



# Redes Móviles e Sen Fíos

## P1 – Agrupaciones de Antenas

*Julio Brégains*

- Objetivos/Procedimiento
- Geometría Involucrada
- Herramienta de simulación
- Parámetros y modelos de antenas
- Instrucciones



# Objetivos/Procedimiento



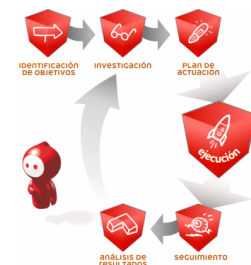
## ■ Objetivos:

- Generación de la distribución espacial y eléctrica de una agrupación de antenas.
- Estudio del comportamiento de los campos electromagnéticos generados por dicha agrupación.



## ■ Procedimiento:

1. Configurar el tipo de elemento que compondrá la agrupación (dipolo sin plano de tierra, dipolo con plano de tierra, o parche), modificando convenientemente el código del programa STACA.
2. Escribir el fichero de entrada correspondiente a la configuración de la agrupación, de acuerdo a las indicaciones del profesor (ver página 5 del tutorial).
3. Ejecutar el programa STACA. Cargar la configuración de la agrupación. Visualizar la distribución espacial y eléctrica de la agrupación. Visualizar el campo 3D y los cortes indicados por el profesor. Generar el informe para enviar al profesor.

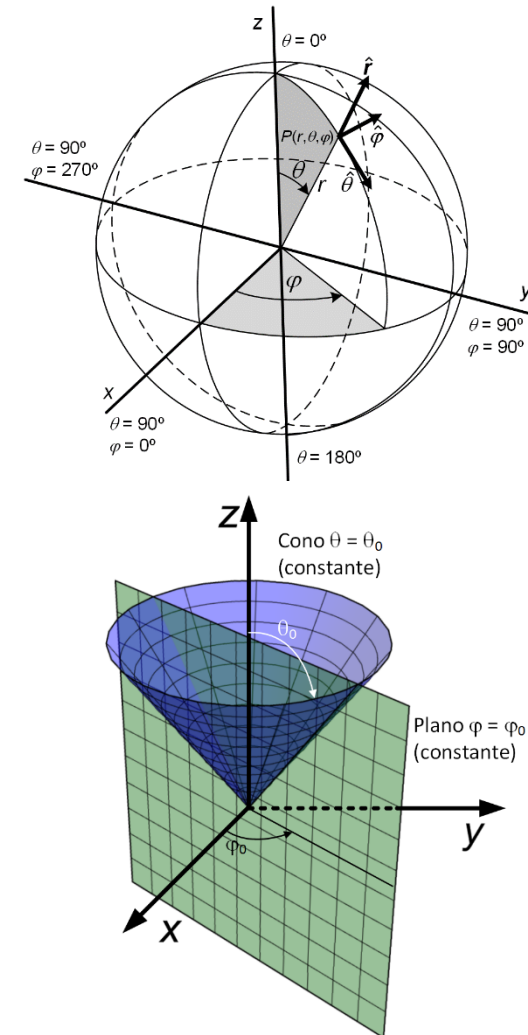


## ■ Conceptos Básicos.

- **Coordenadas Cartesianas:** las medidas del campo eléctrico se realizan sobre una esfera de radio  $r = \text{constante}$ . A cada punto  $P$  sobre dicha esfera le corresponde una terna de valores  $r, \theta, \varphi$  (ver figura). Como  $r = \text{constante}$ , se considera simplemente  $P(\theta, \varphi)$ . En dicho punto, se establece una terna de vectores unitarios  $\mathbf{a}_r, \mathbf{a}_\theta, \mathbf{a}_\varphi$ . El vector campo eléctrico  $\mathbf{E}$  en cada punto  $P(\theta, \varphi)$  puede descomponerse en las direcciones de  $\mathbf{a}_\theta$  y  $\mathbf{a}_\varphi$  (en general, la componente en la dirección  $\mathbf{a}_r$  es pequeña comparada con las otras dos), de modo que podemos expresar  $\mathbf{E}$  como

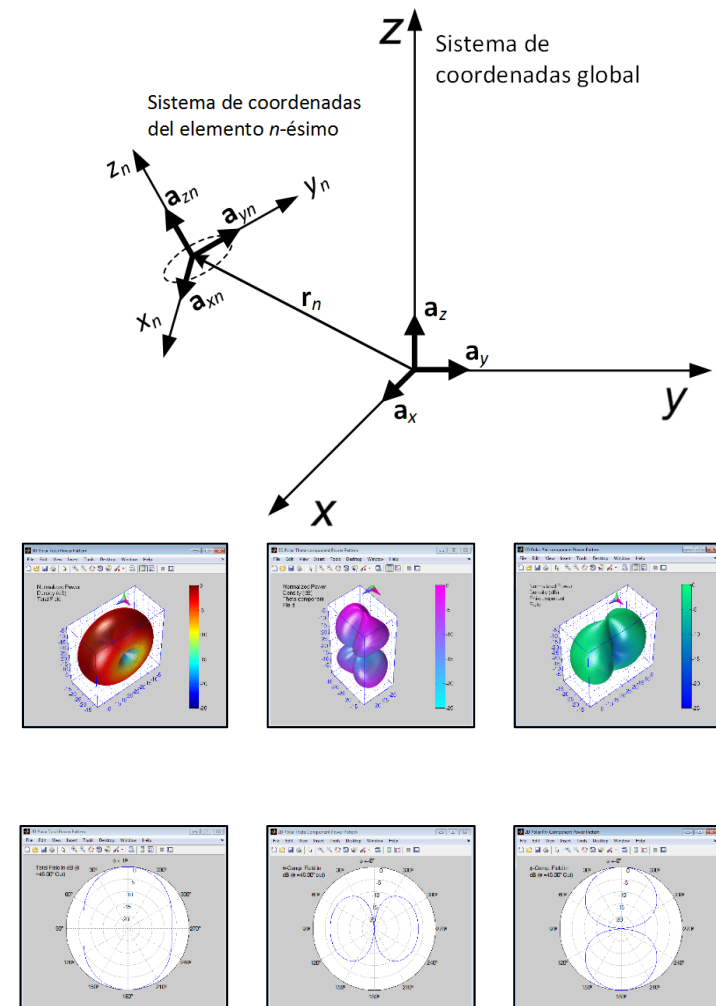
$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_\theta + \mathbf{E}_\varphi = E_\theta \mathbf{a}_\theta + E_\varphi \mathbf{a}_\varphi$$

- El programa calcula el módulo del campo eléctrico  $|\mathbf{E}|^2$ , además de sus componentes por separado  $|\mathbf{E}_\theta|^2$  y  $|\mathbf{E}_\varphi|^2$
- **Cortes  $\theta = \text{constante}$  y  $\varphi = \text{constante}$ :** además de dibujar el campo eléctrico total y sus componentes en un diagrama 3D, el programa también calcula dichos campos en cortes  $\theta = \text{constante}$  (conos) y  $\varphi = \text{constante}$  (planos).



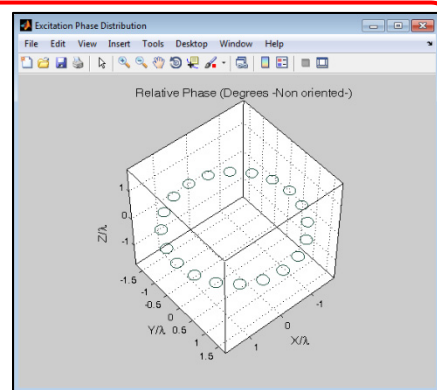
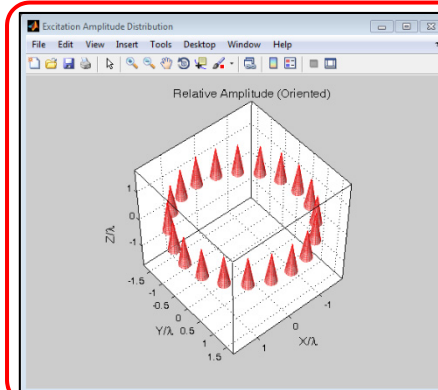
## ■ Software STACA. Descripción.

- **Ejecutable** en entorno MATLAB®.
- Genera la distribución espacial de los elementos de una agrupación de antenas. Representa la orientación del eje (local)  $z$  de cada uno de ellos (orientación del vector unitario  $\mathbf{a}_{zn}$ ). Nótese que cada elemento, aparte de sus coordenadas  $x_n, y_n, z_n$ , también tendrá asociados los ángulos  $\theta_n$  y  $\varphi_n$ .
- Genera diversos diagramas de radiación de la agrupación:
  - Diagramas 3D del campo (normalizado respecto del valor máximo) total  $\mathbf{E}$  y, por separado, de las componentes  $\mathbf{E}_\theta$  y  $\mathbf{E}_\varphi$ .
  - Diagramas 2D (cortes) del campo (normalizado respecto del valor máximo) total  $\mathbf{E}$  y, por separado, de las componentes  $\mathbf{E}_\theta$  y  $\mathbf{E}_\varphi$ . Dichos cortes corresponden a  $\theta = \text{constante}$  (conos) o bien a  $\varphi = \text{constante}$  (planos).

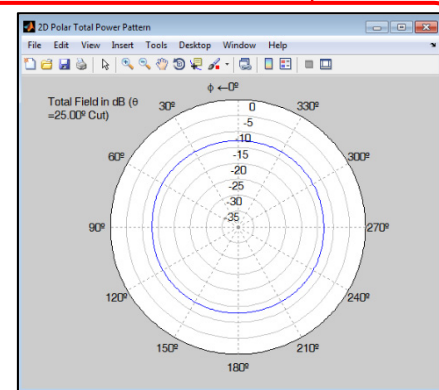
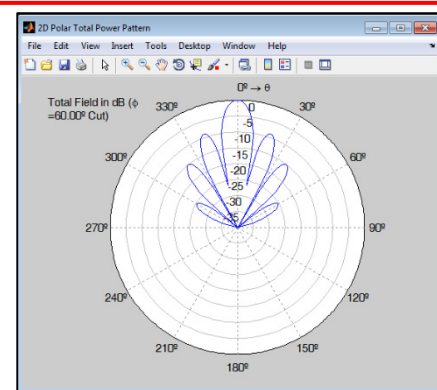
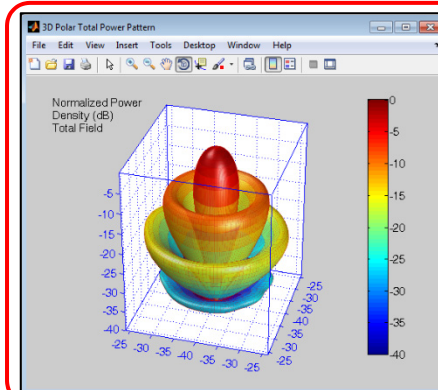


## ■ Software STACA. Descripción.

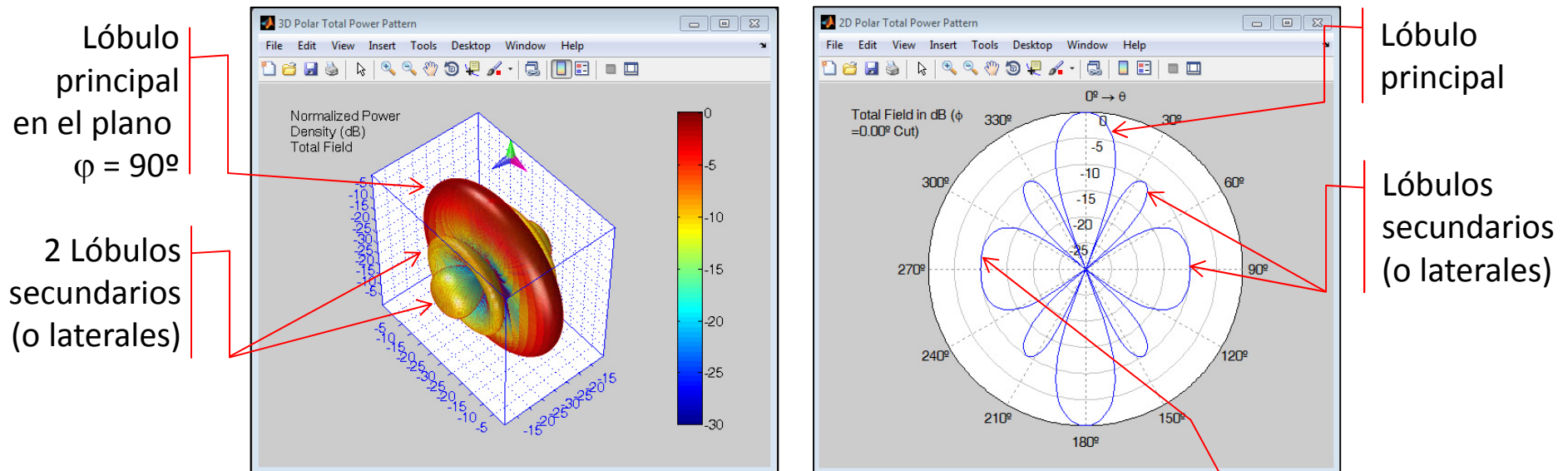
- **Ejemplo:** agrupación circular de parches circulares.
- Los conos indican la orientación de los ejes z de los parches, y sus longitudes representan las amplitudes de las corrientes que alimentan a los elementos. Los cilindros indican las fases.



- Diagrama 3D del campo total y sus cortes, considerando  $\theta = 25^\circ$ ,  $\phi = 60^\circ$ .



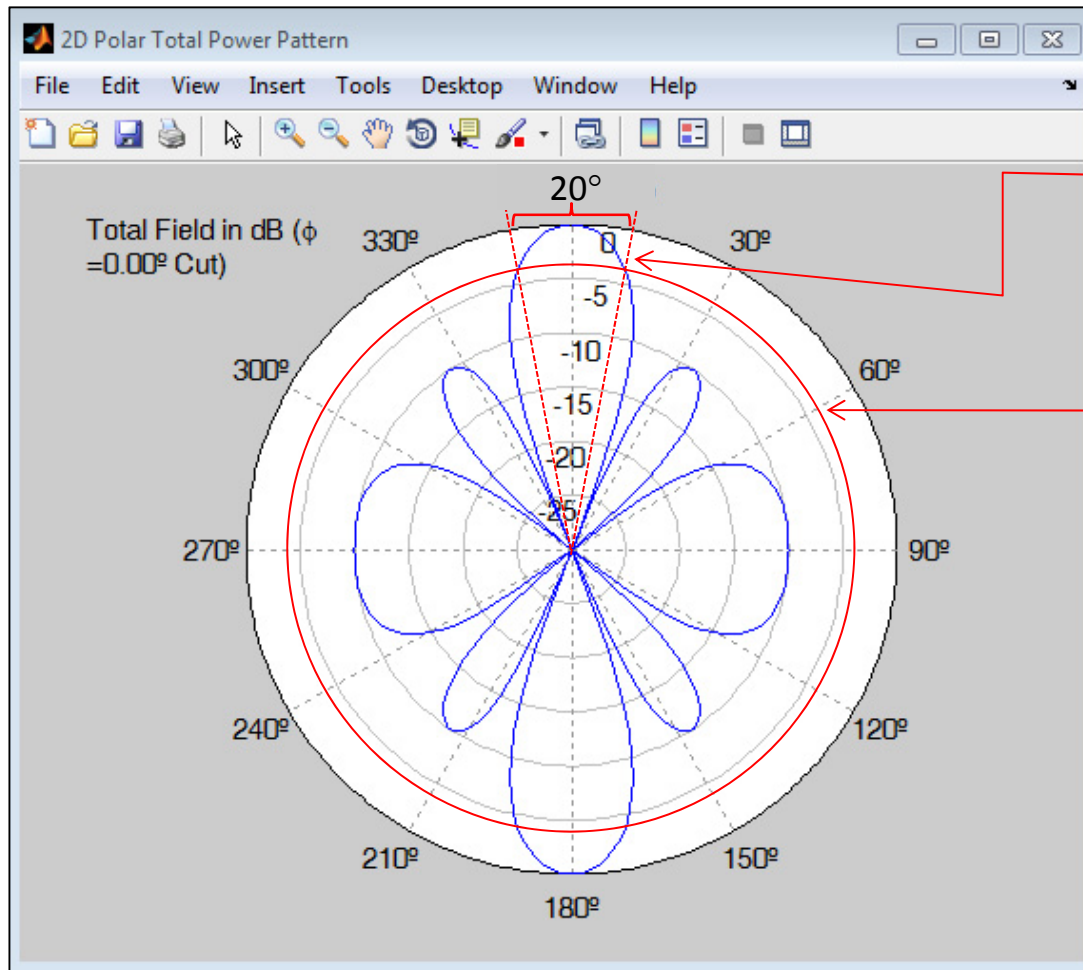
## ■ Parámetros del diagrama de radiación I



El nivel de los lóbulos laterales (SLL: Side-Lobe Level) es el mismo para todos ellos. En este ejemplo,  $SLL = -10$  dB, según se observa en la figura, respecto del máximo del lóbulo principal.



## ■ Parámetros del diagrama de radiación II



Ancho de haz a  $-3$  dB  
(aproximadamente  $20^\circ$   
para este caso)

Línea de  $-3$  dB

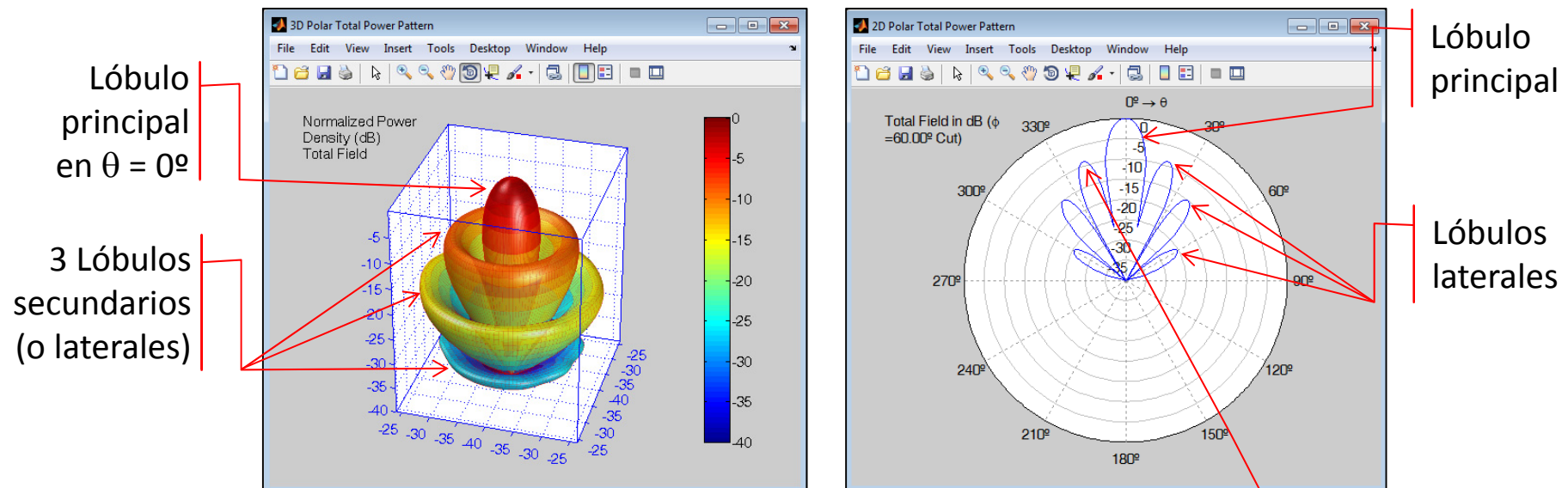
A  $-3$  dB, la densidad de potencia es la mitad del valor máximo, ya que

$$10 \log_{10} (P/P_{\max}) = 10 \log_{10} (0.5) = -3.$$

En el diagrama de radiación, la región angular dentro de la cual la densidad de potencia es mayor que  $-3$  dB se denomina **Ancho de Haz de Mitad de Potencia** o **Ancho de Haz de  $-3$  dB** y representa la región angular dentro de la cual la antena radia con densidad de potencia máxima. Es la **Zona de Cobertura** de la antena.



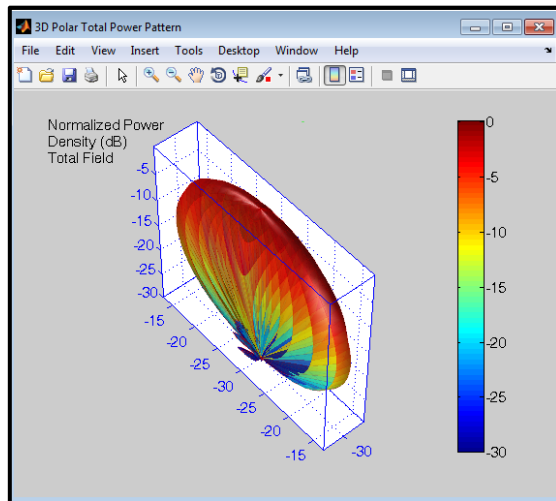
## ■ Parámetros del diagrama de radiación III



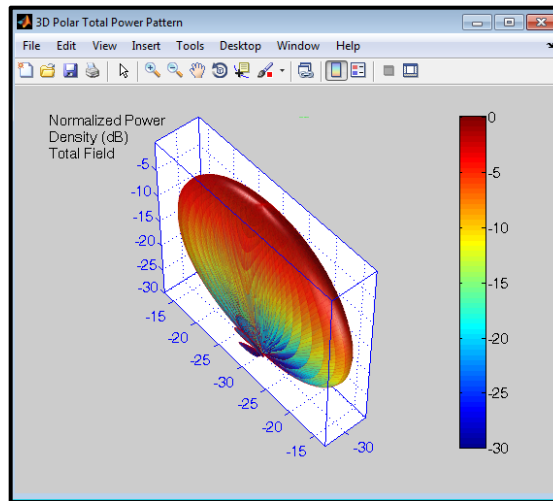
Este lóbulo lateral es el de mayor nivel, por lo tanto, el que determina el nivel de lóbulos laterales (SLL: Side-Lobe Level). En este ejemplo, SLL = -8 dB (aproximadamente, según se observa en la figura) respecto del máximo del lóbulo principal.

## ■ Consideraciones del gradiente de colores

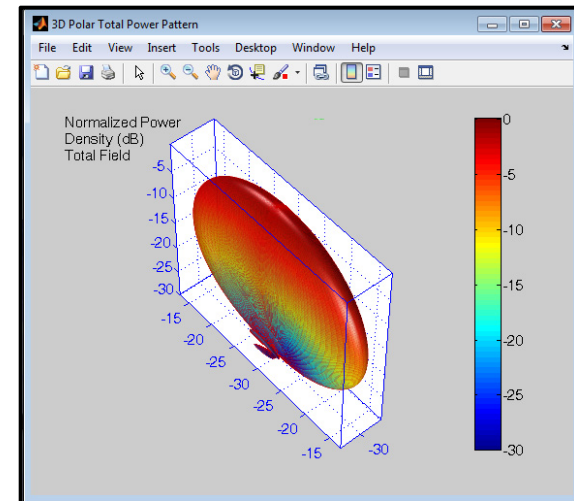
En el programa STACA, cuando se selecciona la opción “Color Gradient for 3D Patterns” para que el programa establezca niveles de densidad de potencia con colores, es necesario tener en cuenta que cuando mayor es el número de puntos a representar en  $\theta$  y  $\phi$ , opción “Theta and Phi Points (3D)”, mejor será el suavizado de transición de colores (aunque también será mayor el tiempo de cálculo del diagrama de radiación). Hay que elegir el número de puntos necesario para que la transición sea suave, sobre todo para casos de agrupaciones con muchos elementos que generan diagramas muy directivos. Ejemplo:



64 puntos



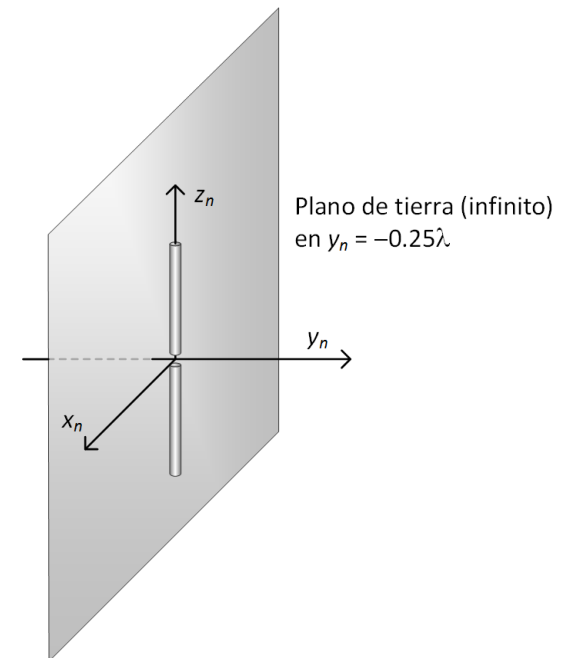
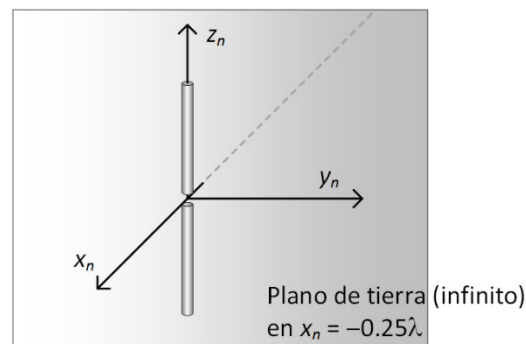
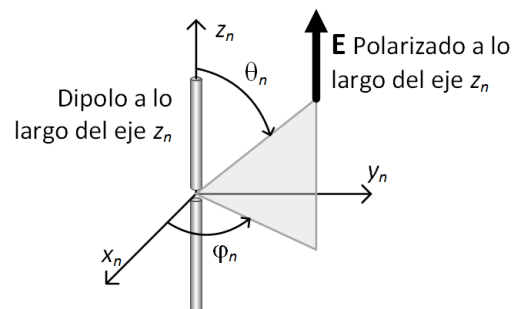
128 puntos



256 puntos

## ■ Software STACA. Modelos de antenas. Dipolo Corto.

- El software tiene a su disposición 3 modelos, uno de ellos con variantes:
- **DIPOLO CORTO:** dipolo orientado a lo largo del eje  $z_n$ . En el fichero de configuración que lee el programa, ha de indicarse como elemento cuyo parámetro es  $K_{elem} = 1$  (ver tutorial). También tiene la opción de agregar un plano de tierra paralelo al plano  $y_n$ - $z_n$  (es decir, paralelo al plano  $x_n = 0$ ) o bien paralelo al plano  $x_n$ - $z_n$  (paralelo al plano  $y_n = 0$ ).
- Este elemento genera un campo eléctrico polarizado linealmente a lo largo del eje  $z_n$ :  $\mathbf{E} = E(\theta_n, \varphi_n) \mathbf{a}_{zn}$ .



## ■ Dipolo corto: código asociado

- La porción de código que controla el tipo de elemento es la función `PolElemF` en el código principal `ConfPolPow3D.m`.

```
function [Felx Fely Felz] = PolElemF(Thetan,Phin,CosAnx,CosBnx,CosGnx,CosAny,CosBny,CosGny,CosAnz,CosBnz,CosGnz,KElem)
% Arguments:
% Thetan, Phin: angles measured on n-th element local coordinate system
% CosAnx, CosBnx, CosGnx: direction cosines of AXn unitary vector
% CosAny, ... ,CosGnz: direction cosines of AYn and azn
% KElem: an integer that indicates which element factor must be chosen
% KElem = 1 means short dipole aligned along z axis

if KElem == 1,
    Den = sin(Thetan); % To avoid division by zero
    if(Den == 0) Felx = 0; Fely = 0; Felz = 0;
    else
        BetaHalfLength = pi*0.5; % A half wavelength dipole
        % Now return the element factor projected along zn axis
        Fel = (-cos(BetaHalfLength*cos(Thetan))-cos(BetaHalfLength))./(Den)*[CosAnz CosBnz CosGnz];
        Felx = Fel(1,1); Fely = Fel(1,2); Felz = Fel(1,3);
    end;

% % If you want a ground plane parallel to y = 0, uncomment the lines below:
% SPhn = sin(Phin);
% if (SPhn < 0), Felx = 0; Fely = 0; Felz = 0; % Just radiate on 0<=Phi<=pi zone
% else
%     H = 0.25; % Distance from dipole to groundplane
%     Coeff = sin(2*pi*H*sin(Thetan)*SPhn); % Coeff due to the presence of the groundplane
%     Felx = Felx*Ccoeff; Fely = Fely*Ccoeff; Felz = Felz*Ccoeff;
% end;

% % If you want a ground plane parallel to x = 0, uncomment the lines below:
% CPhn = cos(Phin);
% if (CPhn < 0), Felx = 0; Fely = 0; Felz = 0; % Just radiate on -pi/2<=Phi<=pi/2 zone
% else
%     H = 0.25; % Distance from dipole to groundplane
%     Coeff = sin(2*pi*H*Den*CPhn); % Coeff due to the presence of the groundplane
%     Felx = Felx*Ccoeff; Fely = Fely*Ccoeff; Felz = Felz*Ccoeff;
% end;
```

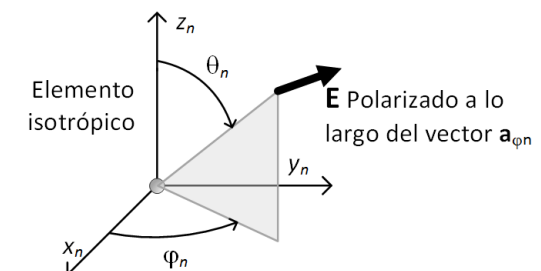
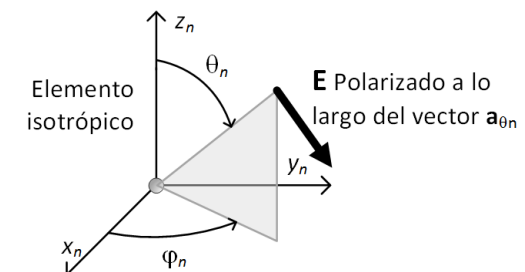
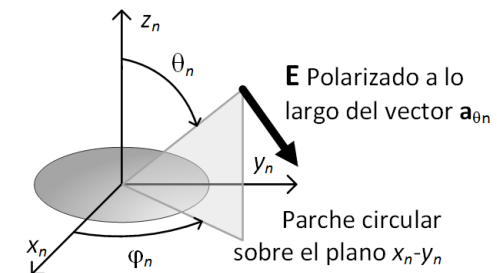
Porción de código que indica que si  $KElem = 1$ , entonces se elige un dipolo corto

Porción de código para agregar plano de tierra en  $y_n = 0$ . Quitar símbolos % de comentarios en caso de que se quiera agregar dicho plano.

Porción de código para agregar plano de tierra en  $y_n = 0$ . En este caso se han quitado los símbolos % de comentarios.

## ■ Software STACA. Parche. Elemento Isotrópico.

- **PARCHE:** parche circular sobre el plano  $x_n$ - $y_n$  (su perpendicular apunta en la dirección de  $z_n$ ). En el fichero de configuración que lee el programa, ha de indicarse como elemento cuyo parámetro es  $K_{elem} = 2$  (ver tutorial).
- Genera un campo eléctrico cuyo módulo es  $\cos^2\theta_n$ , polarizado linealmente a lo largo del vector unitario  $\mathbf{a}_{\theta n}$ :  $\mathbf{E} = \cos^2\theta_n \mathbf{a}_{\theta n}$ .
- **ELEMENTO ISOTRÓPICO:** antena puntual. En el fichero de configuración que lee el programa, ha de indicarse  $K_{elem} = 3$ .
- Genera un campo eléctrico cuyo módulo es uniforme (diagrama de radiación esférico), polarizado linealmente a lo largo de los vectores unitarios  $\mathbf{a}_{\theta n}$  o  $\mathbf{a}_{\varphi n}$ .



## ■ Parche y Elemento Isotrópico: código asociado

- La porción de código que controla el tipo de elemento es la función `PolElemF` en el código principal `ConfPolPow3D.m`.

```
% Cos^2 pattern polarized along Thetan axis
elseif KElem == 2,
    CThn = cos(Thetan);
    if(CThn >= 0)
        % Notice that the field is cos^2(theta) times a_sub_theta times the direction cosines matrix:
        fR = CThn^2*[CThn.*cos(Phin) CThn.*sin(Phin) -sin(Thetan)]*[CosAnx CosBnx CosGnx; CosAny CosBny CosGny; CosAnz CosBnz CosGnz];
        % You can polarize it along Phin axis if you want (must uncomment following line)
        % fR = CThn^2*[-sin(Phin) cos(Phin) 0]*[CosAnx CosBnx CosGnx; CosAny CosBny CosGny; CosAnz CosBnz CosGnz];
        Felx = fR(1,1); Fely = fR(1,2); Felz = fR(1,3);
    else
        Felx = 0; Fely = 0; Felz = 0;
    end;

% Omnidirectional field polarized along Thetan or Phin axes:
else
    % Along Thetan
    % CThn = cos(Thetan);
    % fR = [CThn.*cos(Phin) CThn.*sin(Phin) -sin(Thetan)]*[CosAnx CosBnx CosGnx; CosAny CosBny CosGny; CosAnz CosBnz CosGnz];
    % Along Phin
    fR = [-sin(Phin) cos(Phin) 0]*[CosAnx CosBnx CosGnx; CosAny CosBny CosGny; CosAnz CosBnz CosGnz];
    Felx = fR(1,1); Fely = fR(1,2); Felz = fR(1,3);
end;

%%
```

Porción de código para elemento isotrópico polarizado en  $\mathbf{a}_{\theta n}$ . Kelem = 3. Quitar símbolos % de comentarios en caso de que se quiera dicha opción

Porción de código para elemento isotrópico polarizado en  $\mathbf{a}_{\phi n}$ . En este caso, dicha opción está activa

Porción de código que indica que si Kelem =2, entonces se elige un parche

## ■ Descripción I

1. Generar una agrupación de 3 dipolos alineados paralelamente al eje  $y$ , y distribuidos a lo largo del eje  $x$ . Centrar la agrupación respecto del origen del sistema de coordenadas, estableciendo a lo largo del eje  $x$  una separación de  $0.5\lambda$  entre elementos.
2. Establecer una distribución de excitación uniforme:  $I_n = 1$  (amplitud 1, fase 0) para todos los elementos.
3. Generar la distribución espacial y de corriente de los elementos. Copiar y pegar dichas distribuciones en el formulario de la práctica correspondiente.
4. Generar los diagramas de radiación 3D del campo total y las componentes  $\theta$  y  $\phi$  de la agrupación anterior considerando un nivel mínimo de -50 dB (en “Min Level in dB (positive)” hay que establecer 50), con gradiente de colores y con “Pattern Fitting” igual a “Packed”. Copiar y pegar dichas figuras en el formulario de la práctica.
5. Generar los diagramas de radiación 2D en cortes  $\phi = 0^\circ$  y  $\phi = 90^\circ$ .
6. Indicar los ángulos / planos en los que se produce el máximo de radiación. Indicar (aproximadamente) el ancho de haz a -3 dB y el nivel máximo de lóbulos laterales (Nota: para hallar con más precisión el nivel de lóbulos laterales, quizás sea necesario establecer “Min Level in dB (positive)” a un valor distinto del indicado).
7. Repetir los puntos 1 a 6, pero esta vez con un plano de tierra en el plano  $x$ - $y$  (del sistema de coordenadas global) por debajo de los dipolos.
8. Comparar resultados y comentar las diferencias/similitudes observadas en las dos configuraciones anteriores, indicando el efecto que produce el plano de tierra.



## ■ Descripción II

9. Repetir los puntos 1 a 7, pero configurando una agrupación de 5 dipolos.
10. Comentar cambios respecto de los diagramas anteriores.
11. Repetir los puntos 1 a 7, pero configurando una agrupación de 7 dipolos.
12. Comentar cambios respecto de los diagramas anteriores. Establecer un razonamiento que indique cuál es la relación entre el número de elementos y: el ancho de haz, el número de lóbulos laterales, y el nivel de lóbulos laterales.
13. Repetir los puntos 1 a 6, considerando una agrupación lineal de 7 parches distribuidos a lo largo del eje  $x$ , equiespaciados una distancia  $0.5\lambda$ . Configurar los parches para que sus planos coincidan con el plano  $x$ - $y$  del sistema de coordenadas global.
14. La función `chebwin(N, SLL)` permite obtener las amplitudes de las corrientes  $I_n$  de una agrupación lineal de  $N$  elementos cuyo nivel de lóbulos laterales será  $-SLL$  (en dB). Halle las amplitudes de las corrientes para 7 elementos con un  $SLL = -20$  dB. Estableciendo las fases de dichas corrientes a cero, repetir el punto 13.
15. Comparar los resultados de los puntos 13 y 14. Indicar qué ha cambiado.