

---

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

ANTENAS

26 de Enero de 2007

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO A

---

SOLUCIÓN: CDCAD CBACD DCDBC

1. La directividad de una agrupación broadside de  $N=5$  elementos isótropos espaciados  $d=\lambda/2$  y distribución de corriente triangular es  
a) 12,6 dB                      b) 9,4 dB                      c) 6,3 dB                      d) 4,2 dB
2. Considere un radioenlace entre dos antenas. Si en transmisión empleamos una ranura orientada en  $z$  y en recepción un dipolo también orientado en  $z$ , el coeficiente de desacoplo de polarización entre ambas antenas,  $C_p$ , es  
a) 1                      b)  $1/\sqrt{2}$                       c) 1/2                      d) 0
3. Un reflector de esquina supera en directividad a un dipolo aislado en aproximadamente  
a) 3 dB                      b) 6 dB                      c) 12 dB                      d) 24 dB
4. En un reflector parabólico óptimo, al aumentar la relación  $f/D$   
a) La eficiencia de iluminación aumenta  
b) La eficiencia de desbordamiento aumenta  
c) El ángulo  $\beta$  aumenta  
d) La eficiencia total aumenta
5. La directividad de un dipolo doblado respecto a la de uno sencillo es  
a) El doble  
b) La mitad  
c) Cuatro veces mayor  
d) La misma
6. La onda  $\vec{E} = (\hat{x} + j5\hat{z}) e^{jk_y y}$  incide sobre una espira situada en el origen de coordenadas. ¿Cómo orientaría la normal a la espira para maximizar la potencia recibida?  
a)  $\hat{z}$                       b)  $\hat{y}$                       c)  $\hat{x}$                       d)  $\hat{x} + \hat{z}$
7. En una apertura circular uniforme, si duplicamos el radio y reducimos la frecuencia a la mitad, el ancho de haz a -3 dB se multiplica por  
a) 1/2                      b) 1                      c) 2                      d) 4
8. Una agrupación plana uniforme está situada en el plano  $XY$ . Los parámetros de la agrupación son:  $N=5$  (número de antenas a lo largo del eje  $x$ ),  $M=3$  (número de antenas a lo largo del eje  $y$ ),  $d_x = d_y = \lambda/2$  (espaciados eléctricos),  $\alpha = \beta = 0$  (desfases progresivos). El ancho de haz será:  
a) Menor en el plano  $XZ$   
b) Menor en el plano  $YZ$   
c) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que  $d_x = d_y$   
d) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que la distribución es uniforme en los dos ejes

- 
9. Para calcular la impedancia mutua  $z_{21}$  entre dos antenas, hay que:
- Alimentar la antena 1 y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
  - Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Alimentar la antena 1 y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
10. En una apertura cuadrada de dimensiones  $4\lambda \times 4\lambda$ , el campo en la apertura es uniforme con un desfase progresivo a lo largo del eje  $x$  y con polarización según  $\hat{y}$ , de modo que  $\vec{E}_a = E_0 e^{-j\beta x} \hat{y}$ .
- La eficiencia de iluminación es 1
  - El máximo apunta en la dirección del eje  $z$  si  $\beta = k$
  - El plano E es el plano  $XZ$
  - El máximo está contenido en el plano  $XZ$
11. Una bocina piramidal óptima tiene la siguiente característica
- El error de fase en la apertura es 0
  - La Directividad es la máxima que se puede conseguir para las dimensiones de la apertura
  - El Área efectiva es aproximadamente el 81 % del área de la apertura
  - La Directividad es menor que la de la bocina sin error de fase
12. Un reflector cassegrain equivale aproximadamente a una apertura circular uniforme bloqueada en su centro por otra apertura circular uniforme de dimensiones más pequeñas. El bloqueo NO produce el siguiente efecto
- Disminución de la Directividad
  - Empeoramiento del nivel de lóbulo principal a secundario
  - Aparición de polarización cruzada
  - Disminución del ancho de haz
13. ¿Cuál es la impedancia de una ranura de media longitud de onda, alimentada en su centro por un generador de tensión?
- Resonante
  - Equivale a un circuito abierto
  - Inductiva
  - Capacitiva
14. ¿Qué parámetro es igual en un dipolo corto con distribución de corriente triangular y en un dipolo corto con carga capacitiva?
- Longitud efectiva
  - Directividad
  - Resistencia de radiación
  - Distribución de las cargas
15. ¿Qué efecto tiene si en una bocina cónica óptima se aumenta su longitud total?
- Disminuye la Directividad
  - Aumenta el Área geométrica
  - Aumenta el Área efectiva
  - Disminuye la eficiencia de iluminación de la apertura

---

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

ANTENAS

26 de Enero de 2007

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO B

---

SOLUCIÓN: DDABA CAAAC AACBD

1. En una apertura circular uniforme, si duplicamos el radio y reducimos la frecuencia a la mitad, el ancho de haz a -3 dB se multiplica por  
a) 4                                      b) 1/2                                      c) 2                                      d) 1
2. En un reflector parabólico óptimo, al aumentar la relación  $f/D$   
a) La eficiencia de desbordamiento aumenta  
b) La eficiencia total aumenta  
c) El ángulo  $\beta$  aumenta  
d) La eficiencia de iluminación aumenta
3. ¿Qué parámetro es igual en un dipolo corto con distribución de corriente triangular y en un dipolo corto con carga capacitiva?  
a) Directividad  
b) Longitud efectiva  
c) Distribución de las cargas  
d) Resistencia de radiación
4. Para calcular la impedancia mutua  $z_{21}$  entre dos antenas, hay que:  
a) Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito  
b) Alimentar la antena 1 y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto  
c) Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto  
d) Alimentar la antena 1 y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
5. La directividad de una agrupación broadside de  $N=5$  elementos isótropos espaciados  $d=\lambda/2$  y distribución de corriente triangular es  
a) 6,3 dB                                      b) 4,2 dB                                      c) 12,6 dB                                      d) 9,4 dB
6. Un reflector cassegrain equivale aproximadamente a una apertura circular uniforme bloqueada en su centro por otra apertura circular uniforme de dimensiones más pequeñas. El bloqueo NO produce el siguiente efecto  
a) Empeoramiento del nivel de lóbulo principal a secundario  
b) Disminución de la Directividad  
c) Aparición de polarización cruzada  
d) Disminución del ancho de haz
7. Una bocina piramidal óptima tiene la siguiente característica  
a) La Directividad es menor que la de la bocina sin error de fase  
b) El error de fase en la apertura es 0  
c) La Directividad es la máxima que se puede conseguir para las dimensiones de la apertura  
d) El Área efectiva es aproximadamente el 81 % del área de la apertura
8. Un reflector de esquina supera en directividad a un dipolo aislado en aproximadamente  
a) 12 dB                                      b) 6 dB                                      c) 3 dB                                      d) 24 dB

- 
9. La directividad de un dipolo doblado respecto a la de uno sencillo es
- La misma
  - La mitad
  - Cuatro veces mayor
  - El doble
10. Considere un radioenlace entre dos antenas. Si en transmisión empleamos una ranura orientada en  $z$  y en recepción un dipolo también orientado en  $z$ , el coeficiente de desacoplo de polarización entre ambas antenas,  $C_p$ , es
- 1/2
  - $1/\sqrt{2}$
  - 0
  - 1
11. ¿Qué efecto tiene si en una bocina cónica óptima se aumenta su longitud total?
- Aumenta el Área efectiva
  - Aumenta el Área geométrica
  - Disminuye la eficiencia de iluminación de la apertura
  - Disminuye la Directividad
12. En una apertura cuadrada de dimensiones  $4\lambda \times 4\lambda$ , el campo en la apertura es uniforme con un desfase progresivo a lo largo del eje  $x$  y con polarización según  $\hat{y}$ , de modo que  $\vec{E}_a = E_0 e^{-j\beta x} \hat{y}$ .
- El máximo está contenido en el plano  $XZ$
  - La eficiencia de iluminación es 1
  - El plano E es el plano  $XZ$
  - El máximo apunta en la dirección del eje  $z$  si  $\beta = k$
13. Una agrupación plana uniforme está situada en el plano  $XY$ . Los parámetros de la agrupación son:  $N=5$  (número de antenas a lo largo del eje  $x$ ),  $M=3$  (número de antenas a lo largo del eje  $y$ ),  $d_x = d_y = \lambda/2$  (espaciados eléctricos),  $\alpha = \beta = 0$  (desfases progresivos). El ancho de haz será:
- Menor en el plano  $YZ$
  - El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que la distribución es uniforme en los dos ejes
  - Menor en el plano  $XZ$
  - El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que  $d_x = d_y$
14. La onda  $\vec{E} = (\hat{x} + j5\hat{z}) e^{jk_y y}$  incide sobre una espira situada en el origen de coordenadas. ¿Cómo orientaría la normal a la espira para maximizar la potencia recibida?
- $\hat{z}$
  - $\hat{x}$
  - $\hat{y}$
  - $\hat{x} + \hat{z}$
15. ¿Cuál es la impedancia de una ranura de media longitud de onda, alimentada en su centro por un generador de tensión?
- Resonante
  - Equivale a un circuito abierto
  - Inductiva
  - Capacitiva

---

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

ANTENAS

26 de Enero de 2007

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO C

---

SOLUCIÓN: CADAB BDCCA AACBA

1. ¿Cuál es la impedancia de una ranura de media longitud de onda, alimentada en su centro por un generador de tensión?  
a) Inductiva                      b) Resonante                      c) Capacitiva                      d) Equivale a un circuito abierto
2. Considere un radioenlace entre dos antenas. Si en transmisión empleamos una ranura orientada en  $z$  y en recepción un dipolo también orientado en  $z$ , el coeficiente de desacoplo de polarización entre ambas antenas,  $C_p$ , es  
a) 0                                      b) 1                                      c)  $1/\sqrt{(2)}$                                       d)  $1/2$
3. En un reflector parabólico óptimo, al aumentar la relación  $f/D$   
a) La eficiencia de desbordamiento aumenta  
b) El ángulo  $\beta$  aumenta  
c) La eficiencia total aumenta  
d) La eficiencia de iluminación aumenta
4. La directividad de un dipolo doblado respecto a la de uno sencillo es  
a) La misma  
b) La mitad  
c) El doble  
d) Cuatro veces mayor
5. En una apertura cuadrada de dimensiones  $4\lambda \times 4\lambda$ , el campo en la apertura es uniforme con un desfase progresivo a lo largo del eje  $x$  y con polarización según  $\hat{y}$ , de modo que  $\vec{E}_a = E_0 e^{-j\beta x} \hat{y}$ .  
a) La eficiencia de iluminación es 1  
b) El máximo está contenido en el plano  $XZ$   
c) El plano E es el plano  $XZ$   
d) El máximo apunta en la dirección del eje  $z$  si  $\beta = k$
6. Una agrupación plana uniforme está situada en el plano  $XY$ . Los parámetros de la agrupación son:  $N=5$  (número de antenas a lo largo del eje  $x$ ),  $M=3$  (número de antenas a lo largo del eje  $y$ ),  $d_x = d_y = \lambda/2$  (espaciados eléctricos),  $\alpha = \beta = 0$  (desfases progresivos). El ancho de haz será:  
a) Menor en el plano  $YZ$   
b) Menor en el plano  $XZ$   
c) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que  $d_x = d_y$   
d) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que la distribución es uniforme en los dos ejes
7. En una apertura circular uniforme, si duplicamos el radio y reducimos la frecuencia a la mitad, el ancho de haz a -3 dB se multiplica por  
a)  $1/2$                                       b) 2                                      c) 4                                      d) 1

- 
8. ¿Qué efecto tiene si en una bocina cónica óptima se aumenta su longitud total?
- Disminuye la eficiencia de iluminación de la apertura
  - Aumenta el Área geométrica
  - Aumenta el Área efectiva
  - Disminuye la Directividad
9. Una bocina piramidal óptima tiene la siguiente característica
- La Directividad es la máxima que se puede conseguir para las dimensiones de la apertura
  - El error de fase en la apertura es 0
  - La Directividad es menor que la de la bocina sin error de fase
  - El Área efectiva es aproximadamente el 81 % del área de la apertura
10. La onda  $\vec{E} = (\hat{x} + j5\hat{z}) e^{jk_y y}$  incide sobre una espira situada en el origen de coordenadas. ¿Cómo orientaría la normal a la espira para maximizar la potencia recibida?
- $\hat{x}$
  - $\hat{x} + \hat{z}$
  - $\hat{y}$
  - $\hat{z}$
11. Un reflector cassegrain equivale aproximadamente a una apertura circular uniforme bloqueada en su centro por otra apertura circular uniforme de dimensiones más pequeñas. El bloqueo NO produce el siguiente efecto
- Aparición de polarización cruzada
  - Empeoramiento del nivel de lóbulo principal a secundario
  - Disminución de la Directividad
  - Disminución del ancho de haz
12. Un reflector de esquina supera en directividad a un dipolo aislado en aproximadamente
- 12 dB
  - 24 dB
  - 3 dB
  - 6 dB
13. La directividad de una agrupación broadside de  $N=5$  elementos isótropos espaciados  $d=\lambda/2$  y distribución de corriente triangular es
- 12,6 dB
  - 9,4 dB
  - 6,3 dB
  - 4,2 dB
14. Para calcular la impedancia mutua  $z_{21}$  entre dos antenas, hay que:
- Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
  - Alimentar la antena 1 y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Alimentar la antena 1 y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
15. ¿Qué parámetro es igual en un dipolo corto con distribución de corriente triangular y en un dipolo corto con carga capacitiva?
- Directividad
  - Resistencia de radiación
  - Longitud efectiva
  - Distribución de las cargas

---

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ANTENAS

26 de Enero de 2007

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO D

---

SOLUCIÓN: AAABB BCCCC CADAC

- Un reflector de esquina supera en directividad a un dipolo aislado en aproximadamente  
a) 12 dB                      b) 6 dB                      c) 24 dB                      d) 3 dB
- En un reflector parabólico óptimo, al aumentar la relación  $f/D$   
a) La eficiencia de iluminación aumenta  
b) El ángulo  $\beta$  aumenta  
c) La eficiencia de desbordamiento aumenta  
d) La eficiencia total aumenta
- En una apertura circular uniforme, si duplicamos el radio y reducimos la frecuencia a la mitad, el ancho de haz a -3 dB se multiplica por  
a) 1                      b) 1/2                      c) 4                      d) 2
- ¿Qué parámetro es igual en un dipolo corto con distribución de corriente triangular y en un dipolo corto con carga capacitiva?  
a) Longitud efectiva  
b) Directividad  
c) Distribución de las cargas  
d) Resistencia de radiación
- En una apertura cuadrada de dimensiones  $4\lambda \times 4\lambda$ , el campo en la apertura es uniforme con un desfase progresivo a lo largo del eje  $x$  y con polarización según  $\hat{y}$ , de modo que  $\vec{E}_a = E_0 e^{-j\beta x} \hat{y}$ .  
a) El máximo apunta en la dirección del eje  $z$  si  $\beta = k$   
b) El máximo está contenido en el plano  $XZ$   
c) La eficiencia de iluminación es 1  
d) El plano E es el plano  $XZ$
- Considere un radioenlace entre dos antenas. Si en transmisión empleamos una ranura orientada en  $z$  y en recepción un dipolo también orientado en  $z$ , el coeficiente de desacoplo de polarización entre ambas antenas,  $C_p$ , es  
a)  $1/\sqrt{2}$                       b) 0                      c) 1                      d) 1/2
- Una agrupación plana uniforme está situada en el plano  $XY$ . Los parámetros de la agrupación son:  $N=5$  (número de antenas a lo largo del eje  $x$ ),  $M=3$  (número de antenas a lo largo del eje  $y$ ),  $d_x = d_y = \lambda/2$  (espaciados eléctricos),  $\alpha = \beta = 0$  (desfases progresivos). El ancho de haz será:  
a) Menor en el plano  $YZ$   
b) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que  $d_x = d_y$   
c) Menor en el plano  $XZ$   
d) El mismo en los planos  $XZ$  e  $YZ$  ya que la distribución es uniforme en los dos ejes

- 
- 
8. Para calcular la impedancia mútua  $z_{21}$  entre dos antenas, hay que:
- Alimentar la antena 1 y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
  - Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Alimentar la antena 1 y calcular la tensión de la antena 2 en circuito abierto
  - Dejar la antena 1 en circuito abierto y calcular la corriente de la antena 2 en cortocircuito
9. La onda  $\vec{E} = (\hat{x} + j5\hat{z}) e^{jk_y y}$  incide sobre una espira situada en el origen de coordenadas. ¿Cómo orientaría la normal a la espira para maximizar la potencia recibida?
- $\hat{z}$
  - $\hat{x} + \hat{z}$
  - $\hat{x}$
  - $\hat{y}$
10. La directividad de una agrupación broadside de  $N=5$  elementos isótropos espaciados  $d=\lambda/2$  y distribución de corriente triangular es
- 4,2 dB
  - 12,6 dB
  - 6,3 dB
  - 9,4 dB
11. Una bocina piramidal óptima tiene la siguiente característica
- El Área efectiva es aproximadamente el 81 % del área de la apertura
  - La Directividad es la máxima que se puede conseguir para las dimensiones de la apertura
  - La Directividad es menor que la de la bocina sin error de fase
  - El error de fase en la apertura es 0
12. ¿Qué efecto tiene si en una bocina cónica óptima se aumenta su longitud total?
- Aumenta el Área efectiva
  - Disminuye la eficiencia de iluminación de la apertura
  - Disminuye la Directividad
  - Aumenta el Área geométrica
13. Un reflector cassegrain equivale aproximadamente a una apertura circular uniforme bloqueada en su centro por otra apertura circular uniforme de dimensiones más pequeñas. El bloqueo NO produce el siguiente efecto
- Disminución de la Directividad
  - Disminución del ancho de haz
  - Empeoramiento del nivel de lóbulo principal a secundario
  - Aparición de polarización cruzada
14. La directividad de un dipolo doblado respecto a la de uno sencillo es
- La misma
  - Cuatro veces mayor
  - La mitad
  - El doble
15. ¿Cuál es la impedancia de una ranura de media longitud de onda, alimentada en su centro por un generador de tensión?
- Inductiva
  - Resonante
  - Capacitiva
  - Equivale a un circuito abierto

---

## SOLUCIÓN

---

**Cuestión 1** Dado que se trata de una agrupación con espaciado  $\lambda/2$  y de tipo broadside ( $\alpha = 0$ ) podemos aplicar la expresión

$$D = \frac{\left| \sum_{n=0}^{N-1} a_n \right|^2}{\sum_{n=0}^{N-1} |a_n|^2}$$

Por tratarse de una distribución triangular de 5 elementos, los coeficientes  $a_n$  son  $\{1, 2, 3, 2, 1\}$ . Y por tanto la directividad es  $D=6.3$  dB.

**Cuestión 2** Dado que la polarización de una ranura es ortogonal a la de un dipolo, el coeficiente de desacoplo de polarización es  $C_p = 0$ .

**Cuestión 3** El campo radiado por un reflector de esquina (diedro de  $90^\circ$ ) es 4 veces superior al de un dipolo aislado, en el mejor de los casos. Por tanto, la directividad es aproximadamente 16 veces mayor, es decir 12 dB mayor.

**Cuestión 4** En un reflector parabólico óptimo, aumentar la relación  $f/D$  supone alejar el alimentador (y por tanto reducir el ángulo  $\beta$ ), lo que se traduce en mayor uniformidad en el campo en la apertura y por tanto mejor eficiencia de iluminación. Al mismo tiempo la eficiencia de desbordamiento, que tiene el comportamiento opuesto al de la de iluminación, disminuye. Finalmente la eficiencia total debe disminuir puesto que partimos del valor óptimo o máximo de eficiencia.

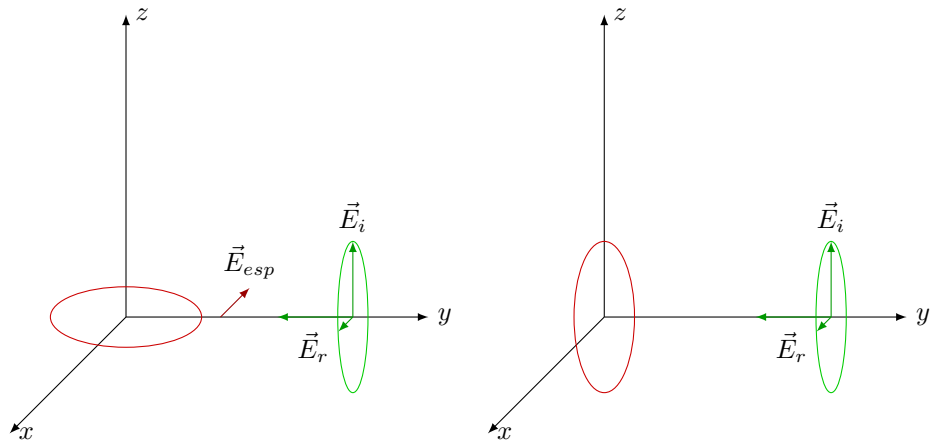
**Cuestión 5** La directividad del dipolo doblado es la mismo que la de un dipolo sencillo ya que ambas antenas tienen el mismo diagrama de radiación.

**Cuestión 6** La onda incidente llega por el eje  $y$  con polarización elíptica, de tal forma que el eje mayor de la elipse está orientado según  $\hat{z}$ . La espira recibe con polarización lineal. Por lo tanto la mejor orientación de la espira es aquella en la que la espira capta el eje mayor de la elipse de la onda incidente, lo que sucede cuando la normal a la espira está orientada según  $\hat{x}$  (ver figura).

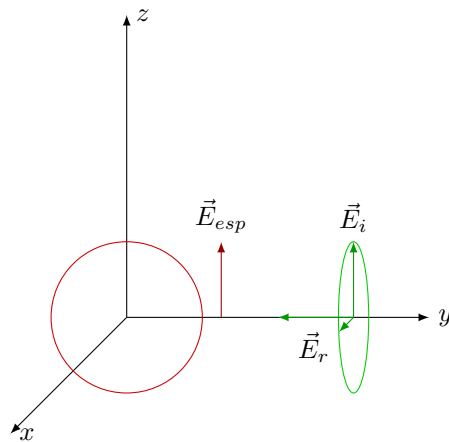
En caso de que la normal a la espira se oriente según  $\hat{z}$  se está captando sólo la potencia del eje menor de la elipse de la onda incidente.

Si la normal a la espira se orienta según  $\hat{y}$  no se recibe ninguna potencia porque la onda entra por un nulo del diagrama de radiación de la espira.

Finalmente, si la normal se orienta según  $\hat{x} + \hat{z}$ , ni la directividad de la espira es máxima ni se está captando la potencia del eje mayor de la onda incidente.



(a) Normal según  $\hat{z}$ . En este caso  $C_p \downarrow \downarrow y$  y  $D_R = 1,5$  (b) Normal según  $\hat{y}$ . En este caso  $D_R = 0$



(c) Normal según  $\hat{x}$ . En este caso  $C_p \uparrow \uparrow y$  y  $D_R = 1,5$

**Cuestión 7** La directividad de una apertura circular es:

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} \pi a^2 \eta_{il}$$

donde  $a$  es el radio de la apertura. Si además es uniforme,  $\eta_{il} = 1$ :

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} \pi a^2$$

Como la apertura es circular uniforme el diagrama de radiación tendrá simetría de revolución y los anchos de haz a -3 dB serán iguales en los dos planos. Utilizando la aproximación piramidal:

$$D \simeq \frac{4\pi}{\Delta\theta_1 \Delta\theta_2} = \frac{4\pi}{\Delta\theta_1^2}$$

Si duplicamos el radio y reducimos la frecuencia a la mitad (es decir, duplicamos la longitud de onda), la nueva directividad  $D'$  queda:

$$D' = \frac{4\pi}{\lambda'^2} \pi a'^2 = \frac{4\pi}{(2\lambda)^2} \pi (2a)^2 = D$$

Puesto que la directividad no cambia, tampoco lo hará el ancho de haz a -3 dB.

**Cuestión 8** Puesto que los desfases progresivos son cero en los dos ejes, el máximo de radiación apuntará en la dirección perpendicular al plano de la agrupación (eje  $z$ ). Y como los espaciados eléctricos son  $\lambda/2$  en los dos ejes el margen visible es también el mismo. Por tanto el que el diagrama sea más o menos directivo en uno u otro plano depende exclusivamente del número de antenas. Cuantas más antenas más directivo será el diagrama y menor será el ancho de haz del lóbulo principal. En este caso hay más antenas a lo largo del eje  $X$ , y por tanto el diagrama en el plano  $XZ$  será más directivo y con menor ancho de haz.

**Cuestión 9** La definición del parámetro  $z_{21}$  es:

$$z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \Big|_{I_2=0}$$

Es decir, se trata de calcular la tensión en la segunda antena ( $V_2$ ) cuando está en circuito abierto ( $I_2 = 0$ ), y dividirla por la corriente de la primera antena ( $I_1$ ), que está alimentada y radiando.

**Cuestión 10** El campo radiado por la apertura será la transformada de Fourier del campo en la apertura. Si no hubiera desfase progresivo el campo radiado sería:

$$|\vec{E}| = \frac{1}{2\lambda r} |1 + \cos \theta| |I(kx, ky)|$$

$$I(k_x, k_y) = \mathcal{TF} \left\{ \vec{E}_a(x', y') \right\} = \mathcal{TF} \left\{ E_0 \text{rect} \left( \frac{x'}{a} \right) \text{rect} \left( \frac{y'}{b} \right) \hat{y} \right\}$$

$$I(k_x, k_y) = E_0 a \text{sinc} \left( \frac{k_x}{2\pi} a \right) b \text{sinc} \left( \frac{k_y}{2\pi} b \right)$$

En esta caso el máximo de radiación se da cuando

$$k_x = k \sin \theta \cos \phi = 0$$

$$k_y = k \sin \theta \sin \phi = 0$$

Es decir, cuando  $\theta = 0$ , en el eje  $Z$ .

Al haber desfase progresivo el campo radiado es:

$$|\vec{E}| = \frac{1}{2\lambda r} |1 + \cos \theta| |I(kx, ky)|$$

$$I(k_x, k_y) = \mathcal{TF} \left\{ \vec{E}_a(x', y') \right\} = \mathcal{TF} \left\{ E_0 e^{-j\beta x} \text{rect} \left( \frac{x'}{a} \right) \text{rect} \left( \frac{y'}{b} \right) \hat{y} \right\}$$

$$I(k_x, k_y) = E_0 a \text{sinc} \left( \frac{k_x - \beta}{2\pi} a \right) b \text{sinc} \left( \frac{k_y}{2\pi} b \right)$$

En este caso el máximo de radiación se da cuando

$$k_x - \beta = k \sin \theta \cos \phi - \beta = 0$$

$$k_y = k \sin \theta \sin \phi = 0$$

Y esto sucede cuando  $\phi = 0$  y  $\sin \theta = \beta/k$ . Es decir, el máximo de radiación está en el plano  $XZ$ . Sólo apunta el máximo en la dirección del eje  $Z$  si  $\beta = 0$ , es decir, si no hay desfase progresivo.

Por otro lado el  $XZ$  es el plano  $H$  y no el plano  $E$ , dado que el campo eléctrico en la apertura está polarizado según  $\hat{y}$ . Y la eficiencia de iluminación es 1 únicamente cuando el campo presenta amplitud y fase constante. En este caso la amplitud es constante, pero si hay desfase progresivo, la fase no lo es.

**Cuestión 11** Una bocina piramidal óptima tiene un error de fase en la apertura. Si el error de fase disminuye se aumenta la Directividad, si se mantienen las dimensiones de la apertura.

**Cuestión 12** El bloqueo produce disminución de la directividad, empeoramiento de la relación de lóbulo principal a secundario y disminución del ancho de haz. Si los campos están polarizados de una determinada forma, el bloqueo no cambia la polarización.

**Cuestión 13** Una ranura resonante es el problema dual del dipolo. Aplicando el principio de Babinet, la impedancia será capacitiva.

**Cuestión 14** Los dipolos cortos tienen una directividad constante  $D=1.5$  para cualquier distribución de corrientes. El resto de parámetros cambian.

**Cuestión 15** Una bocina cónica óptima se comporta como una bocina piramidal óptima. Al aumentar la longitud total, manteniendo las dimensiones de la boca y el área geométrica, disminuye el error de fase, aumenta la directividad y aumenta el área efectiva y aumenta la eficiencia de iluminación.