

7.- PRIMER MODELO DE ESTRUCTURA DE RED

7.1 – ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONCENTRACIÓN

Ya que hemos dispuesto los nodos B, nos toca analizar el modo en que vamos a distribuir el tráfico para llegar a todos los emplazamientos. Hay que escoger los puntos de concentración y asegurar que los radioenlaces entre la RNC y estos puntos sean factibles. Los nodos se pueden agrupar en 9 núcleos ya que, aunque en principio contamos con que se trataría de 10, Constantina se ha excluido de la programación al tratarse de un entorno rural que queda cubierto por los nodos de los núcleos que lo delimitan. Esto resulta muy común en el plan de despliegue de red que los grandes operadores móviles realizan en las zonas rurales. A causa del número reducido de habitantes y si la zona no presenta problemas que puedan interferir en la cobertura, un nodo B puede radiar con el alcance suficiente para prestar servicio a dos municipios colindantes.

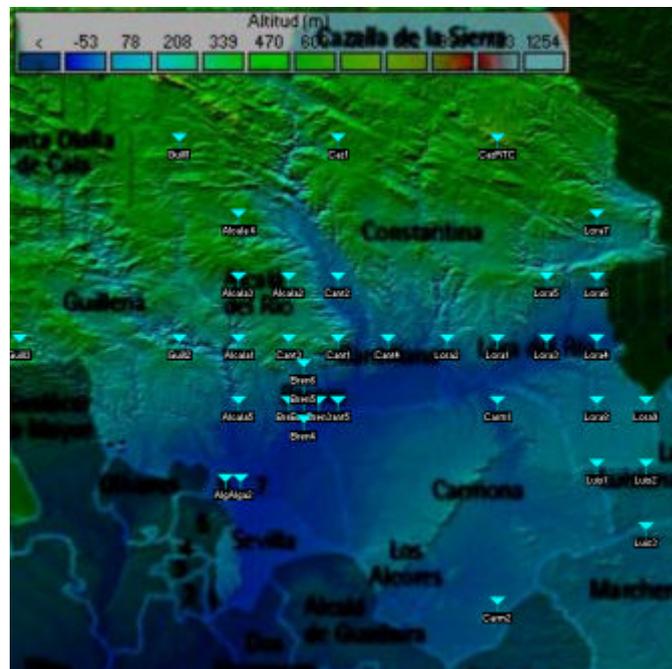


Figura 7.1 – Disposición de los 37 nodos B previstos inicialmente

Debemos usar la lógica para elegir los nodos B que van a actuar como concentradores. Lo más razonable es que para este fin tomemos una estación por cada núcleo y que se trate de la que tenga mayor proximidad con la RNC, pues si lo pensamos nos conviene más que el tráfico una vez agregado de forma local en el núcleo, tenga que recorrer el menor trayecto posible tanto por motivos económicos como por crear una red robusta y segura (no es lo mismo que se corte o se congestione un E1 a que lo hagan un grupo de E1's dando lugar a una situación tan crítica como que un altísimo número de usuarios se queden incomunicados). Otra razón es que al elegir como soporte físico de la transmisión un enlace radio mientras menos separados estén los extremos menos obstaculizada se verá la señal por la orografía y las perspectivas de alcanzar la visión directa se cumplirán con mayor probabilidad.

NÚCLEO A CUBRIR	NODO B CONCENTRADOR	NODOS B DESTINO
Cazalla	Caz1	-
Guillena	Guill1	Guill2
		Guill3
Alcala	Alcala4	Alcala1
		Alcala2
		Alcala3
		Alcala5
Cantillana	Cant2	Cant1
		Cant3
		Cant4
		Cant5
Algaba	Alga1	Alga2
Lora	Lora7	Lora1
		Lora2
		Lora3
		Lora4
		Lora5
		Lora6
		Lora8
		Lora9
		Carmona
Luisiana	Luis2	Luis1
		Luis3
Brenes	Bren6	Bren1
		Bren2
		Bren3
		Bren4
		Bren5

Figura 7.2 – Arquitectura inicial de transmisión de red

7.2 – GENERACIÓN DE UNA RED EN RADIO MOBILE

7.2.1 – DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA RED Y DE SU TOPOLOGÍA

En Radio Mobile una red es un conjunto de unidades radio (“Miembros”) que operan en un rango de frecuencias establecido, con unas condiciones climatológicas comunes y sobre una extensión de superficie de características semejantes. Los parámetros que distinguen a la red son entre otros su nombre, el rango de frecuencias de trabajo y la polarización usada. Para elegir las frecuencias máxima y mínima acudimos al Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) y escogemos una banda que se ajuste a nuestros requerimientos. En el anexo adjunto vemos las características de la banda de 15 GHz, que es la que vamos a emplear definitivamente. Dando por hecho que disponemos de equipos duales, que pueden trabajar tanto con polarización horizontal como vertical, vamos a alternar la polarización entre un radioenlace y el siguiente con el objetivo de minimizar las interferencias.

El “Modo Estadístico” determina qué es lo que nos interesa simular que ocurrirá cuando establezcamos la comunicación entre las unidades:

- Intento: Transmisión unicast entre estaciones fijas, sólo se manda un “mensaje” de intento de conexión.
- Accidental: Se emplea para evaluar interferencias.
- Móvil: Es para unidades que se están moviendo mientras se comunican.
- Difusión: Las estaciones también son fijas pero la transmisión es broadcast.

Recordamos que unicast es el envío de información desde un único emisor a un único receptor. Se contrapone a multicast donde el envío se realiza a ciertos destinatarios específicos (más de uno), broadcast (radiado o difusión) donde los destinatarios son todas las estaciones en la red y anycast en la que el destinatario es único, pero se trata de uno cualquiera no especificado.

Las tres dimensiones con las que podemos precisar variaciones en los niveles de señal medidos (mediana) son los porcentajes de tiempo, ubicaciones y situaciones. Estos porcentajes influyen o no según tengan alguna lógica en el modelo que hayamos seleccionado.

- Porcentaje de tiempo: Fracción de tiempo durante la cuál el campo recibido se espera que sea igual o superior que el valor medio de campo calculado por el programa. Tomar un porcentaje mayor reduce la variabilidad, asegurando que el valor real medido será igual o superior al simulado.
- Porcentaje de ubicaciones: Es el homólogo al porcentaje anterior pero en este caso referido a la diferencia de trayectos recorridos por la señal, que se ve afectada en distinto grado por los perfiles del terreno o las diferencias ambientales.
- Porcentaje de situaciones: Engloba las variables “hidden” que son aquellas que simbolizan efectos que no pueden explicarse o que no se han tenido en cuenta de forma explícita.

En los sistemas de radiocomunicaciones móviles el tema de la cobertura es muy importante. Debido a la variabilidad del trayecto radioeléctrico, únicamente puede hablarse de cobertura en sentido estadístico. Se utilizan dos grados de calidad estadística de cobertura, a saber: el llamado porcentaje de emplazamientos, que indica el tanto por ciento de lugares dentro de la zona de cobertura teórica en que cabe esperar que exista enlace radioeléctrico, y el porcentaje de tiempo, que expresa el tanto por ciento del tiempo en que se espera que existirá el enlace. Aún en el primer caso, debe distinguirse entre coberturas zonal y perimetral. La primera se refiere a todo el área en torno a la estación base y la segunda afecta a una zona anular situada en el perímetro o límite de la cobertura teórica. Es fácil ver la correspondencia entre estos grados de calidad de cobertura y los porcentajes solicitados en la definición de la red.

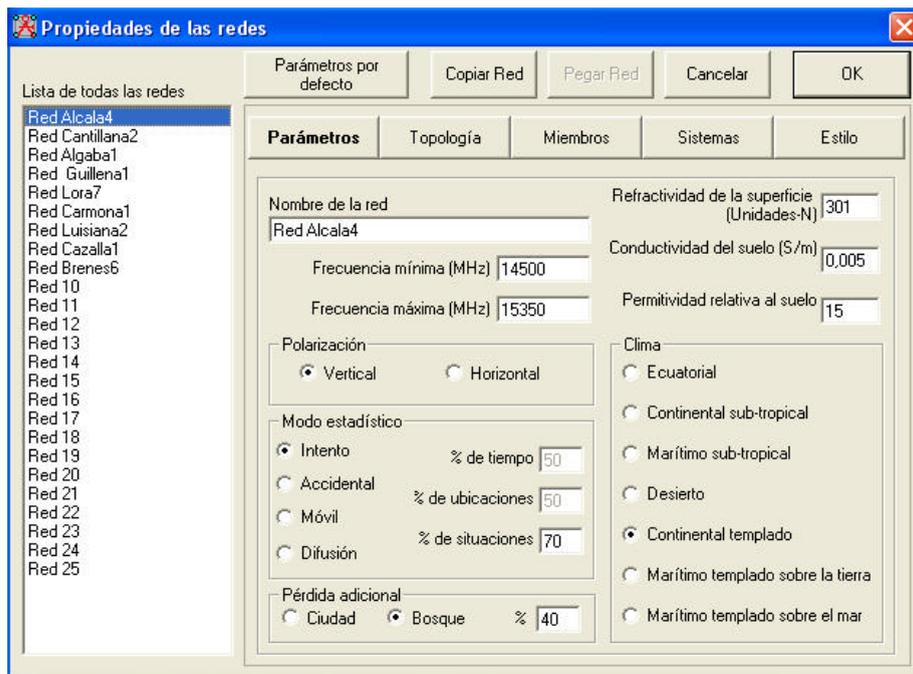


Figura 7.3 – Venta de descripción de los parámetros de la red

El modo que más se identifica con lo que buscamos es el intento y el porcentaje de situaciones será de 70.

Las pérdidas que contabilicemos según estemos en “Ciudad” o “Bosque” están ligadas a los 3 tipos de entorno como sigue:

- Rural ? Bosque 60%
- Suburbano ? Ciudad 40%
- Urbano ? Ciudad 60%

El resto de parámetros se resumen en:

- Refractividad de la superficie N_s : Su consecuencia es la curvatura que sufrirán las ondas de radio al propagarse. Ciertamente es una función aleatoria de la posición y el tiempo, pero puede ser caracterizada por un valor único. Para el modelo Longley-Rice se puede introducir el dato de la refractividad en un rango de 250 a 400 Unidades-N, correspondiente a los valores típicos de curvatura de la tierra (K) entre 1.232 y 1.767, o podemos tomar $K = 4/3$ que es la curvatura estándar y que si lo introducimos en la fórmula nos da un resultado de 301 Unidades-N.

$$N_s = 179.3 \cdot L_n \left[\frac{1}{0.0466665} \left(1 - \frac{1}{K} \right) \right]$$

- Conductividad del suelo y permitividad relativa al suelo: Las cifras están tabuladas.

Tipo de suelo	Permitividad relativa	Conductividad (S/m)
Tierra promedio	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra buena	25	0.020
Agua dulce	81	0.010
Agua salada	81	5.000

En la mayoría de los casos usar las constantes de tierra promedio.

Figura 7.4 – Valores tabulados para la permitividad relativa y la conductividad del suelo

- Clima: El clima continental templado es común en grandes masas de terreno de latitudes templadas. Se caracteriza por variaciones acusadas de temperatura y de las condiciones de propagación entre el día y la noche y las distintas estaciones del año. El clima marítimo es propio de zonas costeras de latitud media, en las que es frecuente la entrada de masas de aire húmedo hacia tierra procedentes del mar. Para distancias inferiores a 100 km existe muy poca diferencia entre ambos climas para el cálculo de la propagación, pero para distancias superiores puede haber variaciones significativas por el efecto de fenómenos de superrefracción sobre la superficie del mar.

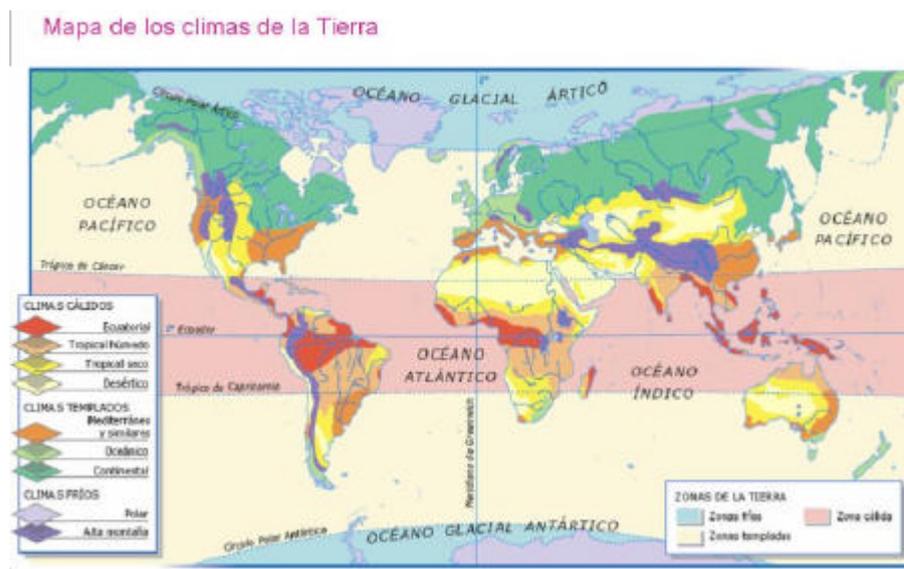


Figura 7.5 – Mapa de los climas de la Tierra

Las topologías de red que se pueden barajar son:

- Red de voz (Controlador/Subordinado/Repetidor) ? Esta red establece una estructura en la que uno o varios equipos actúan como controladores y se comunican con sus subordinados, sin que éstos puedan relacionarse entre sí. Los repetidores sirven para incrementar el alcance.

- Red de datos, Topología estrella (Master/Esclavo) ? Se transmiten datos y existen estaciones con funcionalidad de “maestro” que encuestan a sus unidades “esclavas”.
- Red de datos, cluster (Nodo/Terminal): Los nodos que componen la red tienen la propiedad de retransmitir los datagramas (“rebroadcast”).

Con la casilla “Visible” verificamos si queremos mostrar los enlaces de esa red en concreto sobre el mapa.

7.2.2 - CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS

En Radio Mobile el término “sistema” engloba a todos los equipos que integran la red. Aunque esta pestaña forme parte del menú “Propiedades de las redes” no debe conducirnos a error y conviene desechar de nuestra mente la idea de que un tipo de sistema llamado “Alfa” está ligado exclusivamente a una red “Beta.net” por ejemplo, porque al igual que pasa en el mundo real un sistema es simplemente un aparato que produce un fabricante, que tiene unas propiedades y que puedo ponerlo aquí o allí según me plazca. Poder disponer de una base de datos de sistemas nos puede resultar muy provechoso. Radiosys.dat es donde se encuentran los sistemas que están incluidos en el software por defecto y donde agregaremos los que nos convenga tener a mano para futuros usos.

Los campos que tenemos que concretar nos son bastante familiares. La información viajará tanto de nodo B a RNC como a la inversa, es decir, nuestros radioenlaces son bidireccionales, lo que hace lógico poner un único tipo de equipo en ambos lados funcionando como transmisor y receptor.

Si nos basamos en las especificaciones técnicas de un equipo cualquiera estándar, como el de la figura 7.6, generamos “Equipo 1” que se caracteriza por las siguientes propiedades, que se ponen de manifiesto en la figura 7.7:

- ✓ Potencia de transmisión 10 W y sensibilidad en recepción 1 μ V.
- ✓ Pérdidas de línea: inherentes a la naturaleza del material semiconductor, por radiación debido a la presencia de un conductor cercano, por calentamiento dieléctrico entre 2 líneas con una diferencia de potencial o por acoplamiento → 0,5 dB.
- ✓ Los detalles de la antena están ligados a la frecuencia de trabajo. Consideramos que su altura es de 30 m y que si se sitúa por encima de este margen las pérdidas adicionales serán 0,05 dB por metro de cable extra.

Technical Specifications of Nokia FlexiHopper Radio / Outdoor Unit						
General	13	15	18	23	26	38
Frequency range (GHz)	12.76 – 13.24	14.51 – 15.34	17.71 – 19.69	21.23 – 23.60	24.55 – 26.45	37.05 – 39.44
Transmission capacity	2 x 2, 4 x 2, 8 x 2 or 16 x 2 Mbit/s (Software programmable)					
Modulation	$\pi/4$ DQPSK					
Channel spacing (MHz)	3.5/7.0/14.0/28.0		5/7.5/13.75/27.5		3.5/7.0/14.0/28.0	
Power consumption	max 25 W					
Operational temperature	-45 to +50 °C					
Weight and dimensions	5.5 kg		4.6 kg		4.0 kg	
	230 x 210 x 210		230 x 210 x 165		230 x 210 x 120	
Antenna type	Integrated low profile antenna with vertical/horizontal polarisation					
Antenna gain (dBi)	35.5 – 45.0	32.0 – 46.2	34.4 – 48.2	35.5 – 49.5	36.9 – 46.9	39.6 – 44.3
Transmitter <i>Typical values in dBm</i>						
Output power	20 dBm		18 dBm		16 dBm	
Power adjustment range	25 dB					
Receiver Threshold level at antenna port						
<i>Capacity (Mbit/s)</i>	<i>Typical values in dBm BER 10-3 / BER 10-6</i>					
2 x 2	-92/-89		-91/-88		-88/-85	
4 x 2	-89/-86		-88/-85		-88/-85	
8 x 2	-86/-83		-85/-82		-85/-82	
16 x 2	-83/-80		-82/-79		-82/-79	

Figura 7.6 – Especificaciones de un equipo genérico Nokia

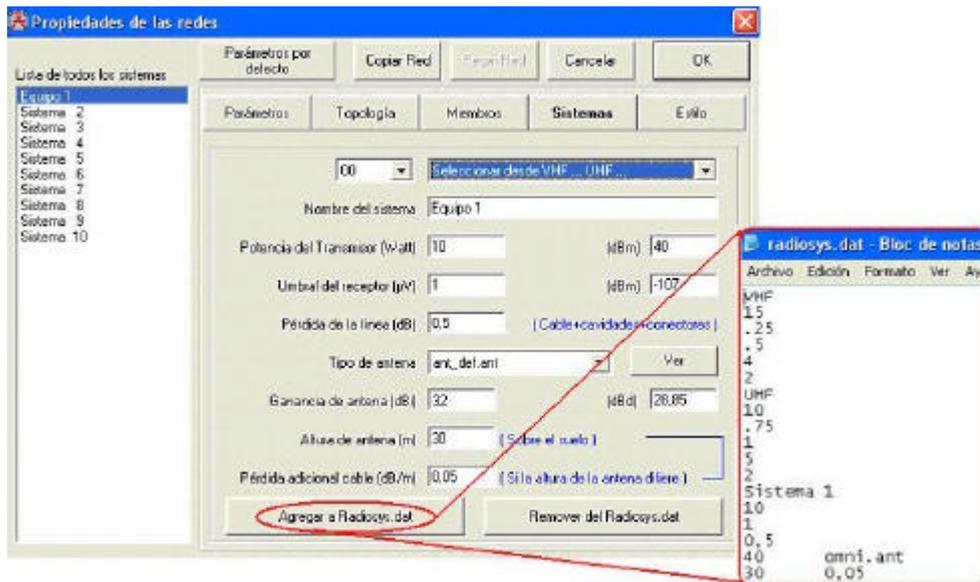


Figura 7.7 – Ventana para la creación de sistemas o equipos radio

La antena que necesitamos para el Equipo 1 busca establecer una conexión entre 2 puntos fijados, es decir, debe radiar con la mayor directividad posible. Vamos a presentar 2 modelos de antenas que cumplen esta condición y examinaremos sus perfiles de radiación para ver cuál elegimos.

La antena Andrew, cuyas propiedades podemos observar en la figura 7.8, es la más directiva de las dos pero su ganancia es aproximadamente 46 dB a mitad de banda, frente a los 32 dB de la antena RFS. Lo más conveniente sería encontrar un equilibrio tal que la ganancia nos asegure alcanzar el destino con buen nivel de señal pero que no interfiera en exceso sobre el resto de nodos.

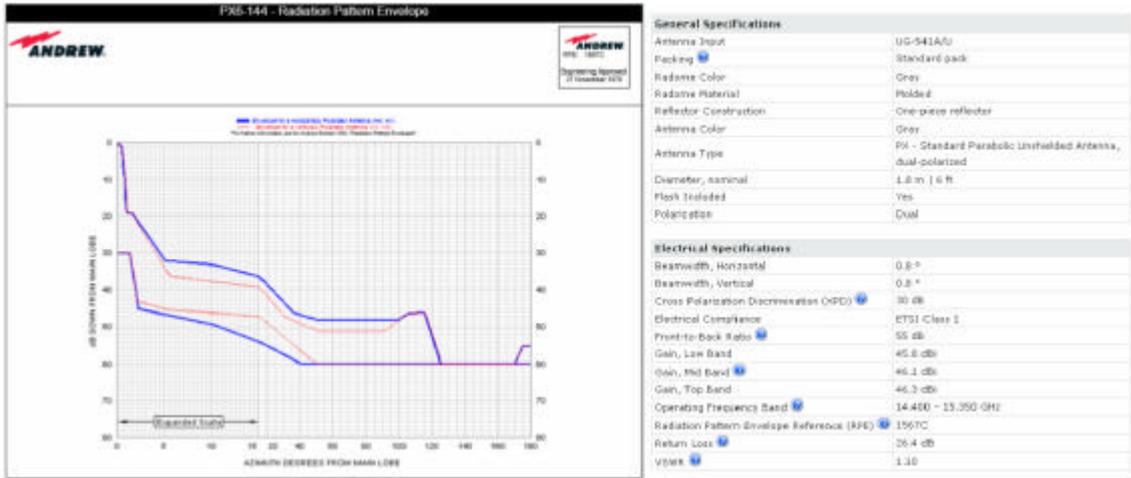


Figura 7.8 – Diagrama de radiación y especificaciones técnicas de nuestro primer modelo de antena. Fabricante Andrew

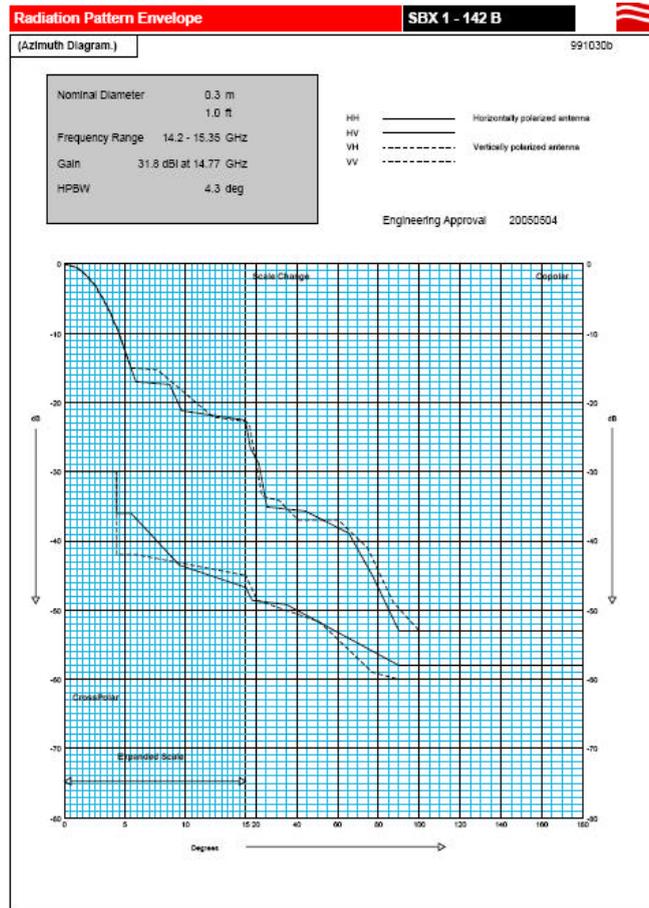


Figura 7.9 – Patrón de radiación y características generales de nuestro segundo modelo de antena. Fabricante RFS

7.2.2.1 – CÓMO SE AÑADEN NUEVOS PATRONES DE ANTENA

Radio Mobile incluye patrones de antenas básicos de partida para empezar a trabajar, pero en la mayoría de ocasiones querremos crear patrones personalizados y específicos para las antenas que buscamos instalar en nuestro sistema. Para visualizar los diagramas de radiación el menú es el siguiente: Archivo > Propiedades de redes. En la pestaña Sistemas escogemos el tipo de antena y le damos al botón Ver. Es muy importante ajustar la Escala para que el patrón se muestre con claridad.

En la figura 7.10 vemos los 5 patrones de antena definidos por defecto en Radio Mobile. Se trata de los siguientes modelos respectivamente: omni, cardio, corner, elipse y yagi.

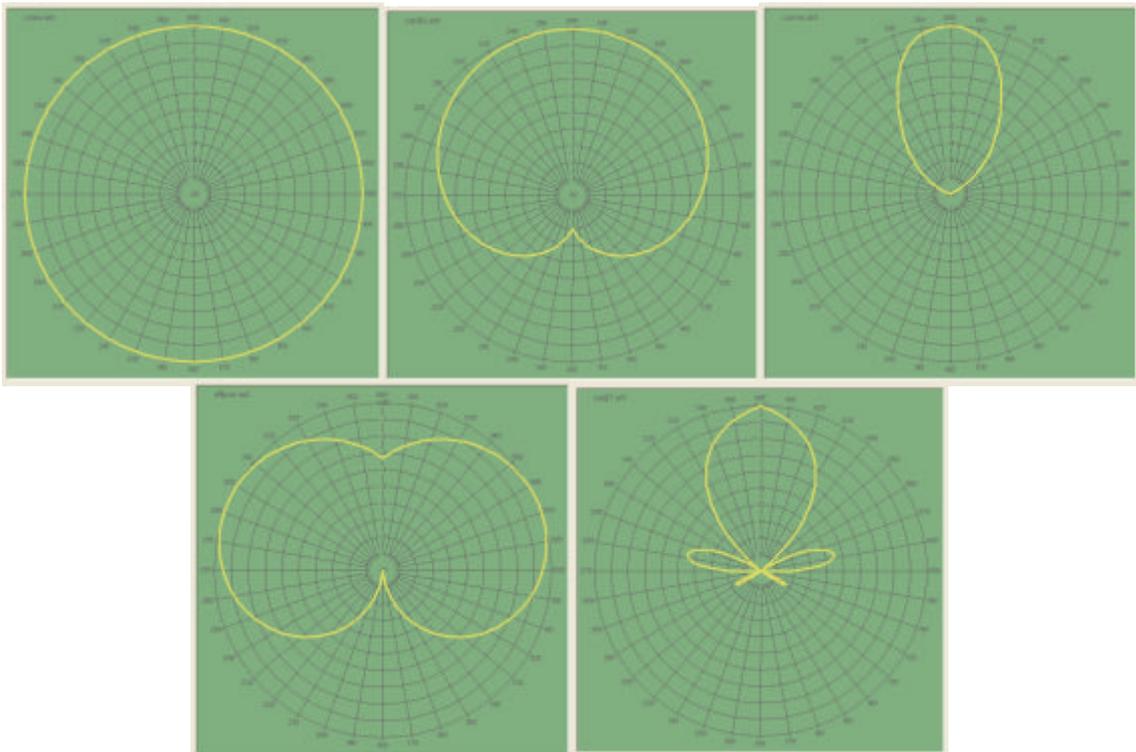


Figura 7.10 – Diagramas de radiación de los cinco tipos de antenas predefinidos

Los requisitos para generar un diagrama nuevo son tener instalado un software para manejar hojas de cálculo como Microsoft Excel, un editor de textos y descargarnos uno de los 2 ficheros incluidos en la página de Radio Mobile Deluxe Yahoo! Groups file section [6] (AntDiag5.xls o AntDiag.xls para definir modelos con una resolución de 5 o 10 grados de ángulo respectivamente). Además es imprescindible contar con las especificaciones técnicas que los fabricantes de antenas facilitan en sus catálogos.

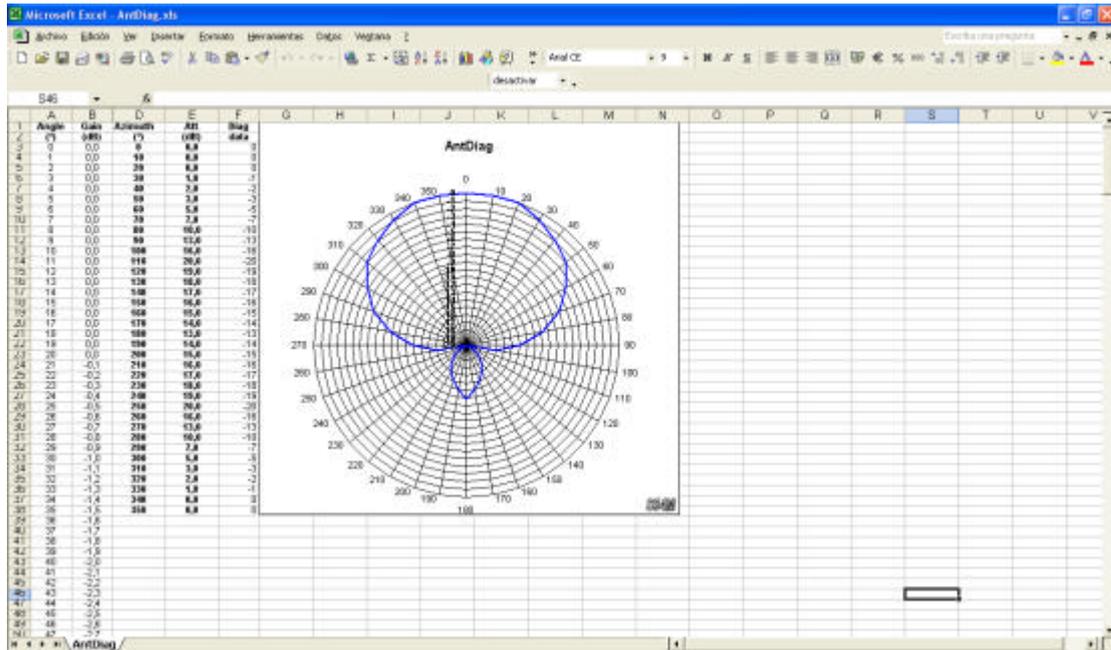


Figura 7.11 – Captura de pantalla de la hoja de cálculo AntDiag.xls

Si abrimos AntDiag.xls con nuestro programa nos encontramos con varias columnas de las cuales sólo vamos a modificar Att (dB) introduciendo los valores de la atenuación, dados por el diagrama de radiación de la antena, en intervalos de 10°. Una vez que hayamos acabado copiamos los valores de la columna Gain (dB) y los pegamos en un nuevo archivo del editor de textos que tengamos disponible (no se copian las 2 primeras filas, sólo los datos numéricos). Para finalizar guardamos este fichero con la extensión .ant en el directorio Radio_Mobile/antenna y cuando abramos el programa ya podemos disponer del nuevo modelo de antena en el desplegable Tipo de antena.

En la web del grupo de Yahoo hay un programa “deg to *.ant” que tiene la misma funcionalidad que AntDiag.xls pero que genera el archivo .ant sin tener que copiar y pegar más tarde en el Bloc de notas.

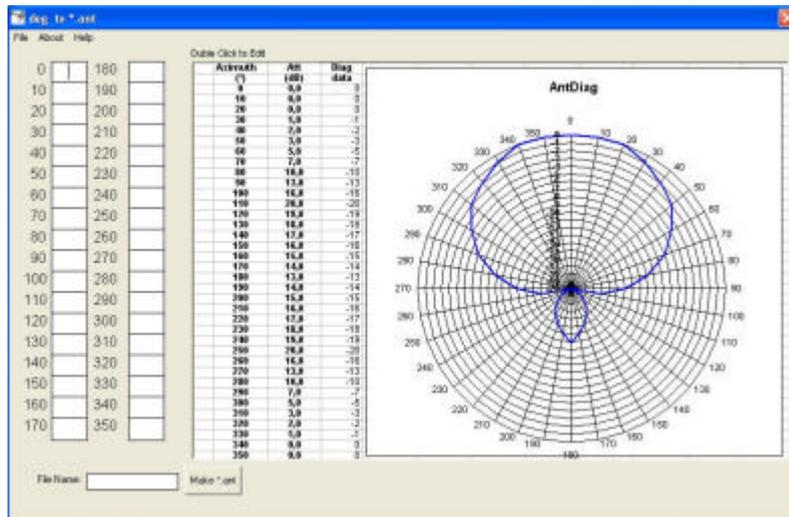


Figura 7.12 – Ventana de deg to *.ant

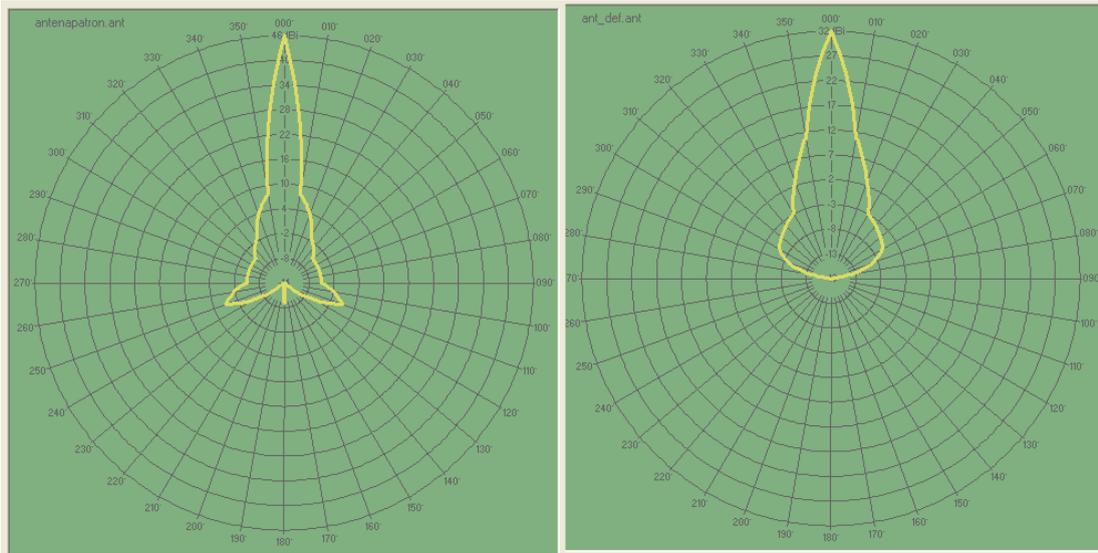


Figura 7.13 - Patrones de antena de los modelos Andrew y RFS representados en Radio Mobile

7.2.3 – DEFINICIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA RED Y DE SU ROL ASOCIADO

Otra de las pestañas que nos queda por indagar es aquella en la que se definen los miembros que componen las redes. La topología de red que nos concierne es la de “Red de Voz” y los roles que pueden desempeñar las unidades son el de control, subordinado o repetidor. Como vemos en la figura 7.14 nos toca definir una red por cada nodo B concentrador, ya que las antenas que se instalarán en la RNC (Equip01) son altamente direccionales lo que significa que habrá que montar tantas antenas en el mástil como destinos de concentración y hacer que apunten en la dirección adecuada en cada caso. Esto puede verse en la imagen de abajo en la que para la Red Alcalá4 marcamos dos miembros en la lista:

- ✓ Miembro 1 – CazRTC que actúa como controlador y que apunta al nodo Alcalá 4. El azimut y el ángulo de elevación se ajustan automáticamente cuando introducimos la unidad a la que señalará la antena.
- ✓ Miembro 2 – Alcalá 4 es el nodo subordinado y la dirección de su antena es CazRTC.

La RNC se encuentra en un entorno rural y en su conexión con los nodos B concentradores la señal atravesará trozos de terreno rurales, suburbanos y urbanos indistintamente lo que nos hace adoptar una solución de conveniencia y que las pérdidas se consideren del 40% por bosque. En los enlaces entre nodos B concentradores y nodos B no se da este dilema.

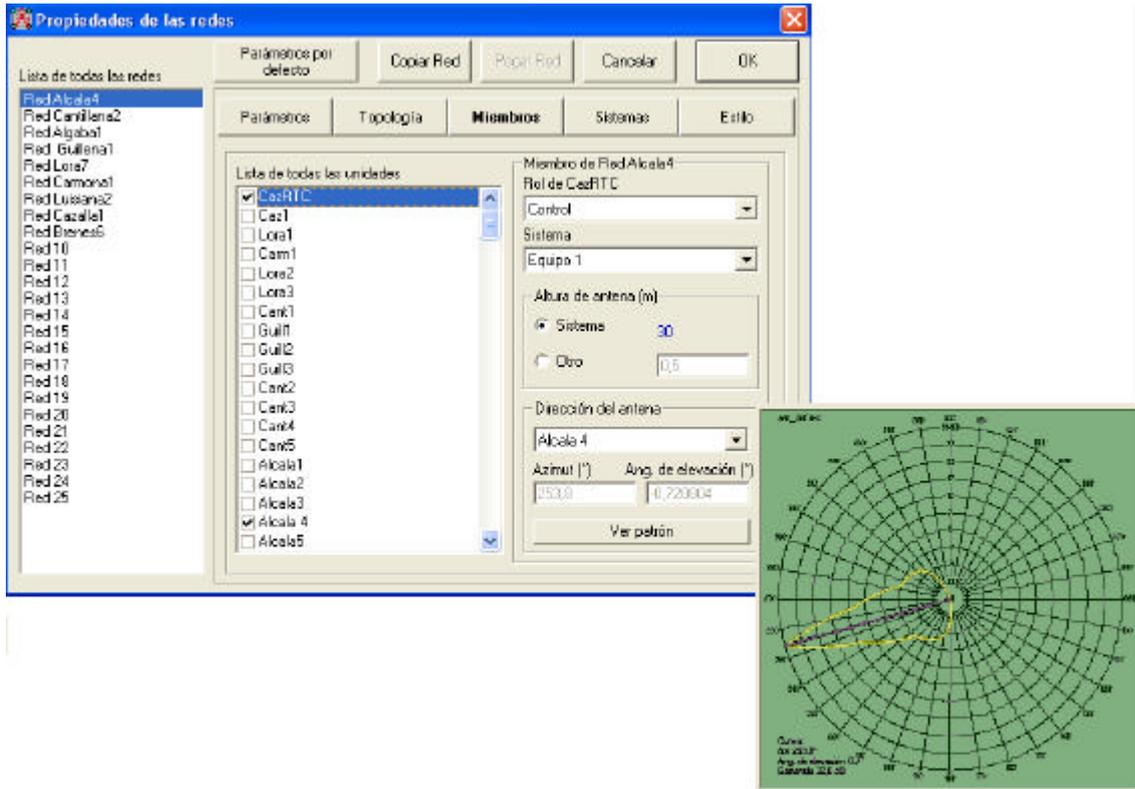


Figura 7.14 – Definición de los miembros de la red Alcalá 4

Intentamos establecer los primeros radioenlaces entre la RNC y los nodos B seleccionados inicialmente como concentradores y obtenemos el resultado que aparece en la figura 7.16. Será necesario hacer un análisis de cada conexión que aparece en rojo por separado para ver cuál es la causa de que la señal recibida no sea la esperada. Para esta tarea desarrollamos el siguiente apartado, aprovechando una utilidad que nos ofrece el software.

No podemos olvidar un paso fundamental en el diseño de la red y que es precisamente el que determina la validez de un radioenlace, debemos fijar en la pestaña “Estilo” los valores deseados para los niveles de señal recibida relativos al umbral del receptor (“Rx relativo” en la figura 8.4). Los que usaremos en nuestra red se muestran en la figura 7.15.

