAZ})}$ ,  $S'_{22} = S_{22} e^{j\phi_{SAZ}}$

Con los datos del problema:

$$S_{11} = \frac{-Y_{IN}}{2Y_0 + Y_{IN}} = \frac{-\frac{j \operatorname{tga}}{Z_0}}{2\frac{1}{Z_0} + \frac{j \operatorname{tga}}{Z_0}} = \frac{-j \operatorname{tga}}{2 + j \operatorname{tga}}$$

Finalmente el  $S'_{11}$  que es el  $S_{11}$  pedido en el enunciado es:

$$S'_{11} = S_{11} = e^{-j2\phi_{IN}} = S_{11} e^{j180^\circ} = \frac{j \operatorname{tga}}{2 + j \operatorname{tga}}$$

2]

Como el cuádruplo es simétrico, se cumple que:  $S'^* = S'$  (Me refiero a la total).

Como además es sin pérdidas, se cumple que:

$$S'^* \cdot S = \pm 1 \text{ (Me refiero a la total).}$$

$$\begin{pmatrix} S'_{11} & S'_{12} \\ S'_{21} & S'_{22} \end{pmatrix}^* \cdot \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

No me salen los cálculos ??

$$|S'_{11}|^2 + |S'_{21}|^2 = 1; |S'_{21}|^2 = 1 - |S'_{11}|^2; |S'_{21}| = \sqrt{1 - |S'_{11}|^2} = \sqrt{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (\operatorname{tga}/2)^2}}}$$

3] Del apartado 1 sabemos:

$$S'_{11} = \frac{j \operatorname{tga}}{2 + j \operatorname{tga}}$$

$$S' = \begin{pmatrix} \frac{j \operatorname{tga}}{2 + j \operatorname{tga}} & \frac{-2}{2 + j \operatorname{tga}} \\ \frac{-2}{2 + j \operatorname{tga}} & \frac{j \operatorname{tga}}{2 + j \operatorname{tga}} \end{pmatrix}$$

\* Nota  
Completar su módulo

$$e^{-j(\phi_{IN} + \phi_{SAZ})} = S'_{12} = -S_{12} = \frac{-2Y_0}{2Y_0 + Y_{IN}} = \frac{-2 \cdot \frac{1}{Z_0}}{2\frac{1}{Z_0} + \frac{j \operatorname{tga}}{Z_0}} = \frac{-2}{2 + j \operatorname{tga}}$$

**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**



Para conseguir R.L. (dB) =  $\infty$  debe ser  $\text{pent} = \infty$  (Tx. total).

Si  $\alpha = n \frac{\lambda}{2} = n \cdot 180^\circ$  el esquema:  $\frac{z_c}{z_0}$  y lógicamente hay Tx total.

Visto con la matriz de parámetros S vemos que:

$$\text{pent} = S_{11} = \frac{j \tan \alpha}{2 + j \tan \alpha} = \frac{0}{2} = 0 \rightarrow \text{Tx total}$$

$\alpha = 180^\circ$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white shadow effect, and a blue and white arrow-like shape points upwards from behind the text.

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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white arrow pointing to the left, creating a sense of motion or direction.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

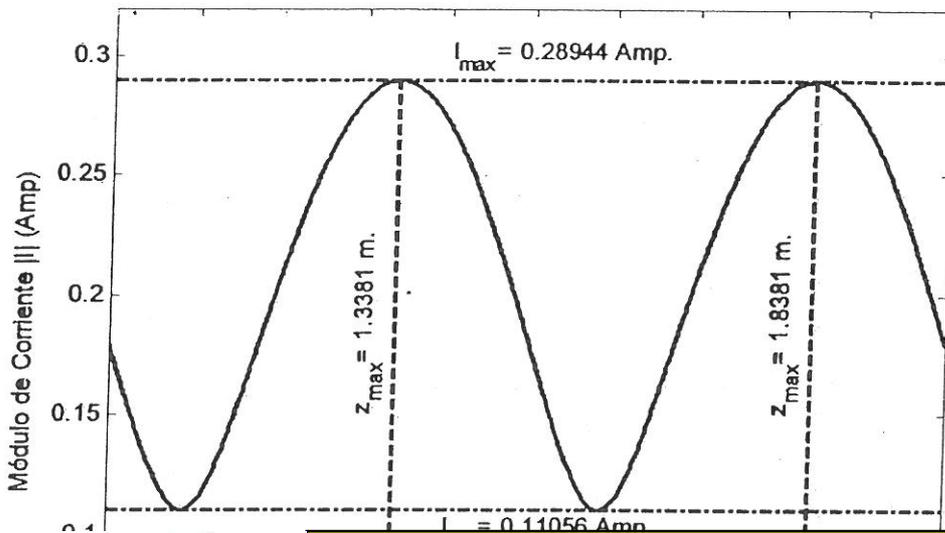
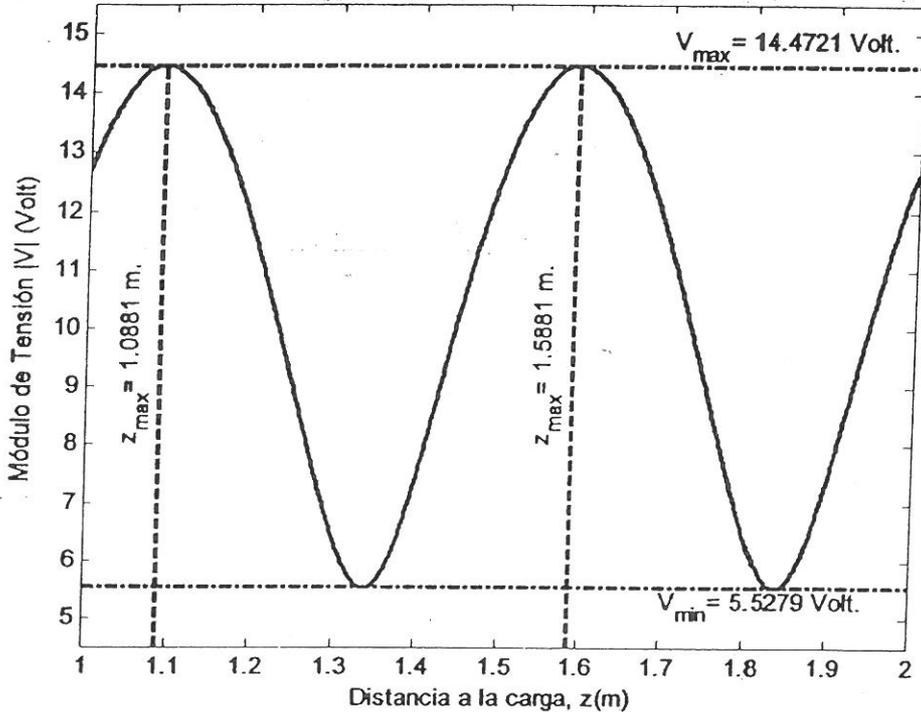
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Problema 3 Febrero 2006

PROBLEMA 3 (4 Puntos)

Se ha medido el módulo de tensión y corriente en una línea de transmisión sin pérdidas terminada en una impedancia ( $Z_L$ ) desconocida. La frecuencia de trabajo es 150 MHz, la carga está situada en  $z=0$  y las medidas se han realizado en la región  $1 \leq z \leq 2$ , dimensiones en metros. Los resultados obtenidos se dan en las siguientes figuras.



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



Determine:

- a) La impedancia de la línea de transmisión y la constante de propagación.
- b) Los parámetros primarios de la línea de transmisión
- c) La impedancia de carga ( $Z_L$ )
- d) La potencia instantánea de la onda incidente, reflejada y de la señal completa.
- e) Los puntos, en la región donde se ha realizado la medida, donde es posible realizar la adaptación de la carga empleando un simple stub paralelo. Obtenga la longitud del stub en cada punto suponiendo que la línea de transmisión empleada tiene la misma impedancia característica que la línea de transmisión donde se han realizado las medidas.

f) Repita el apartado anterior si en lugar de un stub se utiliza una bobina, la cual se sitúa en paralelo. Indique el valor de la bobina y en los puntos, en la región donde se ha realizado la medida, donde se puede poner.

→ Apartado típico



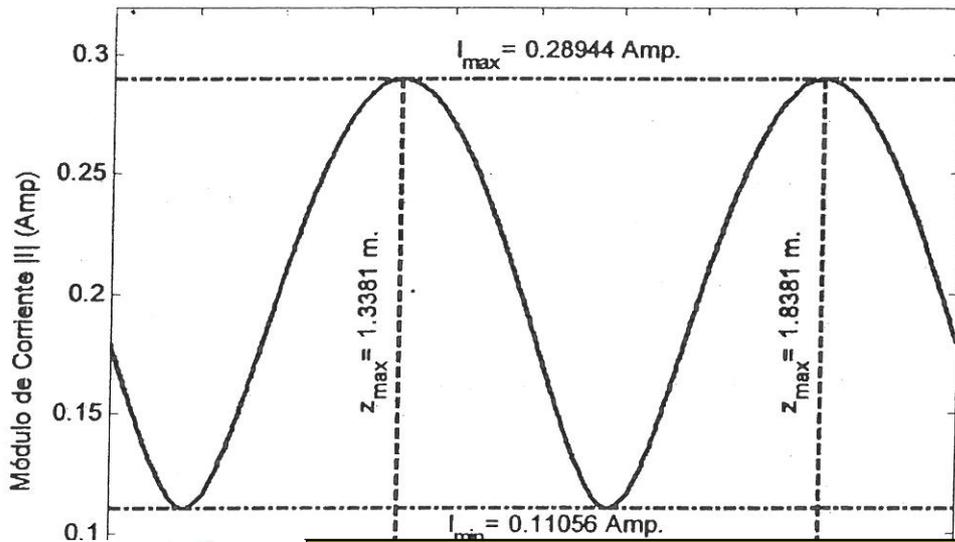
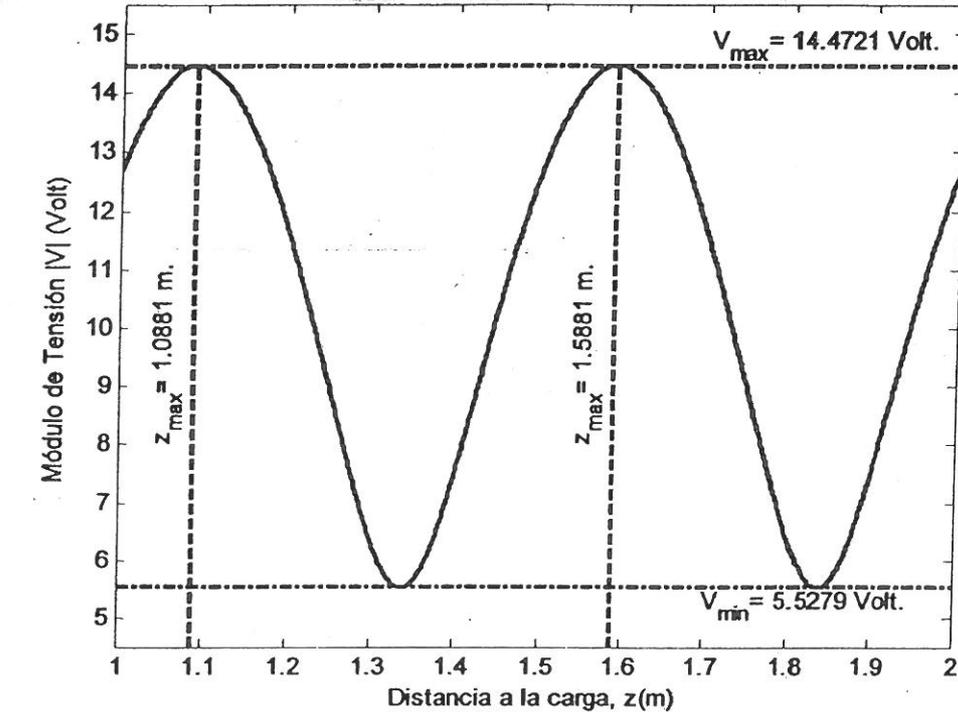
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**PROBLEMA 3 (4 Puntos)**

Se ha medido el módulo de tensión y corriente en una línea de transmisión sin pérdidas terminada en una impedancia ( $Z_L$ ) desconocida. La frecuencia de trabajo es 150 MHz, la carga está situada en  $z=0$  y las medidas se han realizado en la región  $1 \leq z \leq 2$ , dimensiones en metros. Los resultados obtenidos se dan en las siguientes figuras.



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

Cartagena99

Determine:

- a) La impedancia de la línea de transmisión y la constante de propagación.
- b) Los parámetros primarios de la línea de transmisión
- c) La impedancia de carga ( $Z_L$ )
- d) La potencia instantánea de la onda incidente, reflejada y de la señal completa.
- e) Los puntos, en la región donde se ha realizado la medida, donde es posible realizar la adaptación de la carga empleando un simple stub paralelo. Obtenga la longitud del stub en cada punto suponiendo que la línea de transmisión empleada tiene la misma impedancia característica que la línea de transmisión donde se han realizado las medidas.
- f) Repita el apartado anterior si en lugar de un stub se utiliza una bobina, la cual se sitúa en paralelo. Indique el valor de la bobina y en los puntos, en la región donde se ha realizado la medida, donde se puede poner.



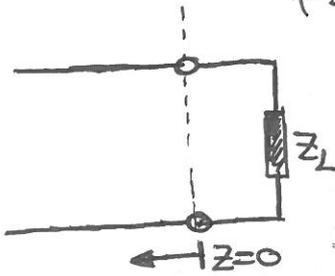
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Problema B

$f = 150 \text{ MHz}$



a) Parámetros Secundarios  $Z_0, \delta, V_\phi$

$$ROE = SWR = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = \frac{I_{MAX}}{I_{MIN}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = 2,618$$

$$Z_{MAX} = \frac{V_{MAX}}{I_{MIN}} = \frac{14,4721}{0,11056} = 130,90 \Omega$$

$$Z_{MAX} = Z_0 \cdot ROE \rightarrow Z_0 = \frac{Z_{MAX}}{ROE} = \frac{130,90}{2,618} = 50 \Omega$$

$$\delta = \alpha + j\beta = \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0 \text{ Línea sin pérdidas} \\ \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \left( \frac{\lambda}{2} = 0,45 \right) = 2\pi \end{array} \right\} = j2\pi \rightarrow V_\phi = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{2\pi/\lambda} = \lambda \cdot f = 1 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$c \epsilon_r? \quad V_\phi = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_r \epsilon_0}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{\epsilon_r}} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \rightarrow \epsilon_r = 4 \rightarrow n = \sqrt{\epsilon_r} = 2$$

2) Parámetros Secundarios

$R=0$  ya que no hay pérdidas en las conductorias.

$G=0$  " " " " " " " " en el dieléctrico.  $\leftarrow$  Fórmulas del ejercicio del cable.

$$Z_0 = \sqrt{L/C} = 50 \Omega \quad \left. \begin{array}{l} Z_0 \cdot V_\phi = \frac{1}{C} = 50 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \rightarrow C = 133 \text{ pF} \\ V_\phi = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 1,5 \cdot 10^8 \end{array} \right\} \frac{Z_0}{V_\phi} = L \rightarrow L = 333,33 \text{ nH}$$

$$V_\phi = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 1,5 \cdot 10^8$$

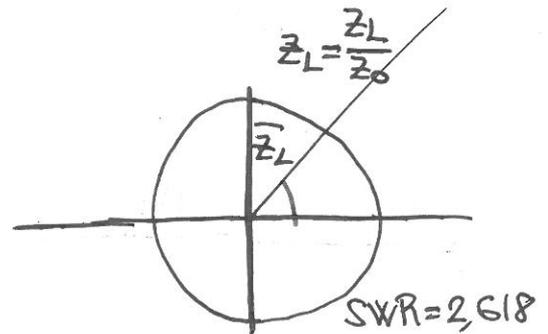
\*Nota

$$V(z=5) = V(z=8) e^{-\alpha 3}$$

$$P(z=5) = P(z=8) e^{-2\alpha 3}$$

$$\alpha_c = \frac{R}{2} \sqrt{C/L}$$

$$\alpha_d = \frac{G}{2} \sqrt{L/C}$$



¿ZL? Se produce en máximo de tensión en  $Z_{MAX} = 1,0881 \text{ m}$ , como  $\lambda = 1 \text{ m}$



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

Estimar trabajo con el 2º esquema.

$$\frac{R_{OE}-1}{R_{OE}+1} = 0,4472$$

$$d) \quad V(z) = V_L^+ e^{j2\beta z} + V_L^- e^{-j2\beta z} = V_L^+ \left( e^{j\beta z} + \frac{V_L^-}{V_L^+} e^{-j\beta z} \right) = V_L^+ \left( e^{j\beta z} + \rho_L e^{-j\beta z} \right) =$$

$$= V_L^+ \left( e^{j\beta z} + \frac{z_L - z_0}{z_L + z_0} e^{-j\beta z} \right)$$

$$|V(z)| = |V_L^+| \sqrt{1 + |\rho_L|^2 + 2|\rho_L| \cos(\beta L - 2\beta z)}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow V_{MAX} &= |V_L^+| (1 + |\rho_L|) \rightarrow V_L^+ = 10V \\ \rightarrow V_{MIN} &= |V_L^+| (1 - |\rho_L|) \rightarrow V_L^- = 10V \end{aligned}$$

Suponiendo  $V_L^+$  con fase cero

$$V(z) = 10 \left( e^{j2\pi z} + 0,4472 e^{j\beta L} e^{-j2\pi z} \right) (V)$$

$$I(z) = \frac{10}{z_0} \left( e^{j2\pi z} - 0,4472 e^{j\beta L} e^{-j2\pi z} \right) (A)$$

$$V(z,t) = \text{Re} \left( V(z) e^{j\omega t} \right) = 10 \cos(\omega t + 2\pi z) + 4,472 \cos(\omega t - 2\pi z + \beta L) (V)$$

$$I(z,t) = \text{Re} \left( I(z) e^{j\omega t} \right) = \frac{10}{50} \cos(\omega t + 2\pi z) - \frac{4,472}{50} \cos(\omega t - 2\pi z + \beta L) (A)$$

$$P(t) = V(z,t) \cdot I(z,t)$$

$$P_{ot. Media} = \frac{1}{2} \text{Re} \left( V(z) \cdot I(z)^* \right) = \frac{1}{2} \text{Re} \left( V(z) \cdot \left( \frac{V(z)}{z_0} \right)^* \right) = \frac{1}{2} \text{Re} \left( \frac{V(z)^2}{z_0} \right) = \frac{|V(z)|^2}{2z_0} (W)$$

Potencia media es cualquier punto de la línea.

$$P_L = \frac{|V(z=0)|^2}{2z_0} = \frac{|V_L|^2}{2z_0} \equiv \text{potencia entregada a la carga.}$$

$$P_L = \frac{|V_L^+|^2}{2z_0} (1 - |\rho_L|^2) = \frac{100}{2 \cdot 50} (1 - (0,4472)^2) = 0,8 (W)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

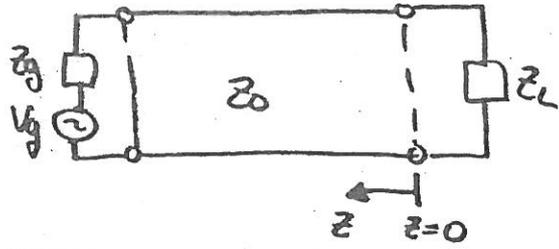
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

PROB (3) FEB 2006. (pag 46-47)

$f = 150 \text{ MHz}$

a) Sabemos que:



$$ROE = S = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{14'4721}{5'5279} = 2'618$$

$$Z_{max} = \frac{V_{max}}{I_{min}} = \frac{14'4721}{0'11056} = 130'898 \text{ } (\Omega) \quad Z_{min} = \frac{V_{min}}{I_{max}}$$

Como  $Z_{max} = Z_0 \cdot ROE \Rightarrow \boxed{Z_0 = \frac{Z_{max}}{ROE} = 50 \text{ } \Omega}$   $Z_{min} = \frac{Z_0}{ROE}$

Como la línea no tiene pérdidas:

$\lambda \equiv$  se saca de la gráfica

$$\gamma = j\beta = j \frac{2\pi}{\lambda} = \left\{ \frac{\lambda}{2} = Z_{max2} - Z_{max1} = 1'5881 - 1'0881 = 0'5 \right\} = \boxed{j 2\pi} \text{ } (m^{-1})$$

NOTA: Cálculo de  $\epsilon_r$  de la línea:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^6 \sqrt{\epsilon_r}} = 1 \text{ m} \quad \frac{\lambda}{2} = 0'5 \text{ (ver gráfica)}$$

$$\boxed{\epsilon_r = 4}$$

b) Como no hay pérdidas:

$$\boxed{Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 50 \text{ } (\Omega)}$$

Ec. (1)

$$\gamma = j 2\pi = j \omega \sqrt{LC} = j 2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{LC} = j 2\pi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{1'5 \cdot 10^8 \sqrt{LC} = 1}$$

Ec. (2)

Operando en las ecuaciones (1) y (2) obtenemos:

$$L = \frac{1}{3 \cdot 10^6} \text{ } (H/m) = \text{Inductancia por unidad de longitud}$$

$$C = \frac{1}{3 \cdot 10^6 \cdot 50^2} \text{ } (F/m) = \text{Capacidad por unidad de longitud}$$

interesante) Como la distancia entre máximos y mínimos es  $\frac{\lambda}{2} = 0'5 \text{ m}$ , y tenemos un máximo de tensión en  $1'0881 \text{ m}$  podemos decir que...



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

Como  $ROE = \frac{1+|R|}{1-|R|} = 2'618 \Rightarrow \boxed{|R| = \frac{ROE-1}{ROE+1} = 0'4472}$

$$D = \frac{ROE-1}{ROE+1}$$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that has a subtle gradient and a slight shadow effect, giving it a three-dimensional appearance.

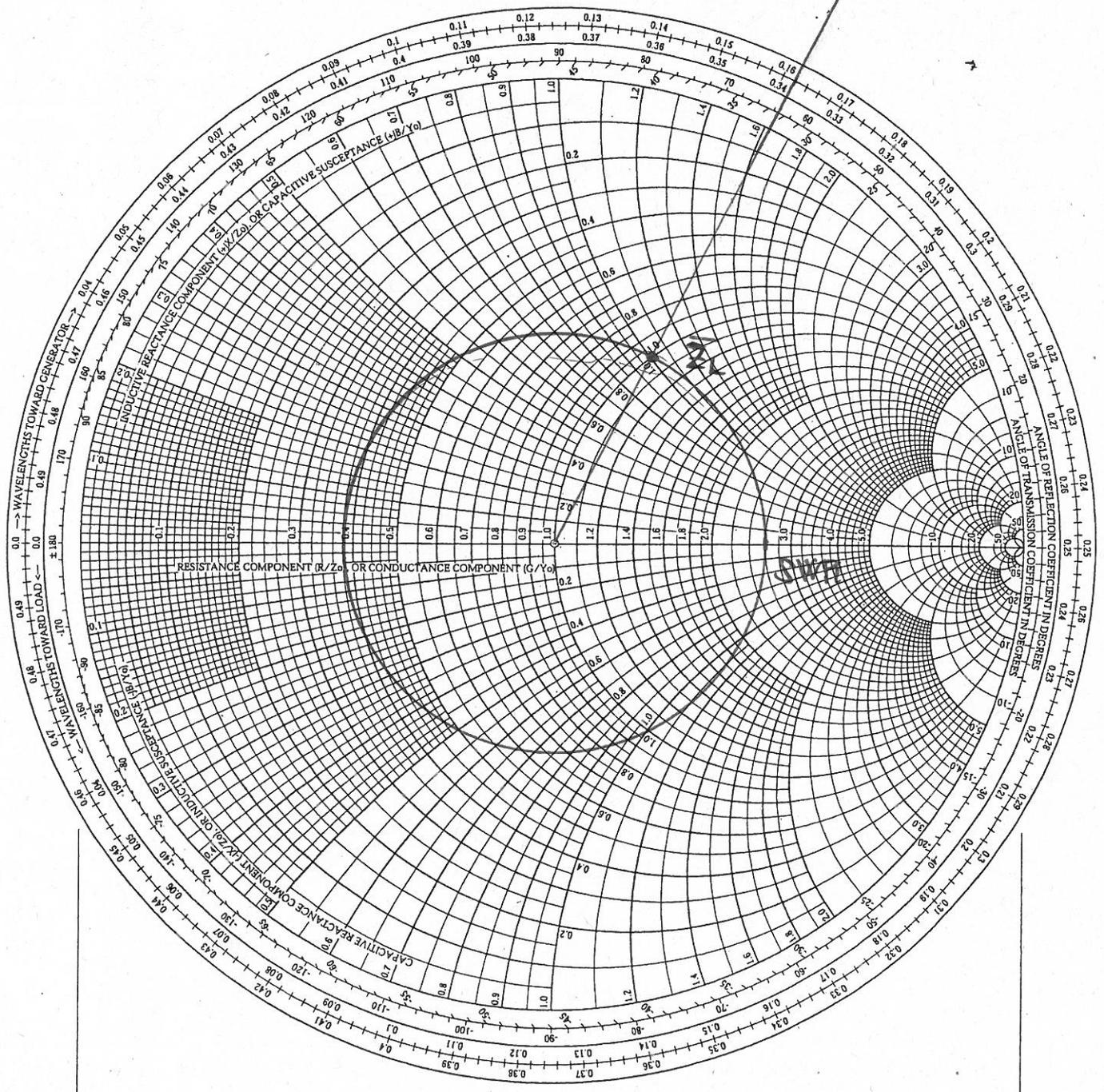
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

# The Complete Smith Chart

Black Magic Design



**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**

## Apartado C

Como la distancia entre máximos y mínimos es  $\frac{\lambda}{2} = 0,5m$  y tenemos un <sup>máximo</sup> ~~mínimo~~ de tensión en  $z = 1,0881m$ , podemos decir que tenemos un máximo de tensión también en  $0,0881m$ , por tanto:

$$|V(z)| = |V_0| \sqrt{1 + |\rho_L|^2 + 2|\rho_L| \cos(\beta L - 2 \cdot \frac{2\pi}{\lambda} z)}$$

Por tanto:

$$\cos(\beta L - \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 0,0881) = +1 \rightarrow \beta L = 4 \cdot \pi \cdot 0,0881 = 0,3524\pi$$

Como  $POE = \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|} = 2,618 \rightarrow |\rho_L| = \frac{POE - 1}{POE + 1} = 0,4472$

Así:

$$\rho_L = |\rho_L| e^{j\beta L} = 0,4472 \cdot e^{j0,3524\pi} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \rightarrow Z_L = Z_0 \cdot \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L} =$$

$$= 50 \cdot \frac{1 + 0,4472(0,44726 + j0,8944)}{1 - 0,4472(0,44726 + j0,8944)} = 50 \cdot \frac{1 + (0,2 + j0,4)}{1 - (0,2 + j0,4)} = 50(1 + j)$$

Hecho mediante carta de Smith, conocemos la SWR del apartado a por lo que dibujamos su circunferencia en la CS y nos desplazamos desde nuestra posición (eje  $RR^+$ )  $0,881\lambda$  hacia carga para hallar  $\bar{Z}_L$ . El punto de corte de la circunferencia es  $\bar{Z}_L$ .

¿Como queremos conocer  $\bar{Z}_L$ , por eso nos movemos hacia carga?

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

Así pues:

$$\Gamma_L = |\Gamma_L| \cdot e^{j\theta_L} = 0.4472 \cdot e^{j0.3524\pi} = \frac{z_L - z_0}{z_L + z_0} \Rightarrow \text{Se podría hacer en la carta.}$$

$$\Rightarrow \boxed{z_L = z_0 \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L}} = 50 \cdot \frac{1 + 0.4472 \cdot e^{j0.3524\pi}}{1 - 0.4472 \cdot e^{j0.3524\pi}} =$$

$$= 50 \cdot \frac{1 + 0.4472(0.44726 + j0.8944)}{1 - 0.4472(0.44726 + j0.8944)} = 50 \frac{1 + (0.2 + j0.4)}{1 - (0.2 + j0.4)} = \boxed{50(1+j)} \quad (\Omega)$$

d) Sabemos que:  $V_{max} = |V^+| \cdot (1 + |\Gamma_L|) \Rightarrow \boxed{|V^+|} = \frac{14.4721}{1 + 0.4472} = \boxed{10}$  (Volts)

Por tanto:  $\boxed{|V^-|} = |\Gamma_L| |V^+| = \boxed{4.472}$

Así pues:  $V^+ = 10 \cdot e^{+j\beta z} = 10 \cdot e^{+j\frac{2\pi}{\lambda} z} = 10 \cdot e^{+j2\pi z} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{V^+(z,t)} = \text{Re}[V^+ \cdot e^{j\omega t}] = 10 \cdot \cos(\omega t - 2\pi z) =$$

$$= \boxed{10 \cdot \cos(2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 t - 2\pi z)} \quad (\text{Volts})$$

$$V^- = 4.472 \cdot e^{-j\beta z} = 4.472 \cdot e^{-j2\pi z} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V^-(z,t)} = \text{Re}[V^- \cdot e^{j\omega t}] = \boxed{4.472 \cdot \cos(2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 t - 2\pi z)}$$

Las corrientes  $I^+(z,t)$  e  $I^-(z,t)$  se obtienen dividiendo  $V^+(z,t)$  y  $V^-(z,t)$  entre  $Z_0 = 50 \Omega$ ;

$$\boxed{P^+(z,t)} = V^+(z,t) \cdot I^+(z,t) = \frac{V^+(z,t)^2}{Z} = \boxed{2 \cdot \cos^2(\omega t - 2\pi z)} \quad \text{W}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

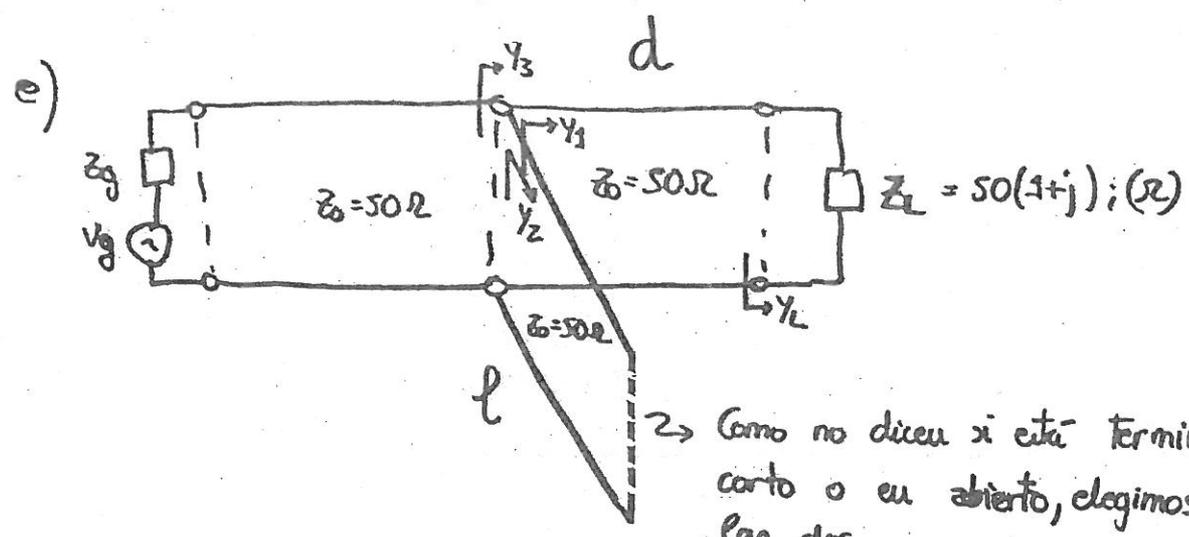
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white shadow is cast beneath the text.

**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**



$$\bar{Z}_L = (1+j) \Rightarrow \boxed{\bar{Y}_L = 0.5 - j0.5}$$

A partir de aquí el sintonizador simple:

$$\bar{Y}_1' = 1+j \Rightarrow \boxed{d' = \frac{\lambda}{4} = 0.25 \text{ m}}$$

$\frac{\lambda}{2} = 0.5 \Rightarrow \lambda = 1 \text{ metro}$

$$\bar{Y}_1'' = 1-j \Rightarrow \boxed{d'' = (0.089 + 0.338)\lambda = 0.427 \lambda = 0.427 \text{ m}}$$

Para adaptación debe ser: (suponemos el stub en abierto.)

$$\bar{Y}_2' = -j \Rightarrow \boxed{l' = \frac{3\lambda}{8} = 0.375 \lambda = 0.375 \text{ m}}$$

$$\bar{Y}_2'' = j \Rightarrow \boxed{l'' = \frac{\lambda}{8} = 0.125 \lambda = 0.125 \text{ m}}$$

A cualquiera de otras soluciones le podemos sumar  $\frac{\lambda}{2}$  o un múltiplo de  $\frac{\lambda}{2}$  y obtendríamos el mismo resultado, de tal forma que como nos piden la solución de "d" ~~que este~~ que este en la zona donde se ha realizado la medida debemos contestar: (La medida se ha realizado entre 15852).

Pilobol



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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that has a subtle arrow-like shape pointing to the right. Below the text, there is a horizontal orange bar.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

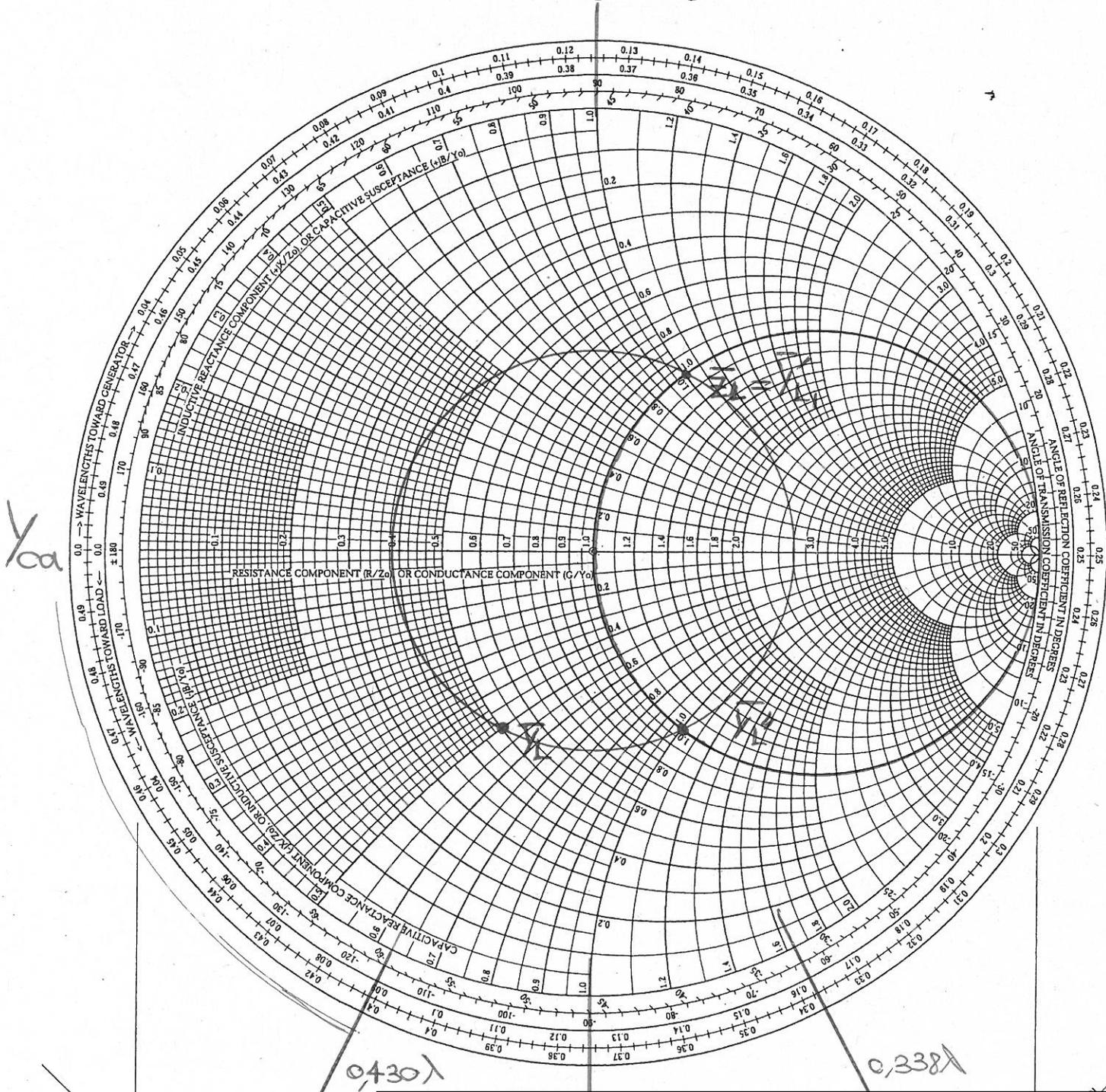
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Problema 3 - Apartado e

Circunferencia  $Re(\Gamma) = 1$

# The Complete Smith Chart

Black Magic Design



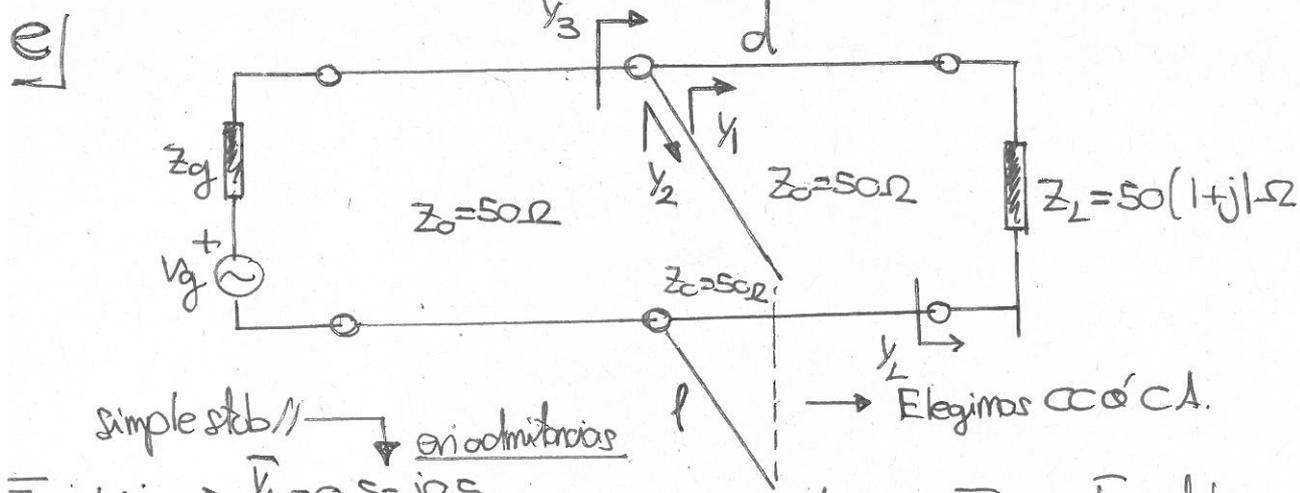
# Cartagena99

**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**

0.51 - 0.02 = 0.42



Simple stub // en admittancias

→ Elegimos CC o CA.

$\bar{Z}_L = 1 + j \rightarrow \bar{Y}_L = 0,5 - j0,5$   
Una vez hemos trazado la circunferencia que contiene a  $\bar{Z}_L$  ya  $\bar{Y}_L$ , debemos verificar que se compa:

$Y_3 = Y_2 + Y_1$ , siendo  $Y_2$  imaginaria para (stub)  
 $Re(Y_3) = 1 \rightarrow$  para que el circuito este adaptado  
 $Re(Y_3) = Re(Y_1) = 1 \rightarrow$  lo que nos hace marcar la circunferencia  $Re() = 1$

donde  $\bar{Z}_L$   
 $\lambda = 1m$   
 $\bar{Y}_1' = 1 + j \rightarrow d' = \frac{\lambda}{4} = 0,25m$

$\bar{Y}_2'' = 1 - j \rightarrow d'' = 0,427\lambda$   
Para adaptación debe ser: (suponemos stub en abierto)

$\bar{Y}_2' = -j \rightarrow l' = \frac{3\lambda}{8} = 0,375\lambda = 0,375m$   
 $\bar{Y}_2'' = j \rightarrow l'' = \frac{\lambda}{8} = 0,125\lambda = 0,125m$

A cualquiera de estas soluciones le podemos sumar  $\frac{\lambda}{2}$  o un múltiplo de  $\frac{\lambda}{2}$  y obtendríamos el mismo resultado de tal forma que como nos piden la solución de d que estén en la zona donde se ha realizado la medida  $\rightarrow 1 \leq z \leq 2$  **TRUCA**

Solución ①  $\rightarrow d = 0,25m + \lambda = 1,25m$  o  $d = 0,25m + 1,5\lambda = 1,75m$   
 $l = 0,375m$

$l = 1,27m$ ,  $\lambda m = 1,427m$  o  $d'' = 0,427m + 1,5\lambda = 1,927m$



**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**



The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white shadow effect is visible beneath the text.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

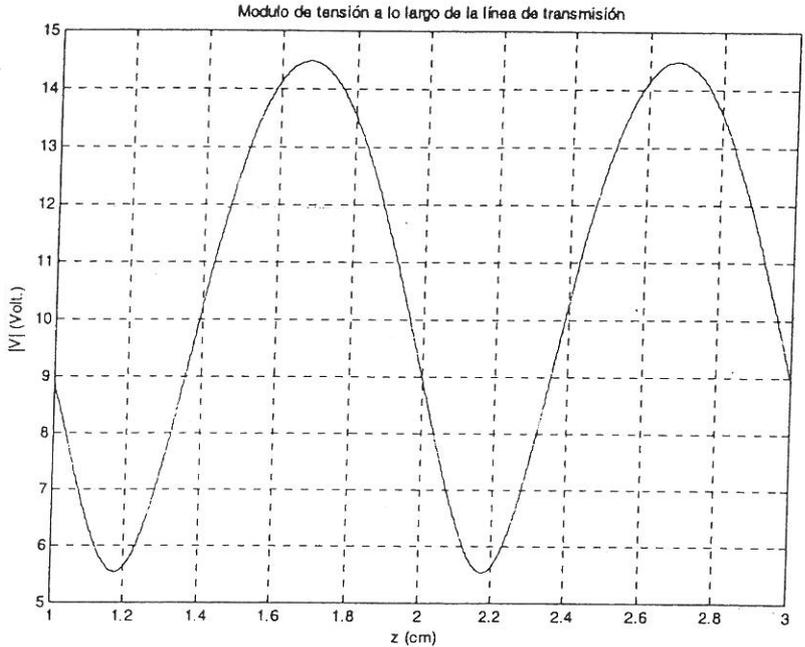
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

\* Este problema no tiene solución (es igual que el anterior)

**PROBLEMA 2 (5 puntos)**

Se ha medido el módulo de tensión a lo largo de una línea de transmisión, el cual se representa en la siguiente figura, donde el eje de abscisas está en cm. También se ha medido la magnitud del módulo de la corriente y su valor (en un mínimo de tensión) ha sido  $|I| = 0.1447 \text{ A}$ .



Los mínimos de tensión, en la zona visible, se encuentran en los puntos  $z = 1.1762 \text{ cm}$ . y  $z = 2.1762 \text{ cm}$ . y los máximos de tensión en  $z = 1.6762 \text{ cm}$ . y  $z = 2.6762 \text{ cm}$ . En todos los mínimos se ha medido el mismo módulo de tensión  $|V|_{\min} = 5.5279 \text{ V}$ . y la tensión medida en un máximo fue  $|V|_{\max} = 14.4721 \text{ V}$ .

Calcule:

- a) Los parámetros secundarios de la línea de transmisión a la frecuencia de trabajo.
- b) Si la frecuencia de trabajo es 10 GHz, los parámetros primarios de la línea de transmisión.
- c) La impedancia con que está cargada la línea en  $z = 0$ .
- d) En el margen donde se representa el módulo de tensión, indique los puntos donde se puede introducir (en cascada) una línea de transmisión de longitud  $\lambda/4$  para conseguir adaptación de impedancias. En cada punto indique la impedancia característica de la línea de transmisión introducida para lograr dicha adaptación.
- e) Se quita la línea de transmisión a partir de  $z = 0$  y se quiere adaptar la impedancia de la carga a  $50 \Omega$  mediante una línea de transmisión  $\lambda/8$  seguida de una línea de



**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**

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, arrow-shaped background pointing to the right, with a dark orange shadow or underline beneath the entire graphic.

**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**

PROB. 2 JUNIO 2006 (Pag 49)

DATOS:

$|I|_{max} = 0.1447$ ; (A) Sabemos que los mínimos de tensión coinciden con los máximos de corriente y viceversa.

Pillada!

Ver gráfica del enunciado.

$$Z_{min_1} = 1.1762 \text{ cm} ; Z_{min_2} = 2.1762 \text{ cm}$$

$$|V|_{min} = 5.5279 \text{ (V)}$$

$$|V|_{max} = 14.4721 \text{ (V)}$$

SOLUCIÓN:

a) Los parámetros secundarios de la ldt son:  $\gamma$  y  $Z_0$ . [SUPONEROS LÍNEA SIN PERDIDAS.]

$$\begin{aligned} \boxed{\gamma = j\beta = j \frac{2\pi}{\lambda}} &= \left\{ \text{distancia entre mínimos consecutivos} = \frac{\lambda}{2} = Z_{min_2} - Z_{min_1} = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} \right\} \\ &= j \frac{2\pi}{\lambda} = j \frac{\pi}{0.01} = \boxed{j 100\pi} \text{ (m}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

Para obtener  $Z_0$  sabemos que la máxima impedancia de una ldt es real y de valor:

$$Z_{max} = \frac{V_{max}}{I_{min}} = \frac{14.4721}{0.1447} \text{ (}\Omega\text{)}$$

También sabemos que la mínima impedancia de una ldt es real y de valor:

$$Z_{min} = \frac{V_{min}}{I_{max}} = \frac{5.5279}{0.1447} = 38.202 \text{ (}\Omega\text{)}$$



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

$Z = 100 \sqrt{\frac{L}{C}}$  (Ω)  $\rightarrow \sqrt{\frac{L}{C}} = 100$  Ec (2)  $L = 5 \cdot 10^{-7}$  (H/m); Autoinducción por unidad de longitud.  $C = 5 \cdot 10^{-12}$  (F/m); Capacidad por unidad de longitud. La información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

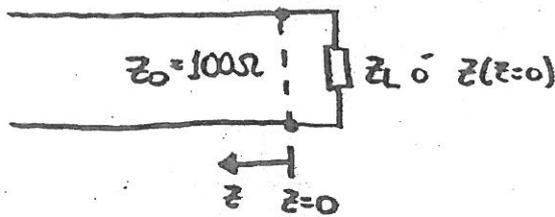
The logo for Cartagena99 features the word "Cartagena99" in a stylized, dark blue font. The "99" is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that has a subtle gradient and a slight shadow effect, giving it a three-dimensional appearance.

**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**

c) Sabemos que el esquema será:



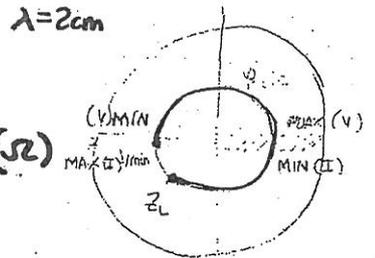
Sabemos que el módulo del coef. de reflexión es el mismo en todos los puntos de la línea y su valor es:

$$| \rho_L | = \frac{ROE - 1}{ROE + 1} = \left\{ ROE = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{14.4721}{5.5279} = 2.618 \right\} = \boxed{0.44721}$$

Ahora debemos trazar la circunferencia de  $|\rho| = 0.44721$  en la carta de Smith, y desplazarnos desde el punto de mínima tensión  $1.1762 \text{ cm} = 0.588 \lambda$  hacia cargas, donde leeremos  $\bar{Z}_L$  que es:

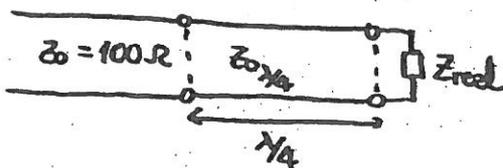
$$\bar{Z}_L = 0.5(1-j) \Rightarrow \boxed{Z_L = Z(z=0) = \bar{Z}_L \cdot Z_0 = 50(1-j) (\Omega)}$$

\*  $1.1762 \text{ cm}$   
 $2 \text{ cm}$



→ Una distancia  $\lambda$  hacia atrás.

d) Para adaptar con un transformador  $\frac{\lambda}{4}$  debemos tener a ambos lados una impedancia real y se debe cumplir que:



$$Z_{0/4} = \sqrt{Z_0 \cdot Z_{real}} \quad ; (\Omega)$$

En la línea dada, los puntos donde la impedancia es real son en los máximos y en los mínimos donde:

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

Cartagena99

distancia en:  $Z = 1.1762 \text{ cm}$   
 $Z = 2.1762 \text{ cm}$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that resembles a stylized arrow or a drop shape pointing to the right. Below the text, there is a horizontal orange bar.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

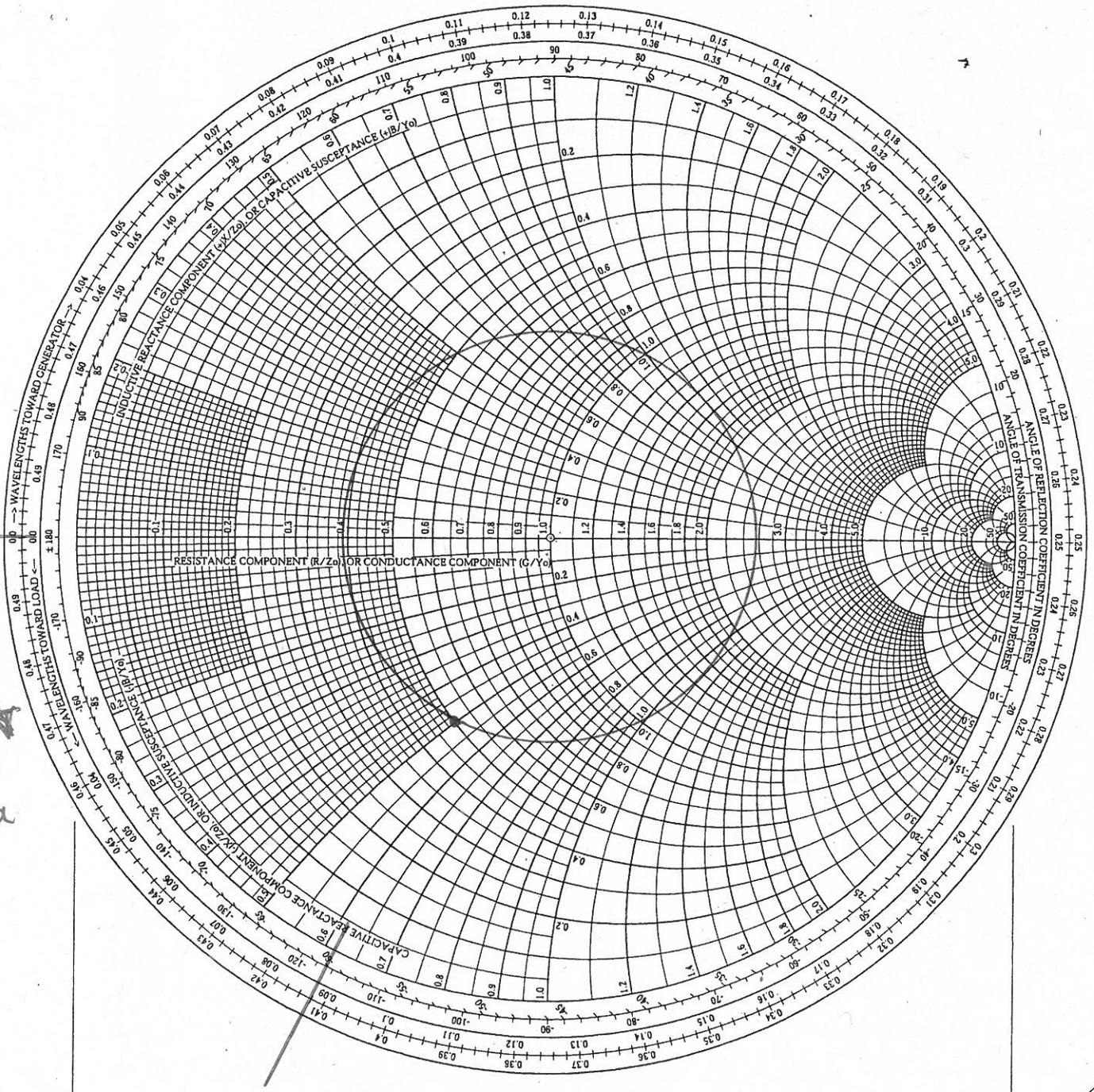
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Problema 2 Apartado C

# The Complete Smith Chart

Black Magic Design



ángulo de reflexión  
ángulo de transmisión

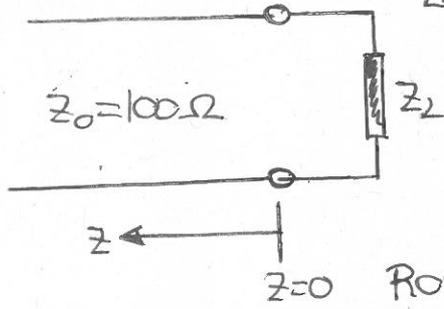
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**

## Apartado C



Línea sin pérdidas  $\rightarrow$  coeficiente de reflexión es el mismo en todos los puntos de la línea:

$$|P_{\rho}| = \frac{ROE-1}{ROE+1} = \frac{2,618-1}{2,618+1} = 0,44721$$

$$ROE = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{m\acute{i}n}} = \frac{14,4721}{5,5279} = 2,618$$

Trazamos la circunferencia  $|P_{\rho}| = 0,44721$  en la CS, y nos desplazamos hacia carga:

Mínimo de tensión en  $z = 1,1762 \text{ cm}$   $\rightarrow$  en  $z = 0,588 \lambda$  habrá otro.  
 $\lambda = 2 \text{ cm}$

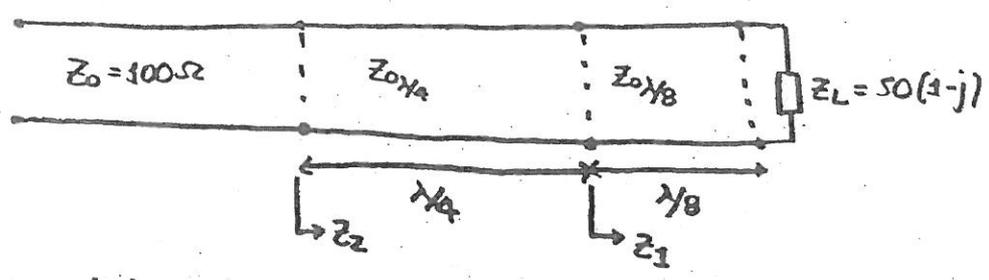
Cartagena99

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

e)



Para adaptar con una línea de  $\lambda/4$  seguida de una de  $\lambda/8$  debe ser :

$$Z_{0\lambda/8} = |Z_L| = 50 \cdot \sqrt{2} \quad ; \quad (r_2)$$

De esta forma conseguimos una  $Z_1$  real :

$$Z_1 = Z_{0\lambda/8} \cdot \frac{Z_L + j Z_{0\lambda/8} \cdot \tan(\beta \cdot \frac{\lambda}{8})}{Z_{0\lambda/8} + j Z_L \cdot \tan(\beta \cdot \frac{\lambda}{8})} = \left\{ \beta \cdot \frac{\lambda}{8} = \frac{\pi}{4} \right\} = 50 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{50(1-j) + j 50 \cdot \sqrt{2} \cdot 1}{50 \cdot \sqrt{2} + j 50(1-j) \cdot 1} =$$

$$= 50 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{50 + j(50\sqrt{2} - 50)}{(50 + 50\sqrt{2}) + j 50} = 50 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{50 + j 20'71}{120'21 + j 50} \approx 29'29 \quad \Omega$$

Finalmente:

$$Z_{0\lambda/4} = \sqrt{Z_1 \cdot Z_0} = \sqrt{29'29 \cdot 100} = 54'12 \quad \Omega$$

Si la constante de propagación es la misma que la del primer apartado tenemos que :  $\gamma = j\beta = j \frac{2\pi}{\lambda}$ , es decir, que  $\lambda$  es la misma que la del primer apartado, por tanto, las longitudes físicas serán:

$$\frac{\lambda}{8} = \frac{2 \text{ cm}}{8} = 0'25 \text{ cm} \quad \text{y} \quad \frac{\lambda}{4} = 0'5 \text{ cm} \quad \text{respectivamente.}$$



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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background that includes a white arrow pointing to the right. Below the text, there is a horizontal orange bar.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

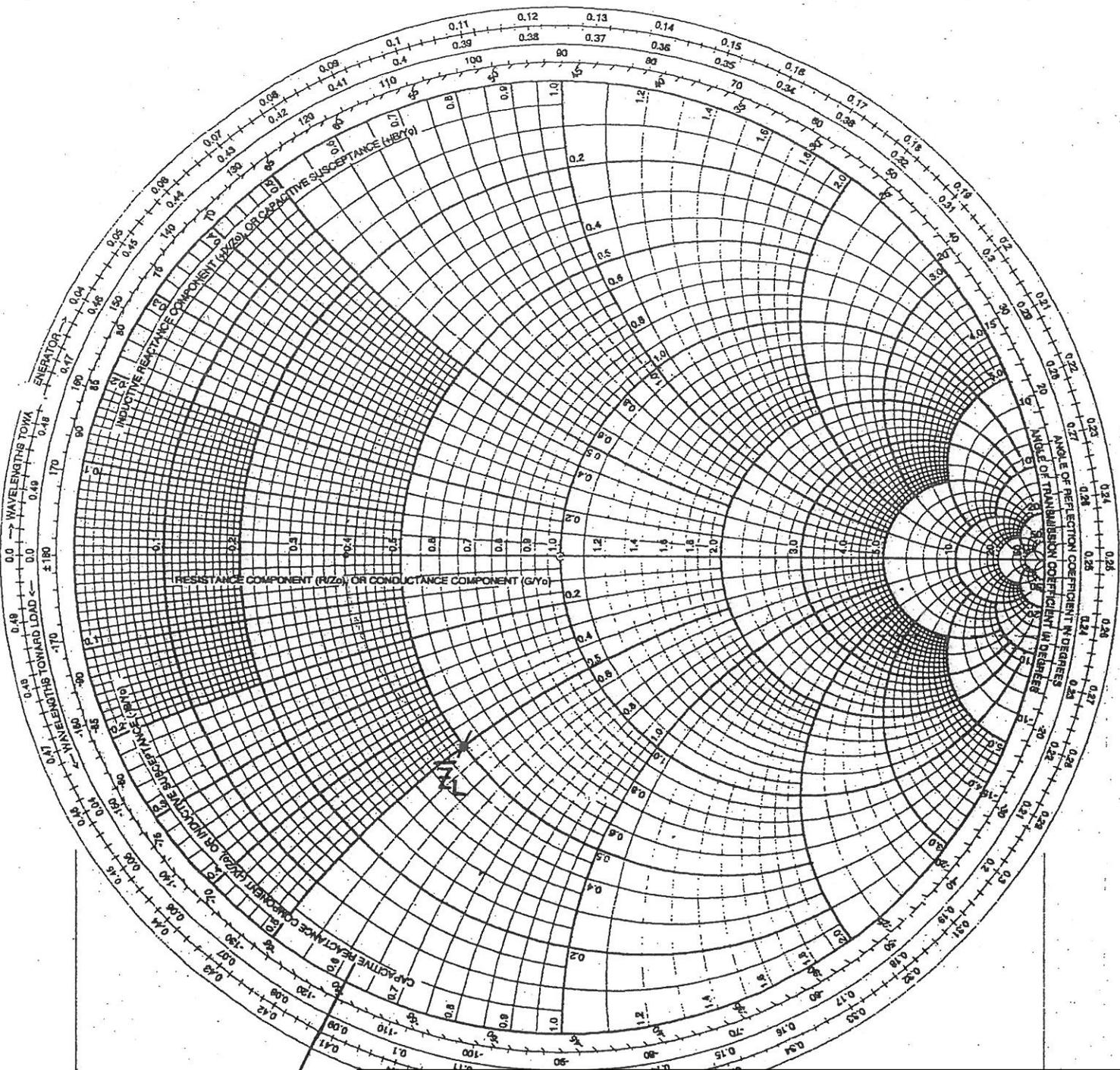
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

# Carta di Smith

IEEE Student Branch dell'Università di Pavia

anno MMI



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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white shadow is cast below the text.

**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**

Problema 1

$$S_1 = \begin{pmatrix} 0,2 \angle 0^\circ & 0,5 \angle 45^\circ \\ 0,3 \angle -45^\circ & 0,2 \angle 0^\circ \end{pmatrix}$$

$$S_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0,707 \\ 0,707 & 0 \end{pmatrix}$$

D) La matriz  $S_1$  es:

- a) Recíproca y sin pérdidas
- => Recíproca y con pérdidas.
- => No recíproca y sin pérdidas
- => No recíproca y con pérdidas.

• Si es recíproca:  $\rightarrow S_{ij} = S_{ji}; S_{ii} = S_{jj}$   
 $S_1 = \begin{pmatrix} 0,2 & \frac{\sqrt{2}}{4} + \frac{\sqrt{2}}{4}j \\ \frac{3\sqrt{2}}{20} - \frac{3\sqrt{2}}{20}j & 0,2 \end{pmatrix}$   $S_{ii} = S_{jj}$   
 $S_{ij} \neq S_{ji} \rightarrow$  es no recíproca.

• Si no tiene pérdidas:  
 $S \cdot S^{T*} = I$  (no se va a cumplir)

2) Pérdidas de retorno cuando la carga está adaptada:

$$-10 \log(|p_r|^2) = -20 \log(|p_i|) = -20 \log(|S_{11}|) = 13,979 \text{ dB}$$

3) Pérdidas de retorno cuando hay un cortocircuito en el puerto 2:

$S_{11} = p_2$  sólo cuando la carga está adaptada.

cortocircuito  $\rightarrow p_2 = -1$

$$p_e = S_{11} + \frac{S_{12} S_{21} p_2}{1 - p_2 S_{22}} \rightarrow -20 \log(|p_e|)$$

D) La matriz  $S_2$  es:

- a) ...
- b) Recíproca y con pérdidas.
- c) ...
- d) ...

Es recíproca

$$S \cdot S^{T*} = I \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 0,707 \\ 0,707 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 & 0,707 \\ 0,707 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0,5 \\ 0,5 & 0 \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \text{con pérdidas.}$$

Problemas

A Apartado A

Vos daban unos datos de una LT: R, L, G y C, de tal forma que:

$$C \omega \quad \omega = 1 \text{ GHz}$$

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



=> Línea con pérdidas.

No sabemos qué tipo de cable puede ser decirnos que es una

6) ¿ $z_0$ ?

Como es ltt de bajas pérdidas  $\rightarrow z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

7) ¿v de propagación?

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

8) ¿Longitud de onda?

$v = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$   $\rightarrow$  la hemos sacado en el apartado anterior.  
 $\rightarrow$  dato del enunciado.

9) ¿Atenuación de la línea?  $\rightarrow$  Bajas pérdidas:  $\alpha$  (Np/m) =  $\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$  Np/m

1 Np/m = 0,115 dB/m (Por razonamiento sabes que el neperio es una unidad más pequeña que los dB).  
8,68 Np/m = 1 dB/m

$$\alpha = 0,023 \text{ Np/m} \rightarrow \alpha = 0,2 \text{ dB/m}$$

Apartado b

Con el mismo tipo de línea se construye una LT con  $L = 5 \text{ m}$ ;  $Z_g = 50 \Omega$ ;  $V_g = 10 \text{ V}$ ;  
 $P_{in} = 20 \text{ dBm}$ ;  $P_{recibida}$  (en  $x=0$ ) = 11,0 dBm;  $Z_L$  de valor desconocido; hay un máximo de tensión en  $z = 0,4421 \text{ cm}$ .

$$|p_2| = x < 1$$

$$\lambda = 0,1 \text{ m} \rightarrow \lambda/2 = 0,05 \text{ m}$$

$$0,5\lambda = \lambda/2 \rightarrow 0,05 \text{ cm} \rightarrow x = \frac{\lambda/2 \cdot 0,4421}{0,05} = \lambda \cdot 0,4421$$
  
 $x^\circ \rightarrow 0,4421 \text{ cm}$

Hoy un máximo en  $z = 0,4421 \lambda$

$$360^\circ \rightarrow \lambda/2$$

$$x = \frac{360 \cdot 0,4421}{\lambda \cdot 0,5} = 318,312^\circ = \angle p_2$$

$$x^\circ \rightarrow 0,4421 \lambda$$

... podemos situarlo en la carta de Smith.

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

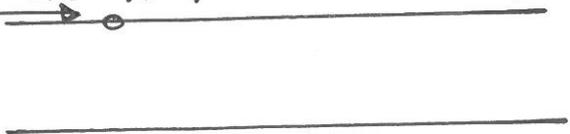
Cartagena99

Con el desarrollo de arriba.

② ¿Pérdidas en la LT?

a) La línea de transmisión no consume potencia → FALSO

$20\text{dBm}$   $A=0,5 \cdot 2\text{m} = 1\text{dB}$   $19\text{dB}$



$$P_{in} = 10^{20/10} = 10^2 = 100\text{mW}$$

$$P_{out} = 10^{19/10} = 79,43\text{mW}$$

$$P_{consumida_{LT}} = 100\text{mW} - 79,43\text{mW} = 20,56\text{mW}$$

③ ¿SWR?

Habiendo sacado la circunferencia de  $|p_{rL}| = \text{cte}$  en Smith ya está hecho.

④  $p$  en la carga si  $Z_L = Z_0$

⑤  $p$  en bornas del generador si hoy en circuit abierto.

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

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right. Below the text, there is a horizontal orange bar that tapers at both ends, resembling a shadow or a base.

**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**

Tema 2

## ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

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

## ÍNDICE

	Página
2.1 DIAGRAMA DE SMITH.	3
2.1.1 Normalización de impedancias.	5
2.1.2 Diagrama de Smith para impedancias.	5
2.1.2.1 Circunferencias para la parte real de $Z_N$ .	6
2.1.2.2 Circunferencias para la parte imaginaria de $Z_N$	6
2.1.3 Diagrama de Smith para admitancias.	8
2.1.4 La Relación de Onda Estacionaria, ROE, en el diagrama de Smith.	9
2.1.5 Valores máximo y mínimo de impedancia en línea.	11
2.2 ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS EN LÍNEA.	15
2.2.1 Sección adaptadora terminada en cortocircuito.	15
2.2.2 Sección adaptadora terminada en circuito abierto.	16
2.2.3 Sintonizador simple.	17
2.2.4 Sintonizador doble.	20
2.2.5 Adaptador en $\lambda/4$ .	24

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a background of a light blue and orange gradient with a subtle wave-like pattern.

**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**

\* Nota

Grados del coeficiente de reflexión no son los grados eléctricos de la línea de tx.

\* Nota

$$Z = R + jX \equiv \text{Impedancia} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow R = \text{Resistencia} \\ \rightarrow X = \text{Reactancia} \end{array} \right. \quad (-2)$$

2.1.- DIAGRAMA DE SMITH.

$$Y = G + jB \equiv \text{Admitancia} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow G = \text{Conductancia} \\ \rightarrow B = \text{Susceptancia} \end{array} \right. \quad U \text{ ó } S$$

Es una herramienta que facilita la resolución gráfica de problemas de adaptación de impedancias en líneas de transmisión, aunque también está extendido su uso en otras aplicaciones relacionadas con la alta frecuencia.

En rigor, para resolver problemas de adaptación, el diagrama sólo es aplicable a líneas sin pérdidas, pero, dadas las pequeñas longitudes de línea que se suelen emplear en los casos de adaptación de impedancias, el diagrama se puede usar con una excelente aproximación en el caso de líneas de bajas pérdidas.

En esencia, el diagrama de Smith es una representación en coordenadas polares del coeficiente de reflexión para tensiones.

En el capítulo anterior se obtuvo el coeficiente de reflexión en cualquier punto de una línea en función del coeficiente de reflexión en la carga:

$$\left. \begin{array}{l} \rho(z) = \rho_L e^{-2jkz} \\ \rho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = |\rho_L| e^{j\phi_L} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho(z) = |\rho_L| e^{j(\phi_L - 2kz)}$$

Comprobemos los valores que adquiere el módulo del coeficiente de reflexión para valores extremos de la carga conectada a la línea:

a) Línea cortocircuitada.

$$Z_L = 0 \Rightarrow \rho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{0 - Z_0}{0 + Z_0} = -1 \Rightarrow |\rho_L|_{Z_L=0} = 1$$

b) Línea terminada por  $Z_0$ .



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

Los valores obtenidos representan los límites de variación del módulo del coeficiente de reflexión:  $|\rho(z)|$  sólo puede tomar valores comprendidos entre 0 y 1.

Por otro lado, como el argumento del coeficiente de reflexión toma valores de la expresión  $\phi_L - 2kz$ , para longitudes de línea ( $z$ ) superiores a media longitud de onda, el argumento podrá tomar cualquier valor comprendido entre 0 y  $2\pi$ .

De lo anterior ( $0 \leq |\rho(z)| \leq 1$  y  $0 \leq \phi \leq 2\pi$ ), se deduce que el diagrama de Smith, como lugar geométrico de todos los posibles valores de  $\rho(z)$  es un círculo de radio unidad.

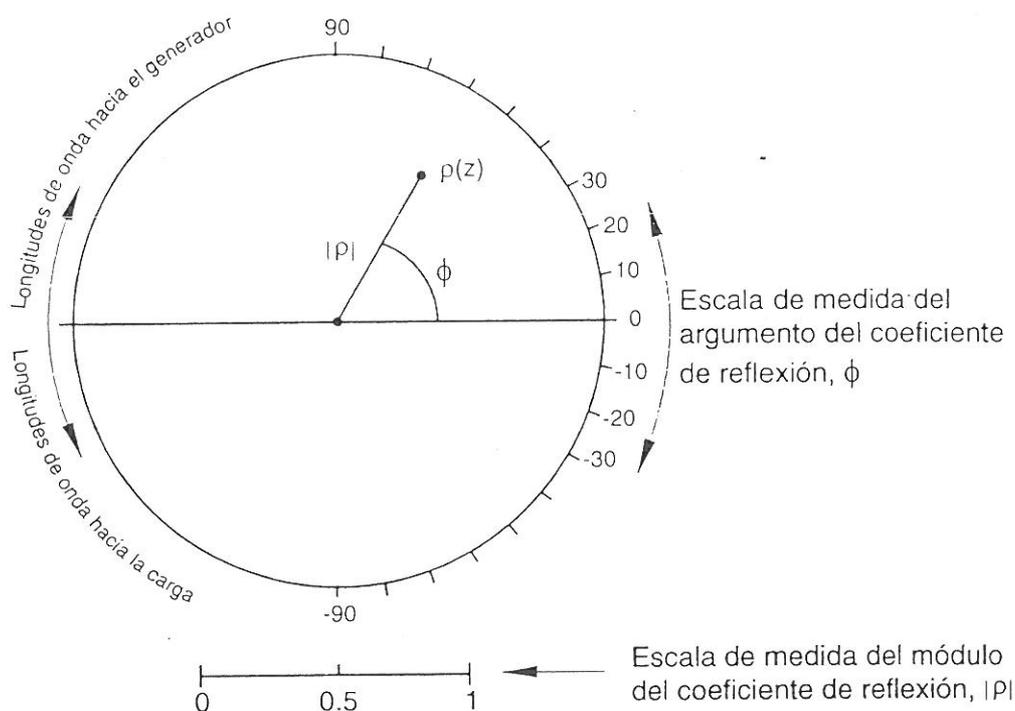


Fig. 2.1. Representación de  $\rho(z)$  en el diagrama de Smith.

Para medir variaciones del argumento del coeficiente de reflexión,  $\phi_L - 2kz$ , es cómodo utilizar dos escalas que existen en el diagrama y que permiten expresar  $z$  en función del incremento en longitudes de onda, tanto si el desplazamiento por la línea se realiza hacia el generador, como hacia la carga.

Puesto que el módulo del coeficiente de reflexión en una línea sin pérdidas es constante para toda la línea (e igual al  $|\rho_L|$ ), el lugar geométrico



**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**

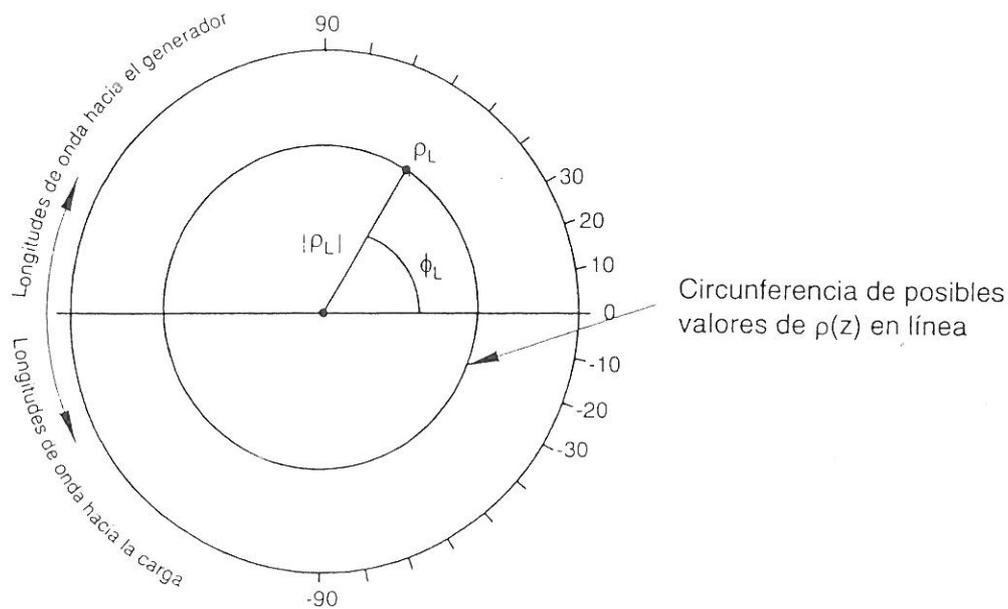


Fig. 2.2. Circunferencia de posibles valores de  $\rho(z)$  en una línea.

### 2.1.1.- Normalización de impedancias.

En líneas, se emplea como impedancia de normalización el valor de la impedancia característica de la línea,  $Z_0$ . Con ello, para obtener el valor normalizado de una impedancia, basta dividirla por  $Z_0$ .

Así, el valor normalizado de la impedancia que presenta una línea a una distancia  $z$  de la carga será:

$$Z_N(z) = \frac{Z(z)}{Z_0} = \frac{Z_0 \frac{1 + \rho(z)}{1 - \rho(z)}}{Z_0} = \frac{1 + \rho(z)}{1 - \rho(z)}$$

### 2.1.2.- Diagrama de Smith para impedancias.

**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**

**Cartagena99**

Para leer el valor de impedancia normalizada que corresponde a cada punto del diagrama de Smith, se utilizan dos familias de curvas: una para la parte real de  $Z_N$  y otra para la parte imaginaria.

### 2.1.2.1.- Circunferencias para la parte real de $Z_N$ .

→ Clave en el eje de  
serie - paralelo

El lugar geométrico de todos los puntos que tienen el mismo valor de parte real de impedancia normalizada, es una circunferencia interior al diagrama y tangente a la circunferencia que lo limita por el punto (1, 0). Para cada valor de  $\text{Re}[Z_N]$ , existe una circunferencia, siendo mayor su radio cuanto menor es el valor de la parte real correspondiente. El valor de parte real que corresponde a cada circunferencia está indicado en la intersección de la misma con el eje real.

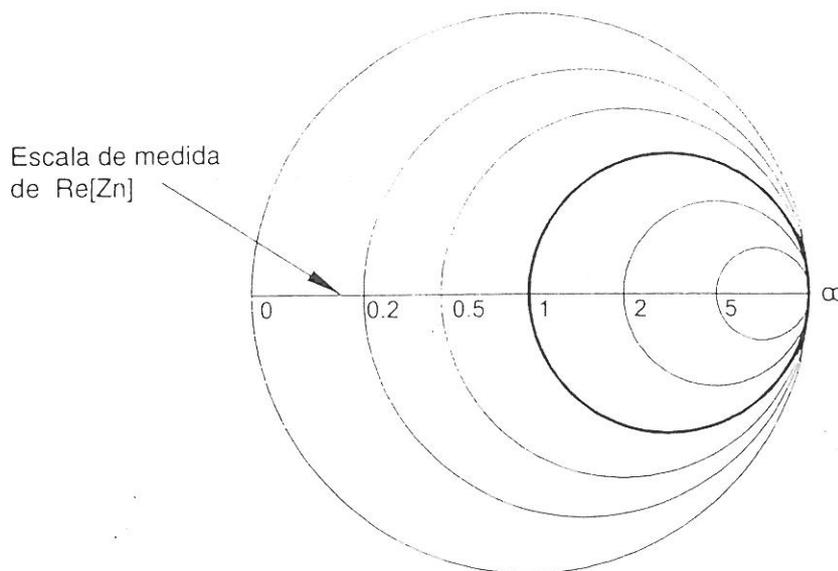


Fig. 2.3. Circunferencias de  $\text{Re}[Z]=\text{cte}$ .

La circunferencia que se encuentra resaltada en la figura 2.3 es la de  $\text{Re}[Z_N]=1$ , la cual tiene una importancia relevante en los problemas de adaptación, pues a todos los puntos de la misma les corresponde, una vez desnormalizados, el valor  $Z_0$ , el cual es el que hay que conseguir como carga de la línea para que exista adaptación de impedancias.

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**

ADAPTACION DE IMPEDANCIAS EN LINEAS DE TRANSMISION 6

Los arcos de circunferencia que se encuentran por encima del eje real corresponden a reactancias inductivas, es decir, a partes imaginarias positivas.

Los arcos de circunferencia que se encuentran por debajo del eje real corresponden a reactancias capacitivas, es decir, a partes imaginarias negativas.

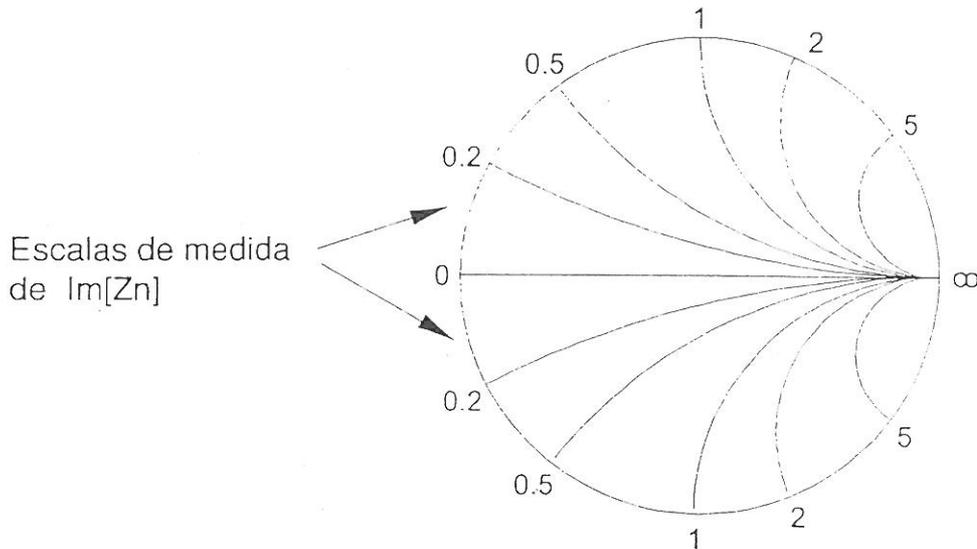


Fig. 2.4 Circunferencias de  $\text{Im}[Z]=\text{cte.}$

**Ejemplo 2.1:** Una línea sin pérdidas de  $Z_0 = 50 \Omega$  se encuentra terminada por una impedancia de carga  $Z_L = 60 - 100j \Omega$ , tal como se muestra en la figura 2.5. Determinar la impedancia que aparece en la entrada de la línea.

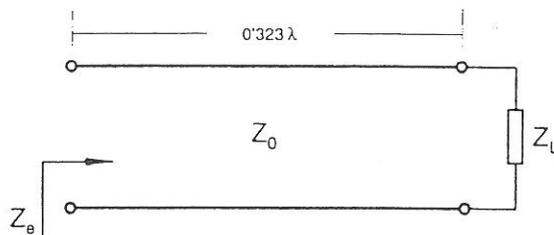


Fig. 2.5

El primer paso será obtener el valor de la impedancia de carga normalizada y transportarlo al diagrama.



**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**

Cartagena99

Los posibles valores de impedancia en la línea se encontrarán en una circunferencia con centro el origen y que contenga a  $Z_L$ .

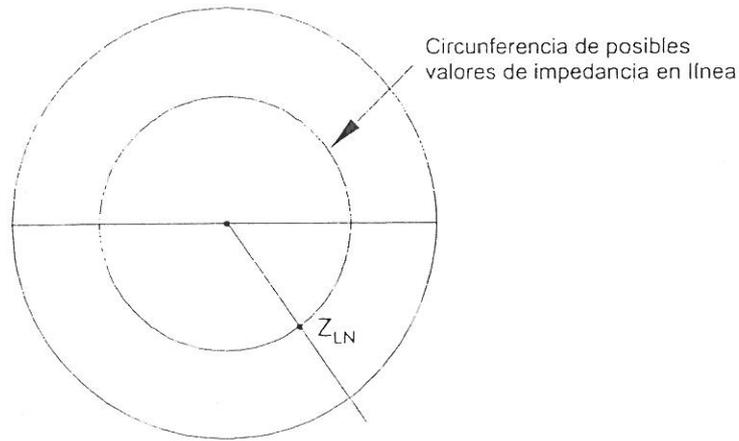


Fig. 2.7.

El valor de la impedancia de entrada a la línea se encontrará en la circunferencia de posibles valores de impedancia en línea y para determinarlo, bastará recorrer desde la carga los  $0'323 \lambda$  de su longitud. Para ello se empleará la escala longitudes de onda hacia el generador.

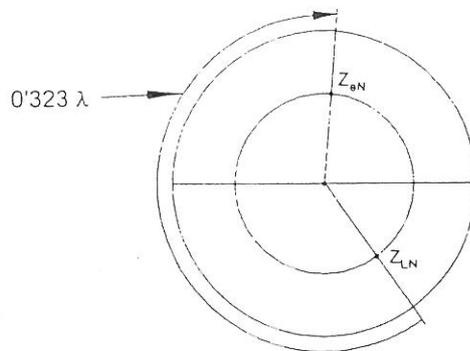


Fig. 2.8

El valor leído en el diagrama es  $Z_{eN} = 0'4 + j$ , con lo que, desnormalizando, se obtiene:

$$Z_e = Z_{eN} Z_0 = (0'4 + j)50 = 20 + 50j \Omega$$

### 2.1.3.- Diagrama de Smith para admitancias.

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

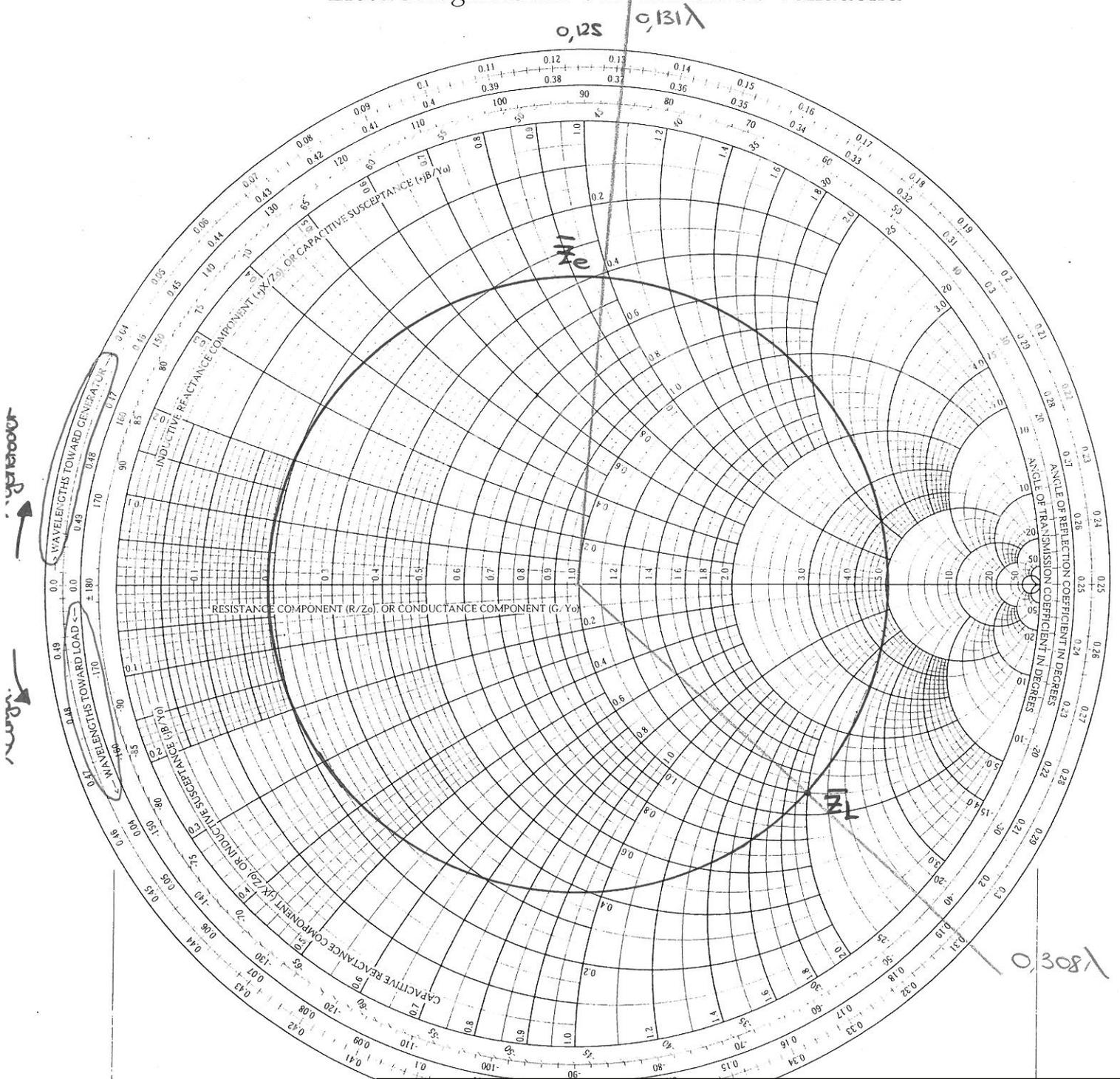
ADAPTACION DE IMPEDANCIAS EN LINEAS DE TRANSMISION 6

# Ejemplo 2.1.

$\lambda$  generador  $\rightarrow$  azimut generador  
 $\lambda$  carga  $\rightarrow$  azimut carga.

## Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid



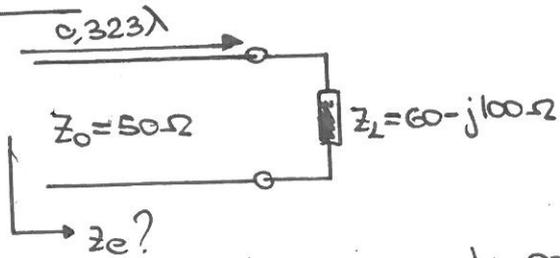
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**



1ª forma:  $0,308\lambda \rightarrow -0,5$   
 2ª forma:  $0,5\lambda$   $0,325\lambda$   $0,308\lambda$   $0,192\lambda$   
 3ª forma:  $0,058\lambda$   $0,058\lambda$   $0,073\lambda$   $0,131\lambda$

## Ejemplo 2.1



En primer lugar, normalizaremos  $z_L$  y la posicionamos en la carta:

$$\bar{z}_L = \frac{z_L}{z_0} = 1,2 - 2j$$

Trazamos la circunferencia  $|p|=cte$  que pasa por  $\bar{z}_L$ .  
Debemos desplazarnos por esta circunferencia  $0,323\lambda$  hacia generador hasta encontrar  $\bar{z}_e$ .

$$\bar{z}_e = 0,4 + j \rightarrow z_e = 20 + j50 (\Omega)$$

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

La relación entre impedancia y admitancia es inversa también para valores normalizados:

$$Y_N = \frac{Y}{Y_0} = \frac{1/Z}{1/Z_0} = \frac{1}{Z/Z_0} = \frac{1}{Z_N}$$

$$Y_N = \frac{1}{Z_N} = \frac{1}{\frac{1+\rho(z)}{1-\rho(z)}} = \frac{1-\rho(z)}{1+\rho(z)}$$

De las relaciones anteriores se observa que, efectivamente, la expresión para representar impedancias normalizadas se puede emplear para admitancias con sólo aplicarla a  $-\rho(z)$  en lugar de a  $\rho(z)$ .

Como  $-\rho(z)$  tiene el mismo módulo que  $\rho(z)$ , pero sus argumentos se encuentran desfasados  $180^\circ$ , ambos valores se encontrarán representados en el diagrama de Smith por puntos simétricos respecto del origen. Con ello, el valor de  $Y_N$  se encontrará representado en el diagrama en un punto simétrico de  $Z_N$  respecto del punto central.

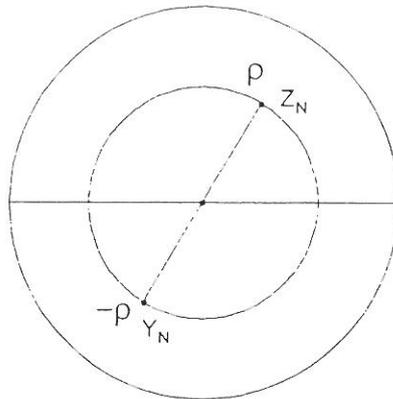


Fig. 2.9 Representación de Y a partir de Z y viceversa.

1º Parcial de clase

#### 2.1.4.- La Relación de Onda Estacionaria, ROE, en el diagrama de Smith.

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

Por lo tanto, para los puntos del semieje real positivo, el valor de la impedancia normalizada será:

$$Z_N(\text{semieje real positivo}) = \frac{1 + \rho(\text{semieje real positivo})}{1 - \rho(\text{semieje real positivo})} = \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|} \equiv \text{ROE}$$

*Pillada 1ª Parcial*

*↖ |ρ<sub>L</sub>| → módulo!*

Con lo que la escala para medir resistencias del semieje real positivo se puede emplear como escala de medida de la relación de onda estacionaria en una línea. Una vez que se conoce la circunferencia de posibles valores de impedancia en la línea, el punto de corte con el semieje real positivo indicará el valor de ROE en la misma.

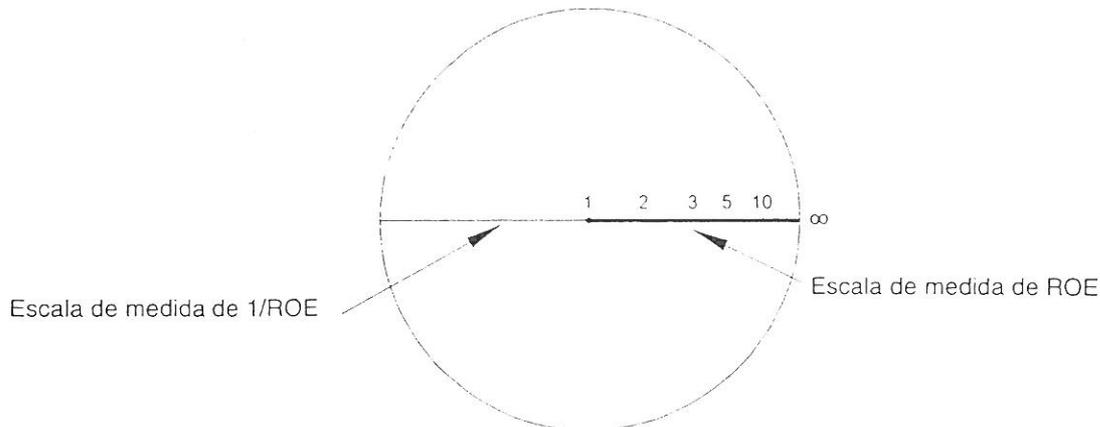


Fig. 2.10 Medida de ROE en el diagrama de Smith

En los puntos del semieje real negativo, el argumento del coeficiente de reflexión es  $180^\circ$ , con lo cual:

$$\rho(\text{semieje real negativo}) = |\rho_L| e^{j180^\circ} = -|\rho_L|$$

Por lo tanto, para los puntos del semieje real negativo, el valor de la impedancia normalizada será:

$$Z_N(\text{semieje real negativo}) = \frac{1 + \rho(\text{semieje real negativo})}{1 - \rho(\text{semieje real negativo})} = \frac{1 - |\rho_L|}{1 + |\rho_L|} \equiv \frac{1}{\text{ROE}}$$

Con lo cual, el semieje real negativo puede servir de escala al valor inverso de la relación de onda estacionaria.

**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**

$Z$  inductiva  $\rightarrow$  encontramos máx  
 $Z$  capacitiva  $\rightarrow$  1<sup>o</sup> encontramos mínimo

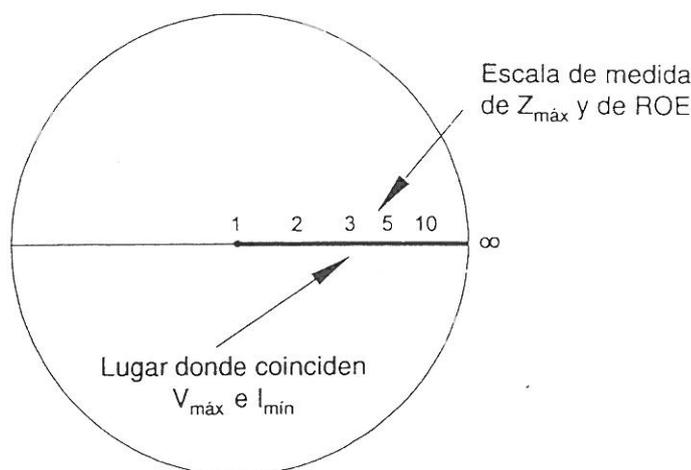
### 2.1.5.- Valores máximo y mínimo de impedancia en línea.

Cuando se analizaron ondas estacionarias en el tema anterior se vio que en ciertos puntos de una línea no cargada por  $Z_0$ , aparecían máximos de tensión coincidiendo con mínimos de intensidad. En dichos puntos la línea presenta un máximo de impedancia. Para calcular este valor máximo, se emplearán las expresiones obtenidas en el apartado 1.5, resaltando que tanto el máximo de tensión como el mínimo de intensidad se encuentran en fase.

$$Z_{\text{máx}} = \frac{V_{\text{máx}}}{I_{\text{mín}}} = \frac{|V^+| [1 + |\rho_L|]}{\frac{|V^+|}{Z_0} [1 - |\rho_L|]} = Z_0 \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|}$$

$$Z_{\text{máxN}} = \frac{Z_{\text{máx}}}{Z_0} = \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|} \equiv \text{ROE}$$

De lo anterior se deduce que el valor máximo de impedancia en línea es real, coincide con ROE y se encuentra en los puntos del semieje real positivo. Asimismo, en dichos puntos se encontrará el máximo de tensión en la línea y el mínimo de intensidad.



**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**

Cartagena99

$$Z_{\min} = \frac{V_{\min}}{I_{\max}} = \frac{|V^+| [1 - |\rho_L|]}{\frac{|V^+|}{Z_0} [1 + |\rho_L|]} = Z_0 \frac{1 - |\rho_L|}{1 + |\rho_L|}$$

$$Z_{\min N} = \frac{Z_{\min}}{Z_0} = \frac{1 - |\rho_L|}{1 + |\rho_L|} \equiv \text{ROE}$$

Se observa que los puntos del diagrama en que aparecen mínimos de impedancia en la línea coinciden con el semieje real negativo, en donde estarán, los mínimos de tensión y los máximos de intensidad.

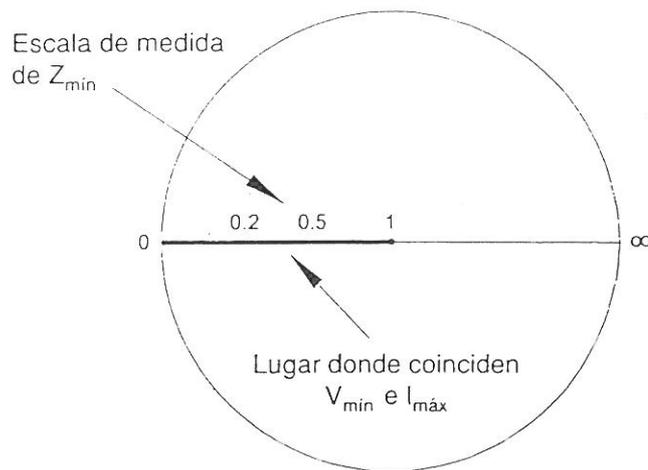


Fig. 2.12 Posición de  $Z_{\min}$ ,  $V_{\min}$  e  $I_{\max}$  en el diagrama.

**Ejemplo 2.2:** Un generador se encuentra enviando energía a una carga a través de una línea de transmisión sin pérdidas, tal como se muestra en la fig. 2.13. El diagrama de onda estacionaria en el tramo de línea más cercano a la carga se muestra en la fig. 2.14. Se pide determinar:

1. Coeficiente de reflexión en la carga, en módulo y fase.
2. Valor de la impedancia de carga de la línea y de la admitancia de entrada a la misma.
3. Valores máximo y mínimo de impedancia en la línea.
4. Potencia disipada en la carga.

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

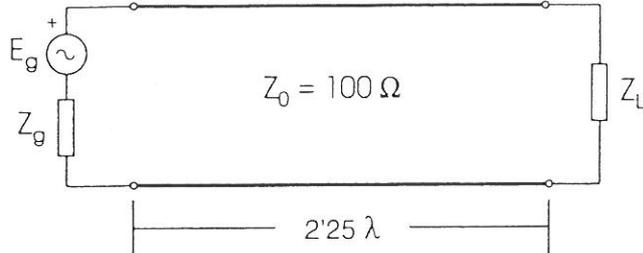


Fig. 2.13

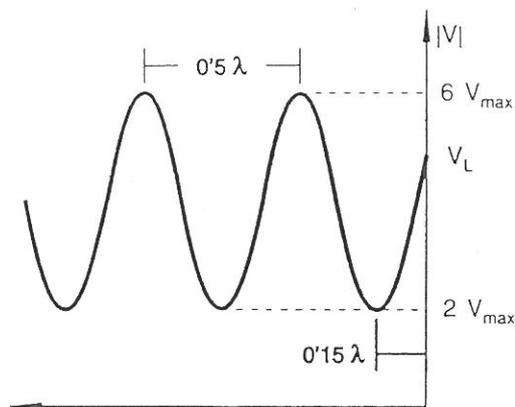


Fig. 2.14

### SOLUCIÓN

De los datos reflejados en la figura 2.14 se puede obtener el valor de la relación de onda estacionaria:

$$ROE = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{6}{2} = 3$$

Llevando este valor al diagrama de Smith (al semieje real positivo), se traza la circunferencia de posibles valores de impedancia y coeficiente de reflexión en la línea (circunferencia con centro en el propio centro del diagrama y radio tal que pase por el punto marcado con 3 en el semieje real positivo). Como en el diagrama de onda estacionaria se indica la existencia de un mínimo de tensión (semieje real negativo) a  $0.15 \lambda$  de la carga, recorriendo la circunferencia trazada anteriormente en la dirección de la carga, desde el semieje real negativo  $0.15 \lambda$ , se marca el punto correspondiente a la carga y se lee:

$P_L = 0.5 \angle -72^\circ$  *→ Coeficiente de reflexión su fase debe en ángulos negativos.*

$$Z_{LN} = 0.8 - j \Rightarrow Z_L = Z_{LN} Z_0 = 80 - 100j \Omega$$

Para calcular la admitancia de entrada a la línea, comenzaremos por determinar el valor de la impedancia de entrada. Para ello, conocemos que la longitud de la línea es  $2.25 \lambda$ . Avanzaremos sobre la circunferencia de posibles valores de impedancia en la línea desde la carga y con dirección hacia el generador  $2 \lambda$  (son cuatro vueltas completas y por tanto nos encontraremos de nuevo en un valor idéntico a la carga), mas  $0.25 \lambda$  (media circunferencia), obteniéndose:

$$Z_{eN} = 0.48 + 0.61j \Rightarrow Z_e = Z_{eN} Z_0 = 48 + 61j \Omega$$

**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**

Cartagena99

$$\underline{Z_{\max}} = \rho_{OE}$$

$$Z_{\max N} = 3 \Rightarrow Z_{\max} = Z_{\max N} Z_0 = 300 \Omega$$

$$Z_{\min N} = 0'333 \Rightarrow Z_{\min} = Z_{\min N} Z_0 = 33'3 \Omega$$

Como estos dos valores de impedancia son reales y del diagrama de onda estacionaria se conoce el valor de la tensión en dichos puntos, en cualquiera de ellos se puede calcular la potencia de la señal transmitida.

$$P = \frac{1}{2} \frac{|V|_{\max}^2}{Z_{\max}} = \frac{1}{2} \frac{6^2}{300} = 60 \text{ mW}$$

$$P = \frac{1}{2} \frac{|V|_{\min}^2}{Z_{\min}} = \frac{1}{2} \frac{2^2}{33'3} = 60 \text{ mW}$$

Como la línea es sin pérdidas, toda esta potencia llega a la carga, con lo cual:

$$P_L = 60 \text{ mW}$$

$$P_L = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[Z_L] |I_L|^2 \Rightarrow |I_L| = \sqrt{\frac{2P_L}{\operatorname{Re}[Z_L]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0'06}{80}} = 0'0387 \text{ A}_{\max}$$

$$|V_L| = |I_L| \cdot |Z_L| = 0'0387 \cdot |80 - 100j| = 4'96 \text{ V}_{\max}$$

Asimismo, la tensión en la entrada de la línea y la tensión del generador son inmediatas de calcular:

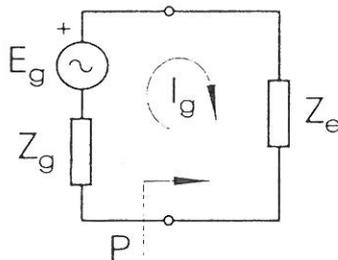


Fig. 2.15

$$|I_g| = \sqrt{\frac{2P}{\operatorname{Re}[Z_e]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0'06}{48}} = 0'05 \text{ A}_{\max}$$

$$|V_e| = |I_g| \cdot |Z_e| = 0'05 \cdot |48 + 61j| = 3'88 \text{ V}_{\max}$$

$$|E_g| = |I_g| \cdot |Z_g + Z_e| = 0'05 \cdot |148 + 61j| = 8 \text{ V}_{\max}$$

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