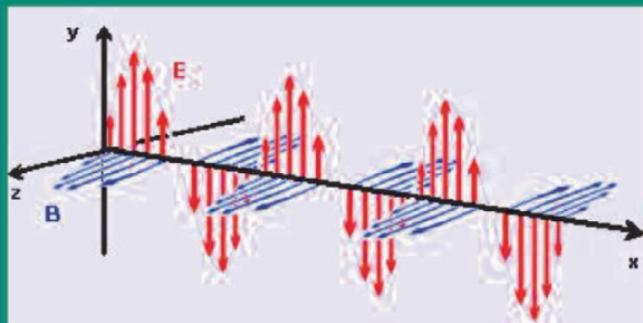
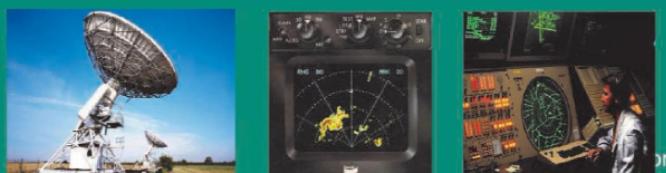


# GUIA DE ACTIVIDADES

ANTONIO MIGUEL GARCÍA ABAD

## CAMPOS ELECTROMAGNETICOS Y MEDIOS DE ENLACE ENTRE TRANSMISOR Y RECEPTOR



SERIE INGENIERÍA

Guías de Actividades  
Campos Electromagnéticos  
y  
Medios de Enlace  
Entre Transmisor y Receptor

Edición 2020

**INGENIERÍA:** es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima, materiales, conocimientos y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, con el contexto de condiciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales, históricas y culturales.

(Extraído del Libro Rojo del CONFEDI)



1 - Universitas

Ing. ANTONIO GARCÍA ABAD

Guía de Actividades

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

y

MEDIOS DE ENLACE

Entre Transmisor y Receptor

**Edición 2020**

Educación por Competencias

Modelo de aprendizaje centrado en el alumno

UNIVERSITAS  
CÓRDOBA

EDITORIAL CIENTÍFICA UNIVERSITARIA

Pje España 1467. Tel: 4680913. (5000) Córdoba. Argentina – editorialuniversitas@yahoo.com.ar

Diseño de Tapa: Universitas  
Autoedición: Ing. Antonio García Abad - Universitas  
Producción Gráfica: Universitas.

Esta editorial realiza venta directa a público y librerías, prescindiendo de distribuidores, para tratar que el libro llegue al lector al menor precio posible. Los pedidos se pueden realizar a la dirección de la Editorial o al siguiente correo electrónico:

EMAIL: editorialuniversitas@yahoo.com.ar

Prohibida su reproducción, almacenamiento y distribución por cualquier medio, total o parcial sin el permiso previo y por escrito de los autores y/o editor. Esta también totalmente prohibido su tratamiento informático y distribución por internet o por cualquier otra red. Se pueden reproducir párrafos citando al autor y editorial y enviando un ejemplar del material publicado a esta editorial.

IISBN 978-987-1457-29-8

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

© 2004 Primera Edición. UNIVERSITAS.  
© 2005 Primera Edición. UNIVERSITAS.  
© 2015 Primera Edición. Revisada y Corregida. UNIVERSITAS.  
© 2018 Primera Edición. Revisada, actualizada y Corregida. UNIVERSITAS  
© 2019 Primera Edición. Revisada, actualizada y Corregida. UNIVERSITAS  
© 2020 Primera Edición. Revisada y actualizada. UNIVERSITAS

4 - Universitas

## ÍNDICE

Competencias a lograr .....	7
Seguimiento de Trabajos Prácticos .....	13
Enunciados .....	15
1. Espectro Electromagnético .....	15
2. Ecuaciones de Maxwell .....	16
3. Condiciones de Contorno .....	20
4. Emisión de Onda .....	20

4. Ecuación de Onda .....	20
5. Polarización .....	25
6. Vector de Poynting .....	26
7. Reflexión Perpendicular Dieléctrico / Dieléctrico .....	27
8. Reflexión Perpendicular Dieléctrico/Conductor Perfecto .....	29
9. Cálculo Analítico y Gráfico del Campo Total en Reflexión Normal .....	31
10. Reflexión Oblicua .....	35
11. Guías de Ondas .....	36
12. Líneas de Transmisión .....	38
13. Adaptación de Líneas de Transmisión .....	42
14. Radiación .....	52
15. Antenas .....	52
16. Fibras Ópticas .....	53
 Soluciones de Problemas .....	55
1. Espectro Electromagnético .....	55
2. Ecuaciones de Maxwell .....	57
3. Condiciones de Contorno .....	62
4. Ecuación de Onda .....	63
5. Polarización .....	69
6. Vector de Poynting .....	70
7. Reflexión Normal Entre Dieléctrico/Dieléctrico .....	73
8. Reflexión Normal Entre Dieléctrico/Conductor Perfecto .....	76
9. Cálculo Analítico y Gráfico del Campo Total en Reflexión Normal .....	78
10. Reflexión Oblicua .....	83
11. Guía de Ondas .....	84

5 - Universitas

12. Líneas de Transmisión .....	87
13. Adaptación de Líneas de Transmisión .....	93
14. Radiación .....	100
15. Antenas .....	101
16. Fibras Ópticas .....	103
 Técnica Del Seminario .....	105
Tabla de Guías de Ondas Standard de Hewlett Packard .....	107
Fibras Ópticas .....	110
Diagrama de Crank .....	111
Abaco de Smith .....	112

## **CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y MEDIOS DE ENLACE**

### **COMPETENCIAS A LOGRAR**

**Interpretar, modelar y resolver problemas de “Sistemas de Comunicaciones”**

#### **1. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO:**

Conocer e **interpretar** la ubicación de los medios de comunicación dentro del espectro de frecuencia y tomar conciencia de la importancia que cumple el canal o medio que une el transmisor y receptor en el sistema de comunicación.

#### **2. ECUACIONES DE MAXWELL:**

**Interpretar y modelar** las modificaciones introducidas por Maxwell en las expresiones fundamentales de campos estáticos para hallar las ecuaciones de campos variables en el tiempo, reconociendo así, la existencia de campos electromagnéticos.

#### **3. CONDICIONES DE CONTORNO:**

**Interpretar** el comportamiento de las componentes normales y tangenciales del campo eléctrico y magnético en la zona de frontera o contorno de un medio.

#### **4. ECUACIÓN DE LA ONDA ELECTROMAGNÉTICA EN MEDIOS CONTINUOS:**

**Interpretar** el comportamiento ondulatorio de los campos electromagnéticos, al propagarse por medios homogéneos, sin carga (conductores, dieléctricos, vacío), y conocer las constantes características de una onda electromagnética.

#### **5. POLARIZACIÓN DE LA ONDA ELECTROMAGNÉTICA:**

Identificar y **modelar** los distintos tipos de polarización en base a las magnitudes relativas y las fases de las componentes del campo eléctrico.

#### **6. VECTOR DE POYNTING:**

**Interpretar y modelar** la velocidad de flujo de energía o flujo de potencia transportado por una onda electromagnética.

**7. REFLEXIÓN NORMAL ENTRE DOS MEDIOS DIELÉCTRICOS:**

**Interpretar y modelar** el comportamiento de la onda electromagnética plana, cuando se propaga a través de medios no homogéneos o diferentes dieléctricos.

**8. REFLEXIÓN NORMAL ENTRE DIELÉCTRICO Y CONDUCTOR PERFECTO:**

**Interpretar y modelar** la existencia de ondas estacionarias del campo eléctrico total y campo magnético total, en el medio dieléctrico, debido a la reflexión total del medio conductor perfecto.

**9. CÁLCULO ANALÍTICO Y GRÁFICO DEL CAMPO TOTAL EN REFLEXIÓN NORMAL:**

**Interpretar y** calcular la distribución del campo total y los parámetros de reflexión por técnicas gráficas de fácil manejo.

**10. REFLEXIÓN OBLICUA:**

**Definir, Interpretar y modelar** la dirección arbitraria de un vector en el sistema de coordenadas rectangulares y de demostrar analíticamente la generación de ondas estacionarias en el eje perpendicular a la superficie conductora y la generación de ondas progresivas en el eje paralelo a la superficie conductora en la reflexión oblicua.

**11. GUÍAS DE ONDAS:**

**Demostrar y modelar** el comportamiento de los campos eléctricos y magnéticos en regiones limitadas por paredes conductoras paralelas a la dirección de propagación de la onda y de sección transversal uniforme.

**12. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN:**

**Demostrar y modelar** el comportamiento de los cables conductores a una frecuencia de trabajo elevada.

**13. ADAPTACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN:**

**Interpretar y modelar una línea de transmisión para** evitar ondas reflejadas en el extremo generador, cuando la carga es diferente a la impedancia característica de la línea.

**14. RADIACIÓN:**

**Interpretar y modelar** la generación de ondas electromagnéticas como consecuencia de la radiación de un elemento conductor de corriente.

**15. ANTENAS:**

**Interpretar** los fundamentos de las Antenas y saber clasificarlas según sus características.

**16. FIBRAS ÓPTICAS:**

**Interpretar y modelar** los fundamentos, usos y ventajas de las Fibras Ópticas.

Gracias al compromiso de Docentes, a la participación de los Alumnos y para cumplir con las características de: Flexibilidad, Continuidad, Unidad y Realidad de todo Plan, se actualizó y modificó el contenido según las necesidades y sugerencias planteadas.

Agradeceré cualquier observación para mejorarlala.

**ING. ANTONIO M. GARCIA ABAD**

e-m@il: [ondaem2004@yahoo.com.ar](mailto:ondaem2004@yahoo.com.ar)

Universidad virtual en: [www.frc.utn.edu.ar](http://www.frc.utn.edu.ar)

“Medios de enlace”

**Seguí el desarrollo de las clases por:**

Facebook



Onda Electromagnética

Instagram



Mediosdeenlace

You Tube



Medios de Enlace

9 - Universitas

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

## **¿CÓMO ESTUDIAR LA MATERIA?**



**LA DIVIDIMOS EN CINCO GRUPOS DE TEMAS:**

### **1- HERRAMIENTAS BÁSICAS**

- **U.T. N° 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**
- **U.T. N° 2: ECUACIONES DE MAXWELL**
- **U.T. N° 3: CONDICIONES DE CONTORNO**

### **2- ECUACIÓN DE ONDA**

- **U.T. N° 4: ECUACIÓN DE LA ONDA**
- **U.T. N° 5: POLARIZACIÓN DE LA ONDA**
- **U.T. N° 6: VECTOR DE POYNTING**

### **3- REFLEXIÓN PERPENDICULAR**

- **U.T. N° 7: REF. PERP. DIELECT./DIELECT.**
- **U.T. N° 8: REF. PERP. DIÉLECT./COND. PERF.**
- **U.T. N° 9: CÁLCULO ANALÍTICO Y GRÁFICO**
- **U.T. N° 12: LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**
- **U.T. N° 13: ADAPTACIÓN DE LÍNEAS DE TRA.**

#### 4 - REFLEXIÓN OBLICUA

- U.T. N° 10: REFLEXIÓN OBLICUA
- U.T. N° 11: GUÍAS DE ONDA
- U.T. N° 16: FIBRAS ÓPTICAS

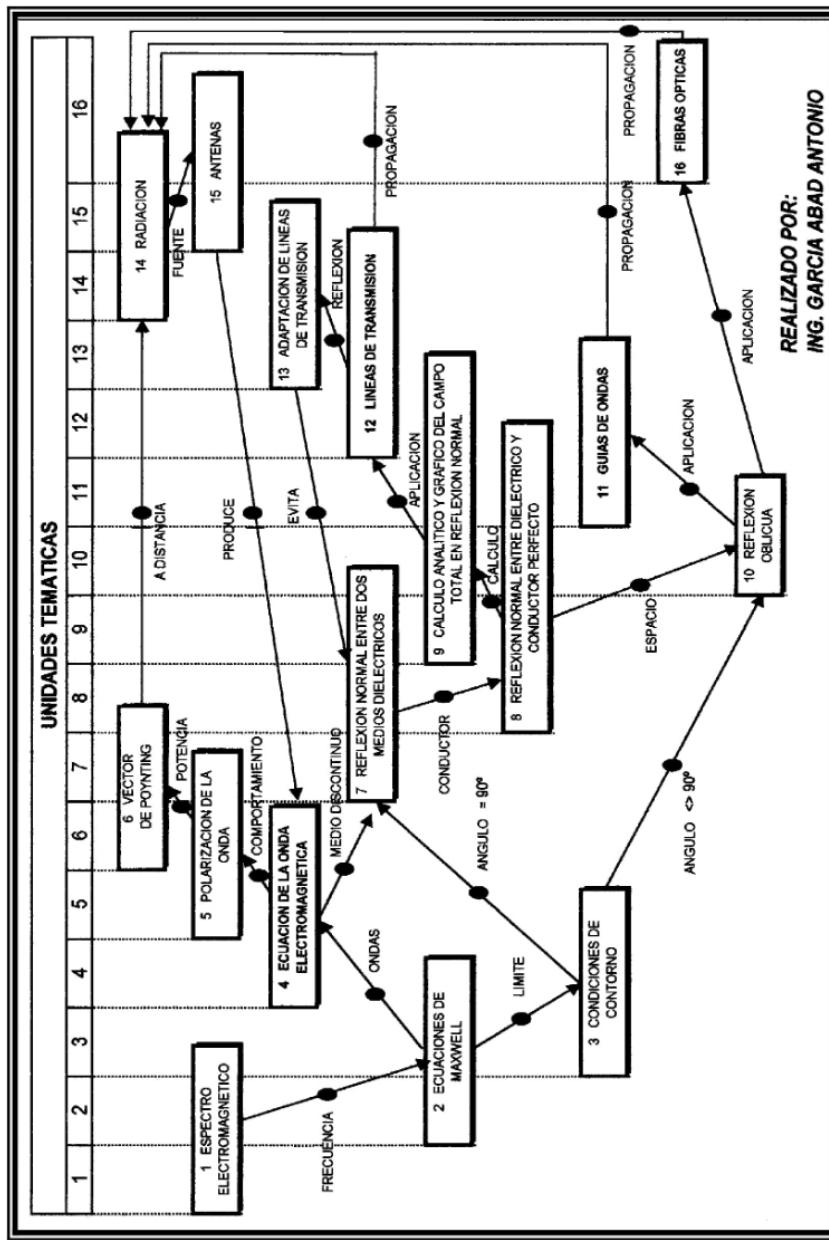
#### 5 - RADIACIÓN Y ANTENAS

- U.T. N° 14: RADIACIÓN DE LA ONDA
- U.T. N° 15: ANTENAS

10 - Universitas

Medios de Enlace

#### 1 - HERRAMIENTAS BÁSICAS/ MAPA CONCEPTUAL DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



## **SEGUIMIENTO DE TRABAJOS PRACTICOS**

Profesor Titular: ..... Alumno: .....

Profesor Trab. Pract.: ..... Curso: .....

Profesor Trab. Pract. ....	Curso. ....
<b>UNIDAD TEMATICA</b>	<b>NUMEROS DE TRABAJOS PRACTICOS</b>
1    ESP. ELE.	1    2    3    4
2    ECU. MAX.	5    6    7    8    9    10    11    12    13    14    15    16    17    18
3    CON. CON.	19    20    21    22
4    CON. CON.	23    24    25

1<sup>ra</sup> Verificación de Prácticos Realizados: ... / ... / ... - .....

2<sup>da</sup> Verificación de Prácticos Realizados: ... / ... / ... - .....

10	REF. OBL.	73	74	75			
11	GUI. OND.	76	77	78	79	80	81

3<sup>ra</sup> Verificación de Prácticos Realizados: ... / ... / ... - .....

14	RADIACION	113	114		
15	ANTENAS	115	116	117	118
16	FIB. OPT.	119	120	121	122

Verificación Final de Prácticos Realizados: ... / ... / ... - .....

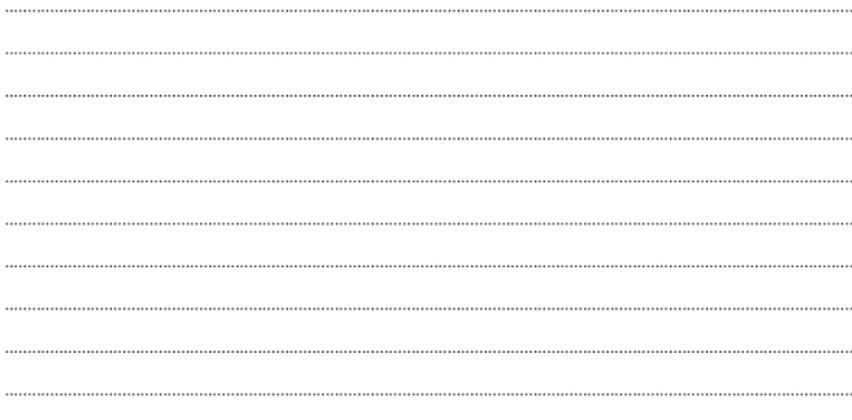
### Sello de Aprobación:

- a) Marque con un círculo el número de problema a consultar.  
b) Marque con una x el número de problema realizado.

### **Observaciones del Docente y consulta de dudas del Alumno:**

13 - Universitas

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS



## ENUNCIADOS

## 1. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



---

**PROBLEMA N° 01.01.01**

Graficar en escala logarítmica, el Espectro Electromagnético, indicando en él: bandas y canales de comunicación. Extraer conclusiones y expresar características principales, tales como: bandas de radio en AM y FM, bandas de Radioaficionados, bandas de TV, canal de voz humana y espectro visible.

---

**PROBLEMA N° 01.02.02**

Hacer un esquema de modulación en A.M. y F.M. e indicar las frecuencias de algunas radiodifusoras de su Ciudad tanto de A.M. como F.M.

---

**PROBLEMA N° 01-03-03**

Partiendo de un sistema de comunicación básico, explicar y graficar los distintos tipos de propagación de la onda electromagnética en el espacio libre y graficar en el espectro de frecuencias donde se encuentra cada una, y graficar en el espectro de frecuencias donde se encuentra cada una.

Expresar las constantes del vacío y calcular la impedancia intrínseca y la velocidad de la onda electromagnética en el mismo.

---

**PROBLEMA N° 01.04.04**



Un Handy Baofeng UV82 está transmitiendo en una frecuencia  $F_1$  y la recepción la realiza en una frecuencia  $F_2$ .

- a) Calcular la longitud de onda de la señal de transmisión  $\lambda_T$  y recepción  $\lambda_R$  en metros, considerando que el factor de velocidad  $F_v = 0,95$ . Graficar proporcionalmente las dos ondas.
  - b) Indicar en qué Banda de Frecuencia se encuentra cada onda.

$$E_1 = 150 \text{ [Mhz]}$$

$$F_2 = 450 \text{ [Mhz]}$$

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

## 2. ECUACIONES DE MAXWELL

## PROBLEMA N° 02.01.05

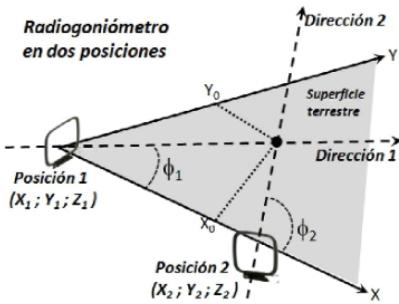
- a) Graficar y definir los elementos de longitud ( $dl_1, dl_2, dl_3,$ ), que generan un diferencial de volumen, en coordenadas rectangulares, cilíndricas, esféricas y generalizadas.
- b) Realizar una tabla de equivalencias de los elementos de longitud en los cuatro sistemas de coordenadas.

## PROBLEMA N° 02.02.06

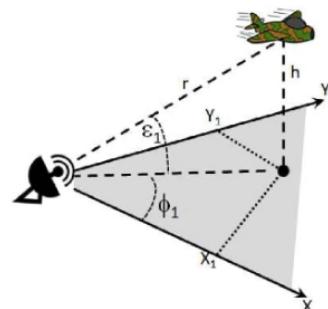
Expresar simbólicamente las componentes de un vector típico  $\mathbf{E}$  en los cuatro sistemas de coordenadas.

## PROBLEMA N° 02.03.07

Una estación móvil de radiogoniometría se ubica en las coordenadas  $X_1=0, Y_1=0, Z_1=0$  del plano de una Ciudad y detecta la máxima señal de un emisora clandestina cuando el detector está a  $\phi_1 = 60^\circ$  en azimut (plano XY - horizontal) tomado sobre el eje X, posteriormente el móvil se traslada al punto  $X_2=15$  Km,  $Y_2=0, Z_2=0$  y haciendo la misma operación, la máxima señal la detecta a un ángulo en azimut  $\phi_2 = 145^\circ$ . Calcular en qué valor de coordenadas  $X_0, Y_0$ , se encuentra la estación clandestina.



## PROBLEMA N° 02.04.08



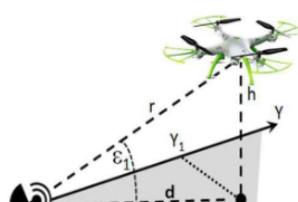
Por medio de un radar de seguimiento se detecta un elemento metálico en un punto del espacio, y por medio de su indicador visual se obtienen los siguientes datos:

ángulo en azimut  $\phi_1 = 45^\circ$ , elevación  $\varepsilon_1 = 30^\circ$ , distancia radial  $r = 5$  en escala por 1.000 metros.

Se desea conocer en qué coordenadas del plano  $X_1, Y_1$ , está sobrevolando y a qué altura  $h$  se encuentra dicho elemento.

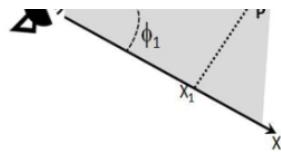
## Medios de Enlace

## PROBLEMA N° 02.05.09



Un drone detecta en un punto P del terreno un elemento metálico de gran tamaño, y por medio del control remoto se obtienen los siguientes datos:

El ángulo en azimut  $\phi_1 = 52^\circ$  respecto al eje X, distancia radial  $r = 400$  metros y altura  $h = 80$  metros. Se desea conocer en qué coordenadas del plano  $X_1, Y_1$ , está sobrevolando el drone y la distancia  $d$  entre el control y el punto P.




---

**PROBLEMA N° 02.06.10**

---

Dada la expresión simbólica del gradiente de un valor escalar “V”, en coordenadas generalizadas; expresar el gradiente de “V”, en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas.

$$\nabla \cdot V = \frac{1}{h_1} \cdot \frac{\partial V}{\partial u_1} a_1 + \frac{1}{h_2} \cdot \frac{\partial V}{\partial u_2} a_2 + \frac{1}{h_3} \cdot \frac{\partial V}{\partial u_3} a_3$$

---

**PROBLEMA N° 02.07.11**

---

Dada la expresión simbólica de la divergencia de un vector “D”, en coordenadas generalizadas; expresar la divergencia del vector “D”, en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas.

$$\nabla \cdot \vec{D} = \frac{1}{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3} \cdot \left[ \frac{\partial (h_2 \cdot h_3 D_1)}{\partial u_1} + \frac{\partial (h_1 \cdot h_3 D_2)}{\partial u_2} + \frac{\partial (h_1 \cdot h_2 D_3)}{\partial u_3} \right]$$

---

**PROBLEMA N° 02.08.12**

---

Dada la expresión simbólica del rotor de un vector “D”, en coordenadas generalizadas; expresar el rotor del vector “D”, en coordenadas rectangulares.

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{1}{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3} \begin{vmatrix} h_1 \cdot \hat{a}_1 & h_2 \cdot \hat{a}_2 & h_3 \cdot \hat{a}_3 \\ \frac{\partial}{\partial u_1} & \frac{\partial}{\partial u_2} & \frac{\partial}{\partial u_3} \\ h_1 \cdot H_1 & h_2 \cdot H_2 & h_3 \cdot H_3 \end{vmatrix}$$

Dada la expresión simbólica del Laplaciano de un valor escalar “V” en coordenadas generalizadas; expresar el Laplaciano de V en coordenadas rectangulares.

$$\nabla^2 V = \nabla \cdot (\nabla V) = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \cdot \left[ \frac{\partial}{\partial u_1} \left( \frac{h_2 h_3}{h_1} \frac{\partial V}{\partial u_1} \right) + \frac{\partial}{\partial u_2} \left( \frac{h_1 h_3}{h_2} \frac{\partial V}{\partial u_2} \right) + \frac{\partial}{\partial u_3} \left( \frac{h_1 h_2}{h_3} \frac{\partial V}{\partial u_3} \right) \right]$$

---

**PROBLEMA N° 02.10.14**

---

Debido a que el operador Laplaciano es también aplicable a un campo vectorial que podemos definir como  $E(u_1, u_2, u_3, t)$ , expresar el Laplaciano del vector E en coordenadas rectangulares.

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \cdot \left[ \frac{\partial}{\partial u_1} \left( \frac{h_2 h_3}{h_1} \frac{\partial}{\partial u_1} \right) + \frac{\partial}{\partial u_2} \left( \frac{h_1 h_3}{h_2} \frac{\partial}{\partial u_2} \right) + \frac{\partial}{\partial u_3} \left( \frac{h_1 h_2}{h_3} \frac{\partial}{\partial u_3} \right) \right] \cdot [E_1 \hat{a}_1 + E_2 \hat{a}_2 + E_3 \hat{a}_3]$$

---

**PROBLEMA N° 02.11.15**

---

Para comprobar la Tabla de “**Identidades Vectoriales**”:

- a) Demostrar que la “**Divergencia del rotor**” de un vector H es “**igual a cero**”. (En coordenadas rectangulares).

$$\nabla \cdot (\nabla \times H) = 0$$

- b) Demostrar que el “**Rotor del gradiente**” de un valor escalar V es “**igual a cero**”. (En coorde-

nadas rectangulares).

$$\nabla \cdot (\nabla \cdot V) = 0$$

- c) Demostrar que la “**Divergencia del gradiente**” de un valor escalar  $V$  es igual al “**Laplaciano**” del valor escalar. (En coordenadas rectangulares).

$$\nabla \cdot (\nabla V) = \nabla^2 V$$

---

#### PROBLEMA N° 02.12.16

---

Hallar el gradiente de la función  $V=2x+y$

- a) Graficar la función para valores constantes de  $V$ ;  $V=2$ ;  $V=4$ ;  $V=6$ ;  $V=8$   
b) Graficar el gradiente para los puntos  $P(x,y)$  siguientes:

$$P(0,2); P(0,4); P(0,6); P(1,0); P(2,0); P(3,0)$$

18 - Universitas

---

Medios de Enlace

---

---

#### PROBLEMA N° 02.13.17

---

Hallar el Gradiente de la función escalar  $V=x^2+y^2$

- a) Graficar la función para valores constantes de  $V$ ;  $V=1$ ;  $V=4$ ;  $V=9$ ;  $V=16$   
b) Graficar el gradiente para los puntos  $P(x,y)$  siguientes:  
 $P(0,-1); P(4,0); P(-2,0); P(0,3)$

---

#### PROBLEMA N° 02.14.18

---

Dibujar gráficas de flujo para cada uno de los siguientes campos vectoriales. Hallar el Rotor y la Divergencia de cada uno, compararlos y extraer conclusiones.  $K$  es una constante.  $a_x$  es el versor en  $x$ .

- a)  $E_1 = K.a_x$   
b)  $E_2 = K.y.a_x$   
c)  $E_3 = K.x.a_x$   
d) ¿Cómo es la expresión de un campo vectorial para que tenga divergencia y rotor?

---

#### PROBLEMA N° 02.15.19

---

A fin de tenerlo como referencia teórica:

- a) Expresar simbólicamente las 4 ecuaciones que gobiernan los campos electrostáticos y magnetostáticos en su forma integral y por la aplicación del teorema de Stokes y de la divergencia en la forma vectorial.  
b) Expresar la ecuación de continuidad para corrientes estables.

---

#### PROBLEMA N° 02.16.20

---

A fin de tenerlo como referencia teórica debido a que se aplican en la unidad de Radiación:

Expresar simbólicamente el potencial eléctrico  $V$  debido a una distribución continua de cargas y el vector potencial magnético  $\vec{A}$  en un punto  $P(x,y,z)$ , conociendo respectivamente la densidad de carga y densidad de corriente  $J$  de un punto  $P'(x',y',z')$ .

---

#### PROBLEMA N° 02.17.21

---

A fin de tenerlo como referencia teórica, expresar simbólicamente las ecuaciones de Maxwell:

- a) Forma integral.

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

- b) Forma vectorial/Diferencial. (Aplicar teorema de Stokes y de la Divergencia.)  
 c) Primera y segunda ecuación de Maxwell en forma fasorial.

**PROBLEMA N° 02.18.22**

Una espira cuadrada de 20 cm. de lado tiene conectado en serie un voltímetro de impedancia infinita que mide tensión eficaz. Determinar la tensión indicada por el voltímetro cuando la espira es colocada en un campo magnético variable en el tiempo, de intensidad máxima  $H=1[A/m]$  donde el plano de la espira es perpendicular al campo y la frecuencia es de 10 Mhz. {  $H_0=H\cos(\omega t)$  }

**3. CONDICIONES DE CONTORNO****PROBLEMA N° 03.01.23**

Expresar las condiciones que cumplen los campos eléctricos y magnéticos en la frontera o contorno de un medio. Realizar un cuadro comparativo de las Componentes Tangenciales y Normales en medios Dieléctrico/Dieléctrico y Dieléctrico/Conductor Perfecto.

**PROBLEMA N° 03.02.24**

Calcular el ángulo  $\theta_1$  con el que emerge un campo eléctrico (**E**) de un material donde  $\epsilon_1 = \epsilon_0$ , si en el medio 2 de  $\epsilon_2 = 10 \epsilon_0$  su ángulo  $\theta_2 = 84,30^\circ$ .

Los ángulos están medidos desde la normal a la superficie de contorno.

**PROBLEMA N° 03.03.25**

Calcular el ángulo  $\theta_1$  con el que emerge el vector inducción (**B**) de un campo magnético de un material donde  $\mu_1 = \mu_0$ , si en el medio 2 de  $\mu_2 = 10 \mu_0$  su ángulo  $\theta_2 = 74,60^\circ$ .

Los ángulos están medidos desde la normal a la superficie de contorno.

**4. ECUACIÓN DE ONDA****PROBLEMA N° 04.01.26**

Expresar la ecuación del campo eléctrico y magnético de una onda electromagnética plana incidente, polarizada en el eje X, que se propaga con dirección paralela al eje Z.

- a) En un medio conductor.  
 b) En un medio dieléctrico.

**PROBLEMA N° 04.02.27**

Expresar la ecuación de la impedancia intrínseca ( $\eta$ ) en forma compleja y polar; constante de fase ( $\beta$ ), constante de atenuación ( $\alpha$ ); constante de profundidad de penetración ( $\delta$ ); velocidad de la onda ( $v_p$ ) y la longitud de la onda ( $\lambda$ ) todas en función de la pulsación ( $\omega$ ) y las constantes del medio ( $\mu$ ,  $\epsilon$ ,  $\sigma$ ). Compararlas con las de un medio dieléctrico y las del vacío.

**PROBLEMA N° 04.03.28**

Calcular la Impedancia Intrínseca del vacío y la velocidad de la onda que se propaga en él, en función de la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética.

---

#### PROBLEMA N° 04.04.29

---

Partiendo de la siguiente ecuación de onda:

$$Ex = 10 \cdot \cos \pi \left( 2 \cdot 10^8 t - \frac{2}{3} z \right) \quad a_x$$

Hallar:

- a) Longitud de la onda ( $\lambda$ ).
- b) Velocidad de la onda ( $v_p$ ).
- c) Frecuencia (F) y periodo (T).
- d) Constante de fase  $\beta$  en [ $^{\circ}/m$ ] y [Radianes/m].
- e) Hacer una "Tabla de valores" de  $E_x = f(z, t)$  y graficar el campo Eléctrico para  $0 < z < 3$  metros, cada 0,375 metros.
  - 1) Para  $t=0$
  - 2) Para  $t=0.834 \times 10^{-9}$  seg.
  - 3) Para  $t=1.667 \times 10^{-9}$  seg.

f) Hallar el campo Magnético (H) asociado a la onda electromagnética que se propaga en el medio de permeabilidad magnética relativa ( $\mu_r$ ) igual a la unidad y la conductividad ( $\sigma$ ) es igual a cero.

---

#### PROBLEMA N° 04.05.30

---

Partiendo de la siguiente ecuación de onda:

$$Ex = 15 \cdot \cos \left( 2\pi \cdot 10^8 t - \frac{2\pi}{2,5} z \right) \quad a_x$$

Hallar:

21 - Universitas

---

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

- a) Longitud de la onda ( $\lambda$ ).
- b) Velocidad de la onda ( $v_p$ ).
- c) Frecuencia (F) y periodo (T).
- d) Constante de fase  $\beta$  en [ $^{\circ}/m$ ] y [Radianes/m].
- e) Hacer una "Tabla de valores" de  $E_x = f(z, t)$  y graficar el campo Eléctrico para  $0 < z < 2,5$  metros, cada 0,3125 metros.
  - 1) Para  $t=0$
  - 2) Para  $t=1.25 \times 10^{-9}$  seg.
  - 3) Para  $t=1.944 \times 10^{-9}$  seg.

f) Hallar el campo Magnético (H) asociado a la onda electromagnética que se propaga en el medio de permeabilidad magnética relativa ( $\mu_r$ ) igual a la unidad y la conductividad ( $\sigma$ ) es igual a cero.

---

#### PROBLEMA N° 04.06.31

---

El campo eléctrico asociado a una onda electromagnética, se propaga a una velocidad  $v_p = 70\%$  de  $c$ , es decir  $v_p = 210.000 \frac{Km}{seg}$ , cuando la frecuencia es de 125 Mhz.

El Medio en el cual se propaga, tiene una permeabilidad magnética relativa igual a la unidad y la conductividad  $\sigma$  es igual a cero.

Calcular:

- a) Longitud de la onda ( $\lambda$ )
  - b) Constante de fase ( $\beta$ ) en [ $^{\circ}/m$ ] y [Radianes/m].
  - c) Impedancia intrínseca ( $\eta$ )

---

**PROBLEMA N° 04.07.32**

Una Onda electromagnética que se propaga en la dirección z, a una frecuencia de 200 Mhz con una amplitud de campo eléctrico  $E_0 = 100 \text{ V/m}$ , en un dieléctrico donde la permeabilidad magnética relativa  $\mu_r$  es igual a la unidad y la constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r$  es igual a 4. Expresar la ecuación de onda para el campo eléctrico y magnético en función del tiempo y del espacio con estos valores.

$$E_{X(Z,t)} = Ei \cdot \cos(\varpi t - \beta \cdot z) \quad H_{Y(Z,t)} = \frac{Ei}{\eta} \cdot \cos(\varpi t - \beta \cdot z)$$

Calcular  $\eta$ ,  $\omega$  y  $\beta$ .

22 - Universitas

## Medios de Enlace

---

**PROBLEMA N° 04.08.33**

Partiendo de la ecuación de onda con atenuación,  $E_x(z,t) = E_i e^{-\alpha z} \cos(\varpi t - \beta z + \varphi) \hat{a}_x$

- a) Calcular el factor en que se reduce la amplitud de una onda electromagnética de radiocomunicación que experimenta una atenuación de 1 Neper. Considerar  $\omega \cdot t = \beta \cdot z$  y  $\varphi = 0$ .
  - b) Definir y graficar el concepto de la constante de profundidad de penetración ( $\delta$ ) “Delta”.

---

**PROBLEMA N° 04.09.34**

En el tiempo  $t = 0$  se cierra el interruptor para conectar un generador cuyo campo eléctrico es:  $E(z,t) = E_0 \cos(2\pi f t - \beta z + \phi_0)$  en un medio con características constantes y atenuación nula ( $\sigma = 0$ ). La amplitud de la señal es  $E_0 = 80$  [ V/m ], La velocidad de la señal es de  $Kv$  de la velocidad de la luz.  $Kv = 0,8$ . La freq. del generador es  $f = 15$  [Mhz], el ángulo de fase inicial  $\phi_0 = 45$  [°]. Calcular el valor instantáneo del campo eléctrico  $E(z,t)$  a una distancia  $z$  y para un tiempo  $t_1$ .

Distancia z = 7 [m] tiempo t<sub>1</sub>= 10<sup>-7</sup> [ seg ]

---

**PROBLEMA N° 04.10.35**

Si un medio posee una constante de profundidad de penetración  $\delta = 1800$  [ m ] y en él se propaga una onda de amplitud : 20 [ V/m ]

- a) Calcular la constante de atenuación  $\alpha$  [ Néper/m ]  
 b) Calcular el valor que toma la amplitud  $E(z)$  de la onda al recorrer la distancia  $d = 600$  [ m ]

---

**PROBLEMA N° 04 11 36**

Una onda electromagnética de 250 V/m es transmitida a través de un cable coaxial de 500 metros de longitud y llega al receptor con 220 V/m.

- a) Calcular la atenuación total que sufre la onda en Neper y cuál es el factor de atenuación alfa ( $\alpha$ ) en Neper/metro.
  - b) Calcular la atenuación total en decibeles [dB].

---

**PROBLEMA N° 04 12 37**

Si una onda electromagnética de amplitud  $E_i$ , sufre una reducción en magnitud en un factor de:

- a) 10 veces.
  - b) 100 veces

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

c) 1000 veces

al utilizar distintos medios de enlace entre un transmisor y un receptor. Calcular la atenuación de la sección en Neper para los distintos casos.

PROBLEMA N° 04.13.38

Calcular el factor de disipación de la Tierra  $FD_T$  y analizar su comportamiento para frecuencias de emisoras de radio de modulación en amplitud (0,52 Mhz a 1,6 Mhz) y para frecuencias de emisoras de radio de frecuencia modulada (88 Mhz a 108 Mhz).

La constante de conductividad promedio de la tierra  $\sigma_T=10^{-3}$  Mhos/m.

La constante de permitividad dieléctrica promedio  $\epsilon_T=10 \epsilon_0$

PROBLEMA N° 04.14.39

Hacer una gráfica del Factor de Disipación “FD” de los materiales que figuran a continuación en función de la frecuencia de la onda transmitida.

Tomar en el eje de ordenadas (y) el F.D. en escala logarítmica, en el eje de abscisas (x) la frecuencia en escala logarítmica desde 10 Hz. Hasta 10 GigaHertz.

Trazar todas las curvas en el mismo gráfico y extraer conclusiones.

a) Tierra: $\epsilon_T=10 \epsilon_0$	$\sigma_T=10^{-3}$ Mhos/m
b) Cobre: $\epsilon_c=\epsilon_0$	$\sigma_c=5,8 \times 10^7$ Mhos/m
c) Agua de Mar: $\epsilon_a=80 \epsilon_0$	$\sigma_a=5,6 \times 10^2$ Mhos/m
d) Aluminio: $\epsilon_{al}=\epsilon_0$	$\sigma_{al}=3,72 \times 10^7$ Mhos/m

PROBLEMA N° 04.15.40

El campo eléctrico E asociado a una onda electromagnética está variando en el eje x, y posee una Amplitud  $E_0=150$  V/m. La dirección de propagación es según el eje z, y lo hace a una frecuencia de 100 Mhz, a través de un medio con las siguientes características:

Permeabilidad magnética relativa ( $\mu_r$ ) = 1

Constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ ) = 4

Conductividad del medio ( $\sigma$ ) = 0.0223 [1/Ωm]

Calcular:

a) Imped. Intrínseca del material ( $\eta$ ), módulo, argumento y forma compleja.

b) Cte. De fase ( $\beta$ ), en grados /metro y radianes /metro.

c) Cte. De atenuación ( $\alpha$ ), en Neper/metro.

d) Velocidad de la onda  $V_p$ , en metros/seg.

e) Longitud de la onda ( $\lambda$ ), en metros.

f) Amplitud del campo magnético ( $H$ ) y su relación de fase con el campo eléctrico.

g) Representar gráficamente los valores anteriores.

---

#### **PROBLEMA N° 04.16.41**

---

El campo eléctrico  $E$  asociado a una onda electromagnética está variando en el eje  $x$ , y posee una Amplitud  $E_x = 200 \text{ V/m}$ . La dirección de propagación es según el eje  $z$ , y lo hace a una frecuencia de 100 Mhz, a través de un medio con las siguientes características:

$$\begin{aligned} &\text{Permeabilidad magnética relativa } (\mu_r) = 1 \\ &\text{Constante dieléctrica relativa } (\epsilon_r) = 4 \\ &\text{Conductividad del medio } (\sigma) = 0.178 \text{ [1/}\Omega\text{m]} \end{aligned}$$

Calcular:

- a) Imped. Intrínseca del material ( $\eta$ ), módulo, argumento y forma compleja.
- b) Cte. De fase ( $\beta$ ), en grados /metro y radianes /metro.
- c) Cte. De atenuación ( $\alpha$ ), en Neper/metro.
- d) Velocidad de la onda  $V_p$ , en metros/seg.
- e) Longitud de la onda ( $\lambda$ ), en metros.
- f) Amplitud del campo magnético ( $H$ ) y su relación de fase con el campo eléctrico.
- g) Representar gráficamente los valores anteriores.

### **5. POLARIZACIÓN**

---

#### **PROBLEMA N° 05.01.42**

---

Representar gráficamente los distintos tipos de polarización de la onda electromagnética y expresar las características de cada tipo.

---

#### **PROBLEMA N° 05.02.43**

---

Una onda electromagnética plana y uniforme, tiene un desplazamiento normal al plano XY. La componente  $E_x$  tiene un atraso con respecto a  $E_y$  de  $\pi/4$ . El valor del ángulo  $\theta$  referido al eje de las X es de  $30^\circ$ .

25 - Universitas

---

#### **GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

---

La amplitud de la intensidad del campo eléctrico es  $E = 36 \cdot 10^{-2} \text{ V/m}$ .

Se quiere saber:

- a) Tipo de polarización.
- b) Valores de las componentes.
- c) Calcular el  $H$  total, en el vacío.

### **6. VECTOR DE POYNTING**

---

#### **PROBLEMA N° 06.01.44**

---

Expresar simbólicamente la ecuación de conservación de la energía obtenida en el teorema de Poynting. Extraer conclusiones.

---

#### **PROBLEMA N° 06.02.45**

---

Partiendo de la ecuación de onda Incidente de campo Eléctrico y Magnético hallar los valores instantáneos, pico y medio del vector de Poynting.

---

#### **PROBLEMA N° 06.03.46**

---

Hallar el valor complejo del Vector de Poynting.

- a) Densidad de Potencia activa o real.

b) Densidad de Potencia reactiva o imaginaria.

---

#### PROBLEMA N° 06.04.47

---

Una onda electromagnética plana y uniforme de amplitud de campo eléctrico  $E = 20 \text{ V/m}$ , se propaga por un medio dieléctrico (conductividad  $\sigma = 0$ ) que posee una permeabilidad magnética relativa de valor unitario. La velocidad de fase es  $V_p = 1,06 \times 10^8 \text{ [m/s]}$  con una frecuencia  $F = 100 \text{ Mhz}$ .

- a) Hallar la cte. de permitividad relativa del medio  $\epsilon_r$
- b) Hallar la impedancia intrínseca del medio ( $\eta$ )
- c) Hallar la densidad de potencia de la onda P<sub>y</sub> – Poynting –

---

#### PROBLEMA N° 06.05.48

---

Un transmisor posee una antena omnidireccional y emite con una potencia de 20 Kw. Calcular la densidad de potencia de la onda en una antena receptora distante 50 Km de la antena transmisora.

26 - Universitas

---

Medios de Enlace

Considerar propagación en el vacío. Hallar el valor de las componentes de campo eléctrico y magnético.

---

#### PROBLEMA N° 06.06.49

---

Se posee un receptor que necesita en su antena un valor mínimo de carga eléctrica de 10 mV/m. El medio en el que está es un dieléctrico cuya cte. dieléctrica relativa  $\epsilon_r=2$  y la permeabilidad magnética relativa  $\mu_r=1$  y  $\sigma = 0$ .

- a) Calcular la distancia máxima a la que se debe encontrar un transmisor que tiene una potencia de salida de 10Kw.
- b) En las condiciones anteriores aparece ahora en el transmisor una atenuación de 10 dB. Calcular el valor de la densidad de potencia en el receptor para el trayecto calculado.
- c) Calcular la distancia a la que se deberá ubicar la antena receptora para tener en esta nueva condición los 10mV/m.

---

#### PROBLEMA N° 06.07.50

---

Un transmisor de 500 W pierde 1 dB en el cable coaxil hasta la antena. El camino de propagación es una zona boscosa de gran atenuación (10 dB/50 Km). Se pide calcular el vector de Poynting a 100 Km de la antena.

## 7. REFLEXIÓN PERPENDICULAR DIELÉCTRICO/DIELÉCTRICO

---

#### PROBLEMA N° 07.01.51

---

Expresar las constantes de Reflexión ( $\Gamma$ ), y de Refracción o Transmisión (T) del campo eléctrico ( $\Gamma_E, T_E$ ), y Campo Magnético ( $\Gamma_H, T_H$ ) en función de las impedancias intrínsecas de los medios ( $\eta_1, \eta_2$ ).

---

#### PROBLEMA N° 07.02.52

---

Extraer conclusiones de lo que sucede con la constante de reflexión del campo eléctrico y campo magnético cuando la impedancia intrínseca del medio 1 es mayor, menor o igual a la del medio 2.

---

#### PROBLEMA N° 07.03.53

---

Un radar meteorológico emite una onda electromagnética, cuyo Campo Eléctrico posee una amplitud  $E_i = 200 \text{ V/m}$  y Frecuencia  $F = 100 \text{ Mhz}$ .

La onda se propaga por el vacío e incide en forma perpendicular sobre la superficie plana de un die-

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

- ◆ Permeabilidad magnética relativa: ( $\mu_r$ )= 1
- ◆ Constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ )=6,25
- ◆ Conductividad ( $\sigma$ )=0

Calcular:

- a) Impedancia Intrínseca de cada medio ( $\eta_1, \eta_2$ ).
- b) Constante de fase de cada medio ( $\beta_1, \beta_2$ ).
- c) Longitud de la onda en cada medio ( $\lambda_1, \lambda_2$ ).
- d) Cte. de Reflexión del campo eléctrico ( $\Gamma_E$ ) y Magnético ( $\Gamma_H$ ).
- e) Cte. de Transmisión del campo eléctrico ( $T_E$ ) y Magnético ( $T_H$ ).
- f) Módulo del campo eléctrico reflejado ( $E_r$ ) y Transmitido ( $E_t$ ).
- g) Módulo del campo Magnético incidente ( $H_i$ ), Reflejado ( $H_r$ ) y Transmitido ( $H_t$ ).
- h) Verificar los resultados anteriores, demostrando la igualdad de las densidades de potencia (Poynting) en ambos medios.

PROBLEMA N° 07.04.54

Un radar meteorológico emite una onda electromagnética, cuyo Campo Eléctrico posee una amplitud  $E_i = 100 \text{ V/m}$  y Frecuencia  $F = 100 \text{ Mhz}$ .

La onda se propaga por un medio dieléctrico 1, e incide en forma perpendicular sobre la superficie plana de un dieléctrico sin pérdidas; cuyos parámetros característicos son los siguientes:

*Medio 1*

- ◆ Permeabilidad magnética relativa: ( $\mu_r$ )= 1
- ◆ Constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ )=4
- ◆ Conductividad ( $\sigma$ )=0

*Medio2*

- ◆ Permeabilidad magnética relativa: ( $\mu_r$ )= 1
- ◆ Constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ )=12,25
- ◆ Conductividad ( $\sigma$ )=0

Calcular:

- a) Impedancia Intrínseca de cada medio ( $\eta_1, \eta_2$ ).
- b) Constante de fase de cada medio ( $\beta_1, \beta_2$ ).
- c) Longitud de la onda en cada medio ( $\lambda_1, \lambda_2$ ).
- d) Cte. de Reflexión del campo eléctrico ( $\Gamma_E$ ) y Magnético ( $\Gamma_H$ ).
- e) Cte. de Transmisión del campo eléctrico ( $T_E$ ) y Magnético ( $T_H$ ).
- f) Módulo del campo eléctrico reflejado ( $E_r$ ) y Transmitido ( $E_t$ ).

- g) Módulo del campo Magnético incidente ( $H_i$ ), Reflejado ( $H_r$ ) y Transmitido ( $H_t$ ).
- h) Verificar los resultados anteriores, demostrando la igualdad de las densidades de potencia (Poynting) en ambos medios.

PROBLEMA N° 07.05.55

Un radar meteorológico emite una onda electromagnética, cuyo campo eléctrico posee una amplitud  $E_0 = 40 \text{ V/m}$  y Frecuencia  $F = 200 \text{ MHz}$ .

La onda se propaga por un medio dieléctrico 1 de impedancia intrínseca  $\eta_1 = 250 \text{ [}\Omega\text{]}$ , e incide en forma perpendicular sobre la superficie plana de un medio 2 cuyos parámetros característicos son los siguientes:

- ◆ Permeabilidad magnética relativa:  $(\mu_r) = 1$
- ◆ Constante dieléctrica relativa  $(\epsilon_r) = 2,6$
- ◆ Conductividad  $(\sigma) = 0,134 \text{ [1}/\Omega\cdot\text{m}]\text{}$

Calcular:

- a) Factor de Disipación del Medio 2. (F.D.)
- b) Impedancia Intrínseca del medio 2 en forma compleja ( $\eta_2 = R + jX$ ).
- c) Cte. de Reflexión del campo eléctrico ( $\Gamma_E$ )
- d) Módulo y argumento del campo eléctrico reflejado ( $E_r$ ).
- e) Distancia en grados al Campo Eléctrico Total Máximo desde la superficie de frontera.
- f) Distancia en grados al Campo eléctrico Total mínimo desde la superficie de frontera.

## 8. REFLEXIÓN PERPENDICULAR DIELÉCTRICO/COND. PERF.

### PROBLEMA N° 08.01.56

Expresar simbólicamente las ecuaciones del campo eléctrico total  $E_T$  y campo magnético total  $H_T$  en un medio dieléctrico, cuando la onda electromagnética polarizada en el eje X, se propaga en la dirección Z e incide en forma perpendicular sobre un medio conductor perfecto.

- a) Hacer una tabla de valores para el campo eléctrico total  $E_T$  y campo magnético total  $H_T$  con valores de  $\beta z$  entre  $0$  y  $2\pi$  en pasos de  $\pi/4$ . Dar valores a  $\omega t$  comprendidos entre  $0$  y  $2\pi$  en pasos de  $\pi/4$ .

$$\omega t = 0$$

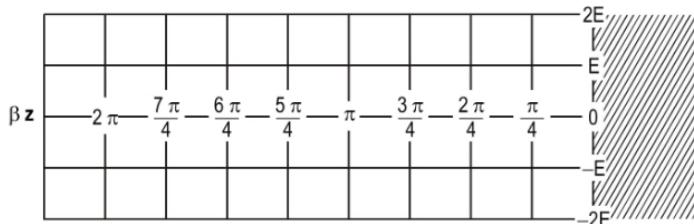
$\beta z$	0	$\pi/4$	$2\pi/4$	$3\pi/4$	$\pi$	$5\pi/4$	$6\pi/4$	$7\pi/4$	$2\pi$
$E_T$									

29 - Universitas

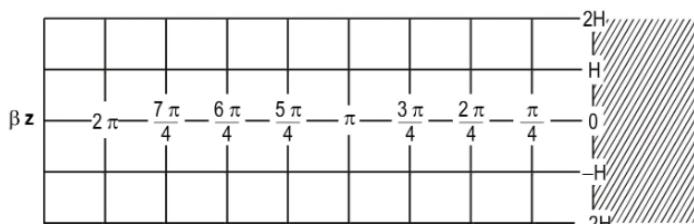
### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$H_T$									

- b) Graficar el campo eléctrico total  $E_T$  que corresponde a las tablas generadas en a).



- c) Graficar el campo magnético total  $H_T$  que corresponde a las tablas generadas en a).



---

### PROBLEMA N° 08.02.57

---

Calcular analíticamente el módulo y argumento del coeficiente de reflexión ( $\Gamma_E$ ), conociendo las impedancias intrínsecas de ambos medios y calcular la R.O.E. (Relación de Onda Estacionaria).

$$\Gamma_E = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

Aplicando:

a)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \eta_2 &= (490 + j490)\Omega \end{aligned}$

b)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \eta_2 &= (98,02 + j75,4)\Omega \end{aligned}$

c)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \eta_2 &= (226,2 - j188,5)\Omega \end{aligned}$

d)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \eta_2 &= (452,4 - j829,4)\Omega \end{aligned}$

30 - Universitas

---

Medios de Enlace

---

### PROBLEMA N° 08.03.58

---

Calcular analíticamente y expresar en forma compleja el valor de la impedancia intrínseca del medio 2 ( $\eta_2$ ), conociendo el módulo y el argumento del coeficiente de reflexión ( $\Gamma_E$ ) y conociendo la impedancia intrínseca del medio 1 ( $\eta_1$ ).

$$\Gamma_E = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

Aplicando:

a)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ [\Gamma_E] &= 0,5 \\ \theta_{\Gamma E} &= 45^\circ \end{aligned}$

b)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ [\Gamma_E] &= 0,3 \\ \theta_{\Gamma E} &= 150^\circ \end{aligned}$

c)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ [\Gamma_E] &= 0,45 \\ \theta_{\Gamma E} &= -80^\circ \end{aligned}$

d)  $\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ [\Gamma_E] &= 0,6 \\ \theta_{\Gamma E} &= -150^\circ \end{aligned}$

## 9. CÁLCULO ANALÍTICO Y GRÁFICO DEL CAMPO TOTAL EN REFLEXIÓN NORMAL

---

### PROBLEMA N° 09.01.59

---

- Expresar la formula analítica para sumar dos vectores que no son perpendiculares (Teorema del coseno).
- Graficar a escala con  $E_i = 5$  cm, los vectores  $E_i$  (Campo Incidente);  $E_r$  (Campo Reflejado) y  $E_T$  (Campo Total) para un coeficiente de reflexión  $[\Gamma] = 0,6$  y  $\theta_\Gamma = 45^\circ$ .
- Si  $E_i = 90$  [V/m] cuánto vale  $E_T$ .
- Con los valores de  $[\Gamma]$  y  $\theta_\Gamma$  dados, ¿Cuánto vale la R.O.E.?

---

### PROBLEMA N° 09.02.60

---

Expresar la fórmula de la Relación de Onda Estacionaria (R.O.E.)

- En función de las tensiones máximas y mínimas.
- En función del coeficiente de reflexión ( $\Gamma_E$ ).
- Si  $E_i = 80$  [V/m] y  $E_r = 40$  [V/m] cuánto vale la R.O.E.?
- Si  $[\Gamma] = 0,5$  y  $\theta_\Gamma = 125^\circ$  cuánto vale la R.O.E.?

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS****PROBLEMA N° 09.03.61**

Explicar brevemente el fundamento del Diagrama de Crank.

**PROBLEMA N° 09.04.62**

Trazar los modelos de onda estacionaria del campo Eléctrico o distribución del campo eléctrico por medio del diagrama de Crank. Calcular la Relación de Onda Estacionaria (R.O.E.) y las distancias al máximo y al mínimo en Grados, Long. de Onda y en Metros . Realizar en cuatro (4) Diagramas de Crank distintos, completando todos los valores de los Diagramas.

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$\eta_2 = (490 + j490)\Omega$$

a)  $E_i = 100[V/m]$

$$F = 3 \times 10^8 [Hz]$$

$$F_{vp} = 0,92$$

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$\eta_2 = (98,02 + j75,4)\Omega$$

b)  $E_i = 200[V/m]$

$$F = 10^8 [Hz]$$

$$F_{vp} = 0,95$$

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$\eta_2 = (226,2 - j188,5)\Omega$$

c)  $E_i = 150[V/m]$

$$F = 2 \times 10^8 [Hz]$$

$$F_{vp} = 0,92$$

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$\eta_2 = (452,4 - j829,4)\Omega$$

d)  $E_i = 100[V/m]$

$$F = 1,5 \times 10^8 [Hz]$$

$$F_{vp} = 0,95$$

**PROBLEMA N° 09.05.63**

Una onda electromagnética se propaga por un medio de impedancia intrínseca  $\eta_1 = 75 [\Omega]$  e incide en forma perpendicular sobre un medio 2 cuyas constantes están debajo. ¿Qué distancia en longitudes de onda y en grados hay desde la superficie de frontera al campo Eléctrico total mínimo ( $E_{Tmín}$ ) para una frecuencia de 10 Mhz.? Calcular en primer término el Factor de Disipación (FD).

Medio2

Permeabilidad magnética relativa:  $(\mu_r) = 1$

Constante dieléctrica relativa  $(\epsilon_r) = 2,75$

Conductividad  $(\sigma) = 0,0346$

**PROBLEMA N° 09.06.64**

Conociendo la impedancia normalizada  $Z_n$  en la frontera de un medio con reflexión, se solicita calcular la distancia al máximo y al mínimo de campo eléctrico total en longitudes de onda y en grados desde la impedancia dada. Representarla en el Diagrama de Crank tanto en la parte superior con

módulo y argumento del coeficiente de reflexión y el Campo Total como en la parte inferior en función de la distancia.

$$Z_n = 0,84 - j 0,75$$

**PROBLEMA N° 09.07.65**

Partiendo de la ecuación del coeficiente de reflexión ( $\Gamma_E$ ) en función de las impedancias intrínsecas de los medios, hallar las ecuaciones de circunferencia de la parte real (r) e imaginaria (x) de la impedancia intrínseca normalizada del medio 2.

$$\Gamma_E = u + jv = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \quad \frac{\eta_2}{\eta_1} = z_{n2} = r + jx$$

---

#### PROBLEMA N° 09.08.66

---

Partiendo de la expresión de la parte real de la impedancia intrínseca normalizada:

$$\left( u - \frac{r}{r+1} \right)^2 + (v-0)^2 = \left( \frac{1}{r+1} \right)^2$$

- a) Dar valores a  $r = 0 ; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 5 ; \infty$ .
- b) Confeccionar una tabla y trazar la familia de curvas sobre el diagrama del coeficiente de reflexión constante ( $u, jv$ ).
- c) Extraer conclusiones.

---

#### PROBLEMA N° 09.09.67

---

Partiendo de la expresión de la parte imaginaria de la impedancia intrínseca normalizada:

$$(u-1)^2 + \left( v - \frac{1}{x} \right)^2 = \left( \frac{1}{x} \right)^2$$

- a) Dar valores a  $x = 0 ; +1; -1; +2; -2; +5; -5; +\infty; -\infty$ .
- b) Confeccionar una tabla y trazar la familia de curvas sobre el mismo diagrama del ejercicio anterior.
- c) Extraer conclusiones.

---

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---



---

#### PROBLEMA N° 09.10.68

---

Encontrar el módulo y el argumento del coeficiente de reflexión ( $\Gamma_E$ ), por medio del **ábaco de Smith**, Marcar Coeficiente de Reflexión y ROE en las correspondientes escalas, conociendo la impedancia intrínseca de ambos medios, con los siguientes datos:

a) $\eta_1 = 377\Omega$	$\eta_1 = 377\Omega$
$\eta_2 = (490 + j490)\Omega$	$\eta_2 = (98,02 + j75,4)\Omega$
c) $\eta_1 = 377\Omega$	$\eta_1 = 377\Omega$
$\eta_2 = (226,2 - j188,5)\Omega$	$\eta_2 = (452,4 - j829,4)\Omega$

---

#### PROBLEMA N° 09.11.69

---

Expresar en forma compleja el valor de la impedancia intrínseca del medio 2, siendo el medio 1 el vacío, hallando los valores por medio del **ábaco de Smith**, representar la ROE en la escala radial y en el eje de parte real de la impedancia que va de 1 a infinito con los siguientes datos:

$\eta_1 = 377\Omega$	$\eta_1 = 377\Omega$
a) $[\Gamma_E] = 0,5$	b) $[\Gamma_E] = 0,3$
$\theta_\Gamma = 45^\circ$	$\theta_\Gamma = 150^\circ$

$\eta_1 = 377\Omega$	$\eta_1 = 377\Omega$
----------------------	----------------------

c)  $|\Gamma_r| = 0,45$   
 $\theta_r = -80^\circ$

d)  $|\Gamma_r| = 0,6$   
 $\theta_r = -150^\circ$

---

#### PROBLEMA N° 09.12.70

---

Partiendo de los valores de cada una de las impedancias siguientes calcular y hacer una tabla de tres filas y 9 columnas para cada uno de los siguientes puntos:

- a) Impedancia normalizada  $Z_n$  y total  $Z_T$  cada  $0,0625 \lambda$  desde la superficie de frontera hasta  $0,5 \lambda$ .

a)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (226,2 + j414,7)\Omega$

- b) Admitancia normalizada  $Y_n$  y total  $Y_T$  cada  $0,0625 \lambda$  desde la superficie de frontera hasta  $0,5 \lambda$ .

b)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (527,8 + j339,3)\Omega$

---

#### PROBLEMA N° 09.13.71

---

En un medio con reflexión perpendicular, se mide una impedancia  $\eta_a$  muy próxima a la superficie de frontera (carga); en otro punto del mismo medio, yendo hacia el generador, se mide otra impedancia  $\eta_b$ . Representar en el **ábaco de Smith** ambas impedancias y calcular la distancia entre ambas en longitudes de onda  $[\lambda]$ , si la impedancia intrínseca  $\eta_1$  del medio es  $377 [\Omega]$ .

$$\eta_a = 226,2 - j 226,2$$

$$\eta_b = 175,13 + j 128,34$$

---

#### PROBLEMA N° 09.14.72

---

En un medio con reflexión perpendicular, se mide una impedancia  $\eta_a$  muy próxima al generador; en otro punto del mismo medio, yendo hacia la superficie de frontera (carga), se mide otra impedancia  $\eta_b$ . Representar en el **ábaco de Smith** ambas impedancias y calcular la distancia entre ambas en longitudes de onda  $[\lambda]$ , si la impedancia intrínseca  $\eta_1$  del medio es  $377 [\Omega]$ .

$$\eta_a = 256,30 + j 330,46$$

$$\eta_b = 165,88 - j 188,50$$

---

## 10. REFLEXIÓN OBLICUA

---

#### PROBLEMA N° 10.01.73

---

Una onda plana que se propaga por el vacío, posee una dirección S de propagación y su versor normal  $\hat{n}$  a las superficies equifásicas, forma los siguientes ángulos con los ejes:

$A=90^\circ$  con respecto a X,  $B=30^\circ$  con respecto a Y,  $C=60^\circ$  con respecto a Z.

- Expresar el versor normal  $\hat{n}$  en función de los cosenos directores y graficar la dirección S a escala.
- Expresar la ecuación del campo eléctrico total cuya amplitud máxima es 100 V/m y freq. 100 Mhz, en función de x, y, z, t (parte real).
- Calcular el campo para:

x=0	y=0	z=0	t=0
x=0	y=3,465m	z=0	t=0
x=0	y=0	z=6m	t=0

- Trazar los planos equifásicos de los puntos mencionados en c), sobre el gráfico pedido en a).

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

- e) Extraiga conclusiones, en función de las distancias recorridas por la onda en la dirección S, x, y, z.

**PROBLEMA N° 10.02.74**

Realizar un gráfico para analizar las longitudes de la onda en reflexión oblicua, analizar la velocidad de fase en distintas direcciones y compararlas con la velocidad de la onda en una dirección normal a los planos equifásicos.

**PROBLEMA N° 10.03.75**

Expresar la ecuación de la parte real del campo eléctrico total de una onda con reflexión oblicua sobre un conductor perfecto, con polarización perpendicular.

- a) Graficar el campo eléctrico total para  $wt=0$ 
  - ◆  $B_{Y\bar{Y}}$  entre 0 y  $\pi$  en pasos de  $\pi/4$  (en el eje vertical).
  - ◆  $B_{Z\bar{Z}}$  entre 0 y  $2\pi$  en pasos de  $\pi/2$  (en el eje horizontal)
- b) Idem para  $wt = \pi/2$ ;  $wt = 3\pi/4$ ;  $wt = \pi$
- c) Extraiga conclusiones respecto al comportamiento de la onda en los distintos ejes.

**11. GUÍAS DE ONDAS****PROBLEMA N° 11.01.76**

- a) Expresar las ecuaciones para las distintas componentes del campo eléctrico y magnético para el modo transversal eléctrico TE. ( $E_x, E_y, H_x, H_z$ )  $E_z=0$
- b) Expresar las ecuaciones para las distintas componentes del campo eléctrico y magnético para el modo transversal magnético TM. ( $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y$ )  $H_z=0$
- c) Expresar la ecuación para calcular la frecuencia de corte de una guía rectangular.

**PROBLEMA N° 11.02.77**

Dadas dos guías de ondas rectangulares con los mismos perímetros interiores como sigue, comparar sus frecuencias de corte para el modo  $TM_{11}$  y luego para el modo  $TM_{12}$ .

a)  $a=0,9$  pulg.       $b=0,4$  pulg.      1 pulg. = 0,0254 metros

b)  $a = b = 0,65$

**PROBLEMA N° 11.03.78**

Encontrar las dimensiones de la guía de ondas más pequeña, cuadrada, llena de aire que apenas propague el modo  $TM_{11}$  a las frecuencias:

a) 10 Ghz

- b) 10 Mhz  
c) 10 KHz

---

#### PROBLEMA N° 11.04.79

---

Una guía de onda rectangular y llena de aire cuyas dimensiones son:  $a=0,9$  pulg.,  $b=0,4$  pulg.; opera en el modo TM11 a 20 Ghz.

Determinar:

- a) la constante de fase  $\beta$ .
- b) La longitud de la onda en las distintas direcciones ( $\lambda, \lambda_z, \lambda_g$ )
- c) La velocidad de fase  $V_z$  y la de grupo  $V_g$ .
- d) Comparar las respuestas anteriores con las que se obtienen para una onda plana en el espacio vacío sin límites.

---

#### PROBLEMA N° 11.05.80

---

Resolver el problema anterior, suponiendo que la guía de ondas está rellena con un material dieléctrico sin pérdidas con  $\epsilon_r=4$ .

---

#### PROBLEMA N° 11.06.81

---

Dadas 6 dimensiones de guías de ondas standard (rectangulares) de la carta de Hewlett Packard, comprobar sus frecuencias de corte para el modo dominante TE<sub>10</sub>.

- |  |                                |                |
|--|--------------------------------|----------------|
| <b>a)</b> 2,84 pulg. $\times$ 1,34 pulg.   | (7,214 cm $\times$ 3,404 cm)   | <b>Banda S</b> |
| <b>b)</b> 1,59 pulg. $\times$ 0,759 pulg.  | (4,039 cm $\times$ 1,928 cm)   | <b>Banda C</b> |
| <b>c)</b> 0,90 pulg. $\times$ 0,40 pulg.   | (2,286 cm $\times$ 1,016 cm)   | <b>Banda X</b> |
| <b>d)</b> 0,622 pulg. $\times$ 0,311 pulg. | (1,580 cm $\times$ 0,790 cm)   | <b>Banda P</b> |
| <b>e)</b> 0,280 pulg. $\times$ 0,140 pulg. | (0,711 cm $\times$ 0,356 cm)   | <b>Banda R</b> |
| <b>f)</b> 0,148 pulg. $\times$ 0,074 pulg. | (0,3759 cm $\times$ 0,1879 cm) | <b>Banda V</b> |

---

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

## 12. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

---

#### PROBLEMA N° 12.01.82

---

Calcular el coeficiente de reflexión de la carga ( $\Gamma_R$ ) y del generador ( $\Gamma_G$ ) de una línea de transmisión cuya resistencia de carga  $R_L = 3 R_0$  y la resistencia interna del generador  $R_G = 0$ . La tensión del generador es continua (y tarda un tiempo  $T$  en llegar a la carga).

Trazar en un sistema de ejes coordenados la variación de tensión en la carga debida a las sucesivas reflexiones en un tiempo  $t = 7 T$ . Extraer conclusiones.

---

#### PROBLEMA N° 12.02.83

---

Idem al anterior para  $R_L = \infty$ ,  $R_G = 3 R_0$ . Extraer conclusiones.

---

#### PROBLEMA N° 12.03.84

---

Idem al anterior para  $R_L = 0$ ,  $R_G = 3 R_0$ . Extraer conclusiones.

---

#### PROBLEMA N° 12.04.85

---

Expresar la ecuación de la impedancia de entrada de una sección de línea de transmisión sin pérdida

en función de  $Z_R$ ,  $Z_0$ ,  $\beta$  y d.

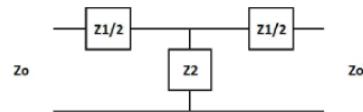
#### PROBLEMA N° 12.05.86

Hacer un esquema que represente los cálculos de Impedancias (Z) y de Admitancias (Y) para:

- Resistencia, Bobina y Capacitor ( 1 elemento en forma individual)
- Resistencia y Bobina ( 2 elementos en serie y en paralelo)
- Resistencia y Capacitor ( 2 elementos en serie y en paralelo)
- Resistencia, bobina y capacitor ( 3 elementos en serie y en paralelo )
- Realizar un circulo con radio de 5 cm que represente el ábaco de Smith, marcar parte real igual a 1; parte imaginaria igual a 1 y -1 y dibujar en él los puntos a); b) y c).

#### PROBLEMA N° 12.06.87

Desarrolle a partir de un cuadripolo simétrico con parámetros concentrados ( $Z_1$  y  $Z_2$ ) cómo encuentra la fórmula de impedancia característica  $Z_0$ .



38 - Universitas

Medios de Enlace

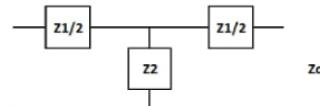
#### PROBLEMA N° 12.07.88

Calcular la impedancia característica  $Z_0$  de un cuadripolo simétrico con parámetros concentrados ( $Z_1$  y  $Z_2$ ). Verificar que se cumple.

$$Z_1 = 810 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_2 = 520 \text{ } [\Omega]$$

$Z_0$



#### PROBLEMA N° 12.08.89

Dada una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0$ , un generador de 100 V/300 Mhz y una carga  $Z_R$  que tiene: una Resistencia R y una inductancia L. El factor de velocidad en la línea de transmisión es  $F_v = 0,95$ .

Calcular coeficiente de reflexión  $\Gamma$  (Mod.,Arg.) y la Relación de onda estacionaria de la Línea R.O.E.

$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$R = 150 \text{ } [\Omega]$$

$$L = 0,0796 \text{ } [\mu\text{H}]$$



#### PROBLEMA N° 12.09.90

Dada una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0$ , un generador de 100 V/300 Mhz y una carga  $Z_R$  que tiene: una Resistencia R y un capacitor C. El factor de velocidad en la línea de transmisión es  $F_v = 0,95$ .

Calcular coeficiente de reflexión  $\Gamma$  (Mod.,Arg.) y la Relación de onda estacionaria de la Línea R.O.E.

$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$R = 150 \text{ } [\Omega]$$

$$C = 3,929 \text{ } [\text{pF}]$$



#### PROBLEMA N° 12.10.91

Dada una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0$  y una impedancia de carga  $Z_R$ , calcular las admitancias normalizadas cada  $0,0625 \lambda$ , partiendo desde la carga hasta  $\lambda/2$  de la carga.

Aplicar la formula analítica en los puntos 2 y 6 y comprobar los resultados en el ábaco. Aplicar un recurso informático diseñado en Excel.

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Datos:

$$Z_0 = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R = 150 \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yr	0,0625 $\lambda$	0,125 $\lambda$	0,1875 $\lambda$	0,25 $\lambda$	0,3125 $\lambda$	0,375 $\lambda$	0,4375 $\lambda$	0,5 $\lambda$

PROBLEMA N° 12.11.92

Dada una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0$  y una impedancia de carga  $Z_R$ , calcular las admitancias normalizadas cada  $0,0625 \lambda$ , partiendo desde la carga hasta  $\lambda/2$  de la carga.

Aplicar la formula analítica en los puntos 3 y 7 y comprobar los resultados en el ábaco.

Datos:

$$Z_0 = 300 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R = 600 \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yr	0,0625 $\lambda$	0,125 $\lambda$	0,1875 $\lambda$	0,25 $\lambda$	0,3125 $\lambda$	0,375 $\lambda$	0,4375 $\lambda$	0,5 $\lambda$

PROBLEMA N° 12.12.93

Dada una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0$  y una impedancia de carga  $Z_R$ , calcular las admitancias normalizadas cada  $0,0625 \lambda$ , partiendo desde la carga hasta  $\lambda/2$  de la carga.

Aplicar la formula analítica en los puntos 4 y 8 y comprobar los resultados en el ábaco.

Datos:

$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R = 0 \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yr	0,0625 $\lambda$	0,125 $\lambda$	0,1875 $\lambda$	0,25 $\lambda$	0,3125 $\lambda$	0,375 $\lambda$	0,4375 $\lambda$	0,5 $\lambda$

PROBLEMA N° 12.13.94

Dada una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0$  y una impedancia de carga  $Z_R$ , calcular las admitancias normalizadas cada  $0,0625 \lambda$ , partiendo desde la carga hasta  $\lambda/2$  de la carga.

Aplicar la formula analítica en los puntos 4 y 7 y comprobar los resultados en el ábaco.

Datos:

$$Z_0 = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R = \infty \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yr	0,0625 $\lambda$	0,125 $\lambda$	0,1875 $\lambda$	0,25 $\lambda$	0,3125 $\lambda$	0,375 $\lambda$	0,4375 $\lambda$	0,5 $\lambda$

---

**PROBLEMA N° 12.14.95**

---

Se mide una impedancia de carga entre las frecuencias de 30 Mhz y 100 Mhz, dando los siguientes valores:

1	30 Mhz	$Z_1 = 12+j 5 \Omega$
2	40 Mhz	$Z_2 = 9+j 13 \Omega$
3	50 Mhz	$Z_3 = 7,5+j 22 \Omega$
4	60 Mhz	$Z_4 = 10+j 33 \Omega$

5	70 Mhz	$Z_5 = 15+j 40 \Omega$
6	80 Mhz	$Z_6 = 22,5+j 50 \Omega$
7	90 Mhz	$Z_7 = 35+j 60 \Omega$
8	100 Mhz	$Z_8 = 50+j 70 \Omega$

Normalizar los valores para  $Z_0 = 50 [\Omega]$

- a) Graficar en el ábaco de Smith la impedancia normalizada para las distintas frecuencias y unir los puntos.
- b) Idem para admitancias de carga normalizadas, en el mismo ábaco.

---

**PROBLEMA N° 12.15.96**

---

Se posee una línea de transmisión cuya impedancia característica  $Z_0 = 300 [\Omega]$  con un generador en los bornes de entrada de  $V = 30 \text{ V} / 100 \text{ Mhz}$ .

Si la impedancia de carga  $Z_R = 210 - j 60 [\Omega]$ , calcular:

- a) Coeficiente de Reflexión en la carga (módulo y argumento).
- b) Relación de Onda Estacionaria (R.O.E.)
- c) Distancias a las tensiones máximas y mínimas.
- d) Distribución de tensión en  $\lambda/2$  de la línea, partiendo desde la carga.

---

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

---

---

**PROBLEMA N° 12.16.97**

---

Se posee una línea de transmisión cuya impedancia característica  $Z_0 = 75 [\Omega]$  con un generador en los bornes de entrada de  $V = 50 \text{ V} / 300 \text{ Mhz}$ .

Si la impedancia de carga  $Z_R = 52,5 + j 52,5 [\Omega]$ , calcular:

- a) Coeficiente de Reflexión en la carga (módulo y argumento).
- b) Relación de Onda Estacionaria (R.O.E.)
- c) Distancias a las tensiones máximas y mínimas.
- d) Distribución de tensión en  $\lambda/2$  de la línea, partiendo desde la carga.

---

**13. ADAPTACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

---

---

**PROBLEMA N° 13.01.98**

---

Se dispone de una línea de transmisión en corto circuito (Stub c.c.) que a la frecuencia  $F_1 = 240 \text{ Mhz}$  sus dimensiones expresadas en longitud de onda es igual a  $0,4518 \lambda$ .

- a) Calcular su longitud en metros y su susceptancia a la Frecuencia  $F_1$ .

Si la frecuencia cambia a  $F_2 = 150 \text{ Mhz}$ , calcular:

- b) La nueva susceptancia que presenta dicho Stub a la frecuencia  $F_2$ .

Expresar analíticamente y graficar en el ábaco todos los pasos realizados para encontrar el valor de la susceptancia.

---

#### PROBLEMA N° 13.02.99

---

Se dispone de una línea de transmisión en circuito abierto (Stub c.a.) que a la frecuencia  $F_1 = 250$  Mhz sus dimensiones expresadas en longitud de onda es igual a  $0,3487 \lambda$ .

- a) Calcular su longitud en metros y su susceptancia a la Frecuencia  $F_1$ .

Si la frecuencia cambia a  $F_2 = 200$  Mhz, calcular:

- b) La nueva susceptancia que presenta dicho Stub a la frecuencia  $F_2$ .

Expresar analíticamente y graficar en el ábaco todos los pasos realizados para encontrar el valor de la susceptancia.

---

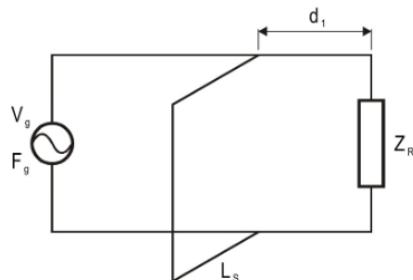
#### PROBLEMA N° 13.03.100

---

Adaptar con un ramal sintonizador "stub", una línea de transmisión cuya impedancia característica es  $Z_0$  y la impedancia de carga es  $Z_R$ .

42 - Universitas

Medios de Enlace



El generador es de una tensión  $V_g$  y una frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

Datos

$$Z_0 = 300 [\Omega]$$

$$Z_R = 210 - j60 [\Omega]$$

$$V_g = 30 [V]$$

$$F_g = 100 [Mhz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

Calcular:

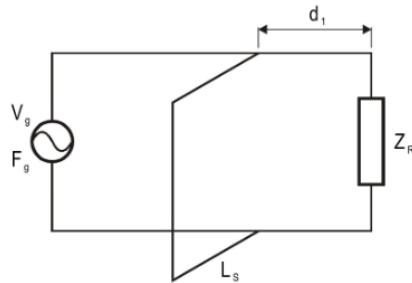
- Distancia entre la impedancia de carga  $Z_R$  y el punto de conexión del stub (  $d_1$  ).
- Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- Relación de onda estacionaria en la carga  $ROE_R$ .
- Longitud del stub  $L_{S1}$ , en long. de onda [  $\lambda$  ] y en metros [ m ].
- Susceptancia normalizada del stub  $jbs_1$ .
- Coeficiente de reflexión y R.O.E. en la sección adaptada.

---

#### PROBLEMA N° 13.04.101

---

Adaptar con un ramal sintonizador "stub", una línea de transmisión cuya impedancia característica es  $Z_0$  y la impedancia de carga es  $Z_R$ .

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

El generador es de una tensión  $V_g$  y una frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

Datos

$$Z_0 = 300 [\Omega]$$

$$Z_R = 75 [\Omega]$$

$$V_g = 50 [V]$$

$$F_g = 100 [MHz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

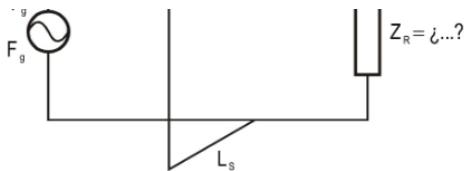
Calcular:

- Distancia entre la impedancia de carga  $Z_R$  y el punto de conexión del stub ( $d_1$ ).
- Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- Relación de onda estacionaria en la carga ROE<sub>R</sub>.
- Longitud del stub  $L_s$ , en long. de onda [ $\lambda$ ] y en metros [m].
- Susceptancia normalizada del stub  $j_{bs}$ .
- Coeficiente de reflexión y R.O.E. en la sección adaptada.

PROBLEMA N° 13.05.102

Dada una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0=50 \Omega$ , un generador de 100V/300Mhz y con un stub de largo de 15 cm ( $L_s$ ) separado de la carga  $\lambda/8$  ( $d_1$ ). Calcular la impedancia de carga ( $Z_R$ ).





Datos

$$Z_0 = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R = ? \text{ } [\Omega]$$

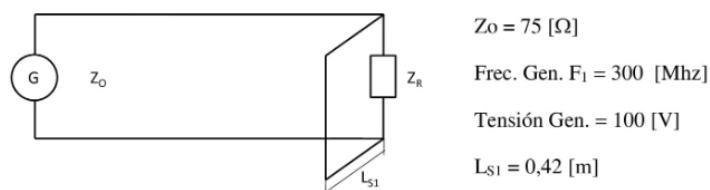
$$V_g = 100 \text{ } [V]$$

$$F_g = 300 \text{ } [Mhz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

#### PROBLEMA N° 13.06.103

Se dispone de una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0$ , un generador G, una impedancia de carga  $Z_R$  que no varía sustancialmente con la Frecuencia y un stub en corto circuito que adapta la Línea de Transmisión en la carga a la Frecuencia  $F_1$ . El Generador permite usar dos Frecuencias:  $F_1$  y  $F_2$ . El factor de velocidad en la línea de transmisión es siempre  $F_v = 1$ .



$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$\text{Frec. Gen. } F_1 = 300 \text{ } [Mhz]$$

$$\text{Tensión Gen.} = 100 \text{ } [V]$$

$$L_{S1} = 0,42 \text{ } [m]$$

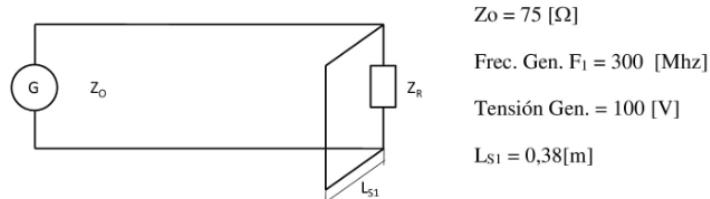
Calcular la Relación de Onda Estacionaria de la Línea (R.O.E.GF2) en el Generador para una Frecuencia Gen.  $F_2 = 334 \text{ } [Mhz]$ .

#### PROBLEMA N° 13.07.104

Se dispone de una línea de transmisión con impedancia característica es  $Z_0$ , un generador G, una impedancia de carga  $Z_R$  que no varía sustancialmente con la Frecuencia y un stub en corto circuito que adapta la Línea de Transmisión en la carga a la Frecuencia  $F_1$ . El Generador permite usar dos Frecuencias:  $F_1$  y  $F_2$ . El factor de velocidad en la línea de transmisión es siempre  $F_v = 1$ .

45 - Universitas

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS



$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$\text{Frec. Gen. } F_1 = 300 \text{ } [Mhz]$$

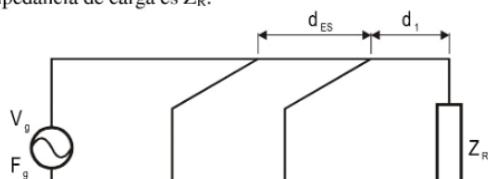
$$\text{Tensión Gen.} = 100 \text{ } [V]$$

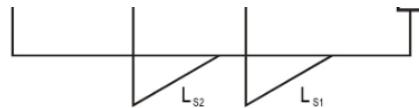
$$L_{S1} = 0,38 \text{ } [m]$$

Calcular la Relación de Onda Estacionaria de la Línea (R.O.E.GF2) en el Generador para una Frecuencia Gen.  $F_2 = 317 \text{ } [Mhz]$ .

#### PROBLEMA N° 13.08.105

Adaptar con dos stub separados una distancia  $d_{ES}$ , una línea de transmisión cuya impedancia característica es  $Z_0$  y la impedancia de carga es  $Z_R$ .





El **R.O.E.** entre los stubs es el **ROE<sub>ES</sub>**. El generador es de una tensión  $V_g$  y frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

*Datos*

$$Z_0 = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$d_{ES} = \frac{3}{8} [\lambda]$$

$$ROE_{ES} = 6$$

$$Z_R = 50 - j50 \text{ } [\Omega]$$

$$V_g = 100 \text{ } [V]$$

$$F_g = 300 \text{ } [MHz]$$

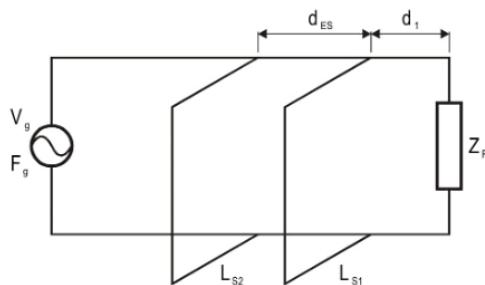
$$v_p = 3,0 \times 10^8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

*Calcular:*

- a) Distancia entre la impedancia de carga  $Z_R$  y el punto de conexión del 1er stub ( $d_1$ ).
- b) Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- c) Relación de onda estacionaria en la carga  $ROE_R$ .
- d) Longitud de cada stub  $L_{S1}$  y  $L_{S2}$ , en long. de onda  $[\lambda]$  y en metros [m].
- e) Susceptancia normalizada de cada stub  $jbs_{S1}$  y  $jbs_{S2}$ .

#### PROBLEMA N° 13.09.106

Adaptar con dos stub separados una distancia  $d_{ES}$ , una línea de transmisión cuya impedancia característica es  $Z_0$  y la impedancia de carga es  $Z_R$ .



El **R.O.E.** entre los stubs es el **ROE<sub>ES</sub>**. El generador es de una tensión  $V_g$  y frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

*Datos*

$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$d_{ES} = \frac{3}{8} [\lambda]$$

$$ROE_{ES} = 8,5$$

$$Z_R = 45 + j60 \text{ } [\Omega]$$

$$V_g = 150 \text{ } [V]$$

$$F_g = 100 \text{ } [MHz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

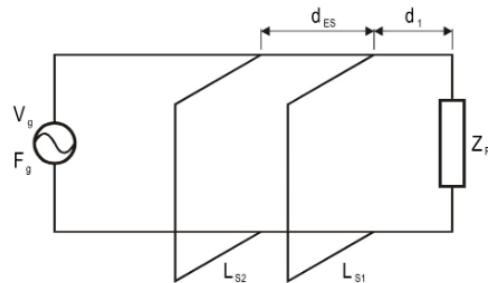
GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

*Calcular:*

- a) Distancia entre la impedancia de carga  $Z_R$  y el punto de conexión del 1er stub ( **d1** ).
- b) Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- c) Relación de onda estacionaria en la carga **ROER**.
- d) Longitud de cada stub  $L_{S1}$  y  $L_{S2}$ , en long. de onda [  $\lambda$  ] y en metros [ m ].
- e) Susceptancia normalizada de cada stub  $jbs_1$  y  $jbs_2$ .

PROBLEMA N° 13.10.107

Adaptar con dos stub separados una distancia  $d_{ES}$ , una línea de transmisión cuya impedancia característica es  $Z_0$  y la impedancia de carga es  $Z_R$ .



El **R.O.E.** entre los stubs es el **ROE<sub>ES</sub>**. El generador es de una tensión  $V_g$  y frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

*Datos*

$$Z_0 = 75 [\Omega]$$

$$d_{ES} = \frac{3}{8} [\lambda]$$

$$ROE_{ES} = 6$$

$$Z_R = 120 - j30 [\Omega]$$

$$V_g = 150 [V]$$

$$F_g = 400 [MHz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

*Calcular:*

- a) Distancia entre la impedancia de carga  $Z_R$  y el punto de conexión del 1er stub ( **d1** ).

- b) Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- c) Relación de onda estacionaria en la carga  $ROE_R$ .
- d) Longitud de cada stub  $L_{S1}$  y  $L_{S2}$ , en long. de onda  $[\lambda]$  y en metros  $[m]$ .
- e) Susceptancia normalizada de cada stub  $jbs_1$  y  $jbs_2$ .

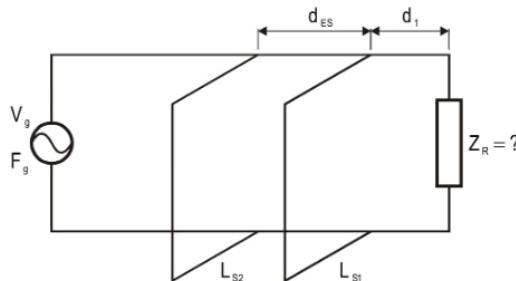
---

#### PROBLEMA N° 13.11.108

---

Se posee una línea de trasmisión de impedancia característica  $Z_0$ , adaptada con dos ramales sintonizadores "stubs" separados una distancia  $d_{ES}$ .

Se conoce el largo del primer stub indicado por  $L_{S1}$  y se encuentra a una distancia  $d_1$  de la impedancia de carga  $Z_R$ .



El **R.O.E.** entre los stubs es el **ROE<sub>ES</sub>**. El generador es de una tensión  $V_g$  y frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

Datos

$$Z_0 = 75 \Omega$$

$$d_{ES} = \frac{3}{8} [\lambda]$$

$$ROE_{ES} = 4$$

$$L_{S1} = 6,66 \text{ cm}$$

$$d_1 = 20,28 \text{ cm}$$

$$V_g = 100 \Omega$$

$$F_g = 500 \text{ MHz}$$

49 - Universitas

---

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

Calcular:

- a) Impedancia de carga  $Z_R$ .
- b) Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- c) Relación de onda estacionaria en la carga  $ROE_R$ .
- d) Largo del segundo stub  $L_{S2}$ .

---

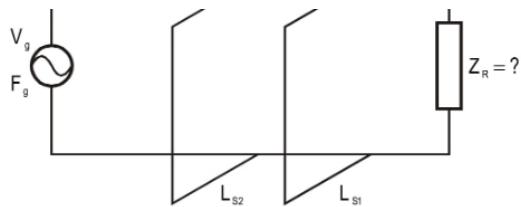
#### PROBLEMA N° 13.12.109

---

Se posee una línea de trasmisión de impedancia característica  $Z_0$ , adaptada con dos ramales sintonizadores "stubs" separados una distancia  $d_{ES}$ .

Se conoce el largo del primer stub indicado por  $L_{S1}$  y se encuentra a una distancia  $d_1$  de la impedancia de carga  $Z_R$ .





El **ROE** entre los stubs es el **ROE<sub>ES</sub>**. El generador es de una tensión  $V_g$  y frecuencia  $F_g$ . La velocidad de propagación de la señal es  $v_p$ .

*Datos*

$$Z_0 = 75 \text{ } [\Omega]$$

$$d_{ES} = \frac{3}{8} [\lambda]$$

$$ROE_{ES} = 6$$

$$L_{S1} = 7,24 \text{ } [cm]$$

$$d_1 = 24,31 \text{ } [cm]$$

$$V_g = 100 \text{ } [V]$$

50 - Universitas

Medios de Enlace

$$F_g = 400 \text{ } [MHz]$$

$$v_p = 3,0 E + 8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

*Calcular:*

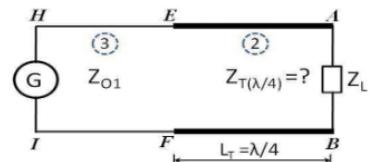
- a) Impedancia de carga  $Z_R$ .
- b) Coeficiente de reflexión en la carga  $\Gamma_R$ .
- c) Relación de onda estacionaria en la carga  $ROE_R$ .
- d) Largo del segundo stub  $L_{S2}$ .

#### PROBLEMA N° 13.13.110

Calcular la Impedancia característica  $Z_T$  de una línea de  $1/4$  de longitud de onda ( $L_T = \lambda/4$ ) para adaptar una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_{O1}$  a una carga  $Z_L$  de valor real.

$$Z_{O1} = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_L = 350 \text{ } [\Omega]$$

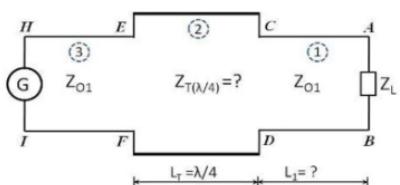


#### PROBLEMA N° 13.14.111

Calcular la Impedancia característica  $Z_T$  de una línea de  $1/4$  de longitud de onda ( $L_T = \lambda/4$ ) para adaptar una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_{O1}$  a una carga  $Z_L$  de valor complejo. Calcular para la distancia menor de  $L_1$ .

$$Z_{O1} = 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_L = 60 + j 120 \text{ } [\Omega]$$



---

### PROBLEMA N° 13.15.112

---

Calcular la Impedancia característica  $Z_T$  de una línea de  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda ( $L_T = \lambda/4$ ) para adaptar una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_{01}$  a una carga  $Z_L$  de valor complejo. Calcular para la distancia menor de  $L_1$ .

51 - Universitas

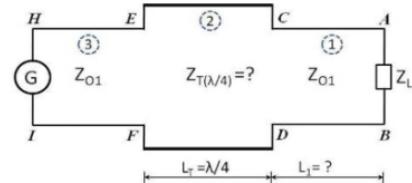
---

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

$$Z_{01} = 75 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

$$Z_L = 60 - j 105 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$



## 14. RADIACIÓN

---

### PROBLEMA N° 14.01.113

---

Dada la expresión del Factor de Campo (FC) de una antena dipolo alimentada en su centro y de cualquier longitud  $L = 2 \text{ H}$

$$F.C. = \left[ \frac{\cos(\beta H) - \cos(\beta H \cdot \cos\theta)}{\sin\theta} \right]$$

Hacer la tabla para  $\Theta$  de 0 a 90 grados cada 10 grados.

Encontrar los diagramas de directividad para dipolos de:

- a) Media longitud de onda.
- b) Una longitud de onda.
- c) 1,5 de longitud de onda
- d) Dos longitudes de onda.

---

### PROBLEMA N° 14.02.114

---

Expresar las componentes de campo Eléctrico y campo Magnético  $E_0$ ,  $E_r$  y  $H_\phi$  generadas por un elemento de corriente.

- a) Analizar los términos de cada componente.
- b) Demostrar a que distancia es igual el término de inducción y radiación.
- c) Expresar la potencia radiada por un elemento de corriente (Poynting).

## 15. ANTENAS

---

### PROBLEMA N° 15.01.115

---

Calcular la impedancia característica “media” de una antena cilíndrica de diámetro  $2a$  y largo igual a  $2H$ , alimentada en su centro.

$$a = 0.0107\lambda \quad H = \lambda/4$$

52 - Universitas

Medios de Enlace

$$Z_0 = 120 \left( \ln \frac{H}{a} - 1 - \frac{1}{2} \ln \frac{2H}{\lambda} \right) [\Omega]$$

---

**PROBLEMA N° 15.02.116**

---

Aplicando los conceptos adquiridos en el estudio de antenas,

- definir: longitud efectiva, ganancia, directividad, y área efectiva de una antena.
- Explicar los fundamentos y características de una antena yagi.

---

**PROBLEMA N° 15.03.117**

---

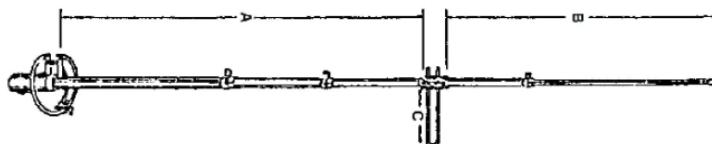
Expresar las longitudes y la separación de los elementos de una antena YAGI, formada por un dipolo doblado, un director y un reflector en longitudes de onda y luego calcular las longitudes y separación para una frecuencia de 180 Mhz.

---

**PROBLEMA N° 15.04.118**

---

En función de la tabla provista por el fabricante de la antena omnidireccional Ringo VHFO- 5dB expresar:



- Entre que frecuencias puede ser usada
- Impedancia de entrada
- Resistencia al viento
- Dimensiones A; B y C para 140 Mhz y para 160 Mhz. Sacar conclusiones.

---

**16. FIBRAS ÓPTICAS**

---

**PROBLEMA N° 16.01.119**

---

Hacer una clasificación de fibras ópticas en función de sus índices de refracción del núcleo y el revestimiento y enunciar sus usos y características principales. Graficar los distintos tipos y sus particularidades.



53 - Universitas

---



---

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

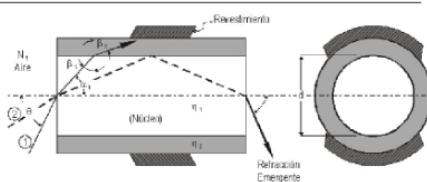
---

---

**PROBLEMA N° 16.02.120**

---

A partir del siguiente gráfico, aplicar la ley de Snell y realizar el desarrollo necesario para hallar el ángulo de aceptación ( $\theta_a$ ) y la apertura numérica (AN) en función de los índices de refracción.



---

**PROBLEMA N° 16.03.121**

---

Calcular el ángulo máximo de aceptación de una fibra óptica multimodo de índice escalonado, con índice de Refracción del núcleo  $\eta_1$  y del revestimiento  $\eta_2$ . Expresarlo en [Grados].



$$\eta_1 = 1,473$$

$$\eta_2 = 1,452$$

---

**PROBLEMA N° 16.04.122**

---

Calcular la Apertura Numérica de una fibra óptica multimodo de índice escalonado, con índice de Refracción del núcleo  $\eta_1$  y del revestimiento.



$$\eta_1 = 1,462$$

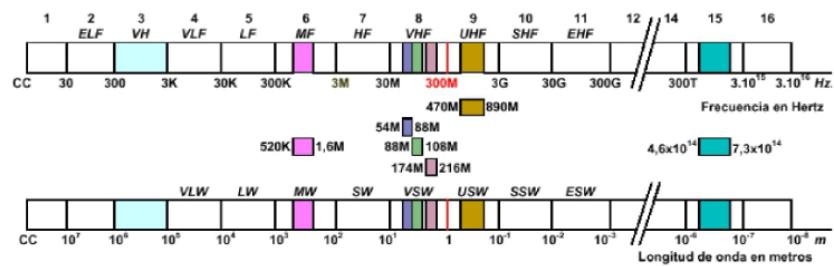
$$\eta_2 = 1,435$$

54 - Universitas

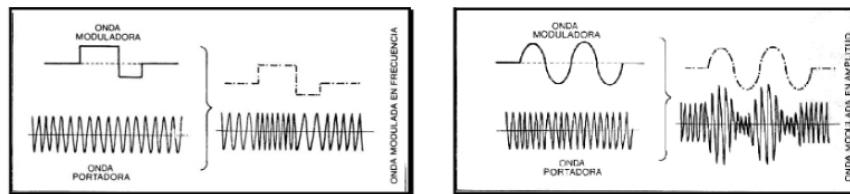
## SOLUCIONES DE PROBLEMAS

### 1. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 01.01.01



#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 01.02.02



Radios de AM (Córdoba)

LW1: 580 KHz,

LV3: 700 KHz,

LRA7: 750 KHz,

LV2: 970 KHz

Algunas Radios de FM (Córdoba)

FM Cba: 100.5 MHz,

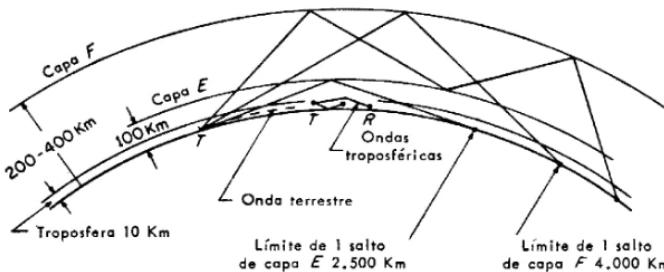
Power 102.3 MHz

Una onda electromagnética puede desplazarse de tres formas:

- a) **Onda de tierra:** depende de la superficie de la tierra y cambia poco en el tiempo sigue la orografía incluyendo la superficie del agua. Frecuencias de la Banda de Frecuencias Medianas (MF) inclusive y Frecuencia menores.

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

- b) **Onda de espacio u Onda Celeste:** depende de la latitud del lugar, de la hora del día, de la estación del año e incluso de la mayor o menor actividad del sol pues se reflejan en las distintas capas de la atmósfera y luego llega nuevamente a la superficie terrestre. Frecuencias de Alta Frecuencia (HF) especialmente usada por los Radioaficionados.
- c) **Onda visual u onda directa:** es la que se propaga desde un punto a otro en línea recta. Frecuencias de VHF inclusive y Frecuencias superiores.



La Onda Celeste u Onda de espacio se encuentra en la Banda de HF, usada por los Radioaficionados por las ventajas que tiene el reflejo de las ondas en las capas de la atmósfera.

A Frecuencias menores de la Banda de HF las ondas se comportan como el sonido; a frecuencias mayores se comportan como la luz.

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \left[ \frac{Hy}{m} \right]$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot \pi \cdot 10^9} \left[ \frac{F}{m} \right]$$

## SOLUCIÓN PROBLEMA N° 01.04.04

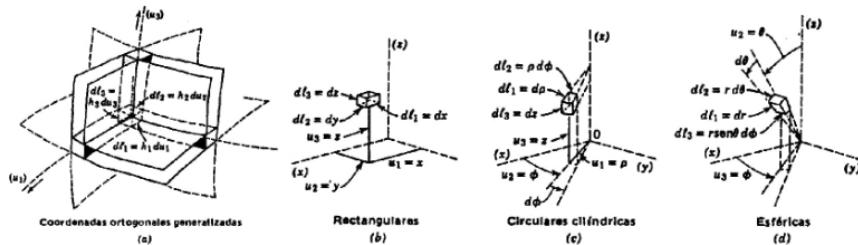
Velocidad de la onda = Velocidad de la Luz x Factor de velocidad =  $285 \times 10^6$  [m/s]

Señal de transmisión  $\lambda_T = 1,9$  [m]

Señal de recepción  $\lambda_R = 0,63$  [m]

Graficar las ondas sinusoidales donde  $\lambda_T$  es 3 veces más larga que  $\lambda_R$ .

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.01.05

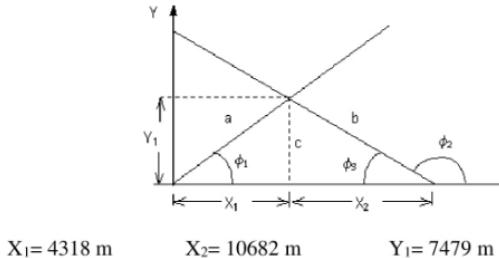


Coord. Gener.	$u_1, u_2, u_3$	$h_1$	$du_1$	$h_2$	$du_2$	$h_3$	$du_3$
Coord. Rect.	$x, y, z$	1	$dx$	1	$dy$	1	$dz$
Coord. Cilín.	$\rho, \phi, z$	1	$d\rho$	$\rho$	$d\phi$	1	$dz$
Coord. Esfer.	$r, \theta, \phi$	1	$dr$	$r$	$d\theta$	$r \cdot \sin\theta$	$d\phi$

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.02.06

$$\begin{aligned}\vec{E}(u_1, u_2, u_3) &= E_1 \hat{a}_1 + E_2 \hat{a}_2 + E_3 \hat{a}_3 \\ \vec{E}(x, y, z) &= E_x \hat{a}_x + E_y \hat{a}_y + E_z \hat{a}_z \\ \vec{E}(\rho, \phi, z) &= E_\rho \hat{a}_\rho + E_\phi \hat{a}_\phi + E_z \hat{a}_z \\ \vec{E}(r, \theta, \phi) &= E_r \hat{a}_r + E_\theta \hat{a}_\theta + E_\phi \hat{a}_\phi\end{aligned}$$

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.03.07



57 - Universitas

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$$\tan(\phi_1) = \frac{c}{X_1};$$

$$\tan(180 - \phi_2) = \tan(\phi_3) = \frac{c}{X_2};$$

$$\tan(\phi_1) \cdot X_1 = \tan(180 - \phi_2) \cdot X_2;$$

$$X_1 + X_2 = d_1$$

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.04.08

a = proyección de la distancia r sobre el plano XY

z = altura

$$a = 5000 \cdot \cos 30^\circ = 4330 \text{ [m]}$$

$$x = 4330 \cdot \sin 45^\circ = 3061 \text{ [m]}$$

$$y = 4330 \cdot \cos 45^\circ = 3061 \text{ [m]}$$

$$z = 5000 \cdot \sin 30^\circ = 2500 \text{ [m]}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.05.09**

---

$$x = 241,74 \text{ [m]}$$

$$y = 309,41 \text{ [m]}$$

$$d = 392,65 \text{ [m]}$$


---

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.06.10**

---

Coordenadas rectangulares

$$\nabla \cdot V(x, y, z) = \frac{\partial V}{\partial x} a_x + \frac{\partial V}{\partial y} a_y + \frac{\partial V}{\partial z} a_z$$

Coordenadas cilíndricas

$$\nabla \cdot V(\rho, \phi, z) = \frac{\partial V}{\partial \rho} a_\rho + \frac{1}{\rho} \frac{\partial V}{\partial \phi} a_\phi + \frac{\partial V}{\partial z} a_z$$

Coordenadas esféricas

$$\nabla \cdot V(r, \theta, \phi) = \frac{\partial V}{\partial r} a_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} a_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} a_\phi$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.07.11**

---

$$\begin{aligned}\nabla \cdot D(x, y, z) &= \left[ \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} \right] \\ \nabla \cdot D(\rho, \phi, z) &= \frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial \rho D_\rho}{\partial \rho} + \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi} + \frac{\rho \partial D_z}{\partial z} \right] \\ \nabla \cdot D(r, \theta, \phi) &= \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left[ \sin \theta \frac{\partial (r^2 D_r)}{\partial r} + r \frac{\partial (D_\theta \sin \theta)}{\partial \theta} + r \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi} \right]\end{aligned}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.08.12**

---

$$\nabla \times H(x, y, z) = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.09.13**

---

$$\nabla^2 V(x, y, z) = \nabla \cdot (\nabla V) = \operatorname{Div}(Grad V) = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.10.14**

---

$$\nabla^2 E(x, y, z) = \operatorname{Lap} E = \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} a_x + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} a_y + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} a_z$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.11.15**

---

$$\operatorname{Div} \operatorname{Rot} H(x, y, z) = \nabla \cdot \nabla \times H = \left( \frac{\partial^2 H_z}{\partial y \partial x} - \frac{\partial^2 H_y}{\partial z \partial x} \right) - \left( \frac{\partial^2 H_z}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 H_x}{\partial z \partial y} \right) + \left( \frac{\partial^2 H_y}{\partial x \partial z} - \frac{\partial^2 H_x}{\partial y \partial z} \right) = 0$$

$$Rot.DivV(x, y, z) = \nabla x \cdot \nabla V = a_x \left( \frac{\partial^2 V}{\partial y \cdot \partial z} - \frac{\partial^2 V}{\partial z \cdot \partial y} \right) - a_y \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x \cdot \partial z} - \frac{\partial^2 V}{\partial z \cdot \partial x} \right) + a_z \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x \cdot \partial y} - \frac{\partial^2 V}{\partial y \cdot \partial x} \right) = 0$$

---

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

$$\nabla^2 V(x, y, z) = \nabla \cdot (\nabla V) = Div(Grad V) = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$$

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.12.16

---

$$V = 2x + y$$

$$Grad V = \nabla V = 2a_x + 1a_y$$

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.13.17

---

$$V = x^2 + y^2$$

$$Grad V = \nabla V = 2x.a_x + 2y.a_y$$

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.14.18

---

a)  $E_1 = K.a_x$

$\text{Rot } E_1 = 0$

$\text{Div } E_1 = 0$

b)  $E_2 = K.y.a_x$

$\text{Rot } E_2 = -K.a_z$

$\text{Div } E_2 = 0$

c)  $E_3 = K.x.a_x$

$\text{Rot } E_3 = 0$

$\text{Div } E_3 = K$

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.15.19

---

1)  $\oint H.dl = I = \int J ds \quad \nabla \times H = J$

2)  $\oint E.dl = 0 \quad \nabla \times E = 0$

3)  $\oint D.ds = \rho \quad \nabla \cdot D = \rho$

4)  $\oint B.ds = 0 \quad \nabla \cdot B = 0$

$$\text{Div.Rot } H = \nabla \cdot \nabla x H = \nabla \cdot J = 0$$

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.16.20

---

Potencial Eléctrico

$$V_{(p)} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{\rho_{(p)}}{R} dv$$

Vector Potencial Magnético

$$A_{(p)} = \frac{\mu}{4\pi} \int \frac{J_{(p)}}{R} dv$$

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.17.21

---

$$1) \quad \oint H \cdot dl = \int \left( J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) ds \quad \nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$2) \quad \oint E \cdot dl = -\mu \int \frac{\partial H}{\partial t} ds \quad \nabla \times E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$3) \quad \oint D \cdot ds = \rho \quad \nabla \cdot D = \rho \quad \nabla \times \bar{H} e^{j\omega t} = (\sigma + j\omega \epsilon) \cdot \bar{E} e^{j\omega t}$$

$$4) \quad \oint B \cdot ds = 0 \quad \nabla \cdot B = 0 \quad \nabla \times \bar{E} e^{j\omega t} = -j\omega \mu \bar{H} e^{j\omega t}$$

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 02.18.22

---

$$\phi = B \cdot s \quad B = \mu H \quad \phi = \mu H \cdot s$$

$$H_{(t)} = H \cdot \cos(\varpi t) = 1 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^7 t)$$

Superficie de la espira

$$s = 0,2 \times 0,2 = 0,04 \text{ [m]}$$

$$V = \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0,04 \cdot \mu_0 \cdot \frac{\partial (\cos \varpi t)}{\partial t} = 0,04 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2\pi \cdot 10^7 \cdot (\sin \varpi t) = 3,158 \cdot \sin \varpi t$$

---

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

$$V_{\max} = 3,158 \quad [V] \quad V_{ef} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3,158 = 2,233 \quad [V]$$

---

### 3. CONDICIONES DE CONTORNO

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 03.01.23

---

*Componentes Tangenciales*

$$1) \quad E_{t1} = E_{t2}$$

$$2a) \quad H_{t1} = H_{t2} \quad (\sigma_1 = \sigma_2 = cero)$$

$$2b) \quad H_{t1} = J_{IS} \quad H_{t2} = 0 \quad (\sigma_1 = 0, \sigma_2 \rightarrow \infty)$$

*Componentes Normales*

$$3a) \quad D_{n1} = D_{n2} \quad (\sigma_1 = \sigma_2 = cero)$$

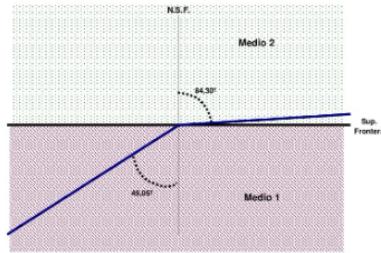
3b)  $D_{n1} = \rho_S \cdot D_{n2} = 0$   $(\sigma_1 = 0, \sigma_2 \rightarrow \infty)$

4)  $B_{n1} = B_{n2}$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 03.02.24

---



$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \tan \theta_2$$

$$\theta_1 = 45^\circ$$

62 - Universitas

---

#### Soluciones de Problemas

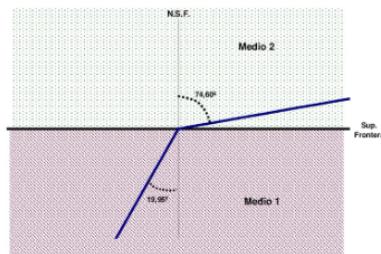
---



---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 03.03.25

---



$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \tan \theta_2$$

$$\theta_1 = 13.95^\circ$$

#### 4. ECUACIÓN DE Onda

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.01.26

---

a)  $E_x(z, t) = E_i e^{-az} \cos(\omega t - \beta z + \phi) \hat{a}_x$

$$H_y(z, t) = \frac{E_i}{\eta} e^{-az} \cos(\omega t - \beta z + \phi) \hat{a}_y$$

b)  $E_x(z, t) = E_i \cos(\omega t - \beta z + \phi) \hat{a}_x$

$$H_y(z, t) = \frac{E_i}{\eta} \cos(\omega t - \beta z + \phi) \hat{a}_y$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.02.27

---

$$\eta = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}}{\sqrt[4]{1 + \left(\frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon}\right)^2}} e^{j \frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon} \right)} \quad [\Omega] \quad [\eta] = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}}{\sqrt[4]{1 + \left(\frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon}\right)^2}} \quad \theta_\eta = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon} \right)$$

Forma Compleja

$$\eta = [\eta]. \cos \theta_\eta + j[\eta]. \sin \theta_\eta$$

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Φ Constante de Fase

$$\beta = \varpi \sqrt{\frac{\mu \cdot \varepsilon}{2} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon} \right)^2} \right]} \quad [\text{rad/m}] \quad \text{para convertir en } [^\circ/\text{m}] \text{ multiplicar por } 180/\pi$$

Φ Constante de Atenuación

$$\alpha = \varpi \sqrt{\frac{\mu \cdot \varepsilon}{2} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon} \right)^2} \right]} \quad [\text{Neper/m}]$$

Φ Constante de Profundidad de Penetración

$$\delta = \frac{1}{\alpha} \quad [\text{m}]$$

Φ Velocidad de la Onda

$$v_p = \frac{\varpi}{\beta} = \lambda \cdot f \quad [\text{m/s}]$$

Φ Longitud de Onda

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{1}{f \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \varepsilon}{2} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\varpi \cdot \varepsilon} \right)^2} \right]}} \quad [\text{m}]$$

En un dieléctrico perfecto  $\sigma = 0$ 

En el vacío las constantes relativas son igual a 1:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \quad [\text{H}/\text{m}] \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \quad [F/\text{m}]$$

## Dieléctrico

## Vacío

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \quad [\Omega]$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \quad [\Omega]$$

$$\beta = \varpi \sqrt{\mu \cdot \varepsilon} \quad [\text{rad/m}]$$

$$\beta = \varpi \sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0} \quad [\text{rad/m}]$$

$$\alpha = 0 \quad [\text{Neper/m}]$$

$$\alpha = 0 \quad [\text{Neper/m}]$$

$$\delta = \infty \quad [\text{m}]$$

$$\delta = \infty \quad [\text{m}]$$

$$v_p = \frac{\varpi}{\beta} = \lambda \cdot f = \frac{1}{\sqrt{\mu \cdot \varepsilon}} \quad [\text{m/s}]$$

$$v_p = \frac{\varpi}{\beta} = \lambda \cdot f = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0}} = c \quad [\text{m/s}]$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{1}{f \cdot \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad [m]$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{1}{f \cdot \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{c}{f} \quad [m]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.03.28

---

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 36\pi \cdot 10^9} = 120\pi = 377 \quad [\Omega]$$

$$v_p = \frac{\varpi}{\beta} = \lambda \cdot f = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{36\pi \cdot 10^9}}} = \sqrt{9 \cdot 10^{16}} = 3 \cdot 10^8 \quad [m/s]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.04.29

---

Encontramos la equivalencia con la ecuación:

$$E_x(z,t) = E_i \cdot e^{-\alpha z} \cos(\varpi t - \beta z + \phi)$$

$$E_x(z,t) = 10 \cos\left(2\pi \cdot 10^8 t - \frac{2\pi}{3} z\right)$$

De la ecuación obtenemos:

$$\alpha = 0 \text{ [Neper/m]}$$

$$\beta = 2\pi / 3 \text{ [rad/m]}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^8 \text{ [1/s]}$$

*Respuesta:*

a)  $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 3 \quad [m]$

b)  $v_p = \frac{\omega}{\beta} = 3 \cdot 10^8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$

c)  $Frec = 10^8 \quad [Hz]$

d)  $\beta = \frac{2\pi}{3} \left[ \frac{rad}{m} \right]$

---

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

e)  $H = \frac{E}{\eta} = 26 \times 10^{-3} \left[ \frac{A}{m} \right]$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.05.30

---

Encontramos la equivalencia con la ecuación:

$$E_x(z,t) = E_i \cdot e^{-\alpha z} \cos(\varpi t - \beta z + \phi)$$

$$E_x(z,t) = 15 \cos\left(2\pi \cdot 10^8 t - \frac{2\pi}{2,5} z\right)$$

De la ecuación obtenemos:

$$\alpha = 0 \text{ [Neper/m]}$$

$$\beta = 2\pi / 2,5 \text{ [rad/m]}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^8 [1/\text{s}]$$

Respuesta

a)  $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 2,5 [m]$

b)  $v_p = \frac{\omega}{\beta} = 2,5 \times 10^8 \left[ \frac{m}{seg} \right]$

c)  $Frec = 10^8 [Hz]$

d)  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \left[ \frac{rad}{m} \right]$

e) Para calcular  $\eta$  debemos calcular  $\epsilon_r = 1,44$        $H = \frac{E}{\eta} = 47 \times 10^{-3} \left[ \frac{A}{m} \right]$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.06.31

---

$$\lambda = v_p/f = 1,68 [m] \quad \beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{\beta^2}{\omega^2 \mu} = 1,8 \cdot 10^{-11} \left[ \frac{F}{m} \right]$$

66 - Universitas

---

#### Soluciones de Problemas

---

$$\beta = 3,74 [\text{rad/m}] = 214,28 [\text{°/m}]$$

$$\eta = 263,89 [\Omega]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.07.32

---

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^8 = 2\pi \cdot 200 \times 10^8 = 4\pi \times 10^8 \left[ \frac{1}{seg} \right]$$

$$\beta = 8,37 [\text{rad/m}] \quad \eta = 188,41 [\Omega]$$

$$E_x(z,t) = 100 \cos \left( 4\pi 10^8 t - \frac{2\pi}{0,75} z \right)$$

$$H_y(z,t) = 0,53 \cos \left( 4\pi 10^8 t - \frac{2\pi}{0,75} z \right)$$

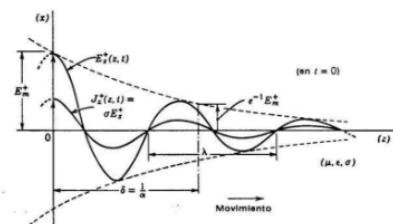
---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.08.33

---

a)  $E_x = E_i e^{-\alpha z} \quad \alpha z = 1 \quad E_x/E_i = e^{-1} = 0,367879$

- b) La constante de profundidad de penetración "Delta"  $\delta$ : es la distancia a la cual la onda se atenúa al 36,78 % del valor original.




---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.09.34

---

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.10.35**

---

- a)  $\alpha = 5,55 \cdot 10^{-4} [\text{Neper}/\text{m}]$   
 b)  $E(z) = 14,33 [\text{V}/\text{m}]$

---

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

---

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.11.36**

---

$$\begin{aligned} E_x &= E_i e^{-\alpha z} \\ 220 &= 250 e^{-\alpha z} & E_x/E_i &= 220/250 = e^{-\alpha z} \\ \alpha z &= 0,12783 \text{ [Neper]} & \alpha &= 2,55 \cdot 10^{-4} \text{ [Neper/m]} \\ 1[\text{Neper}] &= 8,686 \text{ [dB]} & \text{Atenuación en dB} &= 20 \cdot \log(E_x/E_i) = 1,1103 \text{ [dB]} \end{aligned}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.12.37**

---

$$\begin{aligned} E_x/E_i &= 0,1 & \alpha z &= -\ln 0,1 = 2,3 \text{ [Neper]} \\ E_x/E_i &= 0,01 & \alpha z &= -\ln 0,01 = 4,6 \text{ [Neper]} \\ E_x/E_i &= 0,001 & \alpha z &= -\ln 0,001 = 6,9 \text{ [Neper]} \end{aligned}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.13.38**

---

$$\begin{aligned} FD_T &= \frac{\sigma}{\sigma_{\text{es}}} = 18 \cdot 10^5 / \text{Freq} \\ FD_{T(520 \text{ KHz})} &= 3,46 \\ FD_{T(1600 \text{ KHz})} &= 1,125 \\ FD_{T(88 \text{ MHz})} &= 0,02 \\ FD_{T(108 \text{ MHz})} &= 0,016 \end{aligned}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.14.39**

---

- a)  $FD_T = 18 \cdot 10^5 / f$   
 b)  $FD_{Cu} = 1,04 \cdot 10^{18} / f$   
 c)  $FD_A = 1,26 \cdot 10^{11} / f$   
 d)  $FD_{Al} = 6,6 \cdot 10^{17} / f$

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.15.40

---

- a)  $[\eta] = 158,36 [\Omega]$ ;  $\theta_\eta = 22,5^\circ$
- b)  $\beta = 4,6 \text{ [rad/m]} = 263,82 \text{ [°/m]}$
- c)  $\alpha = 1,912 \text{ [N/m]}$
- d)  $\delta = 0,523 \text{ [m]}$
- e)  $v_p = 1,364 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}$
- f)  $\lambda = 1,3645 \text{ [m]}$
- g)  $[H] = 0,9472 \text{ [A/m]}$ ;  $\theta_H = -22,5^\circ$
- 

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 04.16.41

---

- a)  $[\eta] = 66,34 [\Omega]$ ;  $\theta_\eta = 41,44^\circ$
- b)  $\beta = 8,92 \text{ [rad/m]} = 511,07 \text{ [°/m]}$
- c)  $\alpha = 7,87 \text{ [N/m]}$
- d)  $\delta = 0,1269 \text{ [m]}$
- e)  $v_p = 0,704 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}$
- f)  $\lambda = 0,704 \text{ [m]}$
- g)  $[H] = 3,014 \text{ [A/m]}$ ;  $\theta_H = -41,44^\circ$
- 

## 5. POLARIZACIÓN

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 05.01.42

---

Se define polarización de la onda electromagnética al comportamiento temporal del campo eléctrico  $E$  en un punto del espacio.

Polarización lineal, elíptica y circular (hacer gráficos y ecuaciones)

---

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 05.02.43

---

- a) Polarización elíptica
- b)  $E_x = 0,311 \text{ [V/m]}$ ;  $E_y = 0,18 \text{ [V/m]}$
- c)  $H_T = 9,549 \cdot 10^{-4} \text{ [A/m]}$
- 

## 6. VECTOR DE POYNTING

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.01.44

---

$$\underbrace{-\oint_1 Ex H \, ds}_{1} = \underbrace{\frac{\partial}{\partial t} \int_2 \left( \frac{1}{2} \epsilon \cdot E^2 + \frac{1}{2} \mu \cdot H^2 \right) \, dv}_{2} + \underbrace{\int_3 E \cdot J \cdot dv}_{3}$$

- 1) Este término representa la velocidad de flujo de energía entrante a través de la superficie del volumen. El signo menos nos indica que el vector potencia entrante está a 180 grados del vector superficie ds. El coseno de 180° debido al producto escalar entre los vectores es igual a -1.
- 2) Es la velocidad con que disminuye la energía almacenada dentro del volumen conforme a las variaciones en el tiempo de E y H.
- 3) Es la potencia instantánea disipada en el volumen. El vector J representa la densidad de corriente de conducción.

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.02.45

---

$$P_Y = E \cdot \cos(\omega t - \beta z) H \cdot \cos(\omega t - \beta z) = E \cdot H \cdot \cos^2(\omega t - \beta z)$$

Recordando que:

$$\cos^2 a = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2a)$$

$$P_Y = \frac{E \cdot H}{2} (1 + \cos(2\omega t - 2\beta z)) = \frac{E \cdot H}{2} + \frac{E \cdot H}{2} \cos(2\omega t - 2\beta z)$$

$$P_{Y(\text{Inst})} = \frac{E \cdot H}{2} + \frac{E \cdot H}{2} \cos(2\omega t - 2\beta z)$$

$$P_{Y(\text{Efíc})} = \frac{E \cdot H}{2} \quad P_{Y(\text{Medio})} = \frac{E \cdot H}{2}$$

70 - Universitas

---

Siguiendo el procedimiento visto en teoría de los circuitos donde la potencia compleja W es definida como la mitad del producto de V por la conjugada de I. El vector complejo de Poynting  $P_C$  es:

$$P_C = \frac{E \cdot H^*}{2} = (E_r + jE_i)(E_r - jE_i) = (E_r \cdot H_r + E_i \cdot H_i) + j(E_i \cdot H_r - E_r \cdot H_i) \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$\text{a)} \quad P_a = \operatorname{Re}\left(\frac{E \cdot H^*}{2}\right) = E_r \cdot H_r + E_i \cdot H_i \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$\text{b)} \quad P_i = \operatorname{Im}\left(\frac{E \cdot H^*}{2}\right) = E_i \cdot H_r - E_r \cdot H_i \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.04.47

---

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}}$$

$$\text{a)} \quad \epsilon_r = \left( \frac{c}{v_p} \right)^2 = \frac{3 \cdot 10^8}{1,06 \cdot 10^8} = 8$$

$$\text{b)} \quad \eta = 377 \cdot \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} = 133,28 \quad [\Omega]$$

$$\text{c)} \quad P_Y = E \cdot H = \frac{E^2}{\eta} = \frac{(20)^2}{133,28} = 3 \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.05.48

---

$P_{ot} = 20 \text{ [Kw]}$

$$P_Y = E \cdot H = \frac{Pot}{Sup} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

superficie de la esfera:  $Sup = 4\pi r^2 \quad [m^2]$

$$P_Y = \frac{Pot}{Sup} = \frac{20.000}{4\pi r^2} = 6,366 \cdot 10^{-7} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad P_Y = \frac{E^2}{\eta} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$$a) \quad E = \sqrt{P_Y \cdot \eta} = \sqrt{6,366 \cdot 10^{-7} \cdot 377} = 0,0155 \quad \left[ \frac{V}{m} \right]$$

$$b) \quad H = \frac{E}{\eta} = \frac{0,0155}{377} = 4,111 \cdot 10^{-5} \quad \left[ \frac{A}{m} \right]$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.06.49

a)

$$P_Y = E \cdot H = \frac{E^2}{\eta} = \frac{Pot}{4\pi r^2} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$r = \sqrt{\frac{Pot \cdot \eta}{4\pi E^2}} \quad [m] \quad \eta = 377 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} = \frac{377}{\sqrt{2}} = 266,579 \quad [\Omega]$$

$$r = \sqrt{\frac{10^4 \cdot 266,579}{4\pi \cdot 10^{-4}}} = 46058 \quad [m]$$

$$P_Y = \frac{E^2}{\eta} = \frac{Pot}{4\pi r^2} = 3,75 \cdot 10^{-7} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$\text{Atenuación} [dB] = 10 \cdot \log \left[ \frac{W_R}{W_T} \right] \quad W_R = 10^{-1} \cdot 10000 = 1000 [W]$$

La potencia  $W_R$  en el receptor disminuye 10 veces

$$b) \quad P_Y = \frac{W_R}{4\pi r^2} = \frac{1000}{4\pi \cdot (46058)^2} = 3,75 \cdot 10^{-8} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

El Poynting  $P_Y$  que necesitamos en el receptor es  $3,75 \cdot 10^{-7}$  [ $W/m^2$ ] por lo tanto debe disminuir la distancia  $r$ .

$$c) \quad r = \sqrt{\frac{W_R}{P_Y \cdot 4\pi}} = \sqrt{\frac{1000}{3,75 \cdot 10^{-7} \cdot 4\pi}} = 14567 \quad [m]$$

De igual manera puede comprobarse:

$$r = \sqrt{\frac{W_R \cdot \eta}{4\pi E^2}} = \sqrt{\frac{1000.266,579}{4\pi \cdot 10^{-4}}} = 14567 \quad [m]$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 06.07.50

$$\text{Atenuación} [dB] = I [dB] + 20[dB] = 21[dB]$$

$$\text{Atenuación} [dB] = -21[dB] = 10 \cdot \log \left[ \frac{W_R}{W_T} \right]$$

$$W_R = 10^{-2,1} \cdot W_T = 7,94 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 3,97 [W]$$

$$P_Y = \frac{W_R}{4\pi \cdot r^2} = \frac{3,97}{4\pi \cdot (10^5)^2} = 3,15 \cdot 10^{-11} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

#### **7. REFLEXIÓN NORMAL ENTRE DIELECTRICO Y DIELECTRICO**

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 07.01.51

$$1) \quad Ei + Er = E_T$$

$$2) \quad Hi + Hr = H_T$$

$$3) \quad \frac{Ei}{Hi} = \eta_1 = \sqrt{\frac{\mu_1}{\epsilon_1}}$$

$$4) \quad \frac{Er}{Hr} = -\eta_1 = -\sqrt{\frac{\mu_1}{\epsilon_1}}$$

$$5) \quad \frac{E_T}{H_T} = \eta_2 = \sqrt{\frac{\mu_2}{\epsilon_2}}$$

$$6) \quad \Gamma_E = \frac{Er}{Ei} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{Coeficiente de Reflexión del Campo Eléctrico.}$$

$$7) \quad \Gamma_H = \frac{Hr}{Hi} = \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{Coeficiente de Reflexión del campo Magnético}$$

73 - Universitas

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$$8) \quad T_E = \frac{E_T}{E_i} = \frac{2 \cdot \eta_2}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{Coeficiente de Refracción del campo Eléctrico}$$

$$9) \quad T_H = \frac{H_T}{Hi} = \frac{2 \cdot \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{Coeficiente de Refracción del Campo Magnético}$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 07.02.52

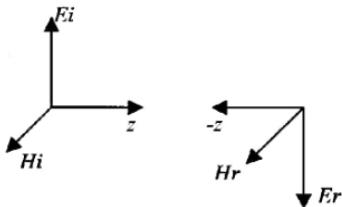


$$\eta_2 > \eta_1$$

$$\Gamma_E = \frac{Er}{Ei} > 0$$

$$\Gamma_H = \frac{Hr}{Hi} < 0$$

Hay reflexión y el Campo Magnético Reflejado Hr cambia de signo (se desfase 180°)



### Segundo Caso

$$\eta_2 < \eta_1$$

$$\Gamma_E = \frac{Er}{Ei} < 0$$

$$\Gamma_H = \frac{Hr}{Hi} > 0$$

Hay reflexión y el Campo Eléctrico Reflejado Er cambia de signo (se desfase 180°)

### Tercer Caso

$$\eta_2 = \eta_1$$

$$\Gamma_E = \frac{Er}{Ei} = 0$$

$$\Gamma_H = \frac{Hr}{Hi} = 0$$

En estas condiciones ambos coeficientes de reflexión son iguales a cero y **no hay reflexión**.

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 07.03.53

---

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| a) $\eta_1 = 377 [\Omega]$    | $\eta_2 = 150,79 [\Omega]$ |
| b) $\beta_1 = 120 [^\circ/m]$ | $\beta_2 = 300 [^\circ/m]$ |
| c) $\lambda_1 = 3 [m]$        | $\lambda_2 = 1,2 [m]$      |
| d) $\Gamma_E = -0,429$        | $\Gamma_H = 0,429$         |
| e) $T_E = 0,571$              | $T_H = 1,429$              |
| f) $E_r = -85,714 [V/m]$      | $E_t = 114,28 [V/m]$       |
| g) $H_i = 0,53 [A/m]$         | $H_r = 0,227 [A/m]$        |
| h) $P_{Y1} = 86,61 [W/m^2]$   | $H_t = 0,758 [A/m]$        |
|                               | $P_{Y2} = 86,61 [W/m^2]$   |

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 07.04.54

---

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| a) $\eta_1 = 188,49 [\Omega]$ | $\eta_2 = 107,71 [\Omega]$ |
| b) $\beta_1 = 240 [^\circ/m]$ | $\beta_2 = 420 [^\circ/m]$ |
| c) $\lambda_1 = 1,5 [m]$      | $\lambda_2 = 0,857 [m]$    |
| d) $\Gamma_E = -0,273$        | $\Gamma_H = 0,273$         |
| e) $T_E = 0,727$              | $T_H = 1,273$              |
| f) $E_r = -27,27 [V/m]$       | $E_t = 72,72 [V/m]$        |
| g) $H_i = 0,53 [A/m]$         | $H_r = 0,145 [A/m]$        |
| h) $P_{Y1} = 49,10 [W/m^2]$   | $H_t = 0,675 [A/m]$        |
|                               | $P_{Y2} = 49,10 [W/m^2]$   |

- a) F.D. = 4,64
- b)  $\eta_2 = 83,51 + j 67,42 \text{ [}\Omega\text{]}$
- c)  $[\Gamma_E] = 0,528 \quad \theta_{\Gamma E} = 146,52^\circ$
- d)  $[E_r] = 21,11 \quad \theta_{E_r} = 146,52^\circ$
- e)  $D_{\max} = 146,52^\circ$

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$$f) D_{\min} = 326,52^\circ$$

**8. REFLEXIÓN NORMAL ENTRE DIELÉCTRICOS Y CONDUCTOR PERFECTO**

a1) Tabla de valores para  $E_T$ :

$$E_T = 2.E_i \cdot \operatorname{sen}(\beta.z) \operatorname{sen}(\varpi.t)$$

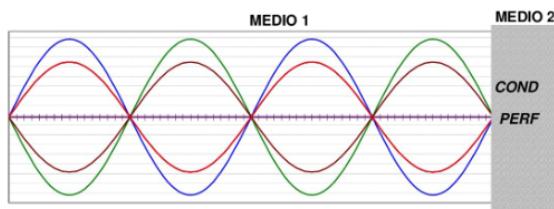
		$\beta z$								
		0	$\pi/4$	$2\pi/4$	$3\pi/4$	$\pi$	$5\pi/4$	$6\pi/4$	$7\pi/4$	$2\pi$
$\omega t$	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	$\pi/4$	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00
	$2\pi/4$	0,00	1,41	2,00	1,41	0,00	-1,41	-2,00	-1,41	0,00
	$3\pi/4$	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00
	$\pi$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	$5\pi/4$	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00
	$6\pi/4$	0,00	-1,41	-2,00	-1,41	0,00	1,41	2,00	1,41	0,00
	$7\pi/4$	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00
	$2\pi$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

a2) Tabla de valores para  $H_T$ :

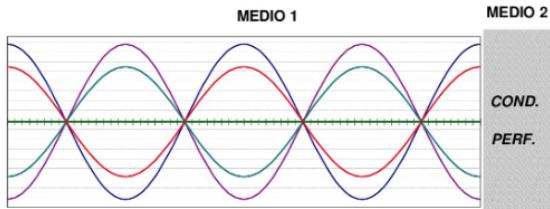
$$H_T = 2 \cdot \frac{E_i}{\eta} \cos(\beta.z) \cos(\varpi.t)$$

		$\beta z$								
		0	$\pi/4$	$2\pi/4$	$3\pi/4$	$\pi$	$5\pi/4$	$6\pi/4$	$7\pi/4$	$2\pi$
$\omega t$	0	2,00	1,41	0,00	-1,41	-2,00	-1,41	0,00	1,41	2,00
	$\pi/4$	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41
	$2\pi/4$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	$3\pi/4$	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41
	$\pi$	-2,00	-1,41	0,00	1,41	2,00	1,41	0,00	-1,41	-2,00
	$5\pi/4$	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41
	$6\pi/4$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	$7\pi/4$	1,41	1,00	0,00	-1,00	-1,41	-1,00	0,00	1,00	1,41
	$2\pi$	2,00	1,41	0,00	-1,41	-2,00	-1,41	0,00	1,41	2,00

b) Graficar el campo eléctrico total  $E_T$  que corresponde a las tablas generadas en a1).



c) Graficar el campo magnético total  $\mathbf{H}_T$  que corresponde a las tablas generadas en a2).



#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 08.02.57

Aplicando:

$$\Gamma_E = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

a)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (490 + j490)\Omega$

$$[\Gamma] = 0,505$$

$$\theta_\Gamma = 47,54^\circ$$

$$\text{R.O.E.} = 3,04$$

c)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (226,2 - j188,5)\Omega$

$$[\Gamma] = 0,382$$

$$\theta_\Gamma = -111,31^\circ = 248,69^\circ$$

$$\text{R.O.E.} = 2,236$$

b)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (98,02 + j75,4)\Omega$

$$[\Gamma] = 0,601$$

$$\theta_\Gamma = 155,86^\circ$$

$$\text{R.O.E.} = 4,011$$

d)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (452,4 - j829,4)\Omega$

$$[\Gamma] = 0,71$$

$$\theta_\Gamma = -39,81^\circ = 320,19^\circ$$

$$\text{R.O.E.} = 5,897$$

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 08.03.58

$$\Gamma_E = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

Aplicando:

a)  $\eta_1 = 377\Omega$

$$[\Gamma_E] = 0,5$$

$$\theta_{TE} = 45^\circ$$

$$\eta_2 = 521 + j491\Omega$$

c)

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$[\Gamma_E] = 0,45$$

b)

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$[\Gamma_E] = 0,3$$

$$\theta_{TE} = 150^\circ$$

$$\eta_2 = 213 + j70\Omega$$

d)

$$\eta_1 = 377\Omega$$

$$[\Gamma_E] = 0,6$$

$$\theta_{\Gamma_E} = -80^\circ$$

$$\eta_2 = 287 - j319 \Omega$$

$$\theta_{\Gamma_E} = -150^\circ$$

$$\eta_2 = 100 - j94 \Omega$$

## 9. CÁLCULO ANALÍTICO Y GRÁFICO DEL CAMPO TOTAL EN REFLEXIÓN NORMAL

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.01.59

a)  $E_T = \sqrt{E_i^2 + E_r^2 + 2.E_i.E_r.\cos(\theta_i - \theta_z)}$

b) Realizar el gráfico solicitado

c)  $E_T = 133,75 \text{ [V/m]}$

d) R.O.E. = 4

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.02.60

a)

$$R.O.E. = \frac{[E_i] + [E_r]}{[E_i] - [E_r]} = \frac{E_{MAX}}{E_{min}}$$

b)

$$R.O.E. = \frac{[E_i] + [E_r]}{[E_i] - [E_r]} = \frac{[E_i] \left( 1 + \frac{[E_r]}{[E_i]} \right)}{[E_i] \left( 1 - \frac{[E_r]}{[E_i]} \right)} = \frac{1 + [\Gamma_E]}{1 - [\Gamma_E]}$$

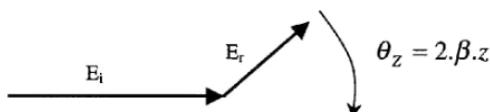
### Soluciones de Problemas

c) R.O.E. = 3

d) R.O.E. = 3

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.03.61

Crank propone un cálculo gráfico donde en lugar de girar un vector  $\beta z$  hacia la derecha y el otro  $\beta z$  hacia la izquierda, el vector incidente  $E_i$  es arbitrariamente mantenido estacionario, de manera que para mantener las verdaderas posiciones de fase relativas entre  $E_i$  y  $E_r$ , el vector  $E_r$  debe ser rotado dos veces el ángulo  $\beta z$  en sentido horario.



### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.04.62

Distancia al máximo

$$\theta_{z, \max} = 47,54^\circ$$

$$\lambda_{\max} = 0,066 \lambda$$

Distancia al mínimo

$$\theta_{z, \min} = 227,54^\circ$$

$$\lambda_{\min} = 0,316 \lambda$$

Distancia al máximo

$$\theta_{z, \max} = 155,86^\circ$$

$$\lambda_{\max} = 0,2165 \lambda$$

Distancia al mínimo

$$\theta_{z, \min} = 335,86^\circ$$

$[\Gamma] = 0,505$

a)  $\theta_r = 47,54^\circ$

R.O.E. = 3,04

$[\Gamma] = 0,601$

b)  $\theta_r = 155,86^\circ$

R.O.E. = 4,011

$$\lambda_{min} = 0,4665 \lambda$$

Distancia al máximo

$$\theta_{Z\max} = 248,69^\circ$$

$$\lambda_{Z\max} = 0,3454 \lambda$$

Distancia al mínimo

$$\theta_{Z\min} = 68,69^\circ$$

$$\lambda_{min} = 0,0954 \lambda$$

c)  $[\Gamma] = 0,382$   
 $\theta_\Gamma = -111,31^\circ = 248,69^\circ$   
 $R.O.E. = 2,236$

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Distancia al máximo  
 $[\Gamma] = 0,71$   
 $\theta_\Gamma = -39,81^\circ = 320,19^\circ$   
 $R.O.E. = 5,897$

d)

Distancia al mínimo  
 $\theta_{Z\min} = 140,19^\circ$   
 $\lambda_{min} = 0,1947 \lambda$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.05.63

$$F.D. = 22,647 \quad \eta_2 = 34,5 + j 33,01$$

$$\text{Distancia al Mínimo} = 0,422 \lambda ; \quad 304^\circ$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.06.64

$$[\Gamma] = 0,386 \quad \theta_\Gamma = 280,13^\circ$$

$$\lambda_{Z\max} = 0,389 \lambda ; \quad \theta_{Z\max} = 280,13^\circ$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.07.65

$$\Gamma_E = u + jv = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \quad \frac{\eta_2}{\eta_1} = z_{n2} = r + jx$$

$$\left( u - \frac{r}{r+1} \right)^2 + (v - 0)^2 = \left( \frac{1}{r+1} \right)^2 \quad \text{Ecuación de circunferencia de parte real}$$

$$(u - 1)^2 + \left( v - \frac{1}{x} \right)^2 = \left( \frac{1}{x} \right)^2 \quad \text{Ecuación de circunferencia de parte imaginaria}$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.08.66

$$\left( u - \frac{r}{r+1} \right)^2 + (v - 0)^2 = \left( \frac{1}{r+1} \right)^2$$

- a) Dar valores a  $r = 0 ; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 5 ; \infty$ .
- b) Confeccionar una tabla y trazar la familia de curvas sobre el diagrama del coeficiente de reflexión constante ( $u, jv$ ). Trazar  $Ei = 2,5$  cm y construir el diagrama.

- c) Extraer conclusiones.

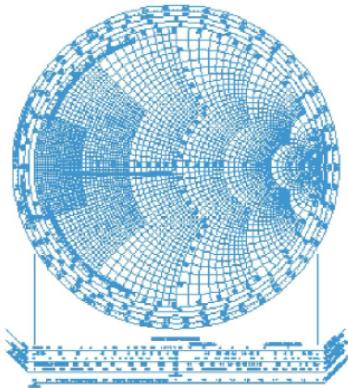
---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.09.67**

---

$$(u-1)^2 + \left(v - \frac{1}{x}\right)^2 = \left(\frac{1}{x}\right)^2$$

- a) Dar valores a  $x = 0 ; +1;-1;+2;-2;+5;-5;+\infty ;-\infty$ .
- b) Confeccionar una tabla y trazar la familia de curvas sobre el mismo diagrama del ejercicio anterior.
- c) Extraer conclusiones.




---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.10.68**

---

a)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (490 + j490)\Omega$   
 $[\Gamma] = 0,505$   
 $\theta_\Gamma = 47,54^\circ$   
 $ROE = 3,04$

b)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (98,02 + j75,4)\Omega$

---

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

---

$$[\Gamma] = 0,601$$

$$\theta_\Gamma = 155,86^\circ$$

$$ROE = 4,011$$

c)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (226,2 - j188,5)\Omega$   
 $[\Gamma] = 0,382$   
 $\theta_\Gamma = -111,31^\circ = 248,69^\circ$   
 $ROE = 2,236$

d)  $\eta_1 = 377\Omega$   
 $\eta_2 = (452,4 - j829,4)\Omega$

$$\begin{aligned} [\Gamma] &= 0,71 \\ \theta_\Gamma &= -39,81^\circ = 320,19^\circ \\ ROE &= 5,897 \end{aligned}$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.11.69

---

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \text{a) } [\Gamma_E] &= 0,5 \\ \theta_\Gamma &= 45^\circ \\ \eta_2 &= 521 + j491 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \text{b) } [\Gamma_E] &= 0,3 \\ \theta_\Gamma &= 150^\circ \\ \eta_2 &= 213 + j70 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \text{c) } [\Gamma_E] &= 0,45 \\ \theta_\Gamma &= -80^\circ \\ \eta_2 &= 287 - j319 \Omega \end{aligned}$$

82 - Universitas

---

#### Soluciones de Problemas

---

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 377\Omega \\ \text{d) } [\Gamma_E] &= 0,6 \\ \theta_\Gamma &= -150^\circ \\ \eta_2 &= 100 - j94 \Omega \end{aligned}$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.12.70

---

- Multiplicar por  $Z_0$  los valores de admitancia normalizada  $Z_n$  encontrados en el ábaco de Smith para hallar la Impedancia Total  $Z_T$  en cada punto.
- Dividir por  $Z_0$  los valores de admitancia normalizada  $Y_n$  encontrados en el ábaco de Smith para hallar la Admitancia Total  $Y_T$ .  $Y_T = Y_n \cdot Y_0$ ; como  $Y_0 = 1/Z_0$  por eso se divide  $Y_n$  por  $Z_0$ .

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.13.71

---

Distancia entre impedancias =  $0,17 \lambda$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 09.14.72

---

Distancia entre impedancias =  $0,22 \lambda$

---

#### 10. REFLEXIÓN OBICUA

---



---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 10.01.73

---

$$\bar{n} = \cos A a_x + \cos B a_y + \cos C a_z = 0,866 a_x + 0,5 a_z$$

$$E_n = 100 \cos [\varpi t - \beta(0,866.y a_y + 0,5.z a_z)]$$

1) Para  $x = y = z = t = 0$

$$E_x = 0$$

2) Para  $x = 0$  y  $y = 3,465$  m  $z = t = 0$

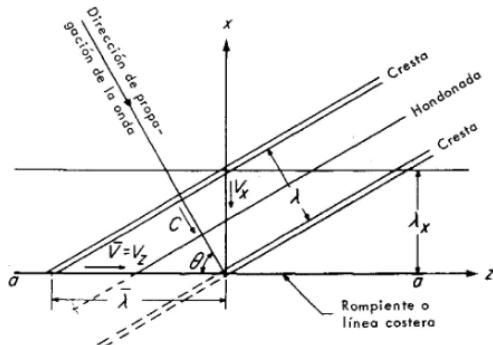
$$E_n = 100 \cos \left[ \frac{2\pi}{3} (0,866 \cdot 3,465) \right] a_y = 100 a_y$$

3) Para  $x = y = 0$   $z = 6$   $t = 0$

$$E_n = 100 \cos \left[ \frac{2\pi}{3} (0,5 \cdot 6) \right] a_z = 100 a_z$$

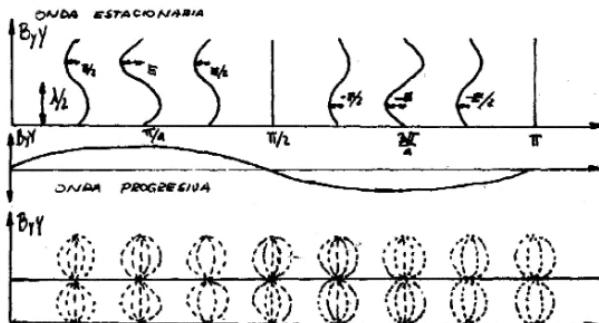
#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 10.02.74



#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 10.03.75

$$E = -2E_i \sin(\beta_z \cdot z) \cdot \sin(\omega t - \beta_y \cdot y)$$



#### 11. GUÍA DE ONDAS

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.01.76

a) Modo TE  $E_z = 0$

$$H_z = C \cdot \cos \frac{m\pi}{a} x \cdot \cos \frac{n\pi}{b} y$$

$$\begin{aligned} Hx &= \frac{j\beta C}{h^2} B \cdot \sin Bx \cdot \cos Ay & Ex &= \frac{j\omega\mu C}{h^2} A \cdot \cos Bx \cdot \sin Ay \\ Hy &= \frac{j\beta C}{h^2} B \cdot \cos Bx \cdot \sin Ay & Ey &= -\frac{j\omega\mu C}{h^2} B \cdot \sin Bx \cdot \cos Ay \end{aligned}$$

b) Modo TM<sub>Hz = 0</sub>

$$\begin{aligned} Ez &= C \cdot \sin \frac{m\pi}{a} x \cdot \sin \frac{n\pi}{b} y & & \\ Ex &= -\frac{j\beta C}{h^2} B \cdot \cos Bx \cdot \sin Ay & Ey &= -\frac{j\beta C}{h^2} A \cdot \sin Bx \cdot \cos Ay \\ Hx &= -\frac{j\omega\epsilon C}{h^2} A \cdot \sin Bx \cdot \cos Ay & Hy &= -\frac{j\omega\epsilon C}{h^2} B \cdot \cos Bx \cdot \sin Ay \end{aligned}$$

c) Frecuencia de Corte

$$fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} \cdot \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.02.77

Los cálculos se realizan con las longitudes en metros (1 [pulg] = 0,0254 [m])

0,9 [pulg] = 0,02286 [m] ; 0,4 [pulg] = 0,01016 [m] ; 0,65 [pulg] = 0,0165 [m]

Para TM<sub>11</sub>

$$\begin{aligned} fc_{(a \neq b)} &= 1,5 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{0,02286}\right)^2 + \left(\frac{1}{0,01016}\right)^2} = 16,156 \text{ [Ghz]} \\ fc_{(a=b)} &= 1,5 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{0,0165}\right)^2 + \left(\frac{1}{0,0165}\right)^2} = 12,84 \text{ [Ghz]} \end{aligned}$$

Para TM<sub>12</sub>

$$\begin{aligned} fc_{(a=b)} &= 1,5 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{0,0165}\right)^2 + \left(\frac{2}{0,0165}\right)^2} = 20,31 \text{ [Ghz]} \\ fc_{(a \neq b)} &= 1,5 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{0,02286}\right)^2 + \left(\frac{2}{0,01016}\right)^2} = 30,274 \text{ [Ghz]} \end{aligned}$$

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

La frecuencia de corte de la guía cuadrada es menor que en la rectangular.

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.03.78

a) a = b = 0,02121 [ m ]

b) a = b = 21,2132 [ m ]

c) a = b = 21,2132 [ Km ]

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.04.79

$$\beta_z = \sqrt{\omega^2 \mu \varepsilon - \left[ \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]} = 246,90 [rad/m] = 14146,52 [\circ/m]$$

$$\lambda_z = \frac{2\pi}{\beta_z} = 0,0254 [m]$$

$$\cos \theta = \frac{\lambda_0}{\lambda_z} = 0,59$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = 0,015 [m]$$

$$\lambda_g = \lambda_0 \cdot \cos \theta = 0,00884 [m]$$

$$v_z = \frac{\varpi}{\beta} = 5,09 \cdot 10^8 [m/s]$$

$$v_g = v_0 \cdot \cos \theta = 1,77 \cdot 10^8 [m/s]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.05.80

---

$$\beta_z = \sqrt{\omega^2 \mu \varepsilon - \left[ \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]} = 766,38 [rad/m] = 43910,41 [\circ/m]$$

$$\lambda_z = \frac{2\pi}{\beta_z} = 0,0082 [m]$$

$$\cos \theta = \frac{\lambda_0}{\lambda_z} = 0,9148$$

$$\lambda_1 = \frac{v_p}{f} = 0,0075 [m]$$

$$\lambda_g = \lambda_1 \cdot \cos \theta = 0,00686 [m]$$

86 - Universitas

---

#### Soluciones de Problemas

---

$$v_z = \frac{\varpi}{\beta} = 1,64 \cdot 10^8 [m/s] \quad v_g = v_0 \cdot \cos \theta = 1,37 \cdot 10^8 [m/s]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 11.06.81

---

- a) frec. corte = 2,079 [Ghz]
- b) frec. corte = 3,714 [Ghz]
- c) frec. corte = 6,562 [Ghz]
- d) frec. corte = 9,494 [Ghz]
- e) frec. corte = 21,091 [Ghz]
- f) frec. corte = 39,902 [Ghz]

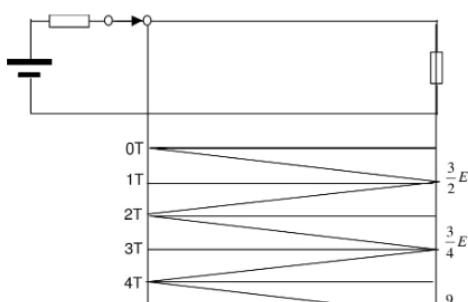
## 12. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

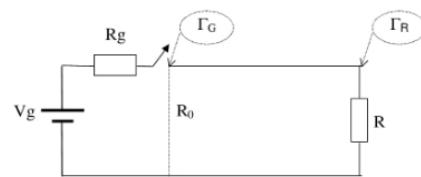
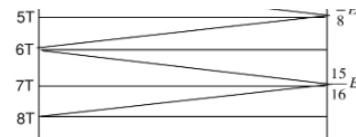
---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.01.82

---

Extraer conclusiones.



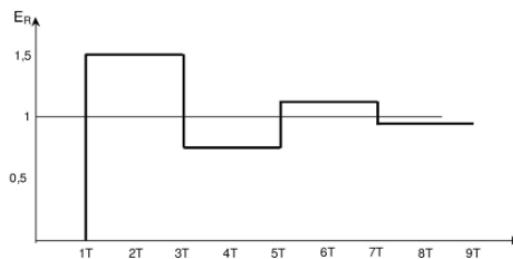


87 - Universitas

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

$$\Gamma_G = \frac{R_g - R_0}{R_g + R_0} = \frac{-R_0}{R_0} = -1$$

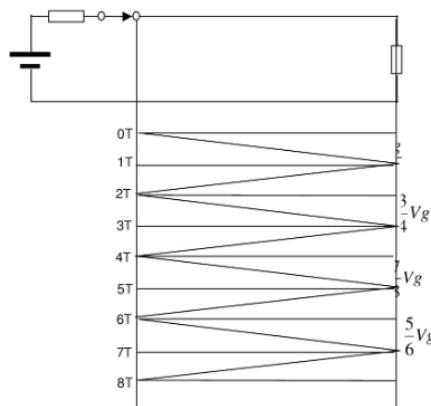
$$\Gamma_R = \frac{R_L - R_0}{R_L + R_0} = \frac{3R_0 - R_0}{3R_0 + R_0} = \frac{2R_0}{4R_0} = \frac{1}{2}$$



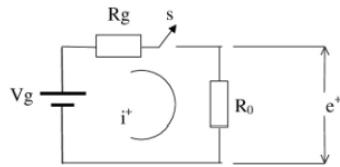
#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.02.83

Cálculo de la caída de tensión en  $R_g$

$$E = \frac{V_g}{R_g + R_0} \cdot R_0 = \frac{V_g}{4}$$

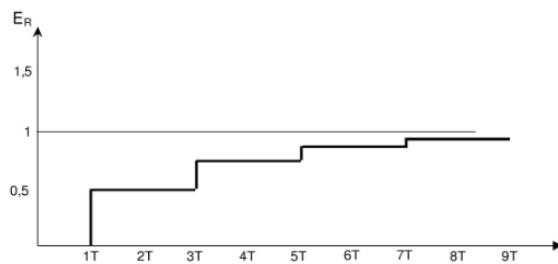


88 - Universitas



$$\Gamma_G = \frac{R_g - R_0}{R_g + R_0} = \frac{3R_0 - R_0}{3R_0 + R_0} = \frac{1}{2}$$

$$\Gamma_R = \frac{R_L - R_0}{R_L + R_0} = \frac{\infty - R_0}{\infty + R_0} = \frac{\infty}{\infty} = 1$$



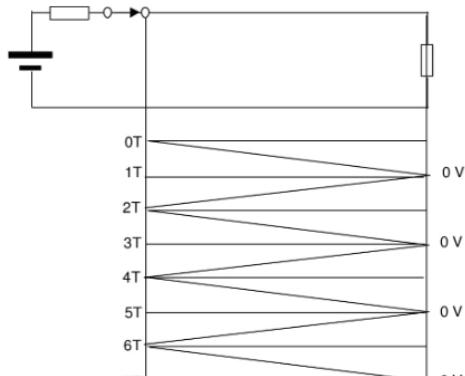
#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.03.84

Extraer conclusiones.

$$\Gamma_G = \frac{R_g - R_0}{R_g + R_0} = \frac{3R_0 - R_0}{3R_0 + R_0} = \frac{1}{2}$$

$$\Gamma_R = \frac{R_L - R_0}{R_L + R_0} = \frac{0 - R_0}{0 + R_0} = -\frac{R_0}{R_0} = -1$$

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS





Si a la mitad de la línea medimos la tensión, tendremos una onda cuadrada.

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.04.85

---

$$Z_i = Z_o \frac{Z_R + jZ_o \cdot \tan \beta d}{Z_o + jZ_R \cdot \tan \beta d}$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.05.86

---

Realizar un esquema con lo visto en Teoría de los Circuitos y hacer el gráfico interpretando el ábaco de Smith.

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.06.87

---

Realizar demostración según libro de texto Cap. 12

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.07.88

---

$$Z_0 = 765 \text{ } [\Omega]$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.08.89

---

$$XL = +j 150 \text{ } [\Omega]$$

$$[ \Gamma ] = 0,62 \quad \arg( \Gamma ) = 29,74 [ ^\circ ]$$

90 - Universitas

---

#### Soluciones de Problemas

---

$$\text{R.O.E.} = 4,27$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.09.90

---

$$XC = -j 135 \text{ } [\Omega]$$

$$[ \Gamma ] = 0,59 \quad \arg( \Gamma ) = -30 [ ^\circ ]$$

$$\text{R.O.E.} = 3,86$$

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.10.91

---

**DATOS:**

$$Z_0: 50 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R: 150 \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y <sub>r</sub>	0,0625 λ	0,125 λ	0,1875 λ	0,25 λ	0,3125 λ	0,375 λ	0,4375 λ	0,5 λ
0,33+j0	0,38+j0,36				1,38-j1,3			

---

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.11.92

---

**DATOS:**

$$Z_0: 300 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_R: 600 \text{ } [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y <sub>r</sub>	0,0625 λ	0,125 λ	0,1875 λ	0,25 λ	0,3125 λ	0,375 λ	0,4375 λ	0,5 λ

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.12.93

**DATOS:**

$$Z_0: 75 \quad [\Omega]$$

$$Z_R: 0 \quad [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y <sub>r</sub>	0,0625 λ	0,125 λ	0,1875 λ	0,25 λ	0,3125 λ	0,375 λ	0,4375 λ	0,5 λ
∞+j∞			0-j0,41				0+j2,41	

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.13.94

**DATOS:**

$$Z_0: 50 \quad [\Omega]$$

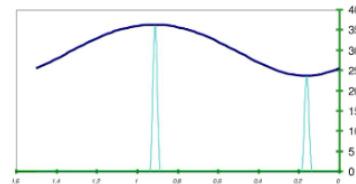
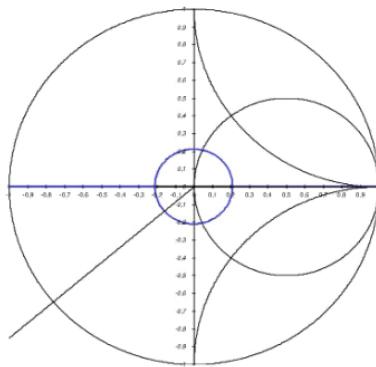
$$Z_R: \infty \quad [\Omega]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y <sub>r</sub>	0,0625 λ	0,125 λ	0,1875 λ	0,25 λ	0,3125 λ	0,375 λ	0,4375 λ	0,5 λ
0+j0			0+j2,41			0-j1		

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.14.95

	1	2	3	4	5	6	7	8
Z <sub>n</sub>	30 Mhz	40 Mhz	50 Mhz	60 Mhz	70 Mhz	80 Mhz	90 Mhz	100 Mhz
Z <sub>n</sub>	12+j5	9+j13	7,5+j22	10+j33	15+j40	22,5+j50	35+j60	50+j70
Γ <sup>n</sup> =	0,24 +j 0,10	0,18 +j 0,26	0,15 +j 0,44	0,20 +j 0,66	0,30 +j 0,80	0,45 +j 1,00	0,70 +j 1,20	1,00 +j 1,40
Y <sub>n</sub> =	3,55 -j 1,48	1,80 -j 2,60	0,69 -j 2,04	0,42 -j 1,39	0,41 -j 1,10	0,37 -j 0,83	0,36 -j 0,62	0,34 -j 0,47

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.15.96



a)  $[\Gamma]=0,2106$

$\theta_\Gamma=-139$

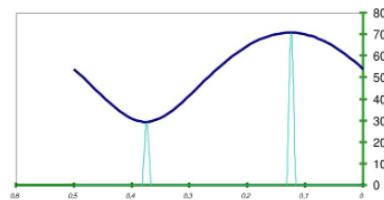
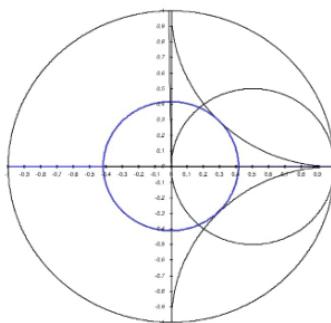
b) R.O.E.= 1,534

c)  $D_{\min}=0,168 \text{ m}$

$$D_{MAX} = 0,918 \text{ m}$$

d) Rellenar los valores de la tabla aplicando el Teorema del Coseno.

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 12.16.97



a.  $[\Gamma] = 0,414 \quad \theta_T = 90,81$

b. R.O.E. = 2,414

c.  $D_{min} = 0,376 \text{ m}$

$$D_{MAX} = 0,126 \text{ m}$$

d. Rellenar los valores de la tabla aplicando el Teorema del Coseno.

#### 13. ADAPTACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

##### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.01.98

$$L_s(F_1) = 0,4518 \lambda \quad Y_{F1} = j 3,2 \quad \lambda_{F1} = 1,25 \text{ [m]} \quad L_s = 0,5647 \text{ [m]} \text{ no cambia}$$

$$L_s(F_2) = 0,2824 \quad Y_{F2} = j 0,206 \quad \lambda_{F2} = 2,00 \text{ [m]}$$

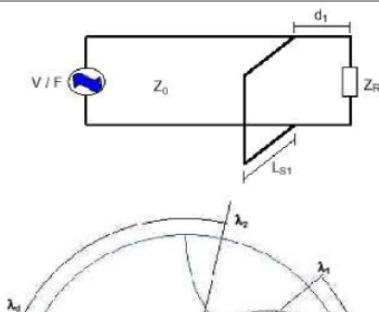
##### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.02.99

$$L_s(F_1) = 0,3487 \lambda \quad Y_{F1} = -j 1,4 \quad \lambda_{F1} = 1,20 \text{ [m]} \quad L_s = 0,4185 \text{ [m]} \text{ no cambia}$$

$$L_s(F_2) = 0,2824 \quad Y_{F2} = -j 5,43 \quad \lambda_{F2} = 1,50 \text{ [m]}$$

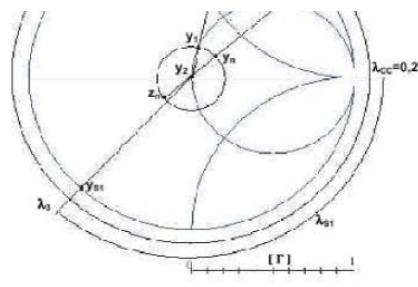
#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

##### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.03.100



##### SIMBOLO

1	$Z_n$	$= 0,70 - j 0,20$
1a	$[\Gamma]$	$= 0,2106$
1b	$\theta_T$	$= 220,40$
1c	R.O.E	$= 1,534$
2	$Y_n$	$= 1,32 + j 0,38$
3	$\lambda_1$	$= 0,1939$

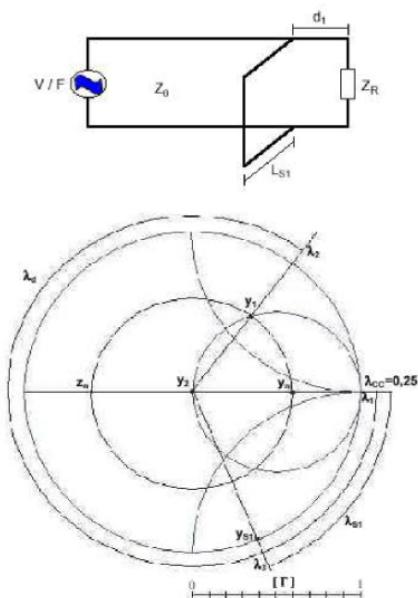


4	$y_1$	=	$1,00 + j 0,43$
5	$\lambda_2$	=	0,142
6	$\lambda_d$	=	0,448
7	$y_{S1}$	=	$0,00 - j 0,43$
8	$\lambda_3$	=	0,4352
9	$\lambda_{S1}$	=	0,1852
10	$y_2$	=	$1,00 + j 0,00$
11	$\lambda_G$	=	3,00 [m]
12	$d$	=	1,3440 [m]
13	$L_{S1}$	=	0,5557 [m]

94 - Universitas

#### Soluciones de Problemas

##### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.04.101

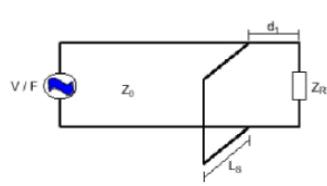


1	$z_n$	=	$0,25 + j 0,00$
1a	$ \Gamma $	=	0,6000
1b	$\theta_\Gamma$	=	180,00
1c	R.O.E	=	4,000
2	$y_n$	=	$4,00 + j 0,00$
3	$\lambda_1$	=	0,2500
4	$y_1$	=	$1,00 + j 1,50$
5	$\lambda_2$	=	0,176
6	$\lambda_d$	=	0,426
7	$y_{S1}$	=	$0,00 - j 1,50$
8	$\lambda_3$	=	0,3436
9	$\lambda_{S1}$	=	0,0936
10	$y_2$	=	$1,00 + j 0,00$
11	$\lambda_G$	=	3,00 [m]
12	$d$	=	1,2786 [m]
13	$L_{S1}$	=	0,2808 [m]

Se puede encontrar  $Y_1 = 1-j 1,5$  lo cual hace adaptar mas cerca de la carga pero el stub es mas largo, cualquiera de las dos soluciones es correcta

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

## SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.05.102



IMP. DE CARGA

$$Z_n = 1,861 - j \ 0,4911 \ [\Omega]$$

$$Z_R = 93,04 - j \ 24,56 \ [\Omega]$$

1	$L_{S1}$	=	0,150
2	$d$	=	0,125
3	$\lambda_g$	=	1,00
4	$\lambda_{S1}$	=	0,1500
5	$\lambda_d$	=	0,4000
6	$y_{S1}$	=	0 -j 0,7265
7	$\lambda_d$	=	0,125
8	$\lambda_2$	=	0,153
9	$y_1$	=	1 +j 0,7265
9a	$\theta_\Gamma$	=	70,04
10	$\lambda_1$	=	0,02773
11	$y_n$	=	0,502 +j 0,1326
12	$z_n$	=	1,861 -j 0,4911
12a	$ \Gamma $	=	0,3414
12b	$\theta_\Gamma$	=	340,04
12c	<b>R.O.E</b>	=	2,037
13	$Z_R$	=	93,042 -j 24,557

## SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.06.103

ROE(F2) = 11,06

## SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.07.104

ROE(F2) = 1,4

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.08.105

---

## SIMBOLO

1 Trazar círculo auxiliar

2  $z_n = 1,000 - j 1,000$ 2a  $[\Gamma] = 0,4472$ 2b  $\theta_\Gamma = -63,43$ 

2c R.O.E = 2,618

3  $y_n = 0,500 + j 0,500$ 

circ. en paralelo

4  $\lambda_1 = 0,088104$ 5  $y_1 = 0,960 - j 0,979$ 6  $\lambda_2 = 0,34142$ 7  $\lambda_d = 0,25332$ 8  $y_2 = 0,960 - j 1,999$ 9  $y_{S1} = 0,00 - j 1,020$ 10  $\lambda_3 = 0,37339 \quad 1^{\text{o}} \text{ stub}$ 11  $\lambda_{S1} = 0,12339$ 12  $y_3 = 1,000 + j 2,041$ 13  $y_{S2} = 0,00 - j 2,041$ 14  $\lambda_4 = 0,32225 \quad 2^{\text{o}} \text{ stub}$ 15  $\lambda_{S2} = 0,0725$ 16  $y_4 = 1,00 + j 0,00$ 17  $\lambda_G = 1,00$ 18  $d = 0,2533$ 

Longitudes

19  $L_{S1} = 0,1234$ 20  $L_{S2} = 0,0725$ 

---

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.09.106

---

$$Z_n = 0,6 + j 0,8$$

$$[\Gamma] = 0,5$$

$$\theta_\Gamma = 90^\circ$$

$$Y_n = 0,6 - j 0,8$$

---

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

---

$$Y_1 = 0,6 - j 0,8$$

$$Y_2 = 0,6 - j 1,91$$

$$Y_{S1} = -j 1,11$$

$$Y_{S2} = -j 2,55$$

$$d_1 = 0 \text{ [m]}$$

$$L_{S1} = 0,348 \text{ [m]}$$

$$L_{S2} = 0,177 \text{ [m]}$$

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.10.107

---

$$Z_n = 1,6 - j 0,4$$

$$[\Gamma] = 0,274$$

$$\theta_\Gamma = 335^\circ$$

$$Y_n = 0,59 - j 0,15$$

$$Y_1 = 0,95 - j 0,55$$

$$Y_2 = 0,95 - j 2$$

$$Y_{S1} = -j 1,44$$

$$Y_{S2} = -j 2,04$$

$$d_1 = 0,2431 \text{ [m]}$$

$$L_{S1} = 0,0724 \text{ [m]}$$

$$L_{S2} = 0,0544 \text{ [m]}$$

98 - Universitas

---

Soluciones de Problemas

---

---

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.11.108

---

SÍMBOLO

1 Trazar círculo auxiliar

2  $\lambda_G = 0,60$

3  $\lambda_{s1} = 0,11057$

4  $\lambda_3 = 0,36057$  1º stub

5  $y_{S1} = 0,00 - j 1,200$

6  $y_2 = 1,6 - j 1,80$  Lo fija el ROE<sub>ES</sub>

7  $y_1 = 1,6 - j 0,6$

8  $\lambda_2 = 0,29445$

9  $\lambda_d = 0,33890$

10  $\lambda_1 = 0,455548$  circ. en paralelo

11  $y_n = 0,5 - j 0,2$

12  $y_3 = 1,000 + j 1,500$

13  $y_{S2} = 0,00 - j 1,500$

14  $\lambda_4 = 0,3436$  2º stub

15  $\lambda_{s2} = 0,0936$

16  $L_{S2} = 0,0562$

17  $y_4 = 1,00 + j 0,00$

18  $Z_n = 1,6 + j 0,6$

18a  $[\Gamma] = 0,3180$

18b  $\theta_\Gamma = 33$

$$18c \quad R.O.E = \begin{array}{l} 1,933 \\ 19 \quad Z_R \quad 120 + j 45 \quad [\Omega] \end{array}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.12.109**

---

- a)  $Z_R = 120 - j 30 \text{ } [\Omega]$
- b)  $[\Gamma] = 0,27 \quad \theta_\Gamma = 335^\circ$
- c)  $ROE_R = 1,75$
- d)  $L_{S2} = 0,0544 \text{ [m]}$

99 - Universitas

---

**GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

---



---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.13.110**

---

$$Z_T(\lambda/4) = 132,28 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.14.111**

---

$$Z_T(\lambda/4) = 129,26 \text{ [ } \Omega \text{ ]} \quad \text{Dist. para hacer real } 0,052 \lambda$$

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 13.15.112**

---

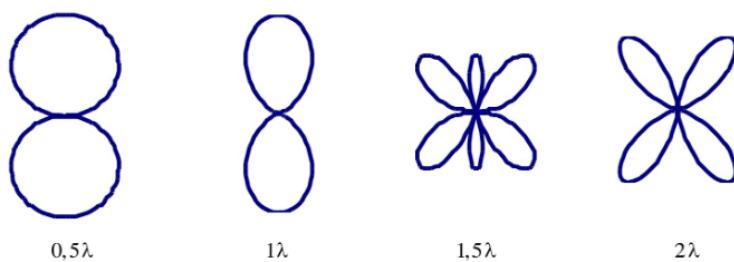
$$Z_T(\lambda/4) = 36,32 \text{ [ } \Omega \text{ ]} \quad \text{Dist. Para hacerlo real } 0,166$$

## 14. RADIACIÓN

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 14.01.113**

---



Hacer las tablas para cada diagrama cada 10 grados.

---

**SOLUCIÓN PROBLEMA N° 14.02.114**

---

a)

$$E_\theta = \frac{Idl \sin \theta}{4\pi\varepsilon} \left[ -\frac{\omega \sin(\omega t')}{rv^2} + \frac{\cos(\omega t')}{r^2 v} + \frac{\sin(\omega t')}{\omega r^3} \right]$$

$$E_r = \frac{2 Idl \cos \theta}{4\pi\varepsilon} \left( \frac{\cos \omega t'}{r^2 v} + \frac{\sin \omega t'}{\omega r^3} \right)$$

$$H_\phi = \frac{Idl\sin\theta}{4\pi} \left[ -\frac{\omega \sin(\omega t')}{rv} + \frac{\cos(\omega t')}{r^2} \right]$$

Término estático  $1/r^3$ , término de inducción  $1/r^2$ , término de radiación  $1/r$

b) La distancia a la cual se hacen iguales el término de inducción y de radiación es  $\lambda/6$

c)

$$P_y(r)_{av} = \frac{\eta}{2} \left( \frac{\omega I dl \sin\theta}{4\pi r c} \right)$$

## 15. ANTENAS

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 15.01.115

$$Z_0 = 300 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 15.02.116

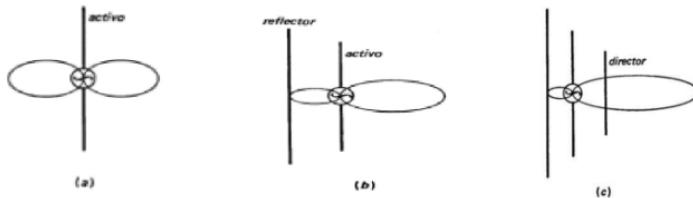
#### Antena Yagi

Se basa en el agregado de elementos directores y reflectores a un dipolo con el fin de aumentar su directividad.

Su ganancia está dada por:

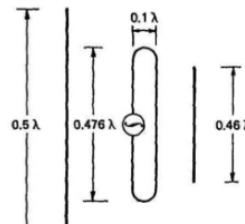
$$G = 10 \log n \text{ [ db ]}$$

n = número de elementos de la antena.



### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 15.03.117





Frec = 180 Mhz

$$\lambda = \frac{c}{Frec} = 1,66 \text{ m}$$

$$0,11 \lambda = 0,1826 \text{ m}$$

$$0,15 \lambda = 0,249 \text{ m}$$

$$0,46 \lambda = 0,7636 \text{ m}$$

$$0,476 \lambda = 0,79 \text{ m}$$

$$0,5 \lambda = 0,83 \text{ m}$$

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 15.04.118

- a) La antena Ringo puede ser usada entre: 135 Mhz y 174 Mhz
- b) Impedancia de entrada: 50 [ $\Omega$ ]
- c) Resistencia al viento: 200 [Km/h]
- d) Dimensiones para 140 Mhz : A= 1460 [mm]; B= 1333 [mm], C= 235 [mm]  
Dimensiones para 160 Mhz.: A= 1271 [mm]; B= 1155 [mm], C= 209 [mm]

Para reducir el R.O.E. hacer deslizar la varilla de ajuste de impedancia sobre el aro adaptador.

102 - Universitas

[Soluciones de Problemas](#)

## **16. FIBRAS ÓPTICAS**

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 16.01.119

La tecnología se basa en la transmisión de la luz a lo largo de filamentos transparentes de vidrio, plástico u otro medio de características ópticas convenientes.

Hay tres tipos de fibras: "Realizar los gráficos del Libro"

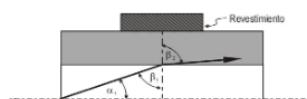
- 1) Fibra multimodo de índice escalonado
- 2) Fibra multimodo de índice gradual
- 3) Fibra monomodo o modo simple

Las características de un sistema por fibras ópticas son:

- a) Menor pérdida de potencia
- b) Inmunidad al ruido
- c) Dimensiones reducidas y bajo peso
- d) Seguridad (no se puede interceptar la señal)
- e) Aislamiento eléctrico
- f) Gran ancho de banda

#### SOLUCIÓN PROBLEMA N° 16.02.120

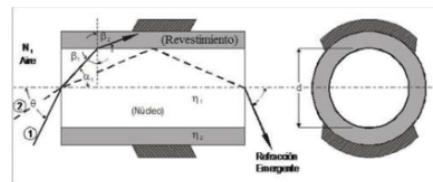
Hacer el desarrollo del Libro de Teórico.





SOLUCIÓN PROBLEMA N° 16.03.121

$$\theta_a = 14,35 [^\circ]$$

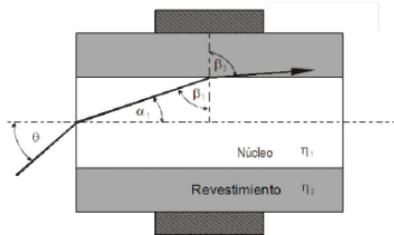


103 - Universitas

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

SOLUCIÓN PROBLEMA N° 16.04.122

$$A.N. = 0,280$$



104 - Universitas

# TECNICA DEL SEMINARIO

A fin de que mis colegas puedan utilizar esta técnica ya sea al finalizar el estudio de la propagación de ondas en medio continuo o como cierre de la asignatura, he querido incluir una reseña acerca del seminario.

El seminario es una técnica de estudio más amplia que la discusión o el debate, pudiéndose incluir ambas en su desarrollo.

La duración de un seminario puede variar desde uno o algunos días hasta un año; su extensión depende de la extensión, profundidad de los estudios y del tiempo disponible.

El seminario puede tener lugar en el horario común de clases o en horario extraordinario, y puede versar sobre el estudio de una o más unidades del programa, así como de temas correlacionados con las mismas y de evidente interés para la disciplina.

El seminario puede desarrollarse de maneras diferentes, adaptándose a circunstancias y necesidades de enseñanza.

1. El profesor distribuye la presentación de la unidad entre los estudiantes, en forma individual o en grupo, según las preferencias, aptitudes de éstos o al azar, indicando bibliografía y otras normas necesarias, así como la fecha de las sesiones del seminario.
2. En la fecha marcada, el grupo presenta la parte que le fue indicada, expone los resultados de sus estudios sobre dicho tema, dando comienzo a las discusiones y debates acerca de la misma.
3. Cuando alguna parte del tema no queda lo suficientemente aclarada, el profesor prestará la ayuda necesaria y actuará como moderador.
4. Al final son coordinadas las conclusiones a que lleguen los estudiantes con el auxilio del profesor.
5. Para que el seminario resulte eficiente, es necesario insistir en que todos los estudiantes se preparen convenientemente para los trabajos establecidos, máxime si los temas tratados son fundamentales para la formación en dicha disciplina.

El seminario favorece y desenvuelve la capacidad de razonar del alumno.

Dice J. Francisco Oliver que " un seminario es la reunión del profesor y sus alumnos con el objeto de hacer investigaciones propias sobre puntos concretos de la ciencia a la cual se dedican. No se trata de que todos los que pasen por un seminario lleguen a ser científicos, pero, por lo menos, lo que ya es mucho, despertará su espíritu científico.

Así el seminario es el complemento de la cátedra, que orienta al estudiante hacia el trabajo científico y hacia el hábito del razonamiento objetivo.

El seminario se dirige más a la formación que a la información, pues tiende a capacitar al educando para estudiar independientemente y de esta forma da particular importancia:

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

1. Al uso de los instrumentos de trabajo intelectual, a la vez que justifica el manejo de aparatos de investigación.
2. Al análisis de hechos y no solamente a las referencias bibliográficas.
3. A la reflexión sobre los problemas, además de exponerlos.
4. Al pensamiento original.
5. A la exposición de los trabajos realizados, con orden, exactitud y honestidad.

TABLA DE GUÍAS DE ONDAS STANDARD DE HEWLETT PACKARD

Designación de Bandas HP	Rango de Frecuencia Modo TE <sub>10</sub> (GHz)	Material B-Bronce A-Aluminio P-Plata					Frecuencia de corte (Ghz)	
			Ancho (a) Pulgadas	Alto (b) Pul- gadas	Ancho (a) cm	Altura (b) cm		
1	1,12 - 1,70	B A	6,500	3,250	16,510	8,255	0,909	
2	1,45 - 2,20	B A	5,100	2,550	12,954	6,477	1,158	
3	1,70 - 2,60	B A	4,300	2,150	10,922	5,461	1,373	
4	2,20 - 3,30	B A	3,400	1,700	8,636	4,318	1,737	
5	S	2,60 - 3,95	B A	2,840	1,340	7,214	3,404	2,079
6	3,30 - 4,90	B A	2,290	1,145	5,817	2,908	2,579	
7	G	2,95 - 5,85	B A	1,872	0,872	4,755	2,215	3,155
8	C	4,90 - 7,05	B A	1,590	0,759	4,039	1,928	3,714
9	J	5,85 - 8,20	B A	1,372	0,622	3,485	1,580	4,304
10	H	7,05 - 10,00	B A	1,122	0,497	2,850	1,262	5,263
11		7,00 - 11,00	B A	1,020	0,510	2,591	1,295	5,790
12	X	8,20 - 12,40	B A	0,900	0,400	2,286	1,016	6,562
13	M	10,00 - 15,00	B A	0,750	0,375	1,905	0,953	7,874
14	P	12,40 - 18,00	B A P	0,622	0,311	1,580	0,790	9,494

15	N	15,00	-	22,00	B A P	0,510	0,255	1,295	0,648	11,579
16	K	18,00	-	26,50	B A P	0,420	0,170	1,067	0,432	14,061
17		22,00	-	33,00	B A P	0,340	0,170	0,864	0,432	17,369
18	R	28,50	-	40,00	B A P	0,280	0,140	0,711	0,356	21,091
19		33,00	-	50,00	B P	0,224	0,112	0,569	0,284	26,364
20		40,00	-	60,00	B P	0,188	0,094	0,478	0,239	31,412
21	V	50,00	-	75,00	B P	0,148	0,074	0,376	0,188	39,902
22		60,00	-	90,00	B P	0,122	0,061	0,310	0,155	48,406
23		75,00	-	110,00	B P	0,100	0,050	0,254	0,127	59,055

107 - Universitas

#### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Tabla de características de los principales cables coaxiales (hoja 1)

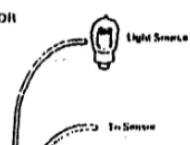
Características de los Cables Coaxiales													
Coaxial	Ohm	Factor Veloc.	Aislán. Dielec.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	Atenuación en decibellos por cada 100 mts							
						10 Mhz	50 Mhz	100 mhz	200 Mhz	400 Mhz	1 Ghz	3Ghz	
RG-5	50	0,66	Esp PE	-----	93,50	2,72	6,23	8,85	13,50	19,40	32,15	75,50	8,30
RG-6	75	0,66	Esp PE	-----	61,60	2,72	6,23	8,85	13,50	19,40	32,15	75,50	8,50
RG-8	52	0,66	PE	4	97	1,80	4,27	6,23	8,86	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-9	51	0,66	PE	4	98	2,17	4,92	7,55	10,80	16,40	28,90	59,00	10,70
RG-10	52	0,66	-----	-----	100	1,80	4,25	6,25	8,85	13,50	26,30	52,50	12,00
RG-11	75	0,66	Esp PE	4	67	2,18	5,25	7,55	10,80	15,80	25,60	54,00	10,30
RG-12	75	0,66	PE	4	67	2,18	5,25	7,55	10,80	15,80	25,60	54,00	12,00
RG-13	74	0,66	-----	-----	67	2,18	5,25	7,55	10,80	15,80	25,60	54,00	10,70
RG-14	52	0,66	-----	-----	98,40	1,35	3,28	4,60	6,55	10,20	18,00	41,00	13,90
RG-17	52	0,66	PE	11	67	0,80	2,05	3,15	4,90	7,85	14,40	31,10	22,10
RG-18	52	0,66	-----	-----	100	0,80	2,05	3,15	4,90	7,85	14,40	31,10	24,00
RG-19	52	0,66	-----	-----	100	0,55	1,50	2,80	3,70	6,05	11,80	25,30	28,50
RG-20	52	0,66	-----	-----	100	0,55	1,50	2,80	3,70	6,05	11,80	25,30	30,40
RG-21	53	0,66	-----	-----	98	14,40	30,50	47,70	59,00	85,30	141,00	279,00	8,50
RG-34	75	0,66	-----	-----	67	1,05	2,79	4,60	6,56	10,80	19,00	52,50	15,90
RG-35	75	0,66	-----	-----	67	0,80	1,90	2,80	4,15	6,40	11,50	28,20	24,00
RG-55	52,50	0,66	PE	1.9	93	3,94	10,50	15,80	23,00	32,80	54,10	100,00	5,30
RG-56	50	0,66	PE	1.9	93	4,60	10,80	16,10	24,30	39,40	78,70	177,00	5,00
RG-59	73	0,66	PE	600	69	3,60	7,85	11,20	16,10	23,00	39,40	87,00	6,20
RG-74	52	0,66	-----	-----	98	1,35	3,28	4,55	6,56	10,70	18,00	41,00	15,70
RG-122	50	0,66	-----	-----	5,58	14,80	28,00	36,10	54,10	95,10	187,00	4,10	
RG-142	50	0,70	PTFE	1.9	96	3,60	8,85	12,80	18,50	26,30	44,25	88,60	4,90
RG-174	50	0,66	PTFE	1.5	101	12,80	21,70	29,20	39,40	57,40	98,40	210,00	2,60
RG-177	50	0,66	-----	-----	-----	0,70	2,03	3,12	4,92	7,85	14,40	31,20	22,70

108 - Universitas

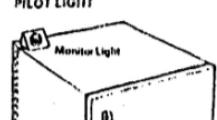
Tabla de características de los principales cables coaxiales (hoja 2)													
Coaxial	Ohm	Factor Veloc.	Aislán. Diélec.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	Atenuación en decibelios por cada 100 mts							
						10 Mhz	50 Mhz	100 mhz	200 Mhz	400 Mhz	1Ghz	3Ghz	Diam. en mm
RG-178	50	0,69	-----	-----	-----	18,40	34,50	45,90	63,30	91,90	151,00	279,00	1,90
RG-179	75	0,69	-----	-----	-----	17,40	27,90	32,80	41,00	52,50	78,70	144,00	2,50
RG-180	95	0,69	-----	-----	-----	10,80	15,10	18,70	24,90	35,50	55,80	115,00	3,70
RG-187	75	0,69	-----	-----	-----	17,40	27,90	32,80	41,00	52,50	78,70	144,00	2,80
RG-188	50	0,69	-----	-----	-----	19,70	31,50	37,40	46,60	54,80	102,00	197,00	2,80
RG-195	95	0,69	-----	-----	-----	10,80	15,10	18,70	24,90	35,40	55,80	115,00	3,90
RG-196	50	0,69	-----	-----	-----	18,40	34,50	45,20	62,30	91,90	151,00	279,00	2,00
RG-212	50	0,66	-----	-----	-----	2,72	6,23	8,86	13,50	19,40	32,20	75,50	8,50
RG-213	50	0,66	PE	5	101	1,80	4,30	6,25	8,85	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-214	50	0,66	PE	5	101	2,15	4,95	7,55	10,80	16,40	28,90	59,00	10,80
RG-215	50	0,66	PE	5	101	1,80	4,30	8,20	8,85	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-216	75	0,66	PE	5	67	2,15	5,25	7,55	10,80	15,80	25,60	54,10	10,80
RG-217	50	0,66	-----	-----	-----	1,35	3,30	4,60	6,55	10,20	18,00	40,50	13,80
RG-218	50	0,66	-----	-----	96	0,80	2,05	3,10	4,90	7,85	14,40	31,20	22,10
RG-219	50	0,66	-----	-----	-----	0,80	2,05	3,10	4,90	7,85	14,40	31,20	24,00
RG-220	50	0,66	-----	-----	96	0,55	1,50	2,30	3,70	6,10	11,80	25,50	28,50
RG-221	50	0,66	-----	-----	-----	0,55	1,50	2,30	3,70	6,10	11,80	25,50	30,40
RG-222	50	0,66	-----	-----	-----	14,40	30,50	42,70	59,10	85,30	141,00	279,00	8,50
RG-223	50	0,66	PE	1.9	101	3,95	10,50	15,80	23,00	32,80	54,10	100,00	5,40
RG-302	75	0,69	-----	-----	-----	1,50	4,00	10,80	15,40	22,60	41,90	85,25	5,30
RG-303	50	0,69	-----	-----	-----	3,61	8,86	12,80	18,50	26,30	44,30	88,60	4,30
RG-316	50	0,69	-----	-----	-----	19,70	31,50	37,40	46,60	54,80	102,00	197,00	2,60
NOTAS	PE = Polietileno Esp.PE = Espuma de Polietileno PTFE = Teflón (Politetrafluoroetileno) RG-214 y RG-223 = Con doble protección (Doble apantallado)												

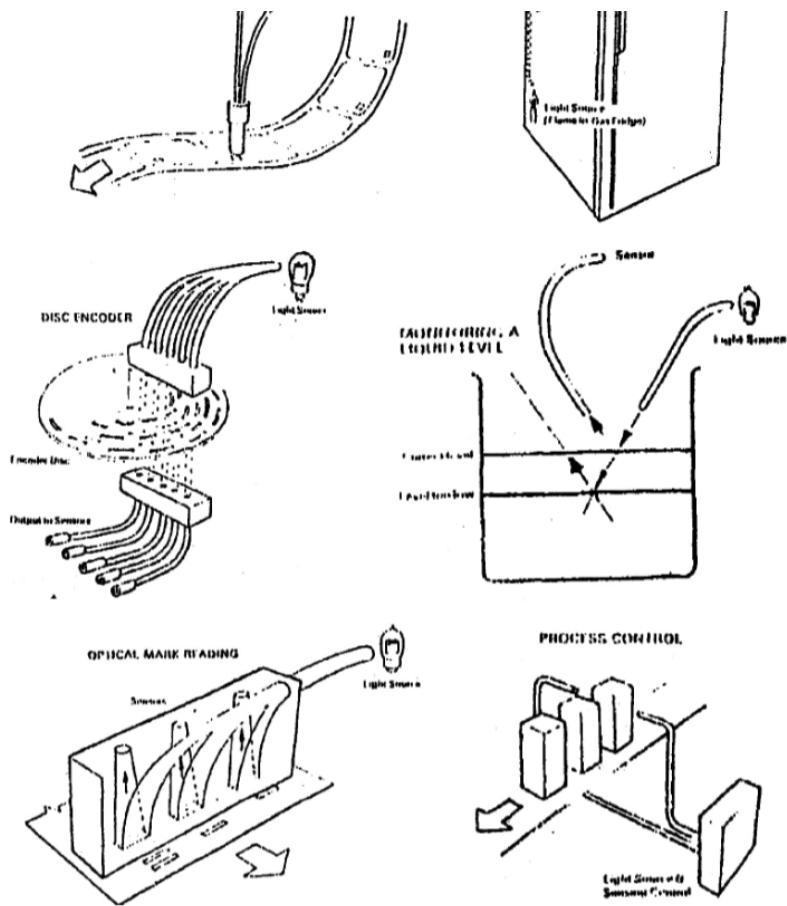
## FIBRAS ÓPTICAS

LABEL POSITION MONITOR



MONITORING A PILOT LIGHT





110 - Universitas

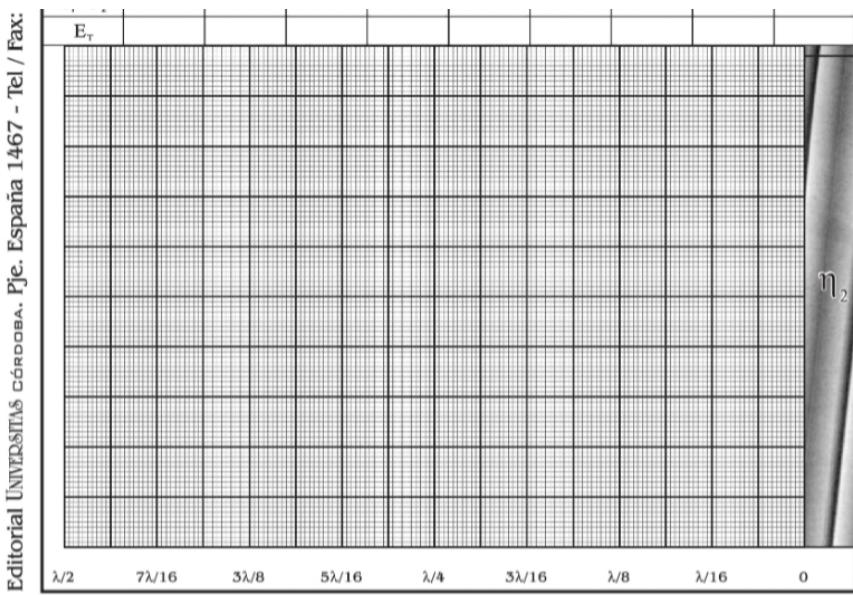


## **DIAGRAMA DE CRANK**

Práctico N°..... Curso:.....

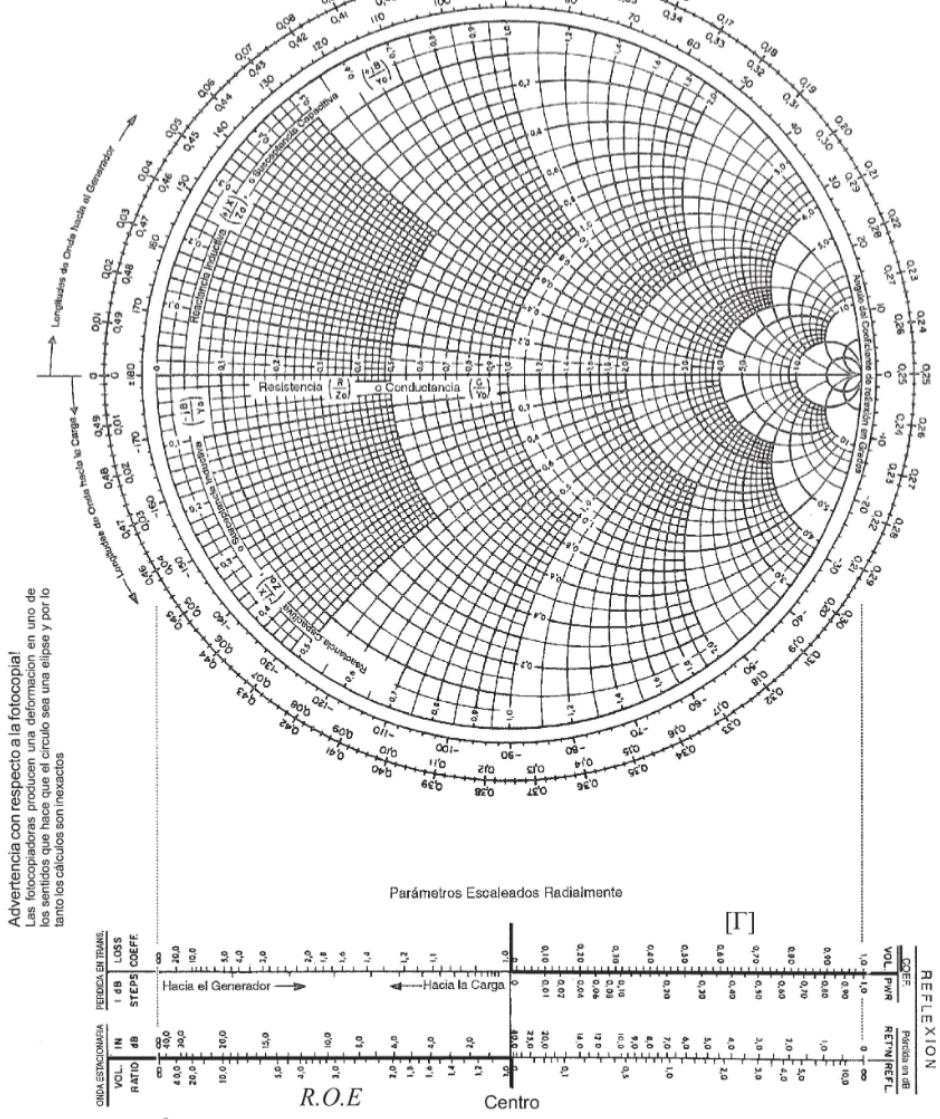
Alumno:.....

**OBJETIVO:** Conocer la “*DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO TOTAL*” en un medio con reflexiones



Poyecto: ..... Solicitado por: .....

### Ábaco de Smith



UNIVERSITAS Pje España 1467 - Tel/Fax: 0351-4680913 - B° Nueva Cba  
Córdoba - email: editorialuniversitas@yahoo.com.ar

La presente edición de *Guía de Actividades –Campos Electromagnéticos y Medios de Enlace. Edición 2020-* se terminó de imprimir en Universitas en el mes de marzo 2020



Impreso en Argentina

113 - Universitas



114 - Universitas

## OTROS TITULOS DE ESTA EDITORIAL

### MATEMATICA

*Algebra y Geometría.* Molina-Gigena y otros.  
*Análisis Matemático I.* Azpilicueta - Gigena y otros.  
*Matemática I para Ciencias Naturales.* Vera de Payer..  
*Algebra Lineal.* Elizabeth Vera de Payer.  
*Introducción a la Matemática.* Azpilicueta y otros.

### FÍSICA Y QUÍMICA

*Notas de Química General.* P. Carranza - S. Faillaci.  
*Física Universitaria.* F. Arenas.  
*Física II. Calor y Termodinámica.* G. V. Morelli.  
*Física III. Cuántica y Estadística.* G. V. Morelli.  
*Transferencia de Calor.* F. Arenas.  
*Termodinámica Técnica.* F. Arenas.  
*Termodinámica Técnica. Guía de Actividades.* F. Arenas.  
*Química Ambiental.* R. Pasquali.  
*Los Mamíferos Fósiles de Buenos Aires.* R. Pasquali.  
*Rocas de Aplicación de la Pcia de La Rioja.* Mas-Calvo - Balmaceda

### DISEÑO

*Representación Gráfica.* O. Maligno y otros.  
**INGENIERIA E INFORMATICA**  
*Algoritmos y Estructuras de Datos.* Valerio Fritelli.  
*Aprenda Lenguaje ANSI C.* J. García.  
*Aprenda C++.* J. García.  
*Lenguaje C++.* K. Barclay.  
*Aprenda Java.* J. García.  
*Aprenda Visual Basic.* J. García.  
*Sistemas Operativos.* Norberto Cura.  
*Linux. Teoría y Práctica.* S. Allende - M. Serna  
*Comunicaciones.* J. Galoppo.  
*Principios de Sistemas de Comunicaciones Digitales.* J.C.Clark.  
*Redes de Información.* C. Sánchez - J. Galoppo.  
*Introducción a Sistemas de Control.* Victor H. Sauchelli.  
*Sist. Celulares de Comunicaciones Móviles.* J. Galoppo.  
*Métodos Numéricos.* Rosendo Gil Montero.  
*Resolviendo Problemas con Matlab. Métodos Numéricos.* R. Gil Montero.  
*Resolviendo Problemas con Matlab. Sistemas de Control.* Vanina Garrone.  
*Guía de Introducción a Matlab.* J. García - J. Rodríguez.  
*Resolución de Problemas con C++.* R. Gil Montero.

Giovannini.

### ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

*Análisis de Sistemas Lineales mediante Gráficos de Flujo de Señal.* Eduardo Diaz.  
*Teoría de las Comunicaciones.* Pedro Danizio.  
*Sistemas de Comunicaciones.* Pedro Danizio.  
*Comunicaciones Digitales.* Clark, Villarreal, Miralles.  
*Sistemas de Comunicaciones.* Pedro Danizio.  
*Microondas.* Eduardo J. Monso.  
*Fuentes Comutadas.* Juan Carlos Floriani.  
*Campos electromagnéticos y medios de enlace.* A. García Abad.  
*Campos electromagnéticos y medios de enlace. Guía de Actividades.* A. García Abad.  
*Dispositivos Electrónicos.* C. Chaer. (En Prep.)  
*Sistemas de Control No Lineales.* V. Sauchelli.  
*Sistemas de Control Digitales.* V. Sauchelli.  
*Teoría de la Información y Codificación.* V. Sauchelli.  
*Teoría de Señales y Sistemas Lineales.* V. Sauchelli.  
*Redes de Telecomunicaciones.* H. Risso.  
*Teoría Moderna de Filtros con Matlab.* W. Monsberger.  
*Elementos de Programación en C++ para Ing. Electrónicos.* Destefanis.

*Fibras Ópticas.* Hugo Grazzini.

*Mediciones Electrónicas.* Hugo Grazzini.

*Teoría de Señales.* E. Vera de Payer.

*Análisis Conjunto Tiempo-Frecuencia.* E. Vera de Payer.

### AERONÁUTICA

*El Avión. Calidad del equilibrio, control y estabilidad dinámica.* José A. Sirena.

*Dinámica de los Gases. Flujo Unidimensional Estacionario.* Tamagno, Shuliz, Elaskar.

*Aeronáutica General.* J. Sirena. (En preparación)

### MECÁNICA - ELECTRICIDAD

*Sistemas de Puesta a Tierra.* Juan Carlos Arcioni.

*El Campo Eléctrico en Alta Tensión.* Alberto Torresi.

*Mediciones en Alta Tensión.* Alberto Torresi.

*Sobretensiones.* Alberto Torresi.

*Las Descargas Atmosféricas en las Líneas de Transmisión Eléctrica.* Alberto Torresi.

*Manual del Instalador Eléctrico.* R. Lovy.

*Las Puestas a Tierra y la Seguridad Técnica en las Instalaciones Eléctricas.* Juan Carlos Arcioni.

*Comunicaciones de Datos y Redes de Información.* Norberto Cura (2 Tomos).  
*ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line.* N. Cura.  
*Economía-Producción-Transporte.* E. Masciarelli.  
*Gestión de la Calidad.* Carlos Boero. 2º Edición.  
*Organización Industrial.* Carlos Boero.  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
*Gestión de Abastecimiento.* Carlos Boero.  
*Costos Industriales.* C. Boero.  
*Evaluación de Proyectos.* C. Boero.  
*Mantenimiento Industrial.* C. Boero.  
*Introducción a la Logística.* C. Boero.  
*Mantenimiento, su implementación y gestión.* L. Torres.  
*Mercadotecnia.* M. Gómez - G. Giménez.  
*Costos Industriales.* F. Antón - O. Giovannini.  
*Recursos Humanos.* M. Gómez - G. Giménez.  
*Planificación y Control de la Producción.* F. Antón - O.

*Calidad de la Energía Eléctrica:* R. Pinto.  
INGENIERIA CIVIL  
*Introducción a la Teoría de la Elasticidad.* Godoy-Pratto-Flores.  
*Estabilidad.* J. Weber-J. Saleme.  
*Estabilidad. Guía de Actividades.* Weber-Saleme.  
*Estructuras Metálicas.* G. Troglio.  
*Diseño Básico de Hormigón Estructural. Según CIRSOC 201/05.*  
Rodolfo Orler, Hugo Donini.  
*Hormigón Armado.* Oscar Möller.  
*Proyecto y Arquitectura de las Instalaciones Eléctricas.* R. Levy.  
*Congreso Internacional de Municipio y Servicios Públicos.*  
FCEFyN-UNC.  
*Gestión, regulación y Control de Servicios Públicos.* FCEFyN-UNC.  
BIOINGENIERIA  
*Seguridad y Normalización en Instalaciones Eléctricas Hospitalarias.* R. Taborda.



UNIVERSITAS  
Editorial Científica Universitaria

Pje. España 1467 - Tel / Fax: (0351) 4680913 - B° Nueva Córdoba  
Córdoba - Email: editorialuniversitas@yahoo.com.ar

