



ANEXO I. Tutorial para la simulación de antenas con 4nec2

- 1. ¿Qué es nec2?, 2**
- 2. Interfaz de usuario para 4nec2, 2**
- 3. Opciones de procesamiento, 3**
- 4. Modelar una antena “Geometry edit”, 3**
- 5. Verificación de un modelo, 8**
- 6. Modelar una antena en el editor Notepad,10**
 - 6.1 Instrucciones básicas, 10
 - 6.2 Estructura de la antena, potencia y distribución de fase, 12
 - 6.3 Campo lejano. Representación en 2D y3D, 15
 - 6.4 Generar un bucle de frecuencias, 16
 - 6.5 Optimización de las características de la antena, 19
 - 6.6 Evaluación de las características de la antena, 22
 - 6.7 Análisis de campo cercano, 23



1. ¿Qué es nec2?

Nec2 es un código de computadora con cuya ayuda pueden ser representados las propiedades electromagnéticas de las antenas y otras estructuras metálicas. La abreviación NEC significa Numeric Electromagnetic Code. Nec2 surge sobre 1970 a partir del programa AMP (Antena Modeling Program). Hay por lo menos 4 versiones de NEC, fue desarrollado en 1981 con propósitos militares en los laboratorios Lawrence Livemore de FY Burke y AJ Poggio. Es la versión libre más utilizada del código de dar. 4nec2 es una interfaz gráfica de nec2 más fácil para el diseño y los resultados pueden evaluarse mejor. 4nec2 está disponible en Internet en www.nec2.org bajo el enlace de descarga libre.

NEC2 está basado en la solución numérica de las ecuaciones integrales para corrientes inducidas, en la estructura de una antena para fuentes y campos auxiliares. Además NEC2 incluye un método para modelar el suelo (“Grounds”), basado en las integrales de Somerfeld, y una opción para cambiar las estructuras sin necesidad de repetir (la llamada función de Green numérica).

Las versiones sucesoras NEC3 (1985) y NEC4 (1993) siguen siendo propiedad de los laboratorios Lawrence Livemore y la Universidad de California, por la cual utilizamos estos programas con una licencia especial.

2. Interfaz de usuario para 4NEC2

El usuario puede, en principio, dividir 4NEC2 en cuatro ventanas principales (entre paréntesis se indica la tecla de acceso rápido):

- Main (F2)
- Geometry (F3)
- Pattern (F4)
- Impedance (Imp / SWR / Gain F5)

Main:

La ventana Main los datos generales recogidos en los contenidos del archivo de entrada y salida NEC2. Las corrientes y tensiones se expresan en su valor eficaz. En esta ventana se pueden encontrar casi todas las funciones de NEC2, accesos como la creación del diagrama de radiación o un estudio de optimización y evaluación de la estructura de la antena. Esto se verá en próximos capítulos con ejemplos.

Geometry:

En esta ventana se crea la estructura geométrica. Esta representación también incluye fuentes de voltaje, líneas de transmisión y cargas.

Pattern:



Esta ventana representa el comportamiento de campos lejanos y cercanos. El diagrama de campos de campos lejanos se representa por defecto en coordenadas polares. Aunque se puede obtener representación lineal o logarítmica. Una explicación más profunda se desarrollará con ejemplos en capítulos posteriores.

Impedance:

Esta ventana muestra la impedancia de entrada, el SWR y si se determina de antemano la relación entre la frecuencia y una variable de cambio.

3. Facilidades de procesado

Básicamente, hay dos formas de simulación con NEC2. La primera forma es usar el editor geométrico para desarrollar y modificar el modelado de una antena. Para que el usuario pueda optimizar y evaluar funciones, el modelo debe tener al menos una variable para optimizar. Estas variables se pueden editar sólo en el bloc de notas o en el NEC2 editor (véase modelado de antena con Notepad editor).

4. Modelado de la antena “Geometry Edit”

Con Geometry Editor se establece la estructura geométrica de la antena. Se hace de la siguiente forma:

Una vez dentro de la ventana Main, en Settings, marcamos Geometry Edit. Después de esto, si presionamos el botón “Edit NEC and input file” se muestra un ejemplo. Éste aparece en una nueva ventana (Geometry Edit). Ahora, un nuevo modelo puede desarrollarse por separado en esta ventana pinchando en File-New.

Para comprender mejor las propiedades de “Geometry Editors” veremos el ejemplo de modelado del dipolo $\lambda/2$. Antes de comenzar hemos de señalar algunos parámetros importantes:

- Settings – Length Unit – Meters (en la ventana Main).
- Options – Set Segmentation – medium (en la ventana Geometry Edit).

Ahora se puede comenzar con el modelado:

Especificar la frecuencia de diseño de la antena.

Pondremos en la casilla frequency una frecuencia de 29.98 MHz ($\lambda=10$ m).

Añadir hilos

Crea un nivel XZ haciendo clic en el botón XZ. Luego debemos introducir el hilo, para ello presionamos el botón correspondiente (dibujo de hilo) y para habilitarlo presionamos el botón ADD, deberían activarse en verde la botón Add y



la casilla Y(-). Ahora podemos introducir un cierto valor en Y que nos dará la altura o profundidad. En el ejemplo tomaremos una profundidad de 0m. El grosor de la rejilla podemos ajustarlo en la barra Grid que aparece en la esquina superior derecha. Para el ejemplo lo colocaremos en 0.1m. Ahora podemos, para el ejemplo, dibujar un hilo desde $X=2,5\text{m}$ hasta $X=-2,5\text{m}$ con un valor $Z=5\text{m}$ arrastrando el ratón con el botón izquierdo pulsado entre los puntos deseados. El radio del hilo debe ser seleccionado, de momento, a 1mm. El tamaño de la ventana podemos ajustarlo en la barra zoom que encontraremos en la esquina superior derecha.

Agregar una fuente

Con el botón Add presionado, pulsamos el botón de la fuente a añadir (a la derecha del hilo).

Si pinchamos una vez en cualquier punto de la ventana de edición aparecerá el símbolo de la fuente, sin levantar el dedo del botón izquierdo del ratón arrastramos hasta el punto deseado. En nuestro ejemplo lo colocaremos en el centro del hilo $Y=0$, $Z=5$, $X=0$. Las fuentes sólo pueden situarse sobre los hilos. Para el ejemplo tomaremos una fuente de valor $1.0+j0.0\text{ V}$ y $1.0\text{ V @ }0.0\text{ deg}$ (véase abajo a la derecha).

Conductividad de los hilos

Realizaremos nuestra antena con alambres de cobre. Para ello presionamos el botón load (símbolo RLC).

Colocamos la carga en uno de los hilos, cerca de la fuente.

Posteriormente cambiamos las condiciones del hilo Par RLC a Wire-Ld y seleccionamos cobre (copper). Veremos como el segmento apropiado del hilo se torna anaranjado. De esta forma añadimos una carga al hilo.

Para que la estructura completa posea la carga, debemos cambiar “Spot load” por “Whole struct.” Ahora la estructura completa se tornará anaranjada. Si queremos cargar sólo un hilo, debemos señalar “single wire”.

Desplazar/voltear/escalar la antenas

Ahora vamos a determinar el radio de la antena. Marcamos el botón Select object (flecha) y el botón wire geometry y seleccionamos un hilo, veremos como éste se torna de color rojo. Ahora introducimos, por ejemplo, un radio #7 para este hilo.

En este modo, tanto los hilos como las fuentes y cargas pueden ser desplazados o volteados. Para ello sólo debemos seleccionar el hilo.

Determinación de los parámetros de la tierra



El programa, por defecto, representa la antena en espacio libre. Si queremos representarla sobre un plano de tierra debemos marcar el botón “Ground params” y escoger el tipo de tierra que deseemos entre “Free Space, Fast ground, Perf ground, Real ground, Mininec gnd”. Para el ejemplo tomaremos Real ground.

Debemos determinar, a continuación, los parámetros de la tierra. De estos todos los tipos de tierras ofrecidos elegiremos Clay/forest (Average) que indica un promedio entre tierra arcillosa y con vegetación. Por defecto, la conductividad y la constante del dieléctrico vienen fijadas a 0.005 S y 13 respectivamente.

El resultado se muestra en la siguiente ilustración:

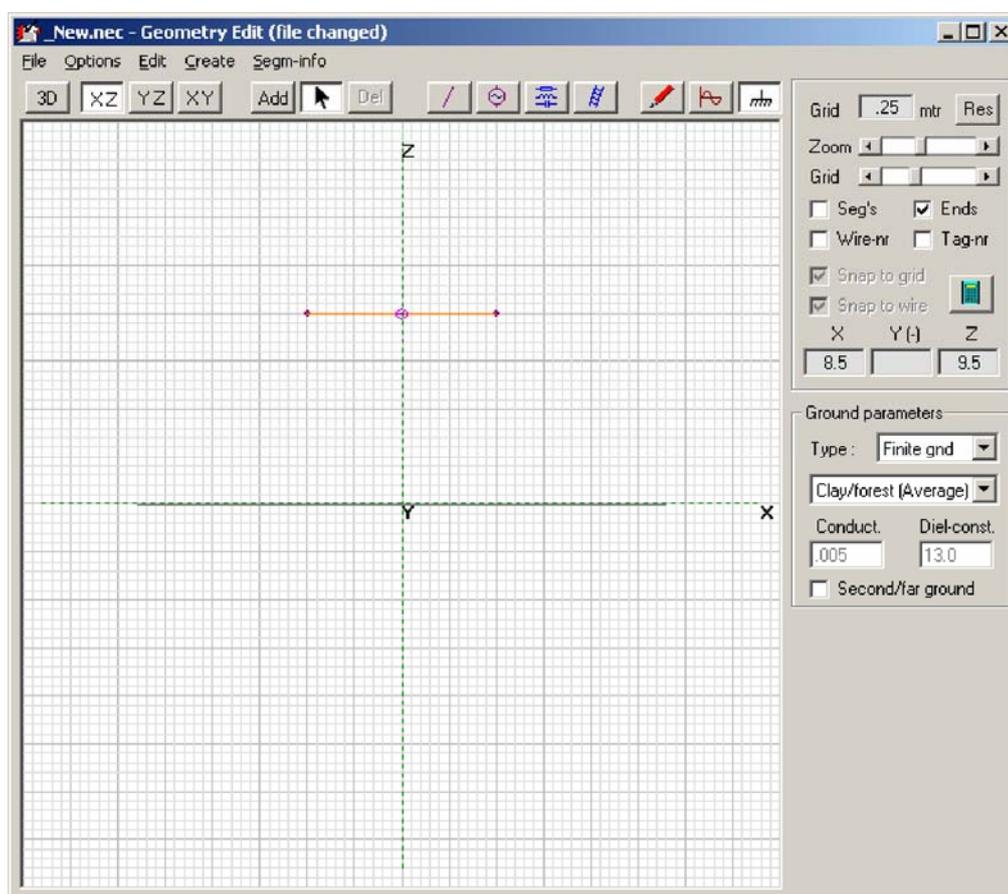


Figura1: Dipolo $\lambda/2$ en el Geometry editor

Inicialización a NEC2- Maschine y realización del patrón de radiación para campos lejanos

Para iniciar NEC2-Maschine presionamos el botón con símbolo de calculadora o F7 después de guardar los datos. Nos aparecerá una ventana con varias opciones para marcar. Si queremos producir el diagrama de radiación para campos lejanos seleccionamos “Far Field pattern”. Seleccionamos la casilla full para obtener el diagrama de radiación de aquella dirección en la que nuestra antena radia mejor y tomamos una resolución de 5.

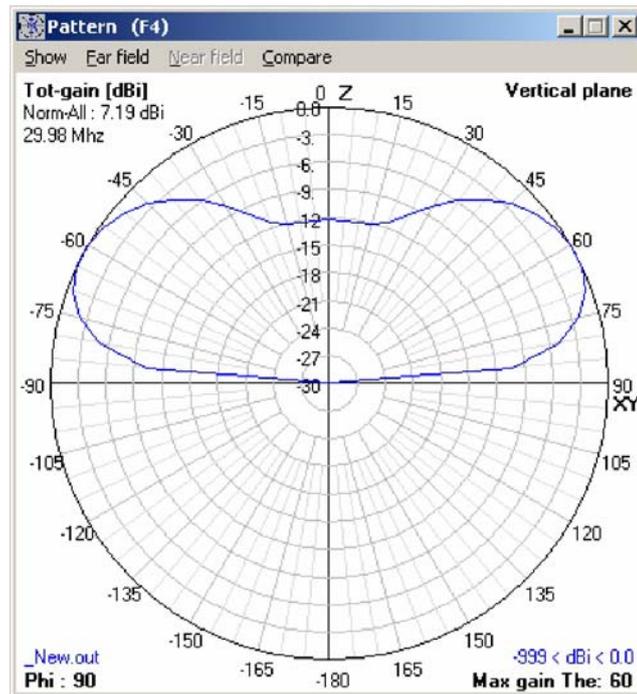


Figura2: Diagrama de radiación para el dipolo $\lambda/2$

En “Show NEC” podemos ver el desarrollo del programa en NEC. La explicación de cada instrucción individual se desarrollará en capítulos posteriores. Si marcamos el botón “Comment/Wire data” podemos escribir comentarios que pudiéramos considerar luego al principio del código del programa. Los datos concernientes al número de segmentos así como al número de hilos los encontramos en segm-info.

Las siguientes notas importantes deben ser consideradas al modelar la estructura de una antena:

- Los hilos deben conectarse por sus extremos. Aquellos que se aproximen serán automáticamente interconectados. Por tanto, debemos evitar poner dos hilos demasiado cerca.
- Dos alambres no deben cruzarse ni atravesar el mismo área, produciéndose errores graves al considerarse conectados.
- Cada hilo es dividido en segmentos individuales. The NEC-machine considera que en cada segmento se desarrolla la potencia de una senoide y que en la unión de los extremos de dos hilos se suman los flujos de ambos. Esto nos da un número finito de variables a determinar. La exactitud del resultado depende del número de segmentos, al igual que el tiempo de computación.

5. Verificación del modelo

Tras simular el modelo, la cuestión inevitable es si los resultados son correctos. Para comprobarlo hay, en principio, cuatro posibilidades. Se basan tanto en la experiencia del usuario como en los datos representados en la literatura (si se trata de una antena examinada anteriormente). Para un usuario que no posea



conocimientos en ingeniería de alta frecuencia es muy difícil advertir si sus resultados no son correctos. A continuación se muestran las cuatro posibilidades de chequeo utilizando el ejemplo del modelo $\lambda/2$.

Primero debemos examinar el patrón de radiación. Un dipolo radia en dos direcciones. Si está sobre la tierra no puede radiar hacia abajo. Ambas afirmaciones podemos observarlas en la figura 2.

Posteriormente debemos mirar la eficiencia de la estructura de la antena. Por eficiencia entendemos la relación entre la potencia radiada y la proporcionada a la antena. Su valor se representa en la ventana Main. Ésta no puede ser mayor del 100%. Si se diese este caso, la simulación sería incorrecta. Sin embargo, con una estructura sin cargas es razonable contar con una eficiencia del 100% puesto que no hay pérdidas. En el ejemplo del dipolo, que posee una carga, tenemos una eficiencia algo más pequeña del 100%, en torno a 99,2%. Esto parece realista y confirma la aceptación de los resultados. Si la eficiencia de la antena es muy pequeña, por debajo del 50%, probablemente los resultados sean incorrectos.

Como tercer paso, debemos comprobar la impedancia de la antena. Debemos obtener un valor razonable. En el ejemplo, el dipolo presenta una impedancia de $76.2+j35.5 \Omega$, que es un valor realista.

El punto más importante para determinar si los resultados de simulación son correctos exige de la observación de la distribución de la energía. Debemos mirar el valor y la fase de la energía en los segmentos. Un dipolo posee una distribución simétrica de energía, como podemos observar en el ejemplo, así como máximos locales en los extremos y en el punto de alimentación. La distribución de corriente representa así una media onda. Con estos conocimientos sobre el dipolo $\lambda/2$ está claro que los resultados son correctos.

La ilustración siguiente muestra, de nuevo, la potencia en magnitud y fase. Conviene recordar que no sólo la distribución, si no también, la fuerza de la energía es importante. Con este fin se inserta en la ilustración una escala de colores que representa la fuerza de la energía.

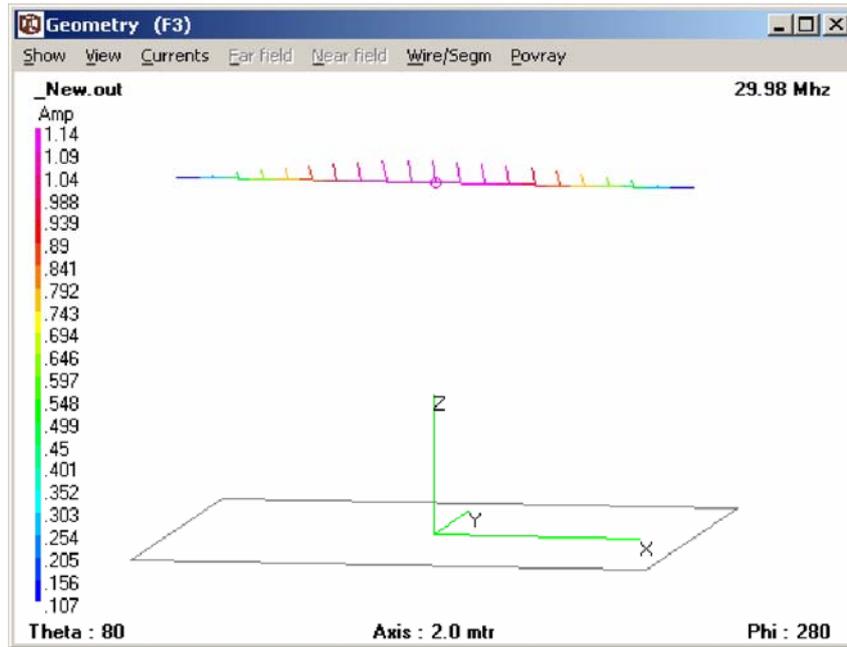


Figura3: Distribución de corriente para un dipolo $\lambda/2$

6. Modelado de una antena usando el ‘note PAD editor’

6.1 Instrucciones básicas

A continuación se muestran las instrucciones más importantes que son necesarias para el modelado de una antena:

Cm (COMMENT):

Los 30 primeros caracteres son interpretados como título.

CE (Fin de comentarios)

SY (variables)

Define una variable.

GW (Geometry wire)

Definimos la situación geométrica del hilo.

Tabla1: GW-map

Nº Elemento	Nº Segmentos	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radio
-------------	--------------	----	----	----	----	----	----	-------

GE (Geometry End)

Se definen datos de GW.

0	Espacio libre (sin tierra).
1	Plano de tierra presente, todos los cables en $Z=0$ están conectados a tierra.



-1	Plano de tierra presente, todos los cables en $Z=0$ están aislados del terreno.
----	---

EX (Excitation)

Fuente de alimentación tipo 0 (ponemos un cero delante del número de fuente).

Tabla2: EX-map

Nº Elemento	Nº Segmentos	--XX (*)	Parte Real	Parte Imaginaria
-------------	--------------	----------	------------	------------------

(*) --XX:

Si es fuente de tensión: 0 No indica acción, 1 matriz admitancias

Si es fuente de intensidad: 0 No indica acción, 1 imprime las impedancias del análisis freq sweep.

FR (frequency)

Indica la frecuencia de diseño

Tabla3: FR-map

Lineal	0	Nº de pasos	0	0	Valor inicial	Tamaño de paso
Logarítmica	1	Nº de pasos	0	0	Valor inicial	Tamaño de paso

GN (Ground)

Define las características de la tierra

Tabla4: GN-map

Espacio libre	-1							
Tierra finita	0	Nº de hilos	0	0	Constante dieléctrica	Conductividad (S/m)	Radio del screen	Radio del hilo
Tierra perfecta	1							
Mininec Ground(*)	2	0	0	0	Constante dieléctrica	Conductividad (S/m)		

* Cuando se conectan hilos a una tierra real o finita (valor $Z=0$) La impedancia de la antena es normalmente impredecible. Para evitar esto usamos Mininec ground.

Características de algunas tierras:

Tabla5: Características del suelo

Tierra	Constante dieléctrica	Conductividad (S/m)
Agua del mar	80	5.0
Buena tierra	10	0.01
Mala tierra	4	0.001
Hielo	1	0.0001
Suelo mojado	80	0.002



LD (Load)

Tabla6: LD-map

Sin carga	-1							
RLC (serie)	0	Nº elemento	Inicio	Final	R(Ω)	L(H)	C(F)	
RLC (paralelo)	1	Nº elemento	Inicio	Final	R(Ω)	L(H)	C(F)	
RLC (serie)	2	Nº elemento	Inicio	Final	R(Ω /m)	L(H/m)	C(F/m)	
RLC (paralelo)	3	Nº elemento	Inicio	Final	R(Ω /m)	L(H/m)	C(F/m)	
Impedancia	4	Nº elemento	Inicio	Final	Resistencia (Ω)	Reactancia (Ω)		
Conductividad	5	Nº elemento	Inicio	Final	Conductividad (mh/m)			

Nota: LD-map se usa siempre en conexión con EX-map y otros LD-map.

TL (Transmisión Line)

Tabla7: TL-map

Nº elemento1	Nº segmentos1	Nº elemento2	Nº segmentos2	Impedancia (Ω) (Z0)	Longitud (m)	Admitancia1 real	Admitancia1 imag.	Admitancia2 real	Admitancia2 imag.
--------------	---------------	--------------	---------------	------------------------------	--------------	------------------	-------------------	------------------	-------------------

NE (Near Electric Field)

Sólo se evalúa el primer NE-map. Es necesario para el análisis de campos cercanos.

EN (End)

Indica el final del archivo.

6.2 Estructura de una antena, distribución de corriente y fase

En el siguiente capítulo se usará un programa como ejemplo. Así diseñaremos una Yagi en el espacio libre. La explicación de cada instrucción individual se vio en el capítulo anterior.

CM 7-element wire Yagi, 10 meters CM L. B. Cebik, W4RNL

CE

```

GW 1 13 -2.5816 0 6.096 2.58166 0 6.096 .000512
GW 2 13 -2.7495 -1.7907 6.096 2.74954 -1.7907 6.096 .000512 GW 3 13 -
2.4384 1.4731 6.096 2.4384 1.4731 6.096 .000512 GW 4 13 -2.4193 1.3207
6.096 2.4192 1.3207 6.096 .000512 GW 5 13 -2.4003 5.46101 6.096 2.4003
    
```



```
5.4611 6.096 .000512
GW 6 13 -2.3875 7.8739 6.096 2.3875 7.8739 6.096 .000512 GW 7 13 -
2.3685 10.1346 6.096 2.36854 10.1346 6.096 .000512
```

```
GE 1
```

```
GN 2 0 0 0 15 .002 0 0 0 0
```

```
EX 0 1 7 0 1 0
```

```
LD 5 1 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 2 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 3 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 4 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 5 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 6 1 13 5.8001E7
```

```
LD 5 7 1 13 5.8001E7
```

```
SY fr = 28.5
```

```
FR 0 1 0 0 fr 0
```

```
EN
```

Tras escribir el programa en el bloc de notas, por ejemplo, lo cargamos “File-Open” y seleccionamos el archivo. Si presionamos F7 arrancaremos NEC2-Machine. Aparecerá una nueva ventana en la que podremos seleccionar distintas opciones de procesado.

Si hubiese errores se indicarían tras cargar el archivo. Para acentuar los segmentos erróneos presionamos ‘validate’ en la ventana ‘Geometry’.

Si queremos obtener más información de los distintos segmentos, debemos presionar en el segmento deseado con el botón izquierdo. El segmento se tornará verde remarcando los extremos con un círculo. El círculo cerrado representa el primer extremo, mientras que el círculo abierto el segundo. Aparecerá una nueva ventana con toda la información del segmento.

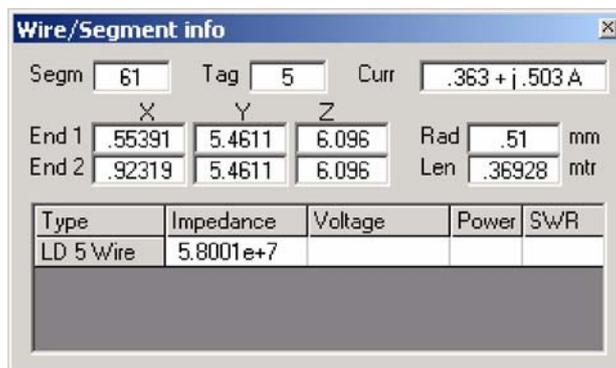


Figura4: Información de hilo y segmento



Si queremos representar todos los segmentos debemos seleccionar Segments debajo del menú Show.

Para representar la distribución de corriente o fase en la antenna presionamos en 'Currents' (previamente hemos tenido que realizar algún análisis).

Podemos ver la información detallada relativa a un segmento si seleccionamos Polar/Cartes. en Segm. (Previamente hemos tenido que realizar algún análisis).

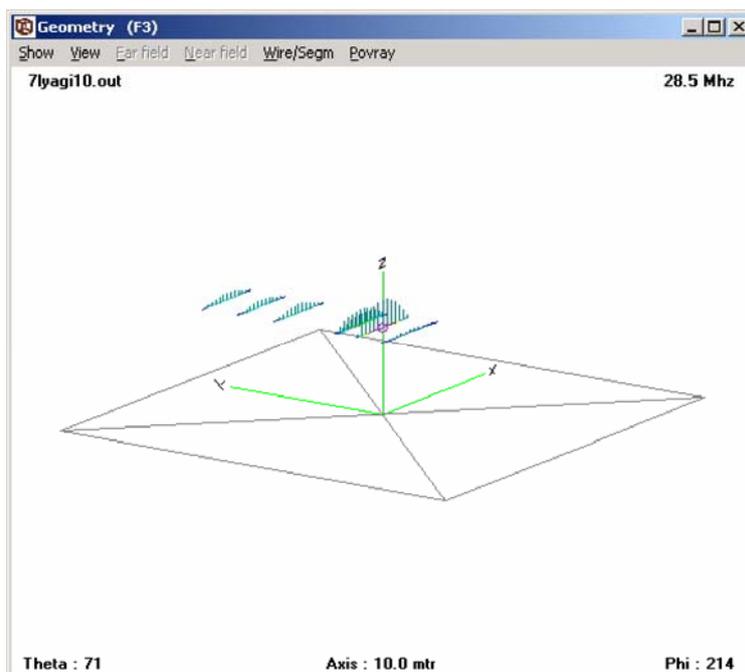


Figura5: Distribución de corriente en la antenna Yagi

6.3 Campo lejano. Representación en 2D y 3D

Para obtener el comportamiento de la antenna para campos lejanos presionamos F7 y seleccionamos 'Far Field Pattern' y presionamos 'Generate' en la parte inferior de la pantalla. Así determinamos el comportamiento de la directividad, además tenemos la posibilidad de incluir la onda de superficie marcando 'ADD surf-wave'. Por defecto, sólo se representan las ondas espaciales y las ondas reflejadas en la tierra. Aparecen dos nuevos parámetros, Max-Z (Altura máxima para la que se calcularán los campos lejanos) y Dist (Distancia máxima para la que se calcularán los campos lejanos, fijado normalmente a 1Km).

Tras presionar 'Generate' obtendremos los datos. Vemos como aparece una nueva ventana 'Pattern' en la que se representa el comportamiento de la directividad en dos dimensiones. Si marcamos cualquier punto con el ratón podremos ver el valor de la directividad y su ángulo. Podemos incluir la estructura en la representación marcando 'Show-Structure'.



Para obtener la representación 3D pinchamos en ‘Show-Near/far field’ en la ventana Geometry (Si la ejecución la hicimos añadiendo las ondas de superficie, sólo nos aparecerán éstas, si queremos la representación 3D del resto tenemos que volver a ejecutar para campo lejanos sin marcar las ondas de superficie). Pinchando con el botón izquierdo del ratón podemos rotar, mover, incrementa y decrementar la representación 3D.

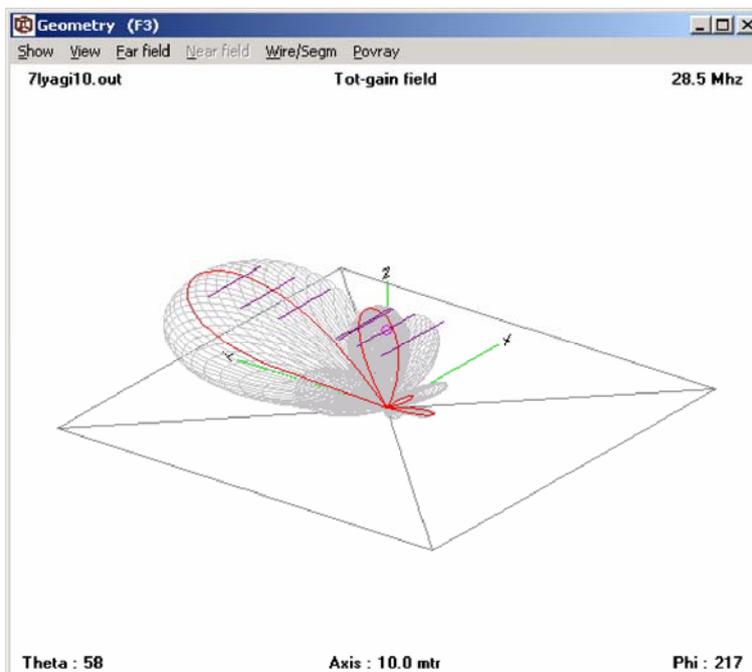


Figura6: Característica directiva de la antena Yagi

En la ventana ‘Pattern’ si presionamos la tecla ‘L’ del teclado (Far field-ARRL style scale) cambiamos la escala de lineal a logarítmica.

Presionando ‘I’ o marcando ‘Show-Info’ recibimos información a cerca del máximo de ganancia, ángulo del máximo, ancho de banda y la relación de adelante-atrás (Fb: relación entre el lóbulo principal y el trasero).

Podemos representar los patrones en 3D con el ‘3D Viewer’.

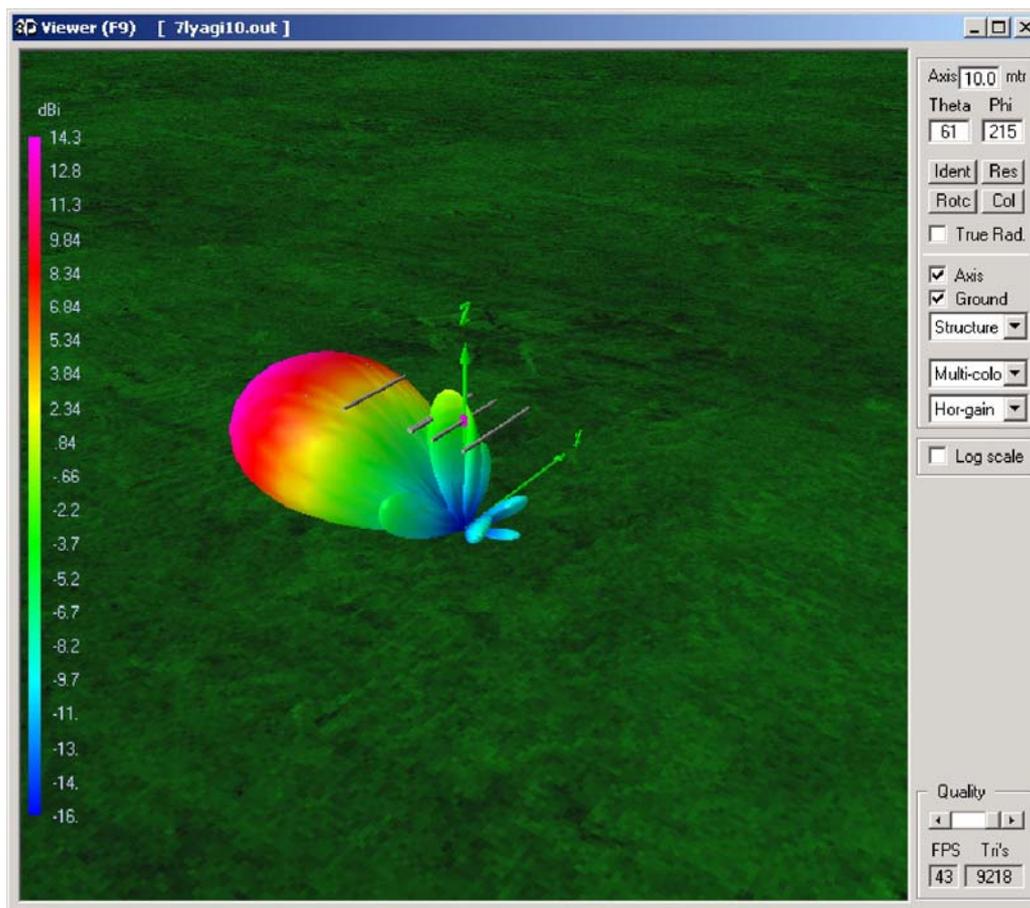


Figura7: Patrón de radiación de antena Yagi (con 3D Viewer)

6.4 Generar un bucle de frecuencias

Para generar un bucle de frecuencias debemos seleccionar la ventana 'generate (F7)' y marcamos 'Frequency sweep', aquí podemos seleccionar la frecuencia de inicio, la de fin y el paso entre frecuencias. Obtendremos así los gráficos para la ganancia, Fb, SWR y la impedancia de la antena. Para evaluar el funcionamiento sobre una adecuada gama de frecuencias podemos utilizar la función 'Sweeper' (en la ventana 'Optimizer') con 'Auto-segmentation' habilitado.

Si marcamos la primera opción, obtendremos la representación de la ganancia. Debemos introducir los ángulos Phi/Theta o Azimuth/Elevation para los que la ganancia debería ser dibujada.

Para obtener el Fb (front to back) o el Fr (front to rear) seleccionamos cualquiera de las otras opciones. Ver(tical), Hor(izontal) o 3D-pattern.

También podemos obtener Fb y Fr presionando F5 (ventana Line-Chart).

Observar que cuando se usa la opción 'full' sólo se representa el último paso de frecuencia en la ventana 'Pattern'. Esto es debido a que el uso de la memoria para 4NEC2 está limitado. Para visualizar múltiples comportamientos seleccionaremos la opción vertical u horizontal. Pinchando con el ratón en la frecuencia deseada en la



ventana Imp./SWR/Gain además de obtener los valores correspondientes a esta ventana, observamos también el campo de comportamiento representado en 'Pattern'. También podemos ver los distintos comportamientos moviendo los cursores del teclado a derecha e izquierda.

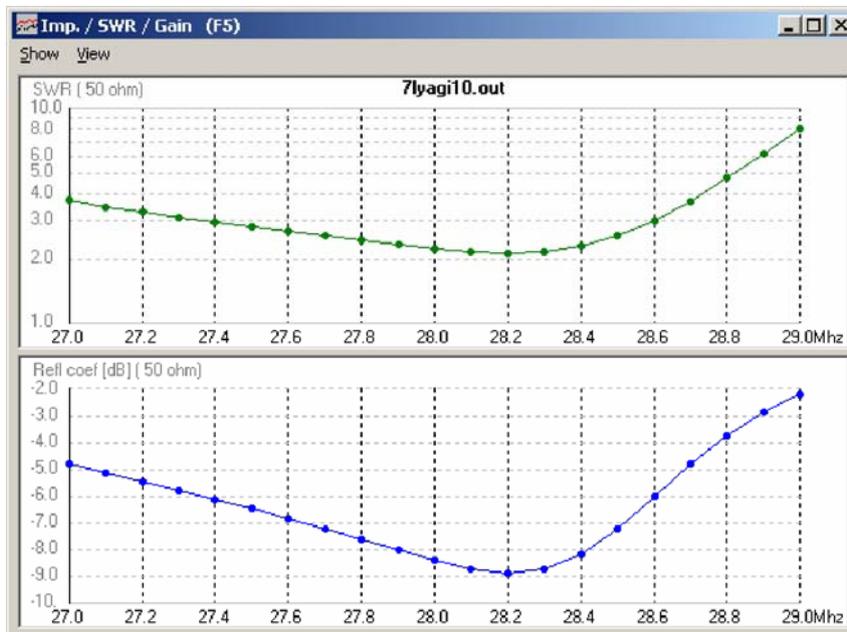


Figura8: SWR y coeficiente de reflexión para la antena Yagi

Con 4NEC2 también podemos representar la impedancia de entrada en la Carta de Smith. Para ello presionamos F11. En el menú 'View' podemos seleccionar otra frecuencia o movernos hacia el generador o hacia la carga.

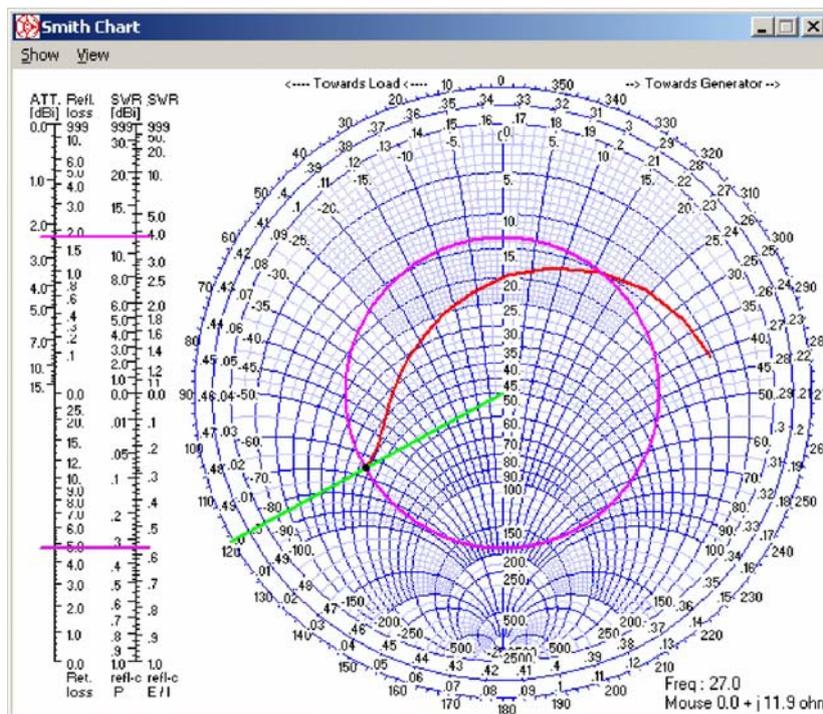
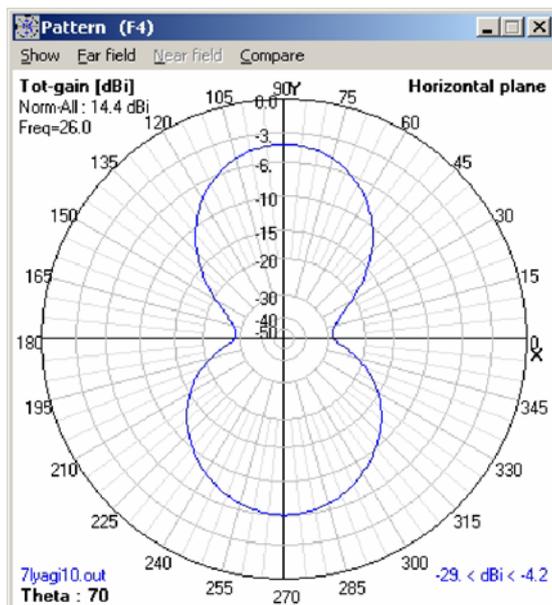


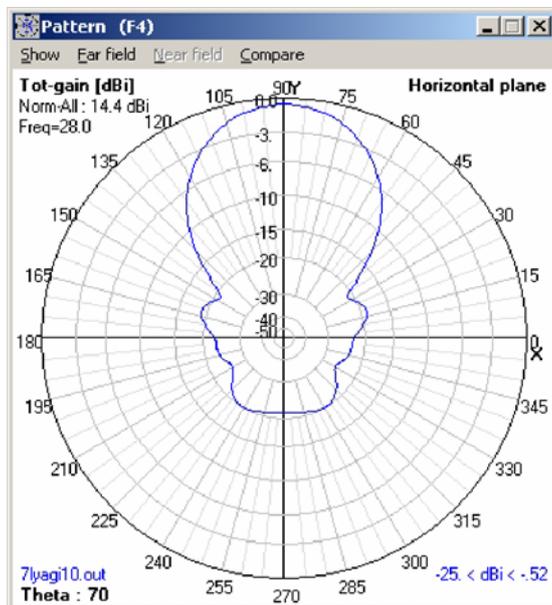
Figura9: Representación de la impedancia de entrada en la Carta de Smith



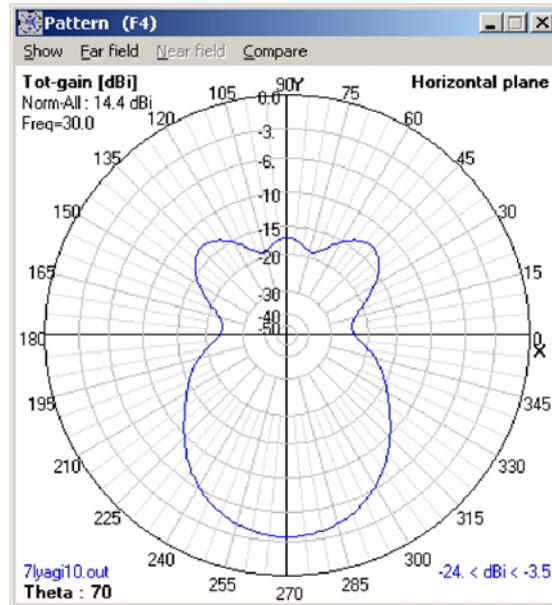
Veamos como ejemplo la representación horizontal desde 26 hasta 30 MHz con paso de frecuencias de 1 MHz. Para ello presionamos F7, marcamos 'Frecuency sweep' y seleccionamos 'Hor.'. Posteriormente introducimos las frecuencias de inicio y fin y el paso entre frecuencias. Para la representación introducimos para Forwards 70 y 270 para los ángulos Theta y Phi y 90 y 270 para Backward y pulsamos 'Generate'.



(A)



(B)



(C)

Figura10: Representación de la directividad para las frecuencias 26MHz (A), 28MHz (B) y 30MHz (C)

6.5 Optimización de las características de la antena

Para poder optimizar una antena, en el archivo .nec debemos tener alguna variable 'SY'.

La principal sección de entrada es 'setting' y se usa para especificar las variables a modificar y las propiedades a optimizar. Estas propiedades son SWR(standing wave ratio), Gain (ganancia), Fb (Front to back ratio), Fr (Front to Rear ratio), Rin (Imput Resistence), Xin (Imput reactance) y/o Eff (Efficiency). Cuando se ha marcado 'Add Surf-wave' se muestra por defecto los datos del campo electrico cercano E-fld.

Para cada una de estas propiedades debemos especificar la importancia que tiene otorgándole un valor entre 0 y 100% (factor de ponderación). Este valor determina el efecto sobre el rendimiento total de la propiedad correspondiente. Cuando optimizamos sólo el SWR, el valor que le damos es del 100%, mientras que los otros factores toman un valor 0.

Por defecto, el SWR y Xin son minimizados y Gain, Fb, Fr, Rin, y Eff son maximizados. Si queremos cambiar estos valores por defecto pinchamos con el botón derecho sobre el recuadro correspondiente.

También tenemos la opción de optimizar una variable en una cierta banda de frecuencia (por ejemplo la banda de los 40 metros). Para habilitar esta opción marcaremos el recuadro 'freq-sweep'. Al hacerlo, deberemos especificar la frecuencia de inicio, la de parada y el paso entre frecuencias, especificando así , el tamaño de la banda de frecuencias de interés.



Veamos, a continuación, un ejemplo para una antena de plano de tierra.

CM Groundplane-Antenne

CE

SY len1 = 0.5

SY len2 = 1

SY len3 = 1.5

GW 2 5 len1 0 len2 0 0 len2 0.1in/ft

GW 3 5 -len1 0 len2 0 0 len2 0.1in/ft

GW 4 5 0 -len1 len2 0 0 len2 0.1in/ft

GW 5 5 0 len1 len2 0 0 len2 0.1in/ft

GW 1 5 0 0 len2 0 0 len3 0.1in/ft

GE 1

EX 0 1 1 0 1 0 'Voltage source (1+j0) at wire 5segment 1'

GN 0 0 0 0 13 .005 100

FR 0 1 0 0 300 0

EN

Optimizaremos, a continuación, la longitud en función de la resonancia. Para ello presionamos F12 apareciendo la ventana 'Optimizer and Evaluator'. Normalmente pondremos Optimizer en el recuadro 'Function' y Default en el recuadro 'Option'. Ahora, podemos seleccionar, por ejemplo, la variable len3. La variable aparecerá en los recuadros 'Variable Sensivity' y 'Variable values'.

Podemos seleccionar uno o varios parámetros de la antena para su optimización. Escribimos un valor 100 en la casilla X-in con objeto de optimizar la resonancia. De esta forma sólo optimizaremos la componente reactiva. Para que se produzca resonancia esta componente debe ser reducida al mínimo. Comprobamos que el resto de parámetros estén fijados a cero. Comenzamos la optimización presionando 'Start'. En la ventana 'Calculated results' se muestran los resultados del procesado. Podríamos obtener una nueva iteración pulsando en 'Resume'. Si el resultado obtenido es satisfactorio puede sustituirse por el valor original pulsando en 'Update NEC-file'.

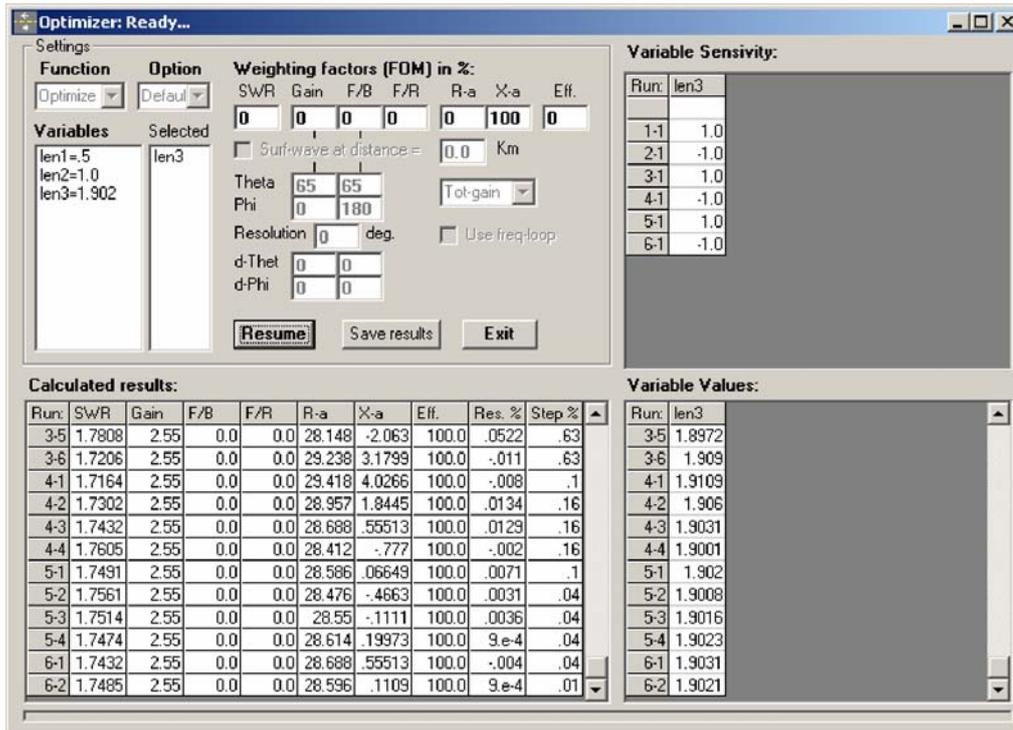


Figura11: Ventana Optimizer

6.6 Evaluación de las características de la antena

Para representar los resultados frutos de cambios en las características de la antena ponemos en la casilla function 'Sweep'. Aquí seleccionamos la variable, el valor máximo y mínimo que tomará, así como el número de pasos entre ambos. Pulsando en 'Plot result' dibujaremos los resultados y pulsando con los cursores del teclado a derecha e izquierda podremos ir cambiando la representación para cada uno de los valores calculados.

Los resultados de una evaluación se almacenan únicamente en la memoria y no en el archivo .nec. Si cerramos el programa 4NEC2 o abrimos otro archivo los daots será borrados.

6.7 Análisis de campos cercanos

Para ello debemos seleccionar la ventana 'Generate' (F7).

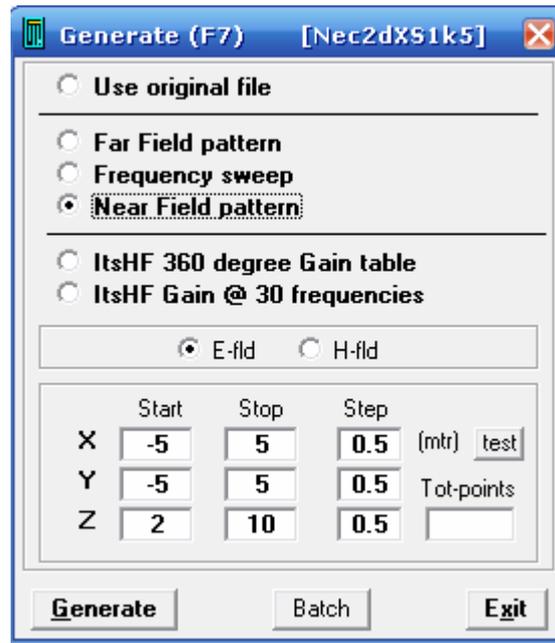


Figura13: Ventana Generate

Tras la computación, el resultado se representará en la ventana 'Pattern'. En la barra de color de la izquierda se indica la potencia por colores.

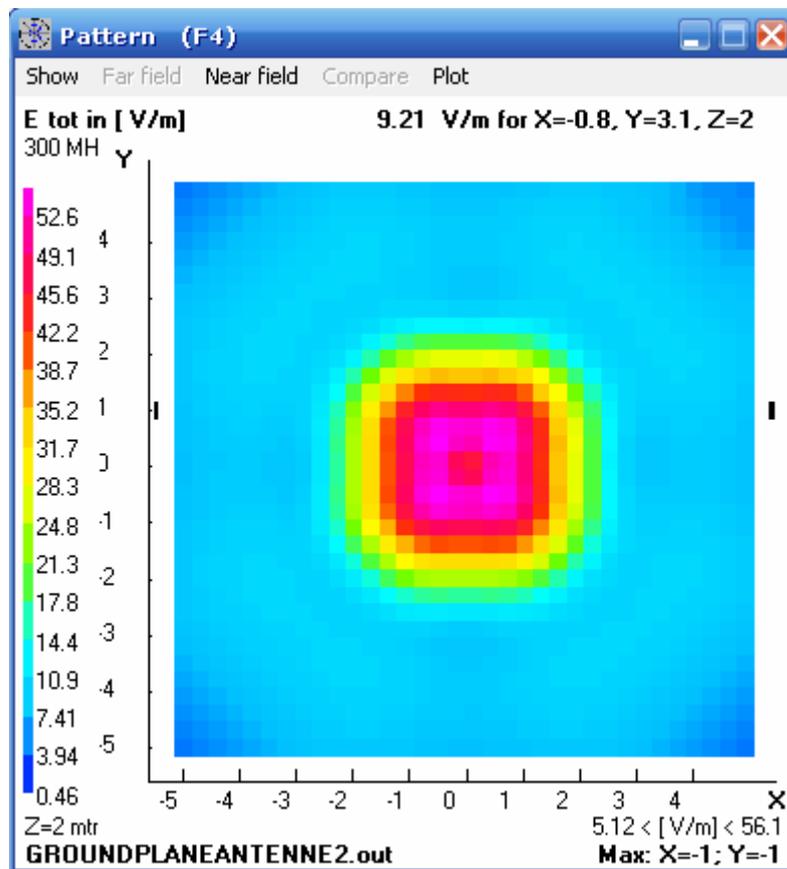


Figura14: Análisis de campos cercanos



Bajo 'Near Field' podemos indicar el valor máximo a representar 'Maximize high-vals', esto nos permite representar rangos de interés. En 'Show' podemos indicar que se muestre la estructura geométrica.

Para cambiar el valor de la coordenada Z podemos usar los cursores de izquierda y derecha del teclado. Para cambiar entre el plano XY, YZ o XZ usamos la barra de espacio.

Para representar el campo lejano en la ventana 'Geometry' presionamos 'R' o seleccionamos Show-Near/far field. Con los cursores del teclado pueden cambiarse las coordenadas de representación.

En la ventana 'Pattern', podemos cambiar la forma de representación en 2D marcando 'Near field-Chage to graph view'.

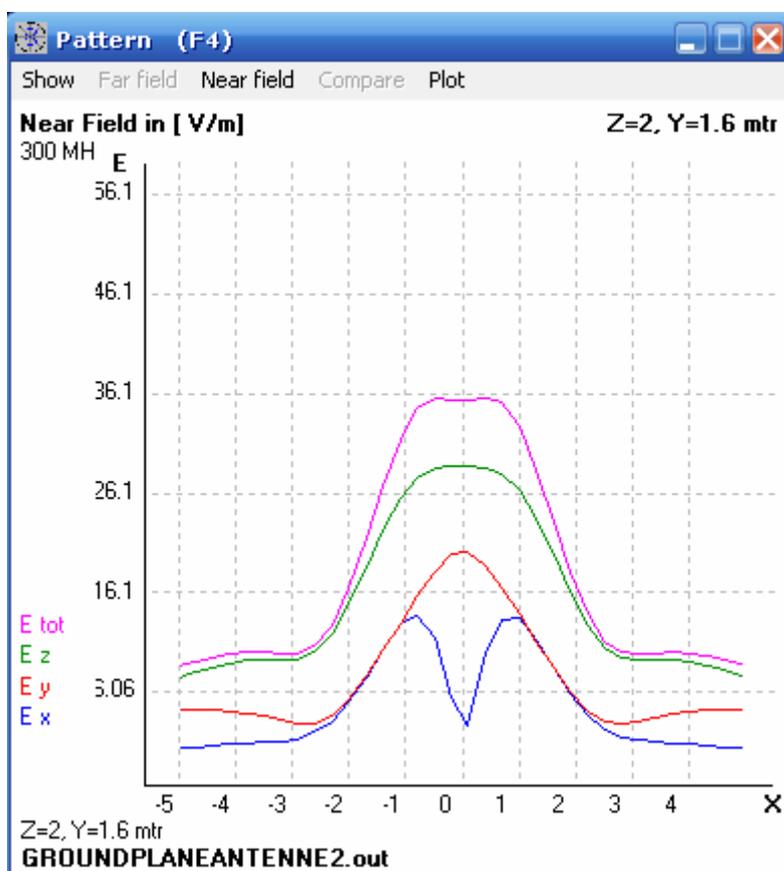


Figura15: Análisis de campo cercano (2D)